

Relatório Final do Ensaio de  
Proficiência de Emissões de  
Automóveis - 10ª Rodada –  
Automóvel Diesel



Inmetro  
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**PEP-Inmetro**

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

# ENSAIO DE PROFICIÊNCIA DE EMISSÕES DE AUTOMÓVEIS

## 10ª RODADA – AUTOMÓVEL DIESEL

Período de realização: 14/05/18 a 20/02/19

### RELATÓRIO FINAL – N° 003/2019

#### ORGANIZAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro.

Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia - Dimci

Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias

RJ - Brasil - CEP: 25250-020

E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

#### COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci)

Carla Thereza Coelho (Inmetro/Dimci)

José Ricardo Bardellini da Silva (Inmetro/Dimci) - Coordenador PEP-Inmetro

Marcelo Lima Alves (Inmetro/Dimci/Dimqt/Lafiq)

Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci)

Paulo Roque Martins Silva (Inmetro/Dimel/Diart)

Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/Dimqt)

#### COMITÊ TÉCNICO

Danilo Torres (AEA)

Edson Paixão (Umicore)

Gabriel Fonseca Sarmanho (Inmetro/Dimci/Dimqt)

Luiz Henrique da Conceição Leal (Inmetro/Dplan/Dgcor)

Marcelo Lima Alves (Inmetro/Dimci/Dimqt/Lafiq)

Paulo Roque Martins Silva (Inmetro/Dimel/Diart)

Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/Dimqt)

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	3
2. Materiais e Métodos .....	3
2.1. Item de Ensaio .....	3
2.2. Metodologia.....	4
3. Integridade do Item de Ensaio .....	5
4. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes.....	5
4.1. Índice z.....	5
5. Valores Designados.....	6
6. Dispersão dos Resultados.....	8
6.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada.....	8
6.2. Material Particulado.....	12
6.3. NO <sub>x</sub> .....	13
6.4. Opacidade .....	14
7. Resultados dos Participantes.....	15
7.1. Resultados de Média e Desvio-padrão.....	15
7.1.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada.....	15
7.1.2. Material Particulado .....	17
7.1.3. NO <sub>x</sub> .....	17
7.1.4. Opacidade .....	18
7.2. Índice z.....	18
7.2.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada - índice z.....	18
7.2.2. Material Particulado - índice z .....	23
7.2.3. NO <sub>x</sub> .....	24
7.2.4. Opacidade.....	25
8. Testemunho de Análises .....	26
9. Confidencialidade .....	27
10. Conclusões .....	27
11. Participantes .....	28
12. Referências Bibliográficas.....	29

## **1. Introdução**

Os resultados de estudos científicos têm mostrado que a poluição do ar constitui uma grave ameaça à saúde do homem, aumentando a ocorrência de doenças respiratórias e diminuindo a qualidade de vida da população. Os veículos automotores são considerados potenciais agentes causadores desse tipo de poluição em todo mundo. As emissões dos gases de combustão dos veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em alguns casos, em contato com o sistema respiratório, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde e, em um ponto extremo, causar acidentes no trânsito devido à redução da visibilidade. Os automóveis diesel são responsáveis por uma grande quantidade de emissões na atmosfera e podemos especificar, além de outros gases, o CO, NO<sub>x</sub> e o material particulado como um dos principais agentes causadores dessa poluição. Além disso, o diesel possui hidrocarbonetos, pois também é um derivado do petróleo, e estes são mais pesados do que os que compõem a gasolina.

Devido às exigências dos órgãos regulamentadores e acreditadores, existe a necessidade de cada vez mais se executar melhores ensaios de medição de gases poluente, além disso, devido as constantes reduções de limites de emissões, os métodos de medição devem se adequar às novas necessidades. A análise dos poluentes é um dos itens mais delicados de um ensaio de emissão de um veículo ou de um motor. Neste sentido, a realização do Ensaio de Proficiência (EP) de emissões de automóveis tem por objetivo a avaliação de desempenho dos laboratórios na determinação da quantidade dos compostos presentes nas emissões veiculares, propiciando subsídios para a identificação e solução de problemas analíticos e contribuindo para a harmonização dos resultados de medição no país, além de ser uma ferramenta para geração de dados que podem apoiar a preparação de novas regulamentações.

Este EP teve como objetivos gerais.

- 1) Determinar o desempenho de laboratórios para os ensaios propostos;
- 2) Monitorar o desempenho contínuo dos laboratórios de análises de emissões veiculares;
- 3) Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições dos laboratórios de emissões veiculares;
- 4) Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de emissões de cada laboratório.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Item de Ensaio**

O item de ensaio foi um veículo cedido pela empresa General Motors do Brasil (GM-CPCA) com as seguintes características: Modelo Chevrolet Cobalt LTZ, cor preta, código de identificação APOIOGMPT09, motor 1.3L Diesel, transmissão manual de 5 velocidades e inércia equivalente de 1304 kg.

Cada laboratório participante usou o seu próprio combustível (Diesel S-10 B0 padrão conforme Norma ABNT NBR 8689:2012).

## 2.2. Metodologia

Nesta rodada foram analisados os seguintes ensaios conforme as versões vigentes dos respectivos documentos:

<b>Ciclo Urbano/Estrada</b>	Norma ABNT NBR 6601:2012 - THC, NMHC, CO, CO <sub>2</sub> Norma ABNT NBR 7024:2017 - Autonomia urbana; Autonomia estrada e Autonomia combinada;
<b>NO<sub>x</sub></b>	Norma ABNT NBR 6601:2012 - NO <sub>x</sub> ;
<b>Material Particulado</b>	Norma ABNT NBR 6601:2012 - Material particulado;
<b>Opacidade</b>	Norma ABNT NBR 13037:2001 - Opacidade em aceleração livre.

Os laboratórios reproduziram a curva de desaceleração em dinamômetro informada pelo laboratório de emissão da General Motors do Brasil. Os laboratórios drenaram o combustível do tanque, para depois, abastecer com 25 L e realizar todos os ensaios previstos neste EP. Os participantes seguiram o fluxograma mostrado abaixo e deveriam iniciar preferivelmente os ensaios com a temperatura de 25 °C visando minimizar os efeitos da partida a frio nos resultados.

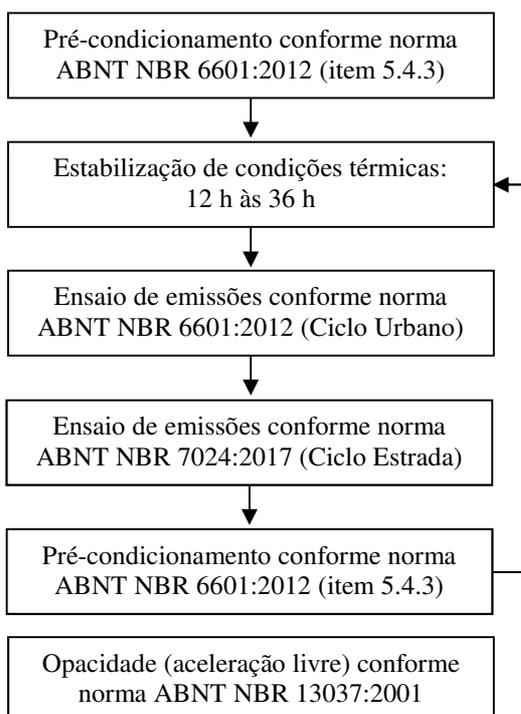


Figura 1- Fluxograma de atividades de medição do Ensaio de Proficiência.

Os participantes enviaram obrigatoriamente **3 (três)** medições para cada parâmetro, com a exceção dos parâmetros que o protocolo faculta, caso contrário, os seus resultados não teriam sido avaliados. Os resultados da GM-CPCA a serem considerados foram referentes aos ensaios realizados no início do ciclo (Y\_1).

### 3. Integridade do Item de Ensaio

O laboratório da General Motors do Brasil realizou ensaios de estabilidade no início e ao fim do ciclo – primeira análise (Y\_1) e segunda análise (Y\_2). Foi verificado se houve diferença estatisticamente significativa entre as medições dos 7 componentes do Ciclo Urbano: CO, CO<sub>2</sub>, THC, NO<sub>x</sub>, NMHC, material particulado em g/km e autonomia urbana em km/L e dos 2 componentes do Ciclo Estrada: autonomia estrada e autonomia combinada em km/L.

Foi verificado também a opacidade em aceleração livre após Ciclo Estrada.

Todos os resultados foram os mesmos, com *p-valor* maior do que 0,05. Com isso, pode-se afirmar que, ao nível de confiança de 95 %, não há diferença estatisticamente significativa entre as médias e os dados amostrais que podem ser considerados como advindos de uma mesma população. Sendo assim, o veículo se manteve íntegro durante a realização deste Ensaio de Proficiência.

Devido à confidencialidade dos resultados, uma vez que a e GM do Brasil CPCA também é participante do EP, estes resultados não foram apresentados.

## 4. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes

### 4.1. Índice z

Para a avaliação dos resultados dos participantes, foi seguido um dos critérios da ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, o índice *z* (*z-score*, medida da distância relativa do resultado da medição do laboratório em relação ao valor designado do ensaio de proficiência), que foi calculado de acordo com a equação 1.

$$z_i = \frac{x_i - X}{\hat{\sigma}} \quad (1)$$

Onde:

$x_i$  é o resultado médio da medição do *i*-ésimo participante;

$X$  é o valor designado deste EP;

$\hat{\sigma}$  é o desvio-padrão para o ensaio de proficiência, que nesta rodada foi estabelecido conforme descrito na ISO 13528:2015, ou seja, um desvio-padrão robusto baseado nos resultados dos participantes.

A interpretação do índice  $z$  é apresentada a seguir:

$|z| \leq 2,0$  - indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$2,0 < |z| < 3,0$  - indica desempenho “questionável” e gera um sinal de alerta;

$|z| \geq 3,0$  - indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

## 5. Valores Designados

De acordo com os procedimentos disponíveis para o estabelecimento de valores designados pela ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, os valores designados deste EP foram calculados através de métodos estatísticos descritos no item 7.7 da norma ISO 13528:2015, ou seja, valores de consenso de participantes.

A Norma ISO 13528:2015 descreve a análise robusta envolvendo o emprego da estimativa do algoritmo A para o cálculo do valor designado e do desvio-padrão. As técnicas de estatística robusta são utilizadas para minimizar a influência que resultados extremos podem ter sobre estimativas de média e desvio-padrão.

Inicialmente, todos os valores objetos da análise (valores enviados pelos participantes) foram colocados em ordem crescente. A seguir, foram denotados valores de média robusta e desvio-padrão robusto destes dados por  $(x^*)$  e  $(s^*)$ . Os valores iniciais de  $(x^*)$  e  $(s^*)$  foram calculados conforme equações abaixo:

$$x^* = \text{mediana de } x_i \quad (2)$$

$$s^* = 1,483 \times \text{mediana } |x_i - x^*| \quad (3)$$

Foram atualizados valores de  $(x^*)$  e  $(s^*)$  como segue. Foi calculado:

$$\delta = 1,5s^* \quad (4)$$

Para cada  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ), foi calculado:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, & \text{se } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, & \text{se } x_i > x^* + \delta \\ x_i, & \text{senão} \end{cases} \quad (5)$$

devem ser calculados novos valores de  $(x^*)$  e  $(s^*)$  a partir de:

$$x^* = \sum x_i^* / p \quad (6)$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)} \quad (7)$$

Onde a soma é sobre  $i$ .

As estimativas robustas ( $x^*$ ) e ( $s^*$ ) podem ser obtidas por um cálculo iterativo, ou seja, atualizando os valores de ( $x^*$ ) e ( $s^*$ ) várias vezes usando os dados modificados, até que o processo convirja. A convergência pode ser assumida quando não há mudança de uma iteração para a próxima no terceiro algarismo significativo do desvio-padrão robusto e o valor equivalente à média robusta.

Os resultados que se apresentaram fora dos intervalos de 2 desvios-padrão após o cálculo da média robusta e do desvio-padrão robusto foram considerados como discrepantes e um novo valor de consenso foi calculado, assim como o novo desvio padrão robusto retirando-se estes valores.

Nas tabelas 1, 2 e 3 mostramos valores designados e os desvios-padrão robustos para todos os parâmetros incluindo todos participantes do EP, assim como os novos valores de média e desvio padrão robustos após a retirada dos discrepantes.

**Neste relatório cada participante é identificado pelos três últimos caracteres do seu código de identificação nas tabelas, gráficos e textos.**

Tabela 1 - Valores designados e desvios-padrão do EP – emissões ciclo urbano e ciclo estrada.

Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
CO (g/km)	2,129	0,249	-	-	-
CO <sub>2</sub> (g/km)	130,2	3,6	-	-	-
THC (g/km)	0,355	0,068	-	-	-
NMHC (g/km)	0,334	0,058	-	-	-
Autonomia urbana (km/L)	19,04	0,49	-	-	-
Autonomia estrada (km/L)	26,04	0,64	-	-	-
Autonomia combinada (km/L)	22,06	0,48	-	-	-

Tabela 2 - Valores designados e desvios-padrão do EP – Material Particulado.

Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
Material Particulado	0,0547	0,0150	-	-	-

Tabela 3 - Valores designados e desvios-padrão do EP – NO<sub>x</sub>.

Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
NO <sub>x</sub> (g/km)	0,461	0,036	071 e 163	0,451	0,021

Tabela 4 - Valores designados e desvios-padrão do EP – Opacidade.

Parâmetro	Valor Designado	Desvio-padrão	Discrepantes (Participantes)	Valor Designado Recalculado	Desvio-padrão Recalculado
Opacidade	0,80	0,36	-	-	-

## 6. Dispersão dos Resultados

Na apresentação dos gráficos para todos os parâmetros ensaiados, o valor designado é representado por uma linha contínua preta central. As linhas azul e vermelha são, respectivamente, representações de  $Ref \pm 1s$  e  $Ref \pm 2s$ , onde “Ref” é o valor designado (média robusta) e “s” é o desvio-padrão robusto.

### 6.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada

As figuras 2 a 8 apresentam graficamente as médias e os desvios-padrão robustos dos resultados reportados para os dados de emissões ciclo urbano e estrada pelos participantes para cada parâmetro analisado.

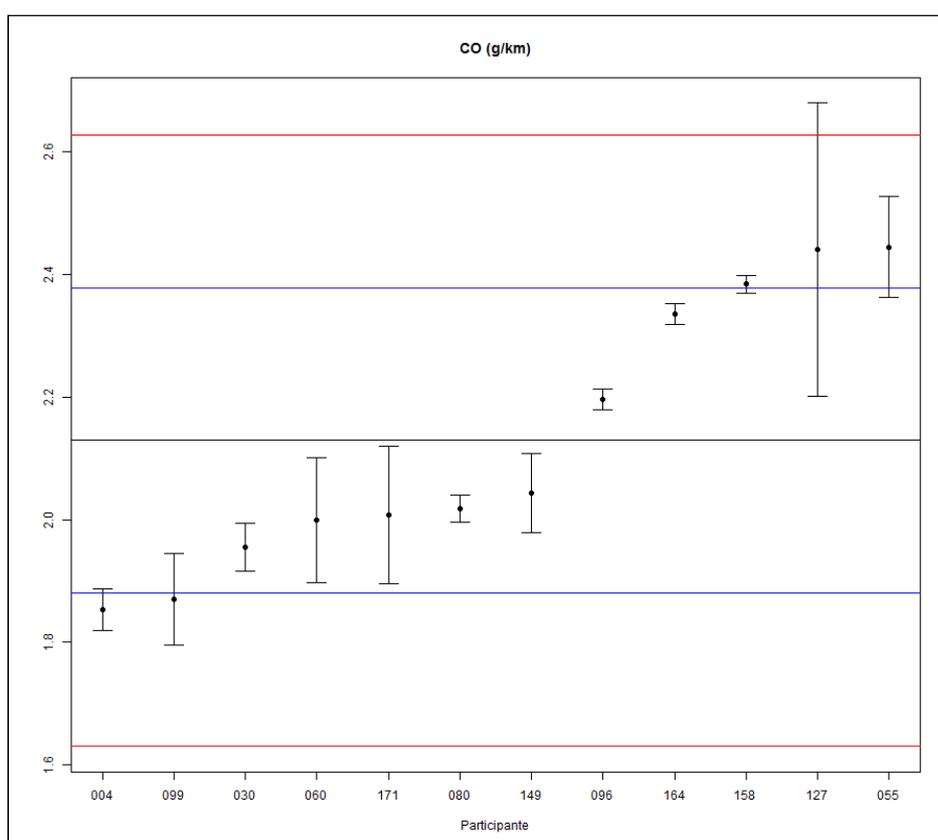


Figura 2 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO – ciclo urbano e estrada.

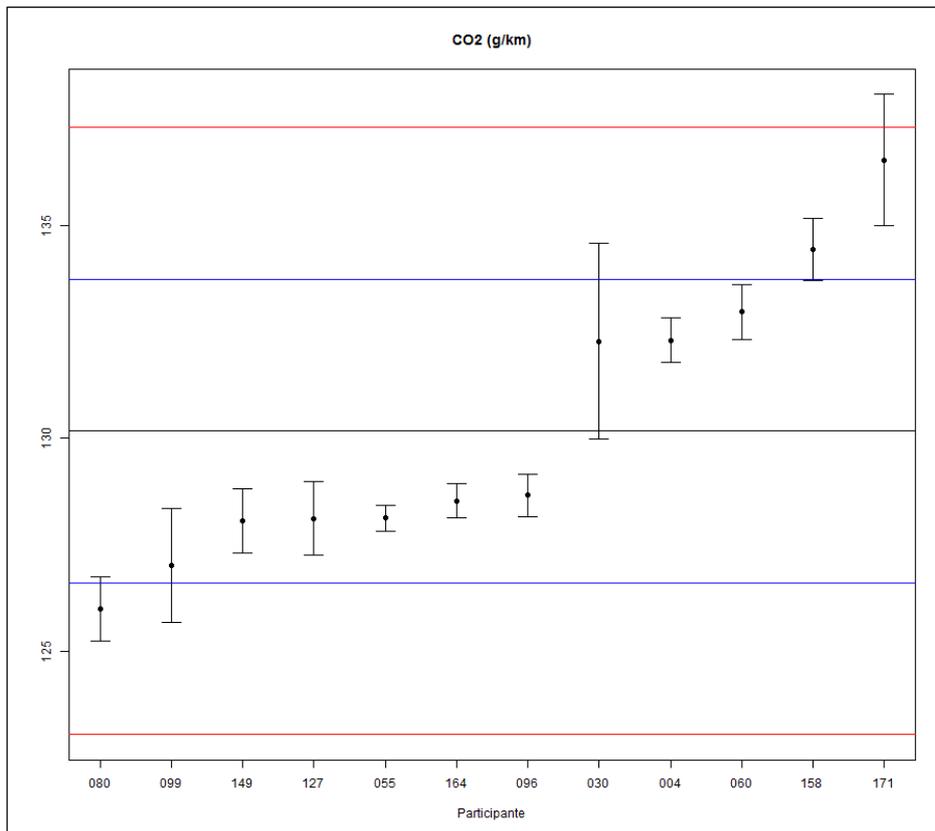


Figura 3 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para CO<sub>2</sub> – ciclo urbano e estrada.

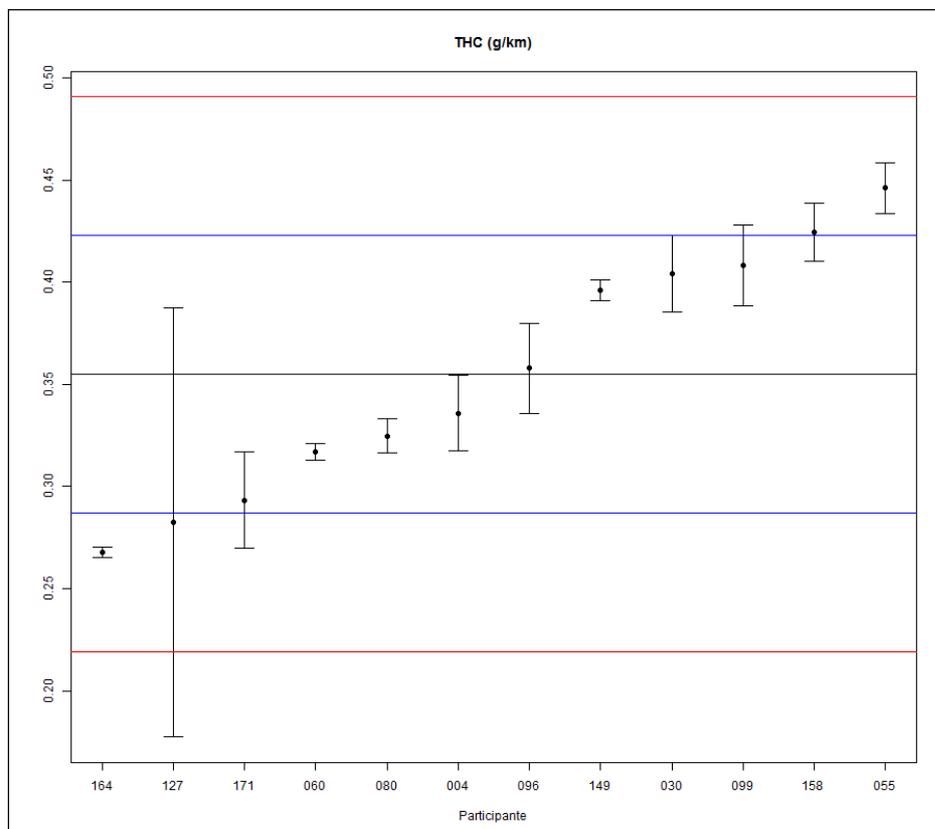


Figura 4 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para THC – ciclo urbano e estrada.

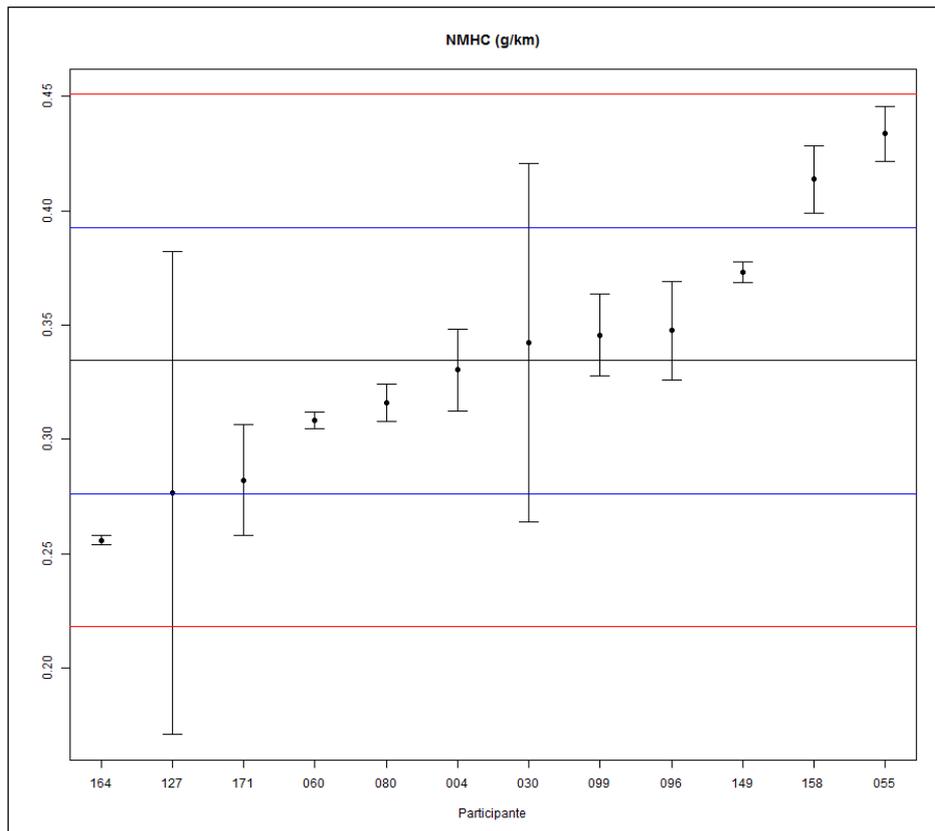


Figura 5 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NMHC – ciclo urbano e estrada.

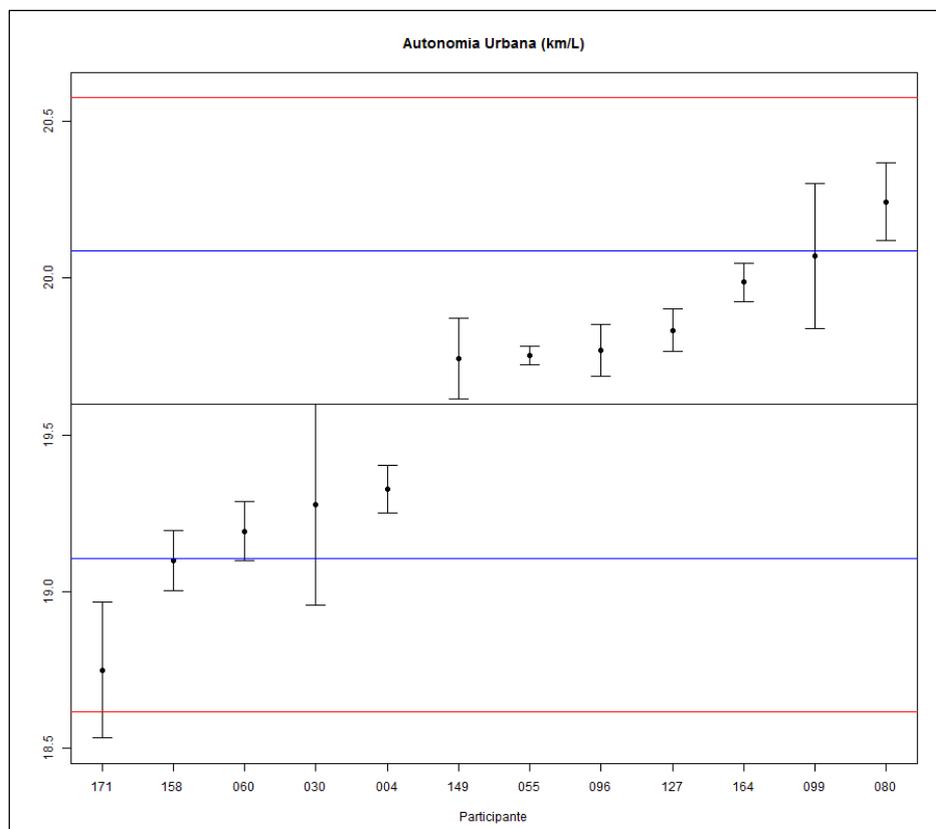


Figura 6 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para autonomia urbana – ciclo urbano e estrada.

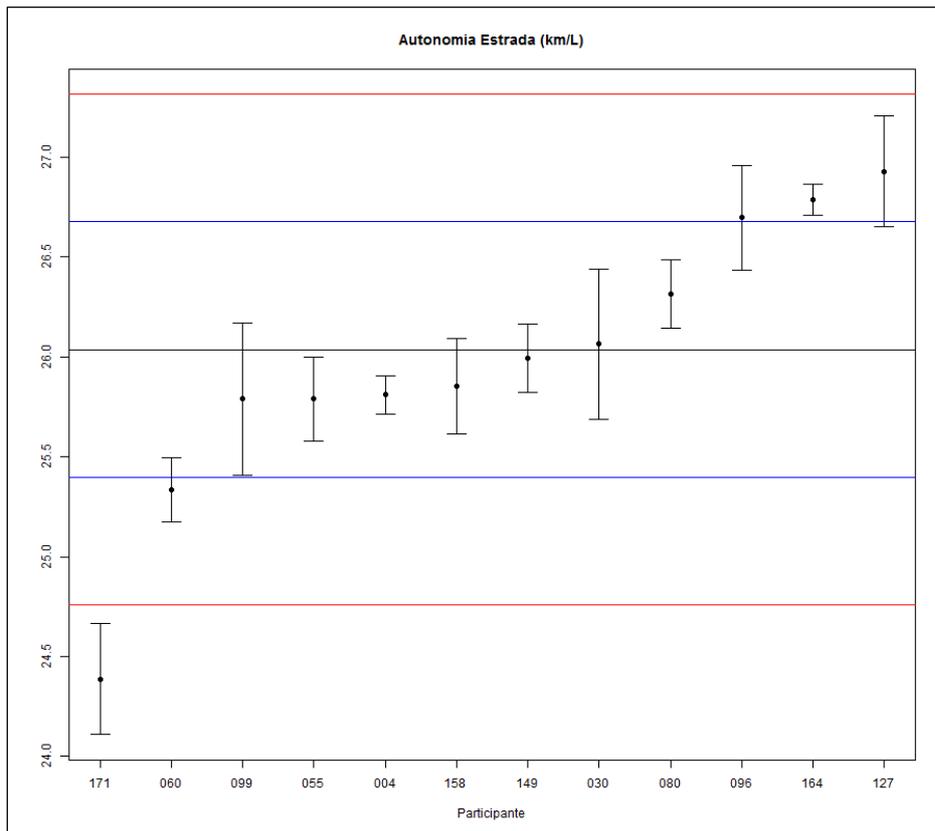


Figura 7 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para autonomia estrada (km/L) – ciclo urbano e estrada.

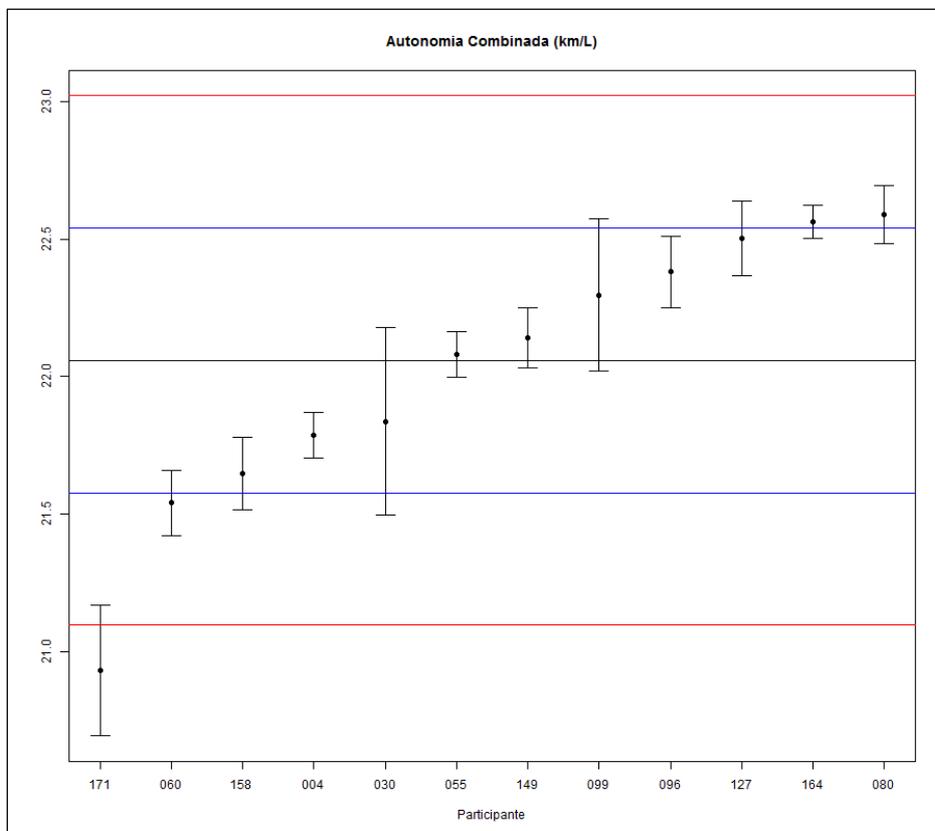


Figura 8 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para autonomia combinada (km/L) – ciclo urbano e estrada.

Através dos gráficos, pode-se observar que:

**CO (g/km):** Dentre todos os 12 participantes que reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ , os participantes 060, 171 e 127 apresentaram as maiores dispersões.

**CO<sub>2</sub> (g/km):** Dentre todos os 12 participantes que reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ , os participantes 099, 030 e 171 apresentaram as maiores dispersões.

**THC (g/km):** Dentre todos os 12 participantes que reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ , o participante 127 apresentou a maior dispersão.

**NMHC (g/km):** Dentre todos os 12 participantes que reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ , os participantes 127 e 030 apresentaram as maiores dispersões.

**Autonomia Urbana (km/L):** Dentre todos os 12 participantes que reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ , os participantes 171, 030 e 099 apresentaram as maiores dispersões.

**Autonomia Estrada (km/L):** 11 participantes reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ . O participante 171 está fora do intervalo  $Ref \pm 2s$ . Os participantes 171, 030 e 099 apresentaram as maiores dispersões.

**Autonomia Combinada (km/L):** 11 participantes reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ . O participante 171 está fora do intervalo  $Ref \pm 2s$ . Os participantes 171, 030 e 099 apresentaram as maiores dispersões.

## **6.2. Material Particulado**

A figura 9 apresenta graficamente as médias e os desvios-padrão robustos dos resultados reportados pelos participantes para o parâmetro material particulado.

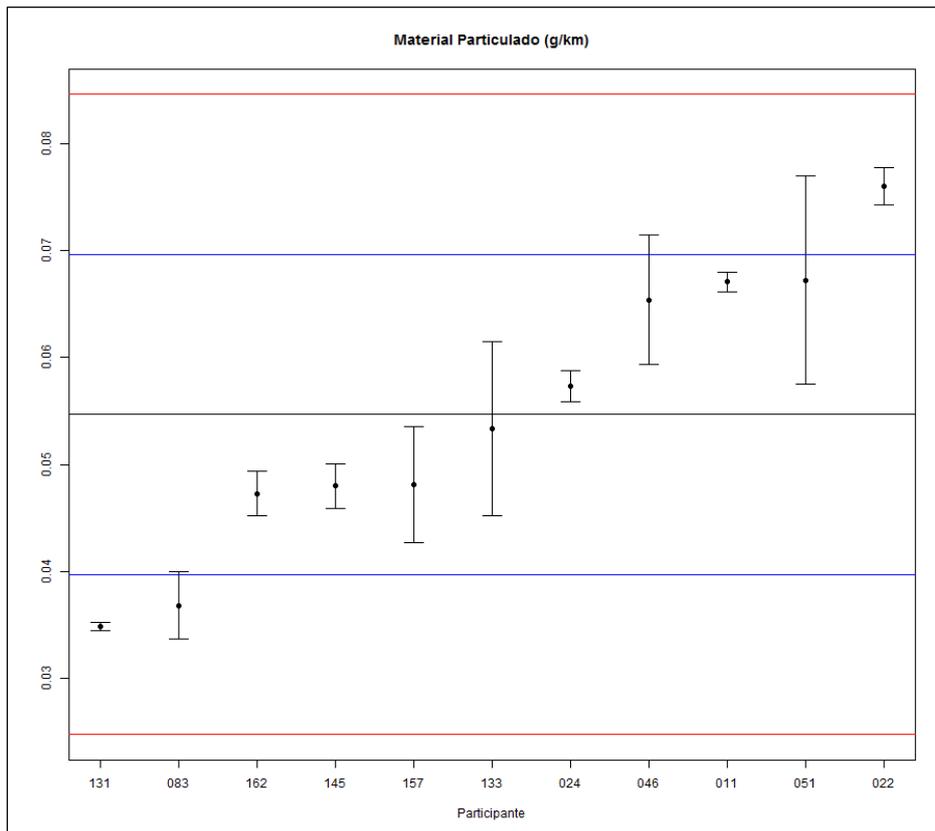


Figura 9 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para material particulado.

Através do gráfico, pode-se observar que:

**Material Particulado:** 8 participantes reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 1s$ . Os participantes 131, 083 e 022 reportaram resultados dentro do intervalo de  $Ref \pm 2s$ . Os participantes 157, 133, 046 e 051 apresentaram as maiores dispersões.

### 6.3. NO<sub>x</sub>

A figura 10 apresenta graficamente as médias e os desvios-padrão robustos dos resultados reportados pelos participantes para o parâmetro NO<sub>x</sub>.

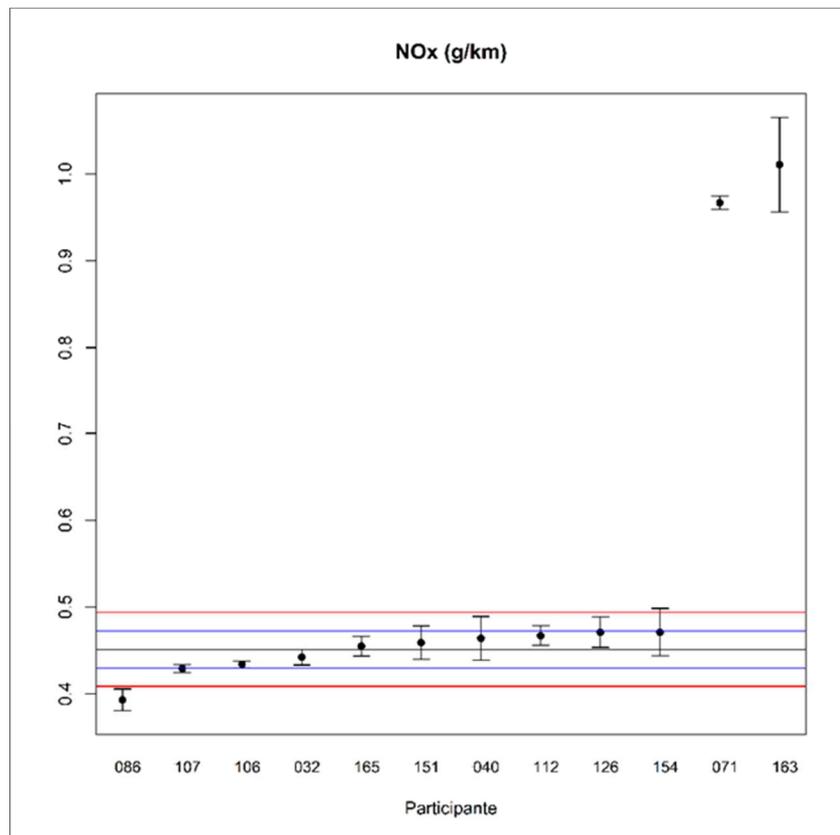


Figura 10 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para NO<sub>x</sub>.

Através do gráfico, pode-se observar que:

**NO<sub>x</sub> (g/km):** 9 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo de Ref ± 2s. O participante 066, 071 e 163 apresentaram resultados fora desse intervalo. O participante 163 apresenta a maior dispersão de dados.

#### 6.4. Opacidade

A figura 11 apresenta graficamente as médias e os desvios-padrão robustos dos resultados reportados pelos participantes para o parâmetro opacidade.

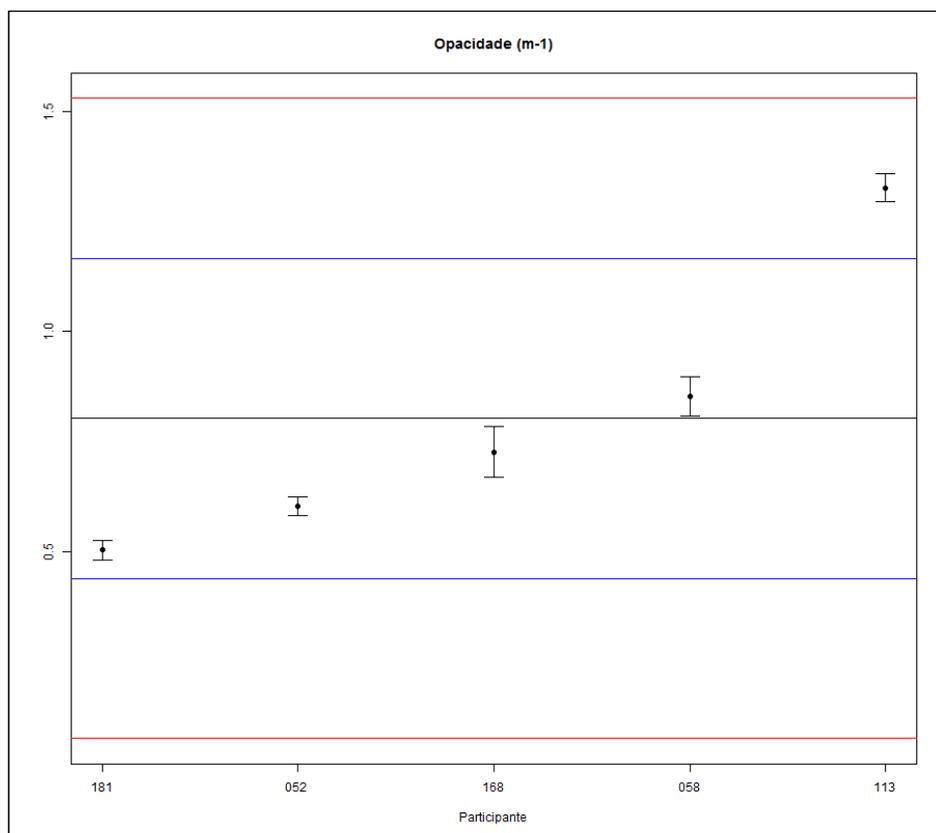


Figura 11 – Gráfico de dispersão dos resultados dos participantes para opacidade.

Através do gráfico, pode-se observar que:

**Opacidade:** 4 participantes apresentaram resultados dentro do intervalo de  $\text{Ref} \pm 1s$ . O participante 113 apresentou resultado dentro do intervalo de  $\text{Ref} \pm 2s$ .

## 7. Resultados dos Participantes

Os resultados das medições deste EP reportados pelos participantes são mostrados nas seções 7.1 a 7.4.

**Os participantes são identificados nos gráficos, tabelas e textos deste relatório pelos três últimos caracteres do seu código de identificação.**

### 7.1. Resultados de Média e Desvio-padrão

#### 7.1.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada

As tabelas 5 e 6 apresentam as médias das replicatas e os desvios-padrão de cada participante para cada parâmetro analisado de emissões ciclo urbano e estrada.

Nota: Foram consideradas todas as casas decimais para os cálculos realizados, porém todas as tabelas tiveram seus valores arredondados com os mesmos números de casas decimais conforme foi solicitado no formulário de resultados.

Tabela 5– Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros CO, CO<sub>2</sub>, THC e NMHC (g/km) – ciclo urbano e estrada.

Código	CO (g/km)		CO <sub>2</sub> (g/km)		THC (g/km)		NMHC (g/km)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
004	1,854	0,034	132,3	0,5	0,336	0,018	0,330	0,018
030	1,956	0,039	132,3	2,3	0,404	0,019	0,342	0,078
055	2,445	0,083	128,1	0,3	0,446	0,012	0,434	0,012
060	2,000	0,102	133,0	0,7	0,317	0,004	0,308	0,004
080	2,018	0,022	126,0	0,8	0,325	0,008	0,316	0,008
096	2,196	0,017	128,7	0,5	0,358	0,022	0,348	0,022
099	1,870	0,075	127,0	1,3	0,408	0,020	0,346	0,018
127	2,440	0,239	128,1	0,9	0,282	0,105	0,277	0,106
149	2,043	0,065	128,1	0,8	0,396	0,005	0,373	0,005
158	2,384	0,015	134,4	0,7	0,424	0,014	0,414	0,015
164	2,336	0,017	128,5	0,4	0,268	0,003	0,256	0,002
171	2,008	0,112	136,5	1,5	0,293	0,023	0,282	0,024

Tabela 6 – Média e desvio-padrão dos participantes para os parâmetros autonomia urbana (km/L), autonomia estrada (km/L) e autonomia combinada (km/L) – ciclo urbano e estrada.

Código	Autonomia Urbana (km/L)		Autonomia estrada (km/L)		Autonomia Combinada (km/L)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
004	19,33	0,08	25,81	0,10	21,79	0,08
030	19,28	0,32	26,06	0,38	21,84	0,34
055	19,75	0,03	25,79	0,21	22,08	0,08
060	19,19	0,09	25,33	0,16	21,54	0,12
080	20,24	0,12	26,32	0,17	22,59	0,11
096	19,77	0,08	26,70	0,26	22,38	0,13
099	20,07	0,23	25,79	0,38	22,30	0,28
127	19,83	0,07	26,93	0,28	22,50	0,13
149	19,74	0,13	25,99	0,17	22,14	0,11
158	19,10	0,10	25,85	0,24	21,65	0,13
164	19,99	0,06	26,79	0,08	22,56	0,06
171	18,75	0,22	24,39	0,28	20,93	0,24

### 7.1.2. Material Particulado

A tabela 7 apresenta as médias das replicatas e os desvios-padrão de cada participante para o parâmetro material particulado.

Tabela 7– Média e desvio-padrão dos participantes para o parâmetro de material particulado.

Código	Material Particulado	
	Média	Desvio-padrão
011	0,0671	0,0009
022	0,0760	0,0017
024	0,0573	0,0014
046	0,0654	0,0061
051	0,0672	0,0097
083	0,0368	0,0032
131	0,0349	0,0004
133	0,0533	0,0081
145	0,0480	0,0021
157	0,0481	0,0054
162	0,0473	0,0021

### 7.1.3. NO<sub>x</sub>

A tabela 8 apresenta as médias das replicatas e os desvios-padrão de cada participante para o parâmetro NO<sub>x</sub>.

Tabela 8– Média e desvio-padrão dos participantes para o parâmetro NO<sub>x</sub>.

Código	NO <sub>x</sub>	
	Média	Desvio-padrão
032	0,442	0,009
040	0,464	0,025
071	0,967	0,008
086	0,393	0,013
106	0,434	0,004
107	0,429	0,005
112	0,467	0,011
126	0,471	0,018
151	0,459	0,019
154	0,471	0,027
163	1,011	0,054
165	0,455	0,012

### 7.1.4. Opacidade

A tabela 9 apresenta as médias das replicatas e os desvios-padrão de cada participante para o parâmetro opacidade.

Tabela 9 – Média e desvio-padrão dos participantes para o parâmetro opacidade.

Código	Opacidade	
	Média	Desvio-padrão
052	0,60	0,02
058	0,85	0,05
113	1,33	0,03
168	0,73	0,06
181	0,50	0,02

## 7.2. Índice z

### 7.2.1. Emissões Ciclo Urbano e Estrada - índice z

Para a avaliação do desempenho dos participantes foram calculados os valores do índice z, após a retirada dos discrepantes, utilizando-se a média e o desvio-padrão robusto dos resultados de cada parâmetro de emissões ciclo urbano e estrada. Nas tabelas 10 e 11 e nas figuras de 12 a 18 estão apresentados estes resultados.

Tabela 10 – Valores de índice z para os parâmetros CO, CO<sub>2</sub>, THC e NMHC – ciclo urbano e estrada.

Código	CO (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	THC (g/km)	NMHC (g/km)
	Índice z	Índice z	Índice z	Índice z
004	-1,10	0,60	-0,28	-0,07
030	-0,70	0,59	0,73	0,13
055	1,27	-0,57	1,35	1,70
060	-0,52	0,79	-0,56	-0,45
080	-0,44	-1,17	-0,44	-0,32
096	0,27	-0,42	0,05	0,23
099	-1,04	-0,88	0,79	0,19
127	1,25	-0,58	-1,07	-0,99
149	-0,34	-0,59	0,61	0,66
158	1,02	1,20	1,02	1,36
164	0,83	-0,46	-1,28	-1,35
171	-0,49	1,79	-0,91	-0,90

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

Tabela 11 – Valores de índice z para os parâmetros de autonomia urbana (km/L), autonomia estrada (km/L) e autonomia combinada (km/L), – ciclo urbano e estrada.

Código	Autonomia urbana (km/L)	Autonomia estrada (km/L)	Autonomia combinada (km/L)
	Índice z	Índice z	Índice z
004	-0,55	-0,35	-0,56
030	-0,65	0,04	-0,46
055	0,32	-0,39	0,05
060	-0,82	-1,10	-1,08
080	1,32	0,44	1,10
096	0,35	1,03	0,67
099	0,97	-0,39	0,50
127	0,49	1,40	0,92
149	0,30	-0,07	0,17
158	-1,02	-0,29	-0,85
164	0,80	1,17	1,05
171	-1,73	<b>-2,58</b>	<b>-2,34</b>

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

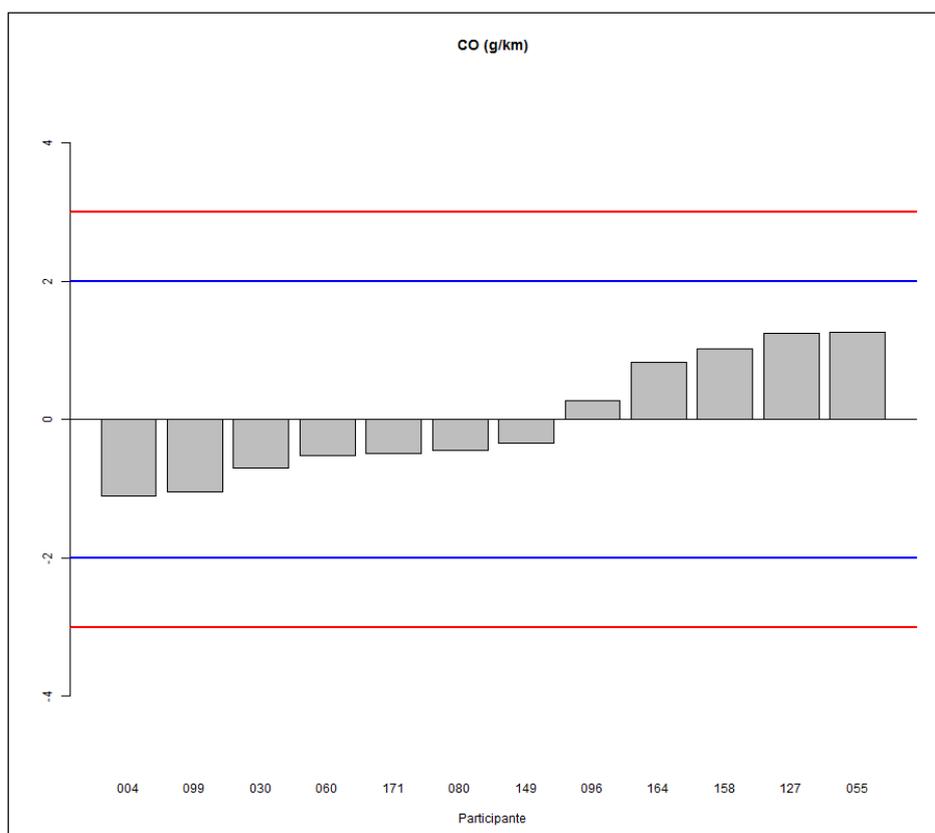


Figura 12 – Gráfico do índice z referente à medição de CO – ciclo urbano e estrada.

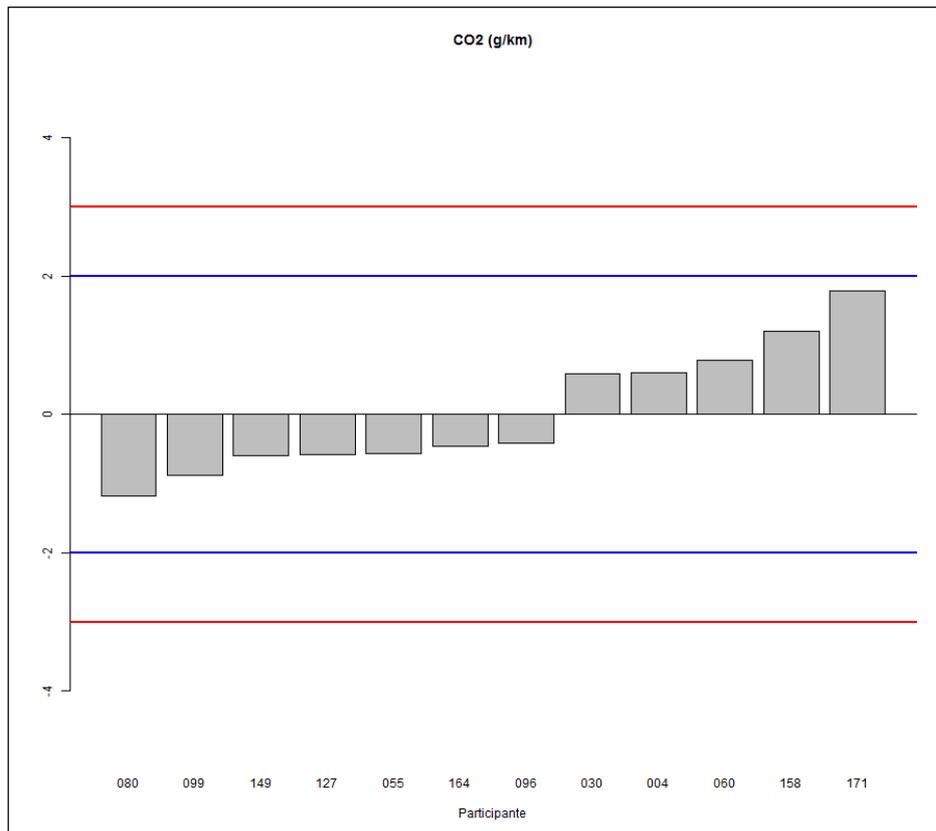


Figura 13 – Gráfico do índice z referente à medição de CO2 – ciclo urbano e estrada.

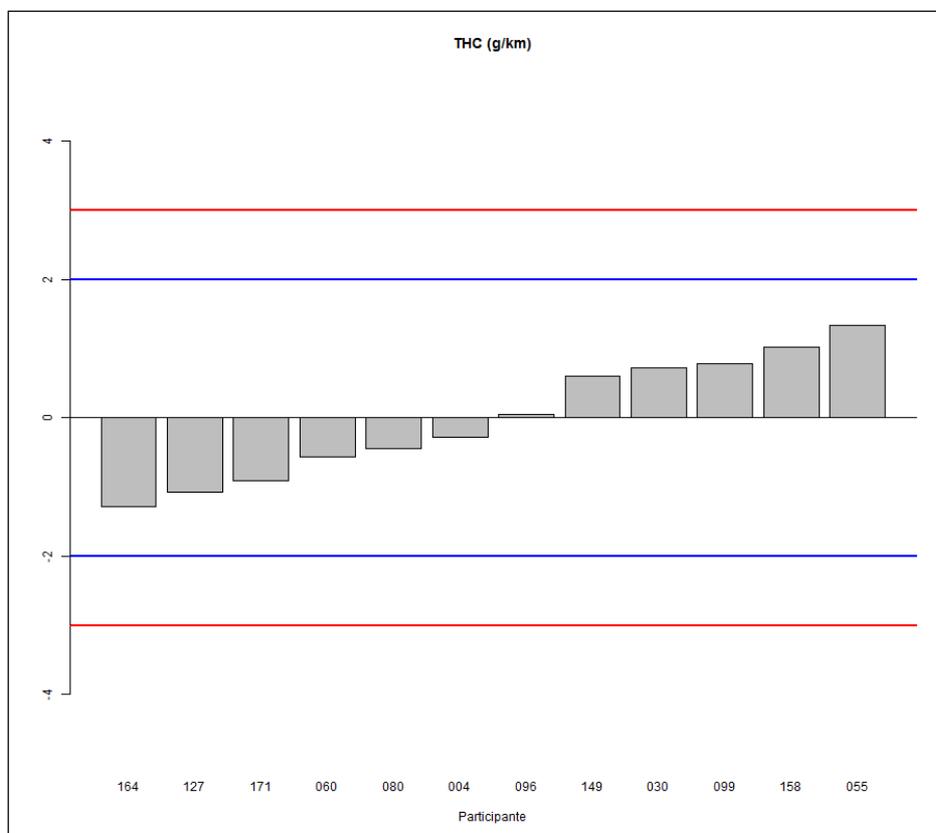


Figura 14 – Gráfico do índice z referente à medição de THC – ciclo urbano e estrada.

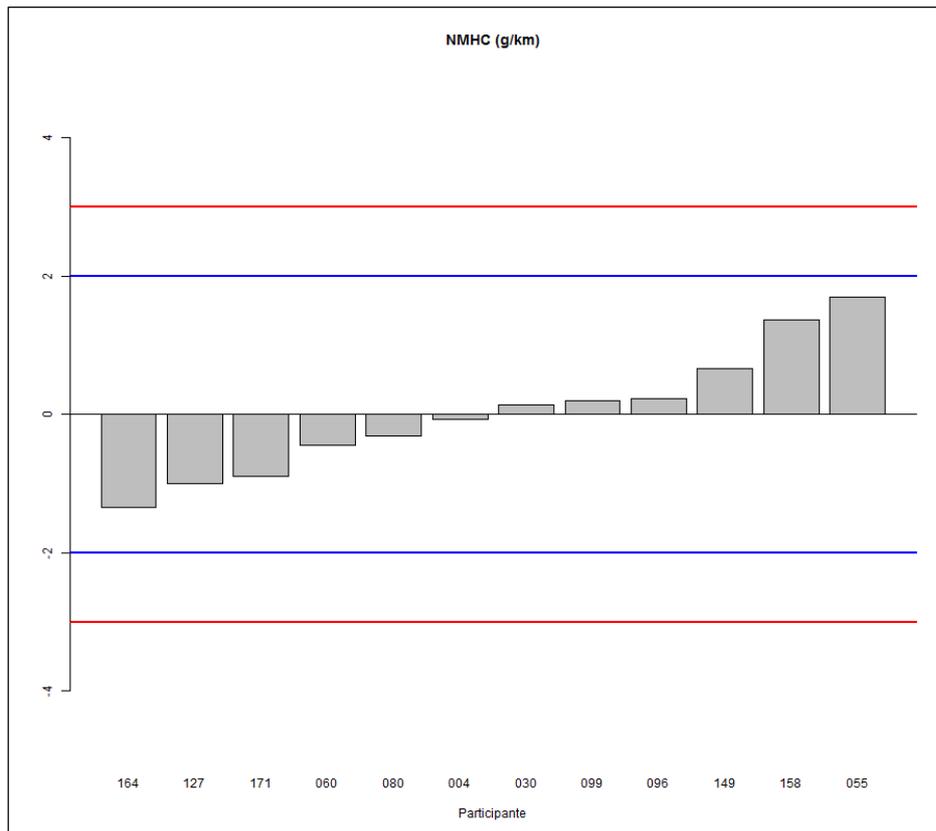


Figura 15 – Gráfico do índice z referente à medição de NMHC – ciclo urbano e estrada.

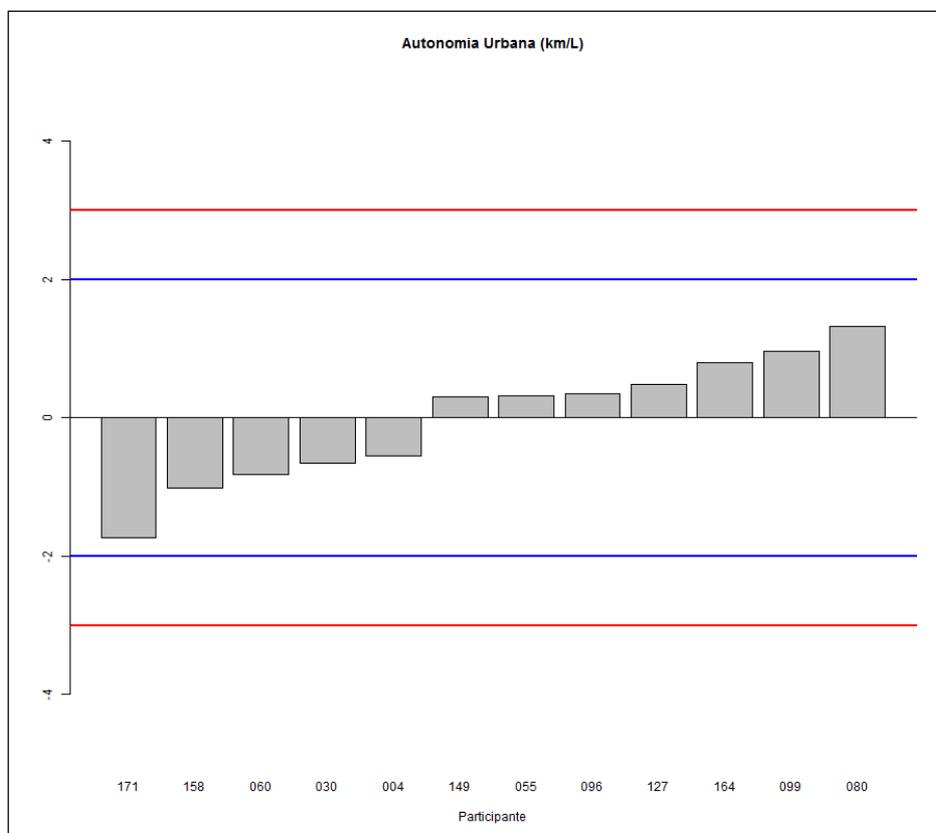


Figura 16 – Gráfico do índice z referente à medição de autonomia urbana – ciclo urbano e estrada.

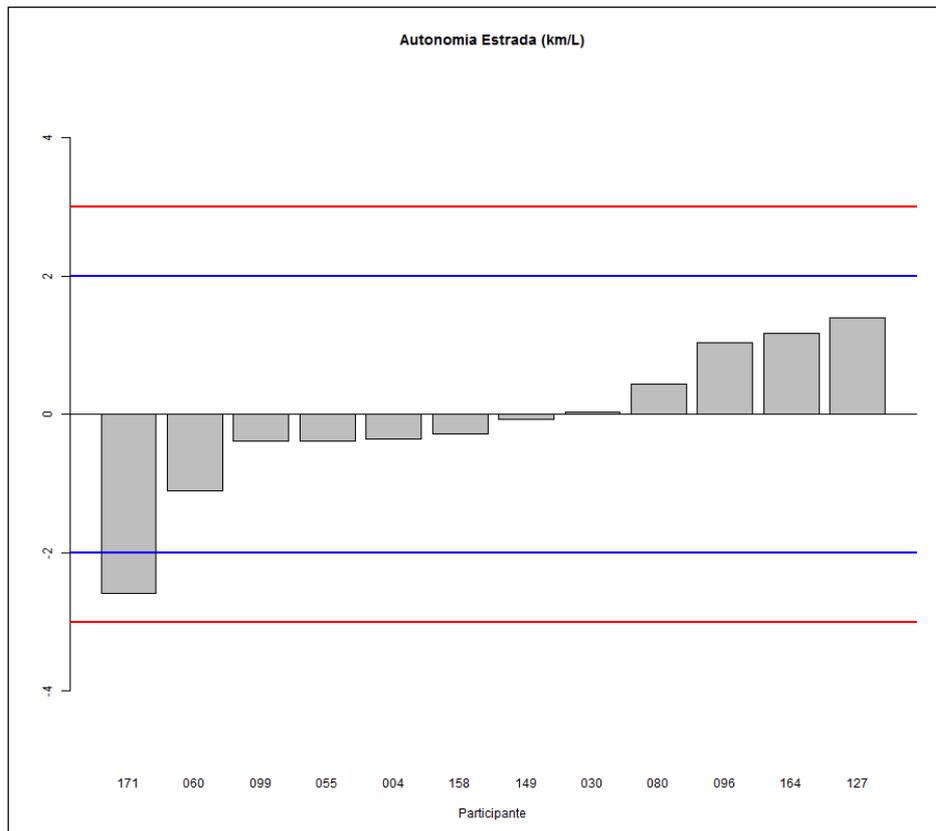


Figura 17 – Gráfico do índice z referente à medição de autonomia estrada– ciclo urbano e estrada.

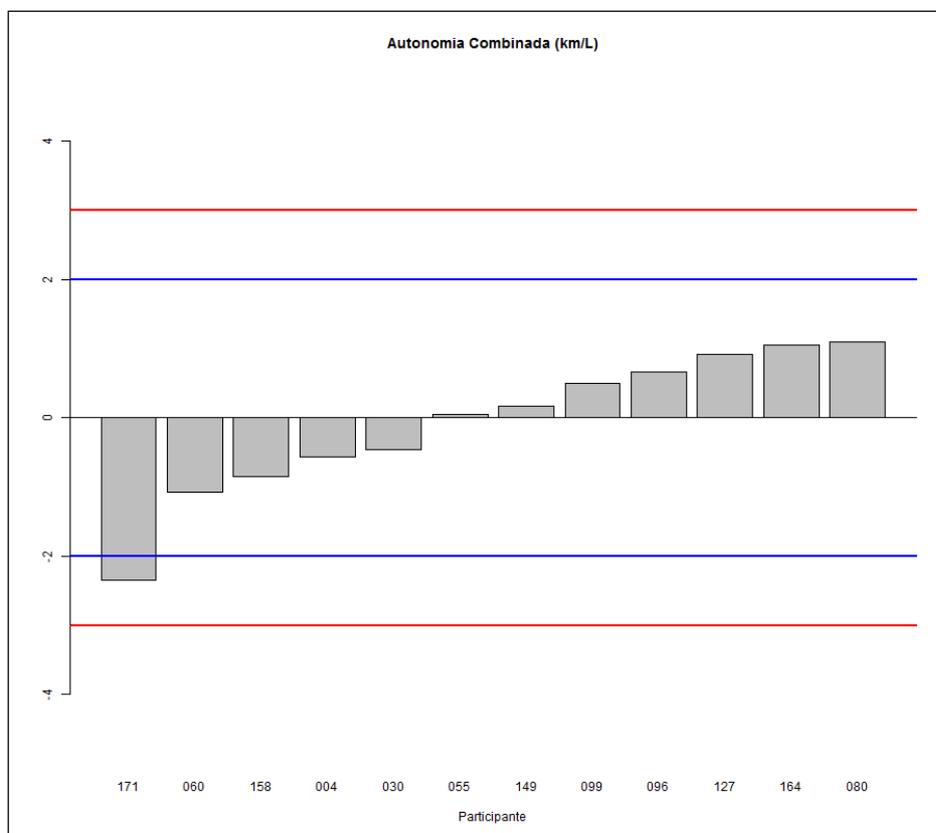


Figura 18 – Gráfico do índice z referente à medição de autonomia combinada– ciclo urbano e estrada.

Através da análise dos gráficos do índice z, pode-se observar que:

**CO (g/km):** 12 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

**CO<sub>2</sub> (g/km):** 12 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

**THC (g/km):** 12 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

**NMHC (g/km):** 12 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

**Autonomia Urbana (km/L):** 12 participantes apresentaram resultados satisfatórios;

**Autonomia Estrada (km/L):** 11 participantes apresentaram resultados satisfatórios. O participante 171 está fora do intervalo  $Ref \pm 1s$ , apresentando resultado questionável.

**Autonomia Combinada (km/L):** 11 participantes apresentaram resultados satisfatórios. O participante 171 está fora do intervalo  $Ref \pm 1s$ , apresentando resultado questionável.

### 7.2.2. Material Particulado - índice z

Para a avaliação do desempenho dos participantes foram calculados os valores do índice z, após a retirada dos discrepantes, utilizando-se a média e o desvio-padrão robusto dos resultados do parâmetro material particulado. Na tabela 12 e na figura 19 estão apresentados estes resultados.

Tabela 12 – Valores de índice z para o parâmetro material particulado.

Código	Material Particulado
	Índice z
011	0,83
022	1,43
024	0,18
046	0,72
051	0,84
083	-1,19
131	-1,32
133	-0,09
145	-0,45
157	-0,44
162	-0,49

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

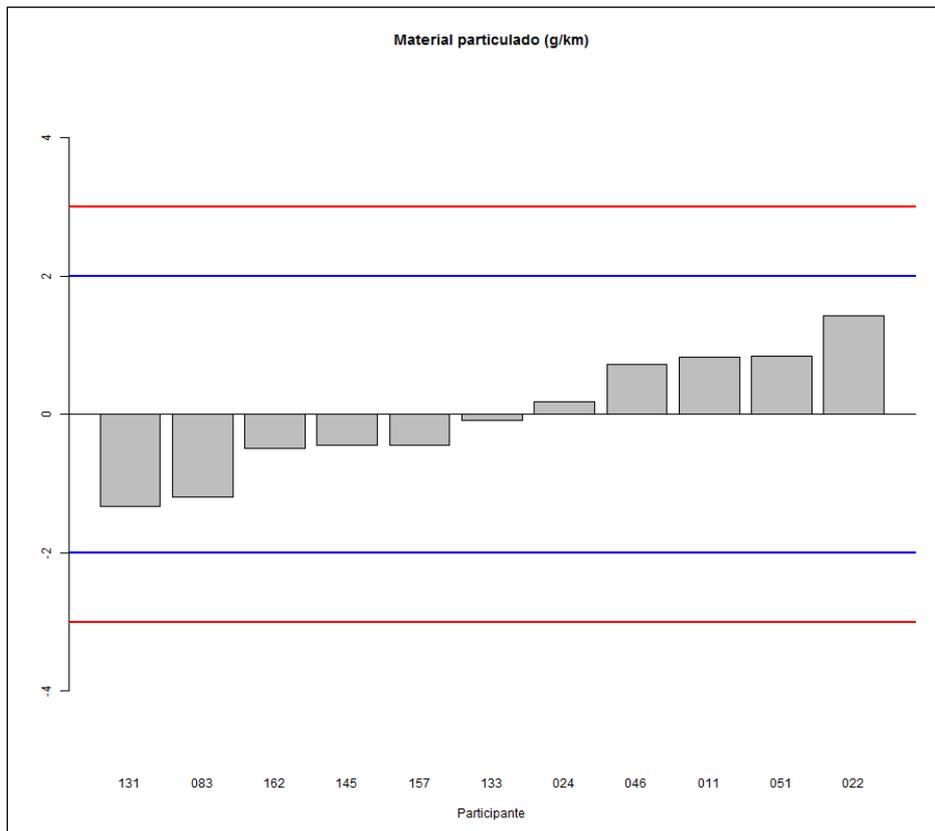


Figura 19 – Gráfico do índice z referente à medição de material particulado.

Através da análise dos gráficos do índice z, pode-se observar que:

**Material Particulado:** Os 11 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

### 7.2.3. NO<sub>x</sub>

Para a avaliação do desempenho dos participantes foram calculados os valores do índice z, após a retirada dos discrepantes, utilizando-se a média e o desvio-padrão robusto dos resultados do parâmetro NO<sub>x</sub>. Na tabela 13 e na figura 20 estão apresentados estes resultados.

Tabela 13 – Valores de índice z para o parâmetro NO<sub>x</sub>.

Código	NO <sub>x</sub>
	Índice z
032	-0,43
040	0,61
071	24,26
086	-2,73
106	-0,81
107	-1,04
112	0,75
126	0,93

Código	NO <sub>x</sub>
	Índice z
151	0,37
154	0,93
163	26,33
165	0,18

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

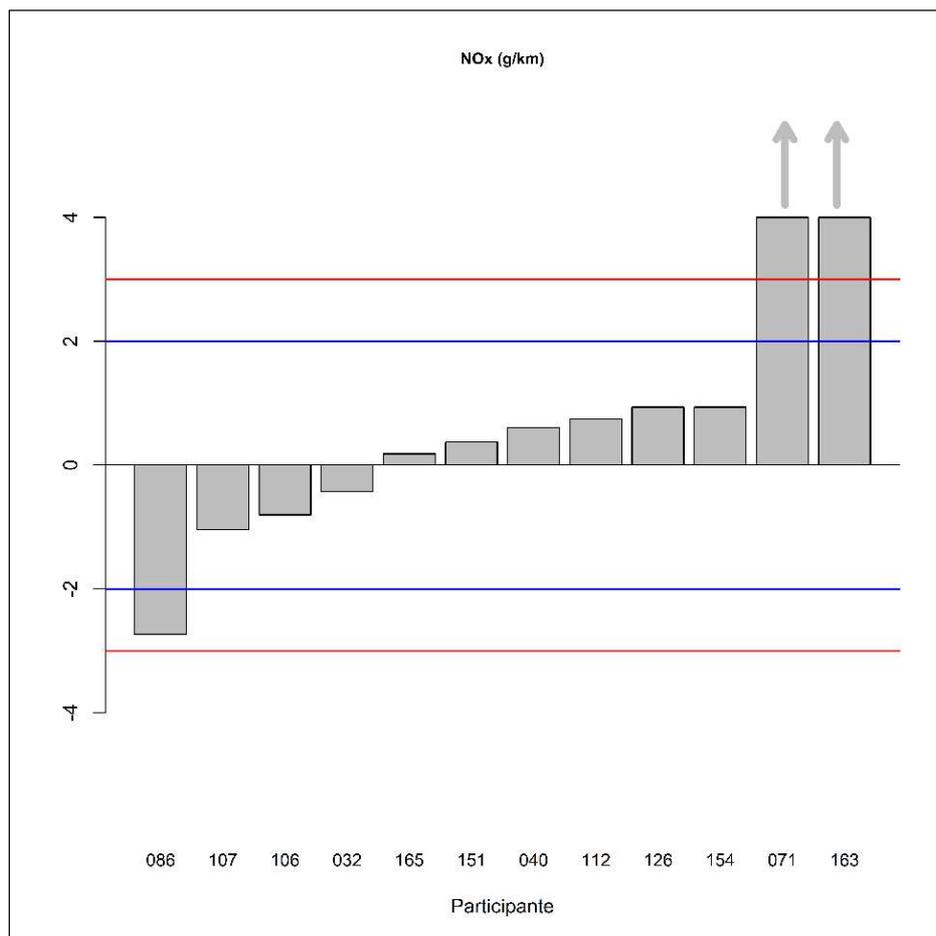


Figura 20 – Gráfico do índice z referente à medição de NO<sub>x</sub>

**NO<sub>x</sub> (g/km):** 9 participantes apresentaram resultados satisfatórios. O participante 086 apresentou resultado fora do intervalo Ref  $\pm$  1s, apresentando resultado questionável. Os participantes 071 e 163 estão fora do intervalo Ref  $\pm$  2s, apresentando resultados insatisfatórios.

#### 7.2.4. Opacidade

Para a avaliação do desempenho dos participantes foram calculados os valores do índice z, após a retirada dos discrepantes, utilizando-se a média e o desvio-padrão robusto dos resultados do parâmetro opacidade. Na tabela 14 e na figura 21 estão apresentados estes resultados.

Tabela 14 – Valores de índice z para o parâmetro opacidade.

Código	Opacidade
	Índice z
052	-0,55
058	0,14
113	1,44
168	-0,21
181	-0,82

\* Resultado satisfatório

\* Resultado questionável

\* Resultado insatisfatório

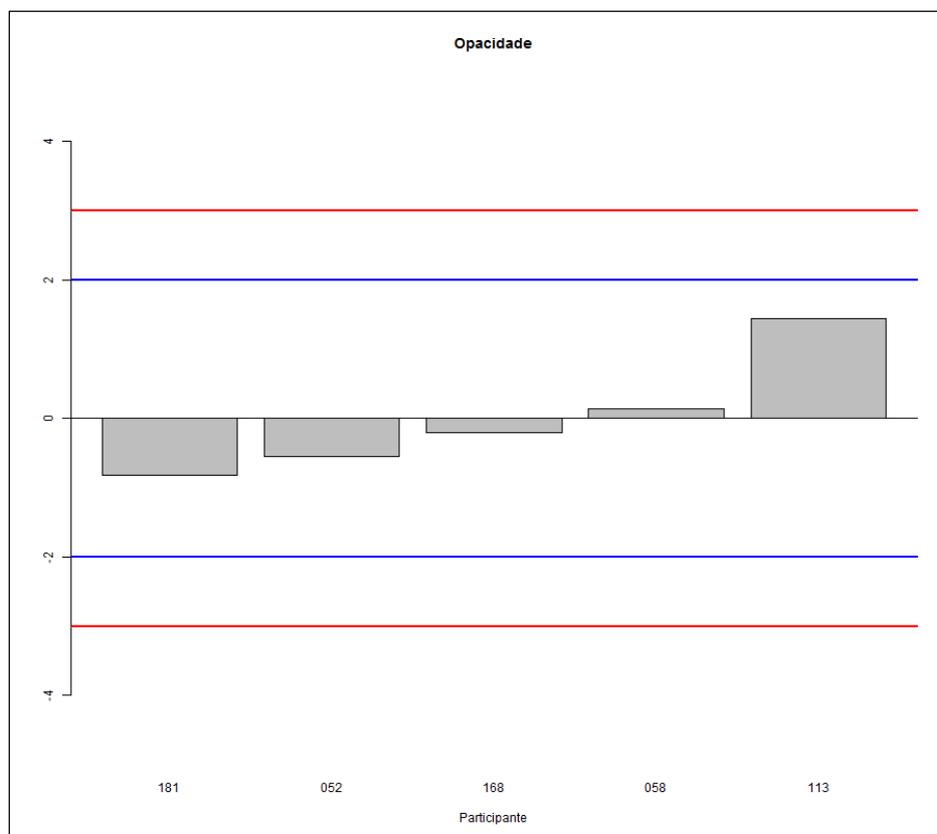


Figura 21 – Gráfico do índice z referente à medição de opacidade.

**Opacidade:** Os 5 participantes apresentaram resultados satisfatórios.

## 8. Testemunho de Análises

Conforme estabelecido no protocolo desta rodada, um representante da Cetesb testemunhou uma das três medições do EP em cada um dos participantes. A Cetesb enviou a conclusão a respeito do resultado deste testemunho à Coordenação do EP através de e-mail, indicando que não houve ocorrência de não

conformidades, não sendo necessário o envio do registro dos resultados testemunhados à Coordenação do EP.

Cabe ressaltar que, no caso em que a Cetesb registrasse a ocorrência de não conformidade para a Coordenação do EP, os resultados do participante seriam invalidados e, portanto, seus dados não figurariam no relatório do EP.

## **9. Confidencialidade**

Cada participante foi identificado por código individual que é conhecido somente pelo próprio participante e pela coordenação do EP. Conforme estabelecido na ficha de inscrição, a identificação dos laboratórios acreditados e em fase de acreditação será enviada para conhecimento da Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre). O participante recebeu, via e-mail, o seu código de identificação correspondente à sua participação no EP. Este código foi utilizado como identificação do participante no preenchimento do formulário de registro de resultados. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade de cada participante.

Conforme estabelecido no item 4.10.4 da ABNT ISO/IEC 17043:2011, em circunstâncias excepcionais, uma autoridade reguladora pode requerer os resultados e a identificação dos participantes do EP ao provedor. Se isto ocorrer, o provedor do EP notificará esta ação aos participantes.

## **10. Conclusões**

O EP de emissões de automóveis diesel é um tipo de estudo realizado apenas no Brasil e, considerando suas características podemos concluir que os resultados têm sido bastante satisfatórios e sua realização tem sido de grande importância para a indústria e sociedade ao longo destas dez rodadas realizadas dentro da parceria Inmetro-AEA.

A rodada deste EP envolveu um grande número de variáveis e o acompanhamento de um órgão regulador (Cetesb). Esse grande número de variáveis existentes nos ensaios de emissões seguramente influencia nos resultados reportados. Portanto, recomenda-se que os participantes que apresentaram desempenho questionável e insatisfatório analisem criticamente seus métodos de medição.

Vale também mencionar que essa décima rodada foi a primeira vez que se trabalhou com um automóvel diesel e os resultados podem ser considerados como muito satisfatórios. Os trabalhos anteriores foram fundamentais para alcançar os resultados deste EP. De uma maneira geral, os resultados continuam melhorando em relação aos resultados da última rodada.

Dos 252 resultados no ciclo urbano e estrada avaliados pelo índice z, 97,61 % apresentam desempenho satisfatórios, 2,38 % apresentou desempenho questionáveis em dois parâmetros distintos. Dos 33 resultados para o material particulado, 100 % apresentam desempenho satisfatórios. Dos 27 resultados NO<sub>x</sub>, 75 % apresentam desempenho satisfatórios, 8,30 % apresentou desempenho questionáveis e 16,70 % apresentam desempenho insatisfatórios. Dos 15 resultados para opacidade, 100 % apresentam desempenho satisfatórios.

Deve-se sempre ressaltar a importância da participação dos diferentes laboratórios em um ensaio de proficiência, visto que constitui uma ferramenta útil para monitorar os procedimentos de análises usados na rotina e avaliar os resultados das medições dos laboratórios, possibilitando a melhoria da qualidade dos resultados e garantindo maior confiabilidade às medições.

Cabe ao participante de um EP realizar uma análise crítica dos resultados, sendo que todo o processo e experiência laboratorial devem ser considerados. Portanto, a participação em ensaios de proficiência de forma contínua pode garantir informações aos participantes sobre sua capacidade de medição e é de grande importância para o monitoramento da validade de seus resultados.

## 11. Participantes

Quatorze participantes se inscreveram na 10ª rodada do Ensaio de Proficiência de Emissões de Automóveis, porém dois participantes não enviaram seus formulários de registro de resultados por apresentarem problemas no equipamento e informaram à coordenação. Desta forma, restaram doze participantes.

A lista dos participantes que enviaram os resultados à coordenação deste EP é apresentada na tabela 15. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de participantes no EP, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos participantes na apresentação dos resultados.

Tabela 15– Participantes.

Instituição	
1.	CAOA Montadora de Veículos Centro de Pesquisas e Eficiência Energética
2.	Cetesb Companhia Ambiental do Estado de São Paulo Laboratório de Emissão Veicular - São Bernardo
3.	Continental Brasil Indústria Automotiva Ltda. Laboratório de Emissões Veiculares

Instituição	
4.	Faculdades Católicas Centro de Desenvolvimento em Energia e Veículos
5.	FCA Fiat Chrysler Automóveis Brasil Ltda. Laboratório de Emissões e Consumo
6.	Ford Motor Company Brasil Ltda. Laboratório de Emissões do Campo de Provas de Tatuí
7.	General Motors do Brasil Ltda. Laboratório de Emissões do Campo de Provas de Cruz Alta
8.	Hyundai Motor Brasil Montadora de Automóveis Ltda. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento HMB
9.	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos LACTEC LEME – Laboratório de Emissões Veiculares
10.	Toyota do Brasil Ltda. Laboratório de Emissões Indaiatuba
11.	Umicore Brasil Ltda. Laboratório de Emissões Veiculares - Umicore
12	Volkswagen do Brasil Ltda. Laboratório de Emissões Veiculares da Volkswagen do Brasil Ltda.

Total de participantes: 12.

## 12. Referências Bibliográficas

- ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
- ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011: Avaliação de Conformidade – Requisitos Gerais para ensaios de proficiência.
- ISO 13528:2015 (E), “*Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*”.
- Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012). 1ª Edição Luso–Brasileira.
- ABNT NBR 6601:2012: “Veículos rodoviários automotores leves — Determinação de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono e material particulado no gás de escapamento”.
- ABNT NBR 7024:2017: “Veículos rodoviários automotores leves - Medição do consumo de combustível - Método de ensaio”.
- ABNT NBR 13037:2001: “Veículos rodoviários automotores - Gás de escapamento emitido por motor diesel em aceleração livre - Determinação da opacidade”.
- ABNT NBR 8689:2012: “Veículos rodoviários automotores leves — Combustíveis para ensaio — Requisitos”.



Programa de Ensaio da Proficiência do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - PEP-Inmetro  
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250-020  
Tel/Fax: +55 21 2679-9745 - [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) - E-mail: [pep-inmetro@inmetro.gov.br](mailto:pep-inmetro@inmetro.gov.br)