

I

(Actos cuja publicação é uma condição da sua aplicabilidade)

Regulamento n.º 49 da Comissão Económica para a Europa da Organização das Nações Unidas (UN/ECE) — Prescrições uniformes relativas à homologação de veículos a motor de ignição por compressão (IPC) alimentados a gás natural (GN), bem como motores de ignição comandada (IC) alimentados a gás de petróleo liquefeito (GPL) e veículos equipados com motores IPC e GN, bem como motores IC alimentados a GPL, no que se refere às emissões de poluentes pelo motor

3.ª Revisão

Incorpora:

Série 01 de alterações - Data de entrada em vigor: 14 de Maio de 1990

Série 02 de alterações - Data de entrada em vigor: 30 de Dezembro de 1992

Corrigenda 1 à série 02 de alterações nos termos da notificação de depósito

C.N.232.1992.TREATIES-32, de 11 de Setembro de 1992

Corrigenda 2 à série 02 de alterações nos termos da notificação de depósito

C.N.353.1995.TREATIES-72, de 13 de Novembro de 1995

Corrigenda 1 à revisão 2 (Errata - unicamente inglês)

Suplemento 1 à série 02 de alterações - Data de entrada em vigor: 18 de Maio de 1996

Suplemento 2 à série 02 de alterações - Data de entrada em vigor: 28 de Agosto de 1996

Corrigenda 1 ao suplemento 1 da série 02 de alterações nos termos da notificação de depósito

C.N.426.1997.TREATIES-96, de 21 de Novembro de 1997

Corrigenda 2 ao suplemento 1 da série 02 de alterações nos termos da notificação de depósito

C.N.272.1999.TREATIES-2, de 12 de Abril de 1999

Corrigenda 1 ao suplemento 2 da série 02 de alterações nos termos da notificação de depósito

C.N.271.1999.TREATIES-1, de 12 de Abril de 1999

Série 03 de alterações - Data de entrada em vigor: 27 de Dezembro de 2001

Série 04 de alterações - Data de entrada em vigor: 31 de Janeiro de 2003

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente regulamento é aplicável à emissão de gases e partículas poluentes por motores IPC e GN, bem como por motores IC alimentados a GPL, utilizados em veículos a motor cuja velocidade máxima, por projecto, exceda 25 km/h das categoria 1/2/ M₁ cuja massa total seja superior a 3,5 toneladas, M₂, M₃, N₁, N₂ e N₃.

2. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

Para efeitos do presente regulamento, entende-se por:

- 2.1. «ciclo de ensaios», uma sequência de pontos de ensaio, cada um com uma velocidade e um binário definidos, que devem ser seguidos pelo motor em condições de funcionamento em estado estacionário (ensaio ESC) ou transientes (ensaios ETC, ELR);
- 2.2. «homologação de um motor (família de motores)», a homologação de um tipo de motor (família de motores) no que diz respeito ao nível das emissões de gases e partículas poluentes;
- 2.3. «motor diesel», um motor que funciona de acordo com o princípio da ignição por compressão;

«motor a gás», um motor que é alimentado a gás natural (GN) ou gás de petróleo liquefeito (GPL);
- 2.4. «tipo de motor», uma categoria de motores que não diferem entre si em aspectos essenciais tais como as características dos motores definidas no anexo 1 do presente regulamento;
- 2.5. «família de motores», o agrupamento pelo fabricante de motores que, através do respectivo projecto conforme definido no apêndice 2 do anexo I do presente regulamento, têm características de emissões de escape semelhantes; todos os membros da mesma família têm de cumprir os valores-limite de emissão aplicáveis;
- 2.6. «motor precursor», um motor seleccionado de uma família de motores de modo tal que as suas características em termos de emissões sejam representativas dessa família de motores;

1/ Tal como definido no anexo 7 da Resolução consolidada sobre a construção de veículos (R.E.3) (documento TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2).

2/ Os motores utilizados em veículos a motor das categorias N1, N2 e M2 não são homologados nos termos do presente regulamento, desde que o sejam nos termos do Regulamento n.º 83.

- 2.7. «gases poluentes», o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos (supondo uma proporção CH_{1,85} para o combustível para motores diesel, CH_{2,525} para o GPL e a «molécula» CH_{300,5} para os motores diesel a etanol), hidrocarbonetos não metânicos (supondo uma proporção de CH_{1,85} para o combustível destinado a motores diesel, CH_{2,525} para o GPL e CH_{2,93} para o GN), metano (supondo uma proporção CH₄ para o GN) e óxidos de azoto, estes últimos expressos em equivalentes de dióxido de azoto (NO₂);
- «partículas poluentes», quaisquer matérias recolhidas num meio filtrante especificado, após diluição dos gases de escape com ar limpo filtrado até se obter uma temperatura não superior a 325 K (52°C);
- 2.8. «fumos», partículas suspensas na corrente de gases de escape de um motor diesel que absorvem, reflectem ou refractam a luz;
- 2.9. «potência útil», a potência em kW CEE obtida no banco de ensaios na extremidade da cambota, ou seu equivalente, medida de acordo com o método de medição de potência previsto no Regulamento n.º 24;
- 2.10. «potência máxima declarada (P_{max})», a potência máxima em kW CEE (potência útil) declarada pelo fabricante no seu pedido de homologação;
- 2.11. «carga em percentagem», a fracção do binário máximo disponível a um dado regime do motor;
- 2.12. «ensaio ESC», um ciclo de ensaios que consiste em 13 modos em estado estacionário, a aplicar de acordo com o ponto 5.2 do presente regulamento;
- 2.13. «ensaio ELR», um ciclo de ensaios que consiste numa sequência de patamares de carga a velocidades de motor constantes a aplicar de acordo com o ponto 5.2 do presente regulamento;
- 2.14. «ensaio ETC», um ciclo de ensaios que consiste em 1800 modos transientes segundo-a-segundo, a aplicar de acordo com o ponto 5.2 do presente regulamento;
- 2.15. «gama de velocidades de funcionamento do motor», a gama de velocidades mais frequentemente utilizada durante o funcionamento do motor, que está compreendida entre as velocidades baixa e elevada, conforme estabelecido no anexo 4 do presente regulamento;
- 2.16. «velocidade baixa (n_{lo})», a mais baixa velocidade do motor à qual ocorre 50 % da potência máxima declarada;

- 2.17. «velocidade elevada (n_{hi})», a mais elevada velocidade do motor à qual ocorre 50 % da potência máxima declarada;
- 2.18. «velocidades A, B e C do motor», as velocidades de ensaio dentro da gama de velocidades de funcionamento do motor a utilizar para o ensaio ESC e o ensaio ELR, conforme estabelecido no apêndice 1 do anexo 4 do presente regulamento;
- 2.19. «zona de controlo», a zona compreendida entre as velocidades A e C do motor e entre 25 e 100 por cento da carga;
- 2.20. «velocidade de referência (n_{ref})», o valor de 100 % da velocidade a utilizar para desnormalizar os valores relativos da velocidade do ensaio ETC, conforme estabelecido no apêndice 2 do anexo 4 do presente regulamento;
- 2.21. «opacímetro», um instrumento concebido para medir a opacidade das partículas de fumo através do princípio da extinção da luz;
- 2.22. «gama de GN», uma das gamas, H ou L, definidas na Norma Europeia EN 437, de Novembro de 1993;
- 2.23. «auto-adaptabilidade», qualquer dispositivo do motor que permita manter constante a proporção ar/combustível;
- 2.24. «recalibração», uma afinação fina de um motor a GN de modo a ter o mesmo comportamento funcional (potência, consumo de combustível) numa gama diferente de gás natural;
- 2.25. «índice de Wobbe (inferior W_l , ou superior W_u)», a razão entre o poder calorífico de um gás por unidade de volume e a raiz quadrada da sua densidade relativa nas mesmas condições de referência:

$$W = H_{gás} \times \sqrt{\rho_{ar} / \rho_{gás}}$$

- 2.26. « λ -factor de desvio ($S\lambda$)», uma expressão que descreve a flexibilidade exigida do sistema de gestão do motor relativamente a uma alteração do quociente λ de ar em excesso, se o motor for alimentado com um gás de composição diferente da do metano puro (ver o anexo 8 para o cálculo de $S\lambda$);
- 2.27. «VEA», um Veículo Ecológico Avançado, ou seja, um veículo movido por um motor que respeita os valores-limite de emissão facultativos apresentados na linha C das tabelas constantes do ponto 5.2.1 do presente regulamento;
- 2.28. «dispositivo manipulador (defeat device)», qualquer dispositivo que meça, seja sensível ou responda a variáveis de funcionamento (por exemplo, velocidade do veículo, velocidade do motor, mudanças de velocidade, temperatura, pressão de admissão ou

qualquer outro parâmetro) e destinado a activar, modular, atrasar ou desactivar o funcionamento de qualquer parte ou função do sistema de controlo das emissões, de forma a reduzir a eficácia desse sistema em circunstâncias que se verifiquem durante a utilização normal do veículo, a menos que a utilização de tal dispositivo se encontre substancialmente incluída nos procedimentos de ensaio de certificação das emissões;

- 2.29. «dispositivo de controlo auxiliar», qualquer sistema, função ou estratégia de controlo instalada num motor ou num veículo, utilizado para proteger o motor e/ou seu equipamento auxiliar no que se refere a condições de funcionamento que possam provocar dano ou avarias ou para facilitar o arranque do motor; um dispositivo de controlo auxiliar também pode ser uma estratégia ou medida que tenha demonstrado satisfatoriamente não ser um dispositivo manipulador;
- 2.30. «estratégia pouco razoável de controlo das emissões», estratégia ou medida que, em condições normais de funcionamento do veículo, reduz a eficácia do sistema de controlo das emissões a um nível abaixo do previsto nos procedimentos aplicáveis de ensaio das emissões.

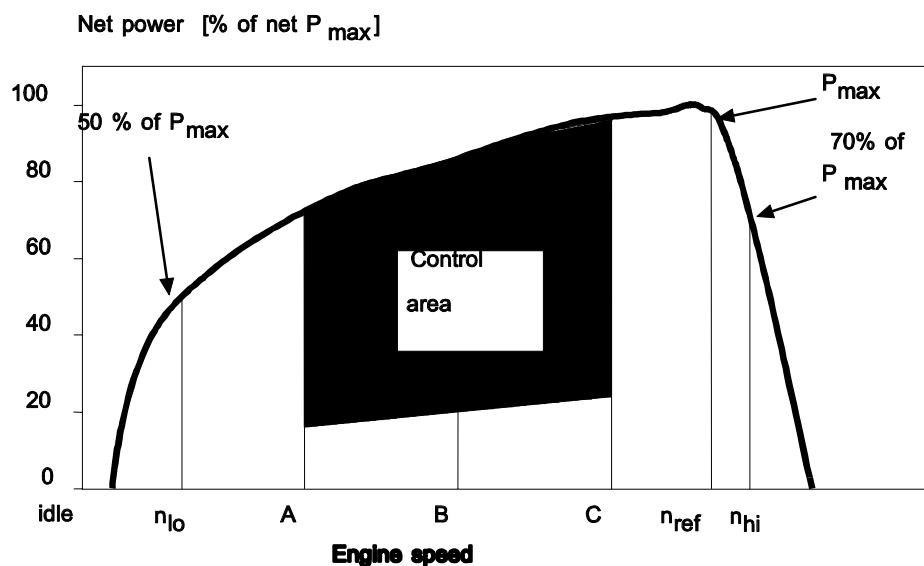


Figura 1: Definições específicas dos ciclos de ensaio

Legenda da Figura 1

EN	PT
Net power	Potência útil
Control area	Zona de controlo
Of Pmax	Da potência máxima
Engine speed	Velocidade do motor

2.31. Símbolos e abreviaturas

2.31.1. Símbolos dos parâmetros de ensaio

<u>Símbolo</u>	<u>Unidade</u>	<u>Descrição</u>
A_P	m^2	Área da secção transversal da sonda isocinética de recolha de amostras
A_T	m^2	Área da secção transversal do tubo de escape
CE_E	-	Eficiência do etano
CE_M	-	Eficiência do metano
C_1	-	Hidrocarboneto com um átomo de carbono equivalente
conc	ppm / vol%	Índice que denota a concentração
D_0	m^3/s	Ordenada na origem da função de calibração da PDP
DF	-	Factor de diluição
D	-	Constante da função de Bessel
E	-	Constante da função de Bessel
E_Z	g/kWh	Valor interpolado das emissões de NO_x do ponto de controlo
f_a	-	Factor atmosférico do laboratório
f_c	s^{-1}	Frequência de corte do filtro de Bessel
F_{FH}	-	Factor específico do combustível para o cálculo da concentração em base húmida a partir da concentração em base seca
F_S	-	Factor estequiométrico
G_{AIRW}	kg/h	Caudal mássico do ar de admissão em base húmida
G_{AIRD}	kg/h	Caudal mássico do ar de admissão em base seca
G_{DILW}	kg/h	Caudal mássico do ar de diluição em base húmida
G_{EDFW}	kg/h	Caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida
G_{EXHW}	kg/h	Caudal mássico dos gases de escape em base húmida
G_{FUEL}	kg/h	Caudal mássico do combustível
G_{TOTW}	kg/h	Caudal mássico dos gases de escape diluídos em base húmida
H	MJ/ m^3	Poder calorífico
H_{REF}	g/kg	Valor de referência da humidade absoluta (10,71 g/kg)
H_a	g/kg	Humidade absoluta do ar de admissão
H_d	g/kg	Humidade absoluta do ar de diluição
$HTCRA$	mol/mol	Razão hidrogénio/carbono
I	-	Índice que denota um modo individual
K	-	Constante de Bessel

<u>Símbolo</u>	<u>Unidade</u>	<u>Descrição</u>
K	m ⁻¹	Coefficiente de absorção da luz
K _{H,D}	-	Factor de correcção da humidade para os NO _x no que diz respeito aos motores diesel
K _{H,G}	-	Factor de correcção da humidade para os NO _x no que diz respeito aos motores a gás
K _V		Função de calibração do CFV
K _{W,a}	-	Factor de correcção base seca/base húmida para o ar de admissão
K _{W,d}	-	Factor de correcção base seca/base húmida para o ar de diluição
K _{W,e}	-	Factor de correcção base seca/base húmida para os gases de escape diluídos
K _{W,r}	-	Factor de correcção base seca/base húmida para os gases de escape brutos
L	%	Percentagem de binário em relação ao binário máximo no que diz respeito ao motor de ensaio
L _a	m	Comprimento efectivo do percurso óptico
M		Declive da função de calibração da PDP
Mass	g/h ou g	Índice que denota o caudal mássico das emissões (débito)
M _{DIL}	kg	Massa da amostra de ar de diluição que passa através dos filtros de recolha de partículas
M _d	mg	Massa da amostra de partículas do ar de diluição recolhido
M _f	mg	Massa de amostra de partículas recolhida
M _{f,p}	mg	Massa da amostra de partículas recolhida no filtro primário
M _{f,b}	mg	Massa da amostra de partículas recolhida no filtro secundário
M _{SAM}	kg	Massa da amostra de gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas
M _{SEC}	kg	Massa do ar de diluição secundária
M _{TOTW}	kg	Massa total das amostras recolhidas a volume constante (CVS) ao longo do ciclo em base húmida
M _{TOTW,i}	kg	Massa instantânea das amostras recolhidas a volume constante (CVS) em base húmida
N	%	Opacidade
N _p	-	Rotações totais da PDP ao longo do ciclo
N _{p,i}	-	Rotações da PDP durante um dado intervalo de tempo
n	min ⁻¹	Velocidade do motor
n _p	s ⁻¹	Velocidade da PDP
n _{hi}	min ⁻¹	Velocidade elevada do motor
n _{lo}	min ⁻¹	Velocidade baixa do motor
n _{ref}	min ⁻¹	Velocidade de referência do motor para o ensaio ETC

<u>Símbolo</u>	<u>Unidade</u>	<u>Descrição</u>
p_a	kPa	Pressão do vapor de saturação do ar de admissão do motor
p_A	kPa	Pressão absoluta
p_B	kPa	Pressão atmosférica total
p_d	kPa	Pressão do vapor de saturação do ar de diluição do motor
p_s	kPa	Pressão atmosférica em seco
p_i	kPa	Depressão à entrada da bomba
$P(a)$	kW	Potência absorvida pelos equipamentos auxiliares a instalar para o ensaio
$P(b)$	kW	Potência absorvida pelos equipamentos auxiliares a remover para o ensaio
$P(n)$	kW	Potência útil não corrigida
$P(m)$	kW	Potência medida no banco de ensaios
Ω	-	Constante de Bessel
Q_s	m ³ /s	Caudal volúmico das amostras recolhidas a volume constante (CVS)
q	-	Razão de diluição
r	-	Relação entre as áreas das secções transversais da sonda isocinética e do tubo de escape
R_a	%	Humidade relativa do ar de admissão
R_d	%	Humidade relativa do ar de diluição
R_f	-	Factor de resposta do FID
ρ	kg/m ³	Densidade
S	kW	Regulação do dinamómetro
S_i	m ⁻¹	Valor instantâneo dos fumos
S_λ	-	Factor de desvio λ
T	K	Temperatura absoluta
T_a	K	Temperatura absoluta do ar de admissão
t	s	Tempo de medida
t_e	s	Tempo de resposta eléctrica
t_f	s	Tempo de resposta do filtro no que diz respeito à função de Bessel
t_p	s	Tempo de resposta física
Δt	s	Intervalo de tempo entre dados sucessivos relativos aos fumos (= 1/taxa de recolha)
Δt_i	s	Intervalo de tempo para o caudal instantâneo no CFV
τ	%	Transmitância dos fumos
V_0	m ³ /rot	Caudal volúmico da PDP em condições reais
W	-	Índice de Wobbe
W_{act}	kWh	Trabalho real do ciclo do ensaio ETC
W_{ref}	kWh	Trabalho do ciclo de referência do ETC
WF	-	Factor de ponderação
WF_E	-	Factor de ponderação efectivo
X_0	m ³ /rot	Função de calibração do caudal volúmico da PDP

<u>Símbolo</u>	<u>Unidade</u>	<u>Descrição</u>
Y_i	m^{-1}	Valor dos fumos obtido como média de Bessel em 1 s

2.31.2. Símbolos dos componentes químicos

CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₂ H ₅ OH	Etanol
C ₃ H ₈	Propano
CO	Monóxido de carbono
DOP	Ftalato de dioctilo
CO ₂	Dióxido de carbono
HC	Hidrocarbonetos
NMHC	Hidrocarbonetos não metânicos
NO _x	Óxidos de azoto
NO	Monóxido de azoto
NO ₂	Dióxido de azoto
PT	Partículas

2.31.3. Abreviaturas

CFV	Venturi de escoamento crítico
CLD	Detector quimioluminescente
ELR	Ensaio europeu de resposta a uma carga
ESC	Ciclo europeu de estado estacionário
ETC	Ciclo transiente europeu
FID	Detector de ionização de chama
GC	Cromatógrafo de fase gasosa
HCLD	Detector quimioluminescente aquecido
HFID	Detector aquecido de ionização por chama
GPL	Gás de petróleo liquefeito
NDIR	Analizador não dispersivo de infra-vermelhos
GN	Gás natural
NMC	Separador de hidrocarbonetos não metânicos

3. PEDIDO DE HOMOLOGAÇÃO

3.1. Pedido de homologação para um tipo de motor enquanto unidade técnica autónoma

3.1.1. O pedido de homologação de um tipo de motor no que respeita ao nível das emissões de gases e de partículas poluentes é apresentado pelo fabricante do motor ou pelo seu mandatário devidamente credenciado.

- 3.1.2. O pedido é acompanhado dos documentos necessários, em triplicado. Incluirá, pelo menos, as características essenciais do motor, nos termos do anexo 1 do presente regulamento.
- 3.1.3. Deve ser apresentado ao serviço técnico encarregado dos ensaios de homologação definidos no ponto 5 um motor conforme às características do «tipo de motor» descritas no anexo 1.
- 3.2. Pedido de homologação para um modelo de veículo no que respeita ao motor
- 3.2.1. O pedido de homologação de um modelo de veículo no que respeita à emissão de gases e de partículas poluentes pelo motor é apresentado pelo fabricante do veículo ou pelo seu mandatário devidamente credenciado.
- 3.2.2. O pedido é acompanhado dos documentos necessários, em triplicado. Incluirá pelo menos o seguinte:
- 3.2.2.1. características essenciais do motor, nos termos do anexo 1;
- 3.2.2.2. descrição dos componentes relacionados com o motor, nos termos do anexo 1;
- 3.2.2.3. cópia do formulário de comunicação de homologação (anexo 2A) para o tipo de motor instalado.
- 3.3. Pedido de homologação para um modelo de veículo com um motor homologado
- 3.3.1. O pedido de homologação de um veículo no que diz respeito à emissão de gases e partículas poluentes pelo motor ou família de motores diesel homologados e no que diz respeito ao nível das emissões de gases poluentes pelo motor ou família de motores a gás homologado é apresentado pelo fabricante do veículo ou pelo seu mandatário devidamente credenciado.
- 3.3.2. Deve ser acompanhado dos documentos necessários, em triplicado, e das seguintes indicações:
- 3.3.2.1. descrição do modelo de veículo e das peças do veículo relacionadas com o motor, incluindo os elementos referidos no anexo 1, conforme aplicável, e uma cópia do formulário de comunicação de homologação (anexo 2A) do motor ou família de motores, se aplicável, enquanto unidade técnica autónoma, que está instalado no modelo de veículo.
4. **HOMOLOGAÇÃO**
- 4.1. Homologação de um combustível universal

A homologação de um combustível universal é concedida sem prejuízo dos seguintes requisitos:

- 4.1.1. combustível para motores diesel: se, nos termos dos pontos 3.1, 3.2. ou 3.3 do presente regulamento, o motor ou o veículo cumprir os requisitos previstos nos pontos 5, 6 e 7 infra no que respeita ao combustível de referência mencionado no anexo 5 do presente regulamento, a homologação deve ser concedida a esse tipo de motor ou veículo;
- 4.1.2. no caso do gás natural, o motor precursor deve demonstrar a sua capacidade de se adaptar a qualquer composição do combustível que se possa encontrar no mercado; no caso do gás natural, há geralmente dois tipos de combustíveis, o combustível de poder calorífico elevado (gás H) e o combustível de poder calorífico baixo (gás L), mas com uma dispersão significativa em ambas as gamas; diferem de modo significativo quanto ao seu conteúdo energético expresso pelo índice de Wobbe e pelo seu factor de desvio λ ($S\lambda$). As fórmulas para os cálculos do índice de Wobbe e do $S\lambda$ são apresentadas nos pontos 2.25 e 2.26. Os gases naturais com um factor de desvio λ compreendido entre 0,89 e 1,08 ($0,89 \leq S\lambda \leq 1,08$) são considerados como pertencendo à gama H, enquanto os gases naturais com um factor de desvio λ compreendido entre 1,08 e 1,19 ($1,08 \leq S\lambda \leq 1,19$) são considerados como pertencendo à gama L. A composição dos combustíveis de referência reflecte as variações destes parâmetros.

O motor precursor deve satisfazer os requisitos do presente regulamento com os combustíveis de referência GR (combustível 1) e G25 (combustível 2), conforme especificados no anexo 6, sem qualquer reajustamento da alimentação de combustível entre os dois ensaios. Todavia, é permitida uma passagem de adaptação ao longo de um ciclo ETC sem medida após a mudança do combustível. Antes do ensaio, o motor precursor deve ser rodado utilizando o método indicado no ponto 3 do apêndice 2 do anexo 4.

- 4.1.2.1. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um terceiro combustível (combustível 3) se o factor de desvio λ ($S\lambda$) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do GR) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G25), por exemplo quando o combustível 3 for um combustível do mercado. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.
- 4.1.3. No caso de um motor alimentado a gás natural que seja auto-adaptativo para a gama dos gases H, por um lado, e a gama dos gases L, por outro, e que muda da gama H para a gama L e vice-versa através de um comutador, o motor precursor deve ser ensaiado em cada posição do comutador com o combustível de referência pertinente para cada uma das posições, tal como especificado no anexo 6 para cada gama. Para os gases da gama H, os combustíveis são o GR (combustível 1) e o G23 (combustível 3) e para os gases da gama, o G25 (combustível 2) e o G23 (combustível 3). O motor precursor deve satisfazer os requisitos do presente regulamento em ambas as posições do comutador sem qualquer reajustamento da alimentação de combustível entre os dois ensaios em cada posição do comutador. Todavia, é permitida uma passagem de adaptação ao longo de um ciclo ETC sem medida após a mudança do combustível. Antes do ensaio, o motor precursor deve ser rodado utilizando o método indicado no ponto 3 do apêndice 2 do anexo 4.

4.1.3.1. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um terceiro combustível em vez do G23 (combustível 3) se o factor de desvio λ ($S\lambda$) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do GR) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G25), por exemplo quando o combustível 3 for um combustível do mercado. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.

4.1.4. No caso dos motores a gás natural, determina-se a relação dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultado emissões combustível referência 2}}{\text{resultado emissões combustível referência 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{resultado emissões combustível referência 2}}{\text{resultado emissões combustível referência 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{resultado emissões combustível referência 1}}{\text{resultado emissões combustível referência 3}}$$

4.1.5. No caso do GPL, o motor precursor deve demonstrar a sua capacidade de se adaptar a qualquer composição do combustível que possa ocorrer no mercado. No caso do GPL, há variações da composição C_3/C_4 . Estas variações reflectem-se nos combustíveis de referência. O motor precursor deve satisfazer os requisitos das emissões com os combustíveis de referência A e B especificados no anexo 7 sem qualquer reajustamento da alimentação de combustível entre os dois ensaios. Todavia, é permitida uma passagem de adaptação ao longo de um ciclo ETC sem medida após a mudança do combustível. Antes do ensaio, o motor precursor deve ser rodado utilizando o método indicado no ponto 3 do apêndice 2 do anexo 4.

4.1.5.1. Determina-se a relação dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultado emissão combustível referência B}}{\text{resultado emissão combustível referência A}}$$

4.2. Concessão de uma homologação para uma gama de combustíveis restrita

A homologação de gama de combustíveis restrita é concedida sem prejuízo dos seguintes requisitos:

4.2.1. Homologação no que diz respeito às emissões de escape de um motor que funciona com gás natural e preparado para funcionar quer com a gama de gases H quer com a gama de gases L.

Ensaia-se o motor precursor com o combustível de referência relevante conforme especificado no anexo 6 para a gama relevante. Os combustíveis são o GR (combustível 1) e o G23 (combustível 3) para os gases da gama H, e o G25 (combustível 2) e o G23 (combustível 3) para a gama L de gases. O motor precursor deve satisfazer os requisitos do presente regulamento sem qualquer reajustamento da alimentação de combustível entre os dois ensaios. Todavia, é permitida uma passagem de adaptação ao longo de um ciclo ETC sem medida após a mudança do combustível. Antes do ensaio, o motor precursor deve ser rodado utilizando o método indicado no ponto 3 do apêndice 2 do anexo 4.

4.2.1.1. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com um terceiro combustível em vez do G23 (combustível 3) se o factor de desvio λ ($S\lambda$) estiver compreendido entre 0,89 (ou seja, a gama inferior do GR) e 1,19 (ou seja, a gama superior do G25), por exemplo quando o combustível 3 for um combustível do mercado. Os resultados deste ensaio podem ser utilizados como base para a avaliação da conformidade da produção.

4.2.1.2. Determina-se a relação dos resultados das emissões «r» para cada poluente do seguinte modo:

$$r = \frac{\text{resultado emissão combustível referência 2}}{\text{resultado emissão combustível referência 1}}$$

ou

$$r_a = \frac{\text{resultado emissão combustível referência 2}}{\text{resultado emissão combustível referência 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{resultado emissão combustível referência 1}}{\text{resultado emissão combustível referência 3}}$$

4.2.1.3. Antes da entrega ao cliente, o motor deve ostentar uma etiqueta (ver ponto 4.11), indicando a gama de gases para a qual o motor foi homologado.

4.2.2. Homologação no que diz respeito às emissões de escape de um motor a gás natural ou GPL preparado para funcionar com um combustível de composição específica.

4.2.2.1. O motor precursor deve satisfazer os requisitos das emissões com os combustíveis de referência GR e G25 no caso do gás natural, ou os combustíveis de referência A e B no caso do GPL, conforme especificado no anexo 7.

Entre os ensaios, admite-se a afinação fina do sistema de alimentação de combustível. Essa afinação fina consistirá numa recalibração da base de dados do sistema de alimentação de combustível, sem qualquer alteração quer da estratégia básica de controlo quer da estrutura básica da base de dados. Se necessário, admite-se a troca de peças directamente relacionadas com o débito do combustível (tais como os bicos dos

injectores).

- 4.2.2.2. A pedido do fabricante, o motor pode ser ensaiado com os combustíveis de referência GR e GR23 ou com os combustíveis de referência G25 e G23, caso em que a homologação só é válida para a gama H ou a gama L dos gases, respectivamente.
- 4.2.2.3. Quando da entrega ao cliente, o motor deve ostentar uma etiqueta (ver ponto 4.11), indicando a composição do combustível para a qual o motor foi homologado.

HOMOLOGAÇÃO DE MOTORES ALIMENTADOS A GÁS NATURAL

	Ponto 4.1 Concessão de uma homologação para um combustível universal	Número de ensaios	Cálculo de «r»	Ponto 4.2 Concessão de uma homologação para uma gama de combustíveis restrita	Número de ensaios	Cálculo de «r»
Ver ponto 4.1.2 Motor GN adaptável a qualquer composição do combustível	GR (1) e G25 (2) a pedido do fabricante, o motor pode ser testado com um combustível do mercado suplementar (3), se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 (3 máx.)	$r = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 1 (GR)}}$ <p>e, se ensaiado com um combustível suplementar</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (comb. mercado)}}$ <p>e</p> $r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 ou comb. mercado)}}$			
Ver ponto 4.1.3 Motor GN é auto-adaptativo mediante comutador	GR (1) e G23 (3) para H e GR (2) e G23 (3) para L a pedido do fabricante, o motor pode ser testado com um combustível do mercado (3) em vez de G23, se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 para a gama H e 2 para a gama L na posição relevante do comutador 4	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 ou comb. mercado)}}$ <p>e</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 ou comb. mercado)}}$			
Ver ponto 4.2.1 Motor GN preparado para funcionar com gás da gama H ou gás da gama L				GR (1) e G23 (3) para H ou GR (2) e G23 (3) para L a pedido do fabricante, o motor pode ser testado com um combustível do mercado (3) em vez de G23, se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 para a gama H ou 2 para a gama L 2	$r_b = \frac{\text{comb. 1 (GR)}}{\text{comb. 3 (G23 ou comb. mercado)}}$ <p>para a gama H ou</p> $r_a = \frac{\text{comb. 2 (G25)}}{\text{comb. 3 (G23 ou comb. mercado)}}$ <p>para a gama L</p>

Ver ponto 4.2.2 Motor preparado para funcionar com uma composição específica de combustível					GR (1) e G25 (2) afinação fina permitida entre os testes	a pedido do fabricante, o motor pode ser testado com GR (1) e G23 (3) para H ou GR (2) e G23 (3) para L	2 ou 2 para a gama H ou 2 para a gama H	
---	--	--	--	--	---	---	---	--

HOMOLOGAÇÃO DE MOTORES ALIMENTADOS A GPL

	Ponto 4.1 Concessão de uma homologação para um combustível universal	Número de ensaios	Cálculo de «r»	Ponto 4.2 Concessão de uma homologação a uma gama de combustíveis restrita	Número de ensaios	Cálculo de «r»
Ver ponto 4.1.5 Motor GPL adaptável a qualquer composição do combustível	Combustível A e B	2	$r = \frac{comb\ B}{comb\ A}$			
Ver ponto 4.2.2 Motor GPL preparado para funcionar com uma composição específica de combustível				Combustível A e B: afinação fina permitida entre os testes	2	

”

4.3. Homologação de um membro de uma família de motores no que diz respeito às emissões de escape

4.3.1. Com a excepção do caso mencionado no ponto 4.3.2, a homologação de um motor precursor é extensiva a todos os membros da família, sem mais ensaios, para qualquer composição do combustível dentro da gama para a qual o motor precursor foi homologado (no caso dos motores descritos no ponto 4.2.2) ou para a mesma gama de combustíveis (no caso dos motores descritos nos pontos 4.1 ou 4.2) para a qual o motor precursor foi homologado.

4.3.2. Segundo motor de ensaio

No caso de um pedido de homologação de um motor ou de um veículo em relação ao seu motor, pertencendo o motor a uma família de motores, se as autoridades homologadoras determinarem que, em relação ao motor precursor seleccionado, o pedido apresentado não representa totalmente a família de motores definida no apêndice 1 do regulamento, as autoridades homologadoras podem seleccionar para ensaio um motor de ensaio de referência alternativo e, se necessário, outro motor.

4.4. A cada modelo homologado é atribuído um número de homologação. Os dois primeiros algarismos (actualmente 04, correspondendo à série 04 de alterações) indicam a série de alterações que incorpora as principais e mais recentes alterações técnicas ao regulamento à data da homologação. A mesma parte contratante não pode atribuir o mesmo número a outro tipo de motor ou família de motores.

4.5. A concessão, extensão, recusa ou revogação de uma homologação, bem como a interrupção definitiva da produção de um modelo de veículo, nos termos do presente regulamento, devem ser notificadas às Partes no Acordo de 1958 que apliquem o presente regulamento, mediante um formulário conforme com o modelo constante dos anexos 2A ou 2B do presente regulamento. Os valores medidos durante o ensaio de homologação também devem ser indicados.

4.6. A cada um dos motores conforme ao tipo homologado nos termos do presente regulamento deve ser afixada de forma bem visível, num local facilmente acessível indicado no formulário de homologação, uma marca internacional de homologação constituída por:

- 4.6.1. um círculo envolvendo a letra «E», seguida do número distintivo do país que concedeu a homologação 3/
- 4.6.2. o número do presente regulamento, seguido da letra «R», de um travessão e do número de homologação, à direita do círculo previsto no ponto 4.4.1.
- 4.6.3. No entanto, a marca de homologação tem de incluir um carácter adicional após a letra «R», cuja finalidade é distinguir os valores-limite de emissão para os quais a homologação foi concedida. No caso das homologações emitidas para indicar o cumprimento dos limites previstos na linha A da(s) tabela(s) do ponto 5.2.1, a letra «R» é seguida do número romano «I». No caso das homologações emitidas para indicar o cumprimento dos limites previstos na linha B1 da(s) tabela(s) pertinentes do ponto 5.2.1, a letra «R» é seguida do número romano «II». No caso das homologações emitidas para indicar o cumprimento dos limites previstos na linha B2 da(s) tabela(s) pertinentes do ponto 5.2.1, a letra «R» é seguida do número romano «III». No caso das homologações emitidas para indicar o cumprimento dos limites previstos na linha C da(s) tabela(s) pertinentes do ponto 5.2.1, a letra «R» é seguida do número romano «IV».
- 4.6.3.1. No caso dos motores alimentados a GN, a marca de homologação tem de incluir um sufixo após o símbolo nacional, cuja finalidade é distinguir a gama de gases para a qual a homologação foi concedida. Esta marca é a seguinte:
- 4.6.3.1.1. H, no caso de o motor estar homologado e calibrado para gases da gama H;
- 4.6.3.1.2. L, no caso de o motor estar homologado e calibrado para gases da gama L;
- 4.6.3.1.3. HL, no caso de o motor estar homologado e calibrado para gases de ambas as gamas H e L;

3/ 1 para a Alemanha, 2 para a França, 3 para a Itália, 4 para os Países Baixos, 5 para a Suécia, 6 para a Bélgica, 7 para a Hungria, 8 para a República Checa, 9 para a Espanha, 10 para a Sérvia, 11 para o Reino Unido, 12 para a Áustria, 13 para o Luxemburgo, 14 para a Suíça, 15 (não utilizado), 16 para a Noruega, 17 para a Finlândia, 18 para a Dinamarca, 19 para a Roménia, 20 para a Polónia, 21 para Portugal, 22 para a Federação da Rússia, 23 para a Grécia, 24 para a Irlanda, 25 para a Croácia, 26 para a Eslovénia, 27 para a Eslováquia, 28 para a Bielorrússia, 29 para a Estónia, 30 (não utilizado), 31 para a Bósnia-Herzegovina, 32 para a Letónia, 33 (não utilizado), 34 para a Bulgária, 35 (não utilizado), 36 para a Lituânia, 37 para a Turquia, 38 (não utilizado), 39 para o Azerbaijão, 40 para a Ex-República Jugoslava da Macedónia, 41 (não utilizado), 42 para a Comunidade Europeia (homologações emitidas pelos Estados-Membros utilizando os respectivos símbolos ECE), 43 para o Japão, 44 (não utilizado), 45 para a Austrália, 46 para a Ucrânia e 47 para a África do Sul, 48 para a Nova Zelândia, 49 para Chipre, 50 para Malta e 51 para a República da Coreia. Os números seguintes serão atribuídos a outros países pela ordem cronológica da sua ratificação ou adesão ao Acordo relativo à adopção de prescrições técnicas uniformes aplicáveis aos veículos de rodas, aos equipamentos e às peças susceptíveis de serem montados ou utilizados num veículo de rodas e às condições de reconhecimento recíproco das homologações emitidas em conformidade com essas prescrições; os números assim atribuídos serão comunicados pelo Secretário-Geral da Organização das Nações Unidas às partes contratantes.

- 4.6.3.1.4. Ht, no caso de o motor estar homologado e calibrado para uma composição específica de gás da gama H e ser transformável para outro gás específico da gama H por afinação fina da alimentação de combustível do motor;
- 4.6.3.1.5. Lt, no caso de o motor estar homologado e calibrado para uma composição específica de gás da gama L e ser transformável para outro gás específico da gama L por afinação fina da alimentação de combustível do motor;
- 4.6.3.1.6. HLt, no caso de o motor estar homologado e calibrado para uma composição específica de gás quer da gama H quer da gama L e ser transformável para outro gás específico, quer da gama H quer da gama L, por afinação fina da alimentação de combustível do motor.
- 4.7. Se o veículo ou o motor for conforme a um modelo homologado nos termos de um ou mais dos regulamentos anexados ao Acordo no país que concedeu a homologação nos termos do presente regulamento, o símbolo previsto no ponto 4.6.1 não tem de ser repetido. Neste caso, os números de regulamento e de homologação e os símbolos adicionais de todos os regulamentos ao abrigo dos quais a homologação é concedida em aplicação do presente regulamento devem ser dispostos em colunas situadas à direita do símbolo previsto no ponto 4.6.1.
- 4.8. A marca de homologação deve ser colocada sobre a chapa de identificação afixada pelo fabricante ao tipo homologado, ou na sua proximidade.
- 4.9. O anexo 3 do presente regulamento dá exemplos relativos à disposição das marcas de homologação.
- 4.10. Para além da marca homologada, o motor homologado como unidade técnica deve ostentar:
 - 4.10.1. a marca registada ou a designação comercial do fabricante do motor;
 - 4.10.2. a descrição comercial do fabricante.
- 4.11. Etiquetas

No caso dos motores a GN e GPL com uma homologação restrita em termos da gama de combustíveis, aplicam-se as seguintes etiquetas:

 - 4.11.1. Conteúdo

Devem ser dadas as seguintes informações.

No caso do ponto 4.2.1.3, a etiqueta deve indicar «A UTILIZAR APENAS COM GÁS NATURAL DA GAMA H». Se aplicável, o «H» é substituído por «L».

No caso do ponto 4.2.2.3, a etiqueta deve indicar «UTILIZAR APENAS COM GÁS NATURAL COM A ESPECIFICAÇÃO...» ou « UTILIZAR APENAS COM GÁS DE PETRÓLEO LIQUEFEITO COM A ESPECIFICAÇÃO...», conforme aplicável. Todas as informações contidas na(s) tabelas(s) adequada(s) dos anexos 6 ou 7 devem ser dadas com os constituintes e limites individuais especificados pelo fabricante do motor.

As letras e algarismos devem ter pelo menos 4 mm de altura.

Nota:

Se, por falta de espaço, não for possível apresentar estas informações, poderá ser utilizado um código simplificado. Neste caso, devem estar facilmente acessíveis, a qualquer pessoa que esteja a encher o depósito de combustível ou a efectuar operações de manutenção ou reparação do motor e dos seus acessórios, bem como às autoridades interessadas, notas explicativas com todas as informações acima referidas. A localização e o conteúdo dessas notas explicativas são determinados de comum acordo entre o fabricante e a autoridade de homologação.

4.11.2. Propriedades

As etiquetas devem durar a vida útil do motor. As etiquetas devem ser claramente legíveis e as suas letras e algarismos indeléveis. Além disso, as etiquetas devem ser fixadas de modo tal que a sua fixação dure a vida útil do motor, não podendo ser removidas sem serem destruídas.

4.11.3. Colocação

As etiquetas devem ser fixadas a uma peça do motor necessária para o seu funcionamento normal e que não tenha normalmente de ser substituída durante a vida do motor. Além disso, as etiquetas devem estar localizadas de modo a serem rapidamente visíveis após o motor estar completo com todas as peças auxiliares necessárias para o seu funcionamento.

4.12. No caso do pedido de homologação de um modelo de veículo no que diz respeito ao seu motor, a marcação especificada no ponto 4.11 deve ser também colocada próximo da abertura de abastecimento de combustível.

4.13. No caso do pedido de homologação CE de um modelo de veículo com um motor homologado, a marcação especificada no ponto 4.11 deve ser também colocada próximo da abertura de abastecimento de combustível.

5. ESPECIFICAÇÕES E ENSAIOS

5.1. Informações de carácter geral

5.1.1. Equipamento de controlo de emissões

5.1.1.1. Os componentes susceptíveis de afectar as emissões de gases e partículas poluentes dos motores diesel e as emissões de gases poluentes dos motores a gás devem ser concebidos, construídos, montados e instalados de forma a permitir que o motor satisfaça, em utilização normal, as disposições do presente regulamento.

5.1.2. Funções do equipamento de controlo das emissões

5.1.2.1. É proibida a utilização de dispositivos manipuladores e/ou de estratégias pouco razoáveis de controlo das emissões.

5.1.2.2. Um dispositivo de controlo auxiliar pode ser instalado num motor ou num veículo, na condição de esse dispositivo:

5.1.2.2.1. funcionar apenas em condições que não as especificadas no ponto 5.1.2.4 ou

5.1.2.2.2. só entrar em funcionamento temporariamente nas condições especificadas no ponto 5.1.2.4 para proteger o motor contra danos, proteger o dispositivo de tratamento de ar, para gestão dos fumos, arranque a frio ou aquecimento ou

5.1.2.2.3. só ser activado por sinais a bordo para fins como por exemplo a segurança do funcionamento e as estratégias de mobilidade mínima (limp-home).

5.1.2.3. Será autorizada a utilização de um dispositivo, função, sistema ou medida de controlo do motor que funcione nas condições especificadas no ponto 5.1.2.4 e que resulte na utilização de uma estratégia de controlo do motor diferente ou alterada em relação à normalmente utilizada durante os ciclos de ensaio de emissões se, em conformidade com os requisitos dos pontos 5.1.3 e/ou 5.1.4, ficar plenamente demonstrado que a medida não reduz a eficácia do sistema de controlo das emissões. Em todos os outros casos, tais dispositivos são considerados dispositivos manipuladores.

5.1.2.4. Para efeitos do ponto 5.1.2.2, as condições de utilização em situação estacionária e em condições transientes são:

- i) altitude não superior a 1.000 metros (ou pressão atmosférica equivalente a 90 kPa);
- ii) temperatura ambiente compreendida entre 283 e 303 K (10 a 30° C);
- (iii) temperatura do líquido de arrefecimento do motor compreendida entre 343 e 368 K (70 - 95° C).

5.1.3. Disposições especiais para os sistemas electrónicos de controlo de emissões

5.1.3.1. Requisitos em matéria de documentação

O fabricante deve fornecer um dossiê informativo que permita aceder à concepção de base do sistema e aos meios através dos quais controla as variáveis, quer se trate de controlo directo ou indirecto.

A documentação deve ser apresentada em duas partes:

- a) o conjunto de documentos a fornecer ao serviço técnico no momento de entrega do pedido de homologação deve incluir uma descrição completa do sistema; esta documentação pode ser sucinta, desde que comprove que foram identificados todos os resultados permitidos por uma matriz obtida a partir da gama de controlo dos dados de cada unidade; esta informação deve ser apenas à documentação referida no ponto 3 do presente regulamento;
- b) material suplementar que apresente os parâmetros que foram alterados por qualquer dispositivo de controlo auxiliar e as condições-limite em que funciona o dispositivo; os elementos adicionais deverão incluir uma descrição da lógica de controlo do sistema de combustível, das estratégias de temporização e dos pontos de comutação durante todos os modos de funcionamento;

o material suplementar deverá igualmente incluir a justificação da utilização de qualquer dispositivo auxiliar de controlo, bem como material suplementar e dados referentes aos ensaios que demonstrem o impacto sobre as emissões de escape de qualquer dispositivo de controlo auxiliar instalado no motor ou no veículo;

este material adicional deve permanecer estritamente confidencial, em posse do fabricante, mas susceptível de ser consultado para fins de inspecção aquando da homologação ou em qualquer altura durante o período de validade da homologação.

5.1.4. Para verificar se determinadas estratégias ou medidas devem ser consideradas dispositivos manipuladores ou estratégias pouco razoáveis de controlo das emissões, em conformidade com as definições dos pontos 2.28 e 2.30, as autoridades homologadoras e/ou o serviço técnico podem solicitar um ensaio adicional de detecção dos NO_x, utilizando o ensaio ETC que pode ser efectuado em conjugação quer com o ensaio de homologação quer com os procedimentos de verificação da conformidade da produção.

- 5.1.4.1. Como alternativa aos requisitos do apêndice 4 do anexo 4 do presente regulamento, para as emissões de NO_x no decurso do ensaio ETC pode ser utilizada uma amostra de gases de escape brutos, devendo ser seguidas as prescrições técnicas da ISO FDIS 16183, datada de 15 de Setembro de 2001.
- 5.1.4.2. Ao verificar se determinadas estratégias ou medidas devem ser consideradas dispositivos manipuladores ou estratégias pouco razoáveis de controlo das emissões, em conformidade com as definições dos pontos 2.28 e 2.30, aceita-se uma margem adicional de 10 %, em relação ao valor-limite adequado dos NO_x .
- 5.2. Para homologação em conformidade com a linha A das tabelas constantes do ponto 5.2.1, determinam-se as emissões com os ensaios ESC e ELR utilizando motores diesel convencionais, incluindo os munidos de equipamentos de injeção electrónica de combustível, recirculação dos gases de escape (EGR) e/ou catalisadores de oxidação. Os motores diesel equipados com sistemas avançados de pós-tratamento dos gases de escape, incluindo os catalisadores de eliminação dos NO_x e/ou colectores de partículas devem ser sujeitos adicionalmente ao ensaio ETC.

Para homologação em conformidade com as linhas B1, B2 ou C dos quadros da tabela 5.2.1, determinam-se as emissões com os ensaios ESC, ELR e ETC.

No que diz respeito aos motores a gás, as emissões gasosas são determinadas com o ensaio ETC.

Os métodos de ensaio ESC e ELR estão descritos no apêndice 1 do anexo 4 e o método de ensaio ETC, nos apêndices 2 e 3 do anexo 4.

A emissão de gases e de partículas poluentes pelo motor apresentado para ensaio deve ser medida, se pertinente, pelo método descrito no anexo 4. O apêndice 4 do anexo 4 descreve os sistemas de análise para os gases poluentes e os sistemas de recolha de amostras de partículas recomendados. O serviço técnico pode aprovar outros sistemas ou analisadores se se verificar que produzem resultados equivalentes. Para um dado laboratório, define-se equivalência como o facto de os resultados dos ensaios não variarem mais de $\pm 5\%$ dos resultados do ensaio com um dos sistemas de referência descritos. No que respeita às emissões de partículas, apenas se reconhece como sistema de referência o sistema de diluição da totalidade do caudal. No que respeita à introdução de novos sistemas no âmbito do regulamento, a determinação de equivalência deve basear-se no cálculo da repetibilidade e da reprodutibilidade por intermédio de um ensaio interlaboratorial, tal como descrito na norma ISO 5725.

5.2.1. Valores-limite

As massas específicas de monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais, óxidos de azoto e partículas, determinadas no ensaio ESC, e a opacidade dos fumos, determinada no ensaio ELR, não devem exceder os valores indicados na tabela 1.

No que diz respeito aos motores diesel que são adicionalmente sujeitos ao ensaio ETC, e especificamente no que diz respeito aos motores a gás, as massas específicas de monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metânicos, metano (quando aplicável), óxidos de azoto e partículas (quando aplicável) não devem exceder os valores indicados na tabela 2.

Tabela 1 Valores-limite – ensaios ESC e ELR

Linha	Massa de monóxido de carbono (CO) g/kWh	Massa de hidrocarbonetos (HC) g/kWh	Massa de óxidos de azoto (NOx) g/kWh	Massa de partículas (PT) g/kWh	Fumos m ⁻¹
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 ^(a)	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

^{a)} No que diz respeito aos motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e velocidade à potência nominal superior a 3000 min⁻¹.

Tabela 2 Valores-limite – ensaios ETC ^(b)

Linha	Massa de Monóxido de carbono (CO) g/kWh	Massa de Hidrocarbonetos não metânicos (NMHC) g/kWh	Massa de metano (CH ₄) ^(c) g/kWh	Massa de óxidos de azoto (NOx) g/kWh	Massa de partículas (PT) ^(d) (g/kWh)
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21 ^(a)
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

^{a)} No que diz respeito aos motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm³ e velocidade à potência nominal superior a 3000 min⁻¹.

^{b)} As condições de verificação da aceitabilidade dos ensaios ETC (ver ponto 3.9 do

apêndice 2 do anexo 4) na medição das emissões dos motores a gás, para ver se são respeitados os valores-limite aplicáveis indicados na linha A, serão reexaminadas e, se necessário, alteradas em conformidade com o procedimento previsto na Resolução Consolidada (R.E.3).

- c) Apenas no que diz respeito aos motores a gás natural.
- (d) Não é aplicável a motores alimentados a gás na linha A e nas linhas B1 e B2.

5.2.2. Medição dos hidrocarbonetos no que diz respeito aos motores diesel e a gás

5.2.2.1. Um fabricante pode escolher medir a massa de hidrocarbonetos totais (THC) com o ensaio ETC em vez de medir a massa dos hidrocarbonetos não metânicos. Neste caso, o limite para a massa de hidrocarbonetos totais é o mesmo que o indicado na tabela 2 para a massa de hidrocarbonetos não metânicos.

5.2.3. Requisitos específicos para os motores diesel

5.2.3.1. A massa específica dos óxidos de azoto medida nos pontos de ensaio aleatórios dentro da zona de controlo do ensaio ESC não deve exceder em mais de 10 % os valores interpolados a partir dos modos de ensaio adjacentes (ver pontos 4.6.2 e 4.6.3 do apêndice 1 do anexo 4).

5.2.3.2. O valor dos fumos com a velocidade aleatória do ensaio ELR não deve exceder o valor mais elevado dos fumos das duas velocidades de ensaio adjacentes em mais de 20 %, ou em mais de 5 % do valor-limite, conforme o que for maior.

6. INSTALAÇÃO NO VEÍCULO

6.1. A instalação do motor no veículo deve obedecer às seguintes características em relação à homologação do motor:

6.1.1. a depressão na admissão não deve exceder a especificada no anexo 2A para o motor homologado;

6.1.2. a contrapressão de escape não deve exceder a especificada no anexo 2A para o motor homologado;

6.1.3. a potência absorvida pelos equipamentos auxiliares necessários para o funcionamento do motor não deve exceder a especificada no anexo 2A para o motor homologado.

7. FAMÍLIA DE MOTORES

7.1. Parâmetros que definem a família de motores

A família de motores, conforme determinada pelo fabricante dos motores, pode ser definida através de características básicas que devem ser comuns aos motores dentro da família. Em alguns casos, poderá haver uma interação dos parâmetros. Estes efeitos podem também ser tidos em consideração para assegurar que apenas os motores com características semelhantes de emissões de escape sejam incluídos numa família de motores.

Para que os motores possam ser considerados como pertencendo à mesma família de motores, devem ser comuns os parâmetros básicos indicados na lista a seguir:

7.1.1. Ciclo de combustão:

- 2 ciclos;
- 4 ciclos.

7.1.2. Meio de arrefecimento:

- ar;
- água;
- óleo.

7.1.3. No que respeita aos motores a gás e aos motores com pós-tratamento:

- número de cilindros

(outros motores diesel com menos cilindros do que o motor precursor podem ser considerados como pertencendo à mesma família de motores desde que o sistema de alimentação de combustível forneça o combustível a cada cilindro individualmente).

7.1.4. Cilindrada unitária:

- os motores devem estar dentro de um intervalo de 15 %.

7.1.5. Método de aspiração do ar:

- normalmente aspirado;
- sobrealimentado;
- sobrealimentado com sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação.

- 7.1.6. Tipo/concepção da câmara de combustão:
- câmara de pré-combustão;
 - câmara de turbulência;
 - câmara com circuito aberto.
- 7.1.7. Válvulas e janelas - configuração, dimensões e número:
- cabeça dos cilindros;
 - parede do cilindro;
 - carter do motor.
- 7.1.8. Sistema de injeção de combustível (motores diesel):
- injector com bomba;
 - bomba em linha;
 - bomba com distribuidor;
 - elemento único;
 - injector unitário.
- 7.1.9. Sistema de alimentação de combustível (motores a gás):
- unidade misturadora;
 - indução/injecção de gás (ponto único, multiponto);
 - injeção de líquido (ponto único, multiponto).
- 7.1.10. Sistema de ignição (motores a gás)
- 7.1.11. Características várias:
- recirculação dos gases de escape;
 - injeção/emulsão de água;
 - injeção de ar secundária;
 - sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação.
- 7.1.12. Pós-tratamento dos gases de escape:
- catalisador de 3 vias;
 - catalisador de oxidação;
 - catalisador de redução;
 - reactor térmico;
 - colector de partículas.

7.2. Escolha do motor precursor

7.2.1. Motores diesel

Selecciona-se o motor precursor da família utilizando o critério primário do débito de combustível mais elevado por curso à velocidade correspondente ao binário máximo declarado. No caso de dois ou mais motores satisfazerem este critério primário, selecciona-se o motor precursor utilizando o critério secundário do débito de combustível mais elevado por curso à velocidade nominal. Em certas circunstâncias, as autoridades de homologadoras podem concluir que o pior caso de emissões da família pode ser caracterizado do melhor modo através do ensaio de um segundo motor. Assim, as autoridades homologadoras podem seleccionar um motor adicional para o ensaio com base em características que indiquem que este pode ter o nível de emissões mais elevado dos motores da família.

Se os motores de uma família possuírem outras características variáveis que possam ser consideradas como afectando as emissões de escape, essas características devem também ser identificadas e tidas em conta na selecção do motor precursor.

7.2.2. Motores a gás

Selecciona-se o motor precursor da família utilizando o critério primário da cilindrada mais elevada. No caso de dois ou mais motores satisfazerem este critério primário, selecciona-se o motor precursor utilizando os critérios secundários na seguinte ordem:

- débito de combustível mais elevado por curso à velocidade correspondente à potência nominal declarada;
- regulação mais avançada da ignição;
- taxa de recirculação dos gases de escape mais baixa;
- inexistência de bomba de ar ou o mínimo caudal real de ar fornecido pela bomba.

Em certas circunstâncias, as autoridades de homologadoras podem concluir que o pior caso de emissões da família pode ser caracterizado do melhor modo através do ensaio de um segundo motor. Assim, as autoridades de homologadoras podem seleccionar um motor adicional para o ensaio com base em características que indiquem que este pode ter o nível de emissões mais elevado dos motores da família.

8. CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

Os procedimentos relativos ao controlo da conformidade da produção devem cumprir o estabelecido no apêndice 2 do Acordo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) e satisfazer os seguintes requisitos:

- 8.1. os motores ou veículos que ostentem a marca de homologação ao abrigo do presente regulamento devem ser conformes ao modelo ou tipo homologado no que se refere à descrição dada no certificado de homologação e seus anexos.

- 8.2. Regra geral, a conformidade da produção no que respeita à limitação das emissões é verificada com base na descrição constante do formulário de comunicação e respectivos anexos.
- 8.3. Se houver que medir emissões de poluentes e a homologação do motor tiver sido objecto de uma ou mais extensões, efectuam-se os ensaios com o ou os motores descritos no dossiê informativo relativo à extensão em causa.
- 8.3.1. Conformidade do motor submetido ao ensaio das emissões de poluentes
- Depois da apresentação do motor às entidades competentes, o fabricante não poderá efectuar qualquer regulação nos motores seleccionados.
- 8.3.1.1. Retiram-se aleatoriamente três motores da série. Os motores sujeitos apenas aos ensaios ESC e ELR ou apenas ao ensaio ETC para efeitos de homologação de acordo com a linha A das tabelas do ponto 5.2.1 são submetidos aos ensaios aplicáveis, para efeitos de verificação da conformidade da produção. Com o acordo da autoridade de homologação, todos os outros motores homologados de acordo com as linhas A, B1 e B2 ou C das tabelas do ponto 5.2.1 são submetidos aos ciclos de ensaio ESC e ELR ou ao ciclo de ensaio ETC para verificação da conformidade da produção. Os valores-limite encontram-se indicados no ponto 5.2.1 do presente regulamento.
- 8.3.1.2. Se a autoridade aceitar o desvio-padrão da produção dado pelo fabricante, os ensaios são efectuados de acordo com o apêndice 1 do presente regulamento.
- Se a autoridade não aceitar o desvio-padrão da produção dado pelo fabricante, os ensaios são efectuados de acordo com o apêndice 2 do presente regulamento.
- A pedido do fabricante, os ensaios podem ser efectuados conforme previsto no apêndice 3 do presente anexo.
- 8.3.1.3. Na sequência de um ensaio de motores por amostragem e de acordo com os critérios de ensaio previstos no apêndice pertinente, uma série é considerada conforme se todos os poluentes forem objecto de uma decisão positiva, ou não conforme, se um determinado poluente for objecto de uma decisão negativa.
- Se um determinado poluente for objecto de uma decisão positiva, essa decisão não poderá vir a ser alterada por quaisquer ensaios adicionais efectuados para se tomar uma decisão em relação aos outros poluentes.
- Se não se tomar uma decisão positiva em relação a todos os poluentes e nenhum dos poluentes for objecto de uma decisão negativa, ensaia-se outro motor (ver figura 2).
- Se não for tomada qualquer decisão, o fabricante poderá optar em qualquer momento por interromper os ensaios. Nesse caso, será registada uma decisão negativa.

- 8.3.2. Os ensaios devem ser efectuados com motores novos. Os motores a gás devem ser rodados utilizando o método definido no ponto 3 do apêndice 2 do anexo 4.
- 8.3.2.1. Contudo, a pedido do fabricante, podem ser ensaiados motores diesel ou a gás que tenham sido rodados durante um período superior ao indicado no ponto 8.4.2.2, com um máximo de 100 horas. Nesse caso, a rodagem será efectuada pelo fabricante, que se compromete a não fazer quaisquer regulações nos motores a ensaiar.
- 8.3.2.2. Se o fabricante pretender efectuar uma rodagem de acordo com o ponto 8.4.2.2.1, esta pode ser realizada:

- em todos os motores a ensaiar

ou

- no primeiro motor a ensaiar, determinando-se depois um coeficiente de evolução, calculado do seguinte modo:
- as emissões de poluentes do primeiro motor a ensaiar são medidas às zero e às «x» horas,
- o coeficiente de evolução das emissões entre as zero e as «x» horas é calculado relativamente a cada poluente:

$$\frac{\text{Emissões «x» horas}}{\text{Emissões zero horas}}$$

O coeficiente de evolução pode ser inferior a 1.

Os outros motores não são objecto de rodagem, mas as suas emissões às zero horas são multiplicadas pelo coeficiente de evolução.

Neste caso, os valores a considerar serão:

- no que se refere ao primeiro motor a ensaiar, os valores às «x» horas;
- no que se refere aos outros motores a ensaiar, os valores às zero horas, multiplicados pelo coeficiente de evolução.

- 8.3.2.3 No que diz respeito aos motores diesel e aos motores a GPL, todos estes ensaios podem ser efectuados com combustíveis comerciais. Todavia, a pedido do fabricante, podem ser utilizados os combustíveis de referência descritos nos anexos 5 ou 7. Este facto implica ensaios, conforme descritos no ponto 4 do presente regulamento, com pelo menos dois dos combustíveis de referência para cada motor a gás.
- 8.3.2.4 No que diz respeito aos motores a GN, todos estes ensaios podem ser efectuados com combustíveis comerciais do seguinte modo:

- i) no que diz respeito aos motores marcados H, com um combustível comercial dentro da gama H ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,00$);
- ii) no que diz respeito aos motores marcados L, com um combustível comercial dentro da gama L ($1,00 \leq S_\lambda \leq 1,19$);
- (iii) no que diz respeito aos motores marcados HL, com um combustível comercial dentro da gama extrema do factor de desvio 8 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$).

Todavia, a pedido do fabricante, podem ser utilizados os combustíveis de referência descritos no anexo 6. Isto implica ensaios conforme descritos no ponto 4 do presente regulamento.

- 8.3.2.5. Em caso de litígio causado pela não conformidade dos motores a gás quando utilizam combustíveis comerciais, os ensaios devem ser efectuados com o combustível de referência com o qual o motor precursor foi ensaiado, ou com o eventual combustível 3 adicional referido nos pontos 4.1.3.1 e 4.2.1.1 com o qual o motor precursor possa ter sido ensaiado. Então, o resultado tem de ser convertido através de um cálculo que aplica o(s) factor(es) relevante(s) «r», «ra» ou «rb» conforme descrito nos pontos 4.1.3.2, 4.1.5.1 e 4.2.1.2. Se r, ra ou rb forem inferiores a 1, não é necessária nenhuma correcção. Os resultados medidos e os resultados calculados devem demonstrar que o motor satisfaz os valores-limite com todos os combustíveis relevantes (combustíveis 1, 2 e, se aplicável, 3 no caso dos motores a gás natural e combustíveis A e B no caso dos motores a GPL).
- 8.3.2.6. Os ensaios relativos à conformidade da produção de um motor a gás preparado para funcionar com um combustível de composição específica devem ser realizados com o combustível para o qual o motor foi calibrado.

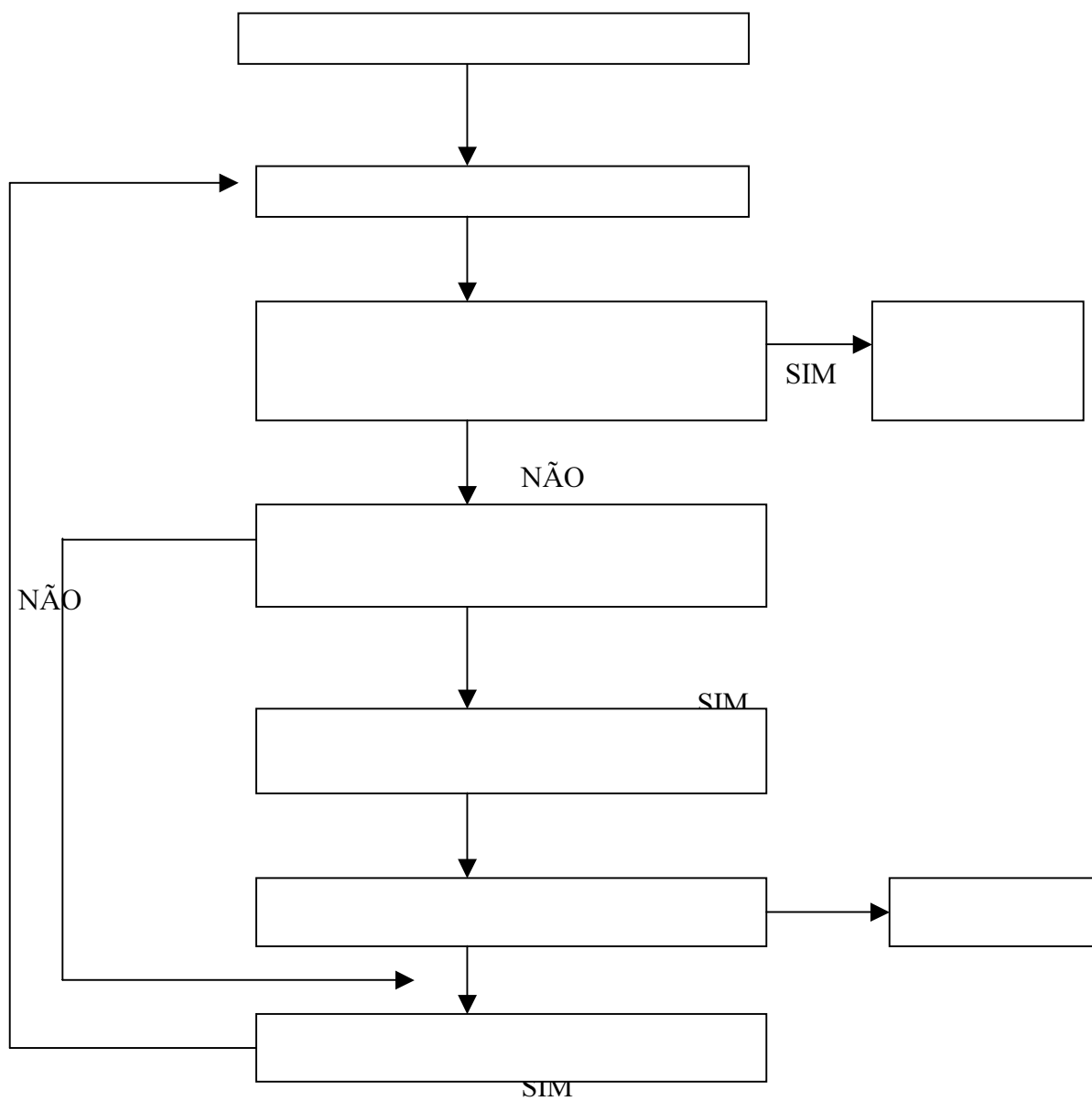


Figura 2: Ensaio de conformidade da produção

9. SANÇÕES POR NÃO CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

9.1. A homologação concedida a um tipo de motor ou a um modelo de veículo nos termos do presente regulamento pode ser revogada se as prescrições enunciadas no ponto 8.1 não forem cumpridas ou se os motores ou os veículos não forem aprovados nos ensaios mencionados no ponto 8.3.

9.2. Se uma das Partes Contratantes no Acordo de 1958 que aplique o presente regulamento revogar uma homologação por si previamente concedida, deve imediatamente notificar desse facto as restantes Partes Contratantes que apliquem o regulamento, utilizando um formulário conforme com o modelo previsto nos anexos 2A ou 2B do presente regulamento.

10. MODIFICAÇÕES DE UM MODELO HOMOLOGADO E EXTENSÃO DA HOMOLOGAÇÃO

10.1. Qualquer modificação do modelo homologado deve ser notificada ao serviço administrativo que o homologou. Essa entidade pode então:

10.1.1. considerar que as modificações introduzidas não são susceptíveis de ter efeitos adversos apreciáveis e que o veículo ainda cumpre as prescrições ou

10.1.2. exigir um novo relatório de ensaio ao serviço técnico responsável pelos ensaios.

10.2. A confirmação ou recusa de homologação, com especificação das alterações ocorridas, deve ser comunicada, através do procedimento previsto no ponto 4.5, às Partes no Acordo que apliquem o presente regulamento.

10.3. A autoridade responsável pela extensão da homologação atribui um número de série a essa extensão e informa do facto as restantes Partes no Acordo de 1958 que apliquem o presente regulamento, por meio de um formulário de comunicação conforme ao modelo apresentado no anexo 2A ou 2B do presente regulamento.

11. INTERRUPTÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

Se o titular da homologação cessar definitivamente o fabrico de um modelo ou tipo homologado nos termos do presente regulamento, deve desse facto informar a autoridade que concedeu a homologação. Após receber a comunicação pertinente, essa autoridade deve do facto informar as outras partes no Acordo de 1958 que apliquem o presente regulamento, através de um formulário de comunicação conforme com o modelo que consta dos anexos 2A ou 2B do presente regulamento.

12. DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS

12.1. Informações de carácter geral

12.1.1. A contar da data oficial da entrada em vigor da série 04 de alterações, nenhuma Parte Contratante que aplique o presente regulamento pode recusar a concessão da homologação UNECE ao abrigo do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações.

12.1.2. A contar da data oficial da entrada em vigor da série 04 de alterações, nenhuma Parte Contratante que aplique o presente regulamento pode recusar a concessão da homologação UNECE ao abrigo do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações.

O motor tem de ser sujeito aos testes adequados previstos nos pontos 5.2 do presente regulamento e cumprir, nos termos dos pontos 12.2.1, 12.2.2 e 12.2.3 infra, os limites de emissão pertinentes especificados no ponto 5.2.1 do presente regulamento.

12.2. Novas homologações

12.2.1. Sem prejuízo do disposto no ponto 12.4.1, e a contar da data de entrada em vigor da série 04 de alterações, as Partes Contratantes que apliquem o presente regulamento só podem conceder uma homologação UNECE a um motor que cumpra os limites de emissão pertinentes especificados nas linhas A, B1, B2 ou C das tabelas do ponto 5.2.1 do presente regulamento.

12.2.2. Sem prejuízo do disposto no ponto 12.4.1, e a partir de Outubro de 2005, as Partes Contratantes que apliquem o presente regulamento só podem conceder uma homologação UNECE a um motor que cumpra os limites de emissão pertinentes especificados nas linhas B1, B2 ou C das tabelas do ponto 5.2.1 do presente regulamento.

12.2.3. Sem prejuízo do disposto no ponto 12.4.1, e a partir de Outubro de 2008, as Partes Contratantes que apliquem o presente regulamento só podem conceder uma homologação UNECE a um motor que cumpra os limites de emissão pertinentes especificados nas linhas B2 ou C das tabelas do ponto 5.2.1 do presente regulamento.

12.3. Limite de validade das antigas homologações

12.3.1. Com excepção do disposto nos pontos 12.3.2 e 12.3.3, e a contar da data oficial da entrada em vigor da série 04 de alterações, deixarão de ser válidas as homologações concedidas nos termos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 03, a menos que a Parte Contratante que concedeu a homologação notifique a outra Parte Contratante que aplica o presente regulamento do facto de o tipo de motor homologado cumprir os requisitos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações, nos termos do ponto 12.2.1 supra.

12.3.2. Extensão da homologação

- 12.3.2.1. Os pontos 12.3.2.2 e 12.3.2.3 infra só são aplicáveis a novos motores de ignição por compressão e novos veículos movidos por motores de ignição por compressão que tenham sido homologados em função dos requisitos da linha A das tabelas constantes do ponto 5.2.1 do presente regulamento.
- 12.3.2.2. Como alternativa aos pontos 5.1.3 e 5.1.4, o fabricante pode apresentar ao serviço técnico os resultados de um ensaio de detecção dos NO_x utilizando o ETC no motor que obedece às características do motor precursor descrito no anexo 1 e tendo em consideração os requisitos dos pontos 5.1.4.1. e 5.1.4.2. O fabricante deve apresentar igualmente uma declaração escrita em como o motor não utiliza qualquer dispositivo manipulador ou estratégia pouco razoável de controlo das emissões, em conformidade com as definições do ponto 2 do presente regulamento.
- 12.3.2.3. O fabricante deve igualmente apresentar uma declaração escrita em como os resultados do ensaio de detecção dos NO_x e a declaração referente ao motor precursor, tal como referido no ponto 5.1.4, se aplicam igualmente a todos os tipos de motor da família de motores descrita no anexo 1.

12.3.3. Motores a gás

A partir de 1 de Outubro de 2003, deixam de ser válidas as homologações concedidas nos termos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 03, a menos que a Parte Contratante que concedeu a homologação notifique a outra Parte Contratante que aplica o presente regulamento do facto de o tipo de motor homologado cumprir os requisitos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações, nos termos do ponto 12.2.1 supra.

- 12.3.4. A partir de 1 de Outubro de 2006, deixarão de ser válidas as homologações concedidas nos termos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04, a menos que a Parte Contratante que concedeu a homologação notifique a outra Parte Contratante que aplica o presente regulamento do facto de o tipo de motor homologado cumprir os requisitos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações, nos termos do ponto 12.2.2 supra.

- 12.3.5. A partir de 1 de Outubro de 2009, deixam de ser válidas as homologações concedidas nos termos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04, a menos que a Parte Contratante que concedeu a homologação notifique a outra Parte Contratante que aplica o presente regulamento do facto de o tipo de motor homologado cumprir os requisitos do presente regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações, nos termos do ponto 12.2.3 supra.

12.4. Peças de substituição para veículos em circulação

- 12.4.1. As Partes Contratantes que apliquem o presente regulamento podem continuar a conceder homologações aos motores que cumpram os requisitos do presente regulamento com a redacção que lhe tenha sido dada por qualquer uma das séries de alterações anteriores, ou a qualquer nível do regulamento com a redacção que lhe foi dada pela série 04 de alterações, desde que esse motor se destine a substituir o motor de um veículo em circulação que, à data da sua entrada em circulação, estivesse sujeito a uma norma anterior.

13. DESIGNAÇÕES E ENDEREÇOS DOS SERVIÇOS TÉCNICOS RESPONSÁVEIS PELA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DE HOMOLOGAÇÃO E DOS SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS

As Partes no Acordo de 1958 que aplicam o presente regulamento comunicam ao Secretariado das Nações Unidas as denominações e endereços dos serviços técnicos responsáveis pela realização dos ensaios de homologação, bem como dos departamentos administrativos que concedem as homologações, aos quais devem ser enviados os formulários que certificam a concessão, a extensão, a recusa ou a revogação da homologação, emitidos noutros países.

Apêndice 1

MÉTODO DE ENSAIO NO QUE DIZ RESPEITO À CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO QUANDO O DESVIO-PADRÃO FOR CONSIDERADO SATISFATÓRIO

1. O presente apêndice descreve o método de verificação da conformidade da produção no que diz respeito às emissões de poluentes quando o desvio-padrão da produção indicado pelo fabricante for considerado satisfatório.
2. Sendo de três motores o tamanho mínimo da amostra, o procedimento de amostragem é estabelecido de modo a que a probabilidade de um lote ser aprovado num ensaio com 40 % da produção defeituosa seja de 0,95 (risco do produtor = 5 %), e a probabilidade de um lote ser aceite com 65 % da produção defeituosa seja de 0,10 (risco do consumidor = 10 %).
3. O método a utilizar para cada um dos poluentes previstos no ponto 5.2.1 do regulamento é o seguinte (ver figura 2):

Sejam:

L = o logaritmo natural do valor-limite do poluente em questão;

x_i = o logaritmo natural do valor medido para o motor i da amostra;

s = uma estimativa do desvio-padrão da produção (após ter tomado o logaritmo natural dos valores das medições);

n = o número da amostra utilizada.

4. Em relação a cada amostra, o somatório dos desvios normalizados em relação ao valor-limite é calculado do seguinte modo:

$$\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Assim:

- se o resultado estatístico do ensaio for maior que o número correspondente à decisão positiva previsto no quadro 3 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objecto de uma decisão positiva;
- se o resultado estatístico do ensaio for menor que o número correspondente à decisão negativa prevista no quadro 3 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objecto de uma decisão negativa;

- nos restantes casos, proceder-se-á ao ensaio de mais um motor, conforme referido no ponto 8.4.2.1 do regulamento, aplicando-se depois o método de cálculo a uma amostra com mais uma unidade.

Tabela 3: Números correspondentes à decisão positiva e à decisão negativa do plano de amostragem do apêndice 1

Tamanho mínimo da amostra 3

Número acumulado de motores ensaiados (tamanho da amostra)	Decisão de aprovação número de unidades A_n	Decisão de rejeição número de unidades B_n
3	3,327	-4,724
4	3,261	-4,790
5	3,195	-4,856
6	3,129	-4,922
7	3,063	-4,988
8	2,997	-5,054
9	2,931	-5,120
10	2,865	-5,185
11	2,799	-5,251
12	2,733	-5,317
13	2,667	-5,383
14	2,601	-5,449
15	2,535	-5,515
16	2,469	-5,581
17	2,403	-5,647
18	2,337	-5,713
19	2,271	-5,779
20	2,205	-5,845
21	2,139	-5,911
22	2,073	-5,977
23	2,007	-6,043
24	1,941	-6,109
25	1,875	-6,175
26	1,809	-6,241
27	1,743	-6,307
28	1,677	-6,373
29	1,611	-6,439
30	1,545	-6,505
31	1,479	-6,571
32	-2,112	-2,112

Apêndice 2

MÉTODO DE ENSAIO NO QUE DIZ RESPEITO À CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO QUANDO O DESVIO-PADRÃO FOR CONSIDERADO NÃO SATISFATÓRIO OU NÃO FOR CONHECIDO

1. O presente apêndice descreve o método de verificação da conformidade da produção no que diz respeito às emissões de poluentes quando o desvio-padrão da produção indicado pelo fabricante for considerado não satisfatório ou não for conhecido.
2. Sendo de três motores o tamanho mínimo da amostra, o procedimento de amostragem é estabelecido de modo a que a probabilidade de um lote ser aprovado num ensaio com 40 % da produção defeituosa seja de 0,95 (risco do produtor = 5 %), e a probabilidade de um lote ser aceite com 65 % da produção defeituosa seja de 0,10 (risco do consumidor = 10 %).
3. Considera-se que os valores dos poluentes dados no ponto 5.2.1 do regulamento seguem uma distribuição logarítmica normal, pelo que há que calcular os respectivos logaritmos naturais.
Os tamanhos mínimo e máximo da amostra são designados, respectivamente, por m_0 e m ($m_0 = 3$ e $m = 32$) e o tamanho da amostra é designado por n .
4. Se os logaritmos naturais da série de valores medidos forem x_1, x_2, \dots, x_i e se L for o logaritmo natural do valor-limite do poluente em questão, então:

$$d_i = x_i - L$$

e

$$\overline{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$V_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \overline{d}_n)^2$$

5. A tabela 4 mostra os valores de aprovação (A_n) e rejeição (B_n) em relação ao tamanho da amostra. Utilizando como resultado estatístico dos ensaios o quociente \overline{d}_n / V_n , determina-se a aprovação ou a rejeição da série do seguinte modo:

Para $m_0 \leq n \leq m$:

- a série é aprovada se $\overline{d}_n / V_n \leq A_n$
- a série é rejeitada se $\overline{d}_n / V_n \geq B_n$

- efectua-se uma nova medição se $A_n \leq \overline{d}_n / V_n \geq B_n$

6. Observações:

As seguintes fórmulas iterativas são úteis para calcular os valores sucessivos do parâmetro estatístico do ensaio:

$$\overline{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \overline{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$V_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) V_{n-1}^2 + \frac{(\overline{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \overline{d}_1 = d_1; V_1 = 0)$$

Tabela 4: Números correspondentes à decisão positiva e à decisão negativa do plano de amostragem do apêndice 2

Tamanho mínimo da amostra 3

Número acumulado de motores ensaiados (tamanho da amostra)	Decisão de aprovação número de unidades A_n	Decisão de rejeição número de unidades B_n
3	-0,80381	16,64743
4	-0,76339	7,68627
5	-0,72982	4,67136
6	-0,69962	3,25573
7	-0,67129	2,45431
8	-0,64406	1,94369
9	-0,61750	1,59105
10	-0,59135	1,33295
11	-0,56542	1,13566
12	-0,53960	0,97970
13	-0,51379	0,85307
14	-0,48791	0,74801
15	-0,46191	0,65928
16	-0,43573	0,58321
17	-0,40933	0,51718
18	-0,38266	0,45922
19	-0,35570	0,40788
20	-0,32840	0,36203
21	-0,30072	0,32078
22	-0,27263	0,28343
23	-0,24410	0,24943
24	-0,21509	0,21831
25	-0,18557	0,18970
26	-0,15550	0,16328
27	-0,12483	0,13880
28	-0,09354	0,11603
29	-0,06159	0,09480
30	-0,02892	0,07493
31	-0,00449	0,05629
32	0,03876	0,03876

Apêndice 3

MÉTODO DE ENSAIO NO QUE DIZ RESPEITO AO ENSAIO DE CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO EFECTUADO A PEDIDO DO FABRICANTE

1. O presente apêndice descreve o método de verificação, a pedido do fabricante, da conformidade da produção no que diz respeito às emissões de poluentes.
2. Sendo de três motores o tamanho mínimo da amostra, o procedimento de amostragem é estabelecido de modo a que a probabilidade de um lote ser aprovado num ensaio com 40 % da produção defeituosa seja de 0,90 (risco do produtor = 5 %), e a probabilidade de um lote ser aceite com 65 % da produção defeituosa seja de 0,10 (risco do consumidor = 10 %).
3. O método a utilizar para cada um dos poluentes previstos no ponto 5.2.1 do regulamento é o seguinte (ver figura 2):

Sejam:

L = o valor-limite para o poluente em causa;

x_i = o valor medido para o motor i da amostra;

n = o número da amostra em questão.

4. O número de motores não conformes (ou seja, para os quais $x_i \geq L$), que constitui o resultado estatístico do ensaio, é calculado em relação a cada amostra considerada.

5. Assim:

- se o resultado estatístico do ensaio for menor ou igual ao número correspondente à decisão positiva previsto na tabela 5 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objecto de uma decisão positiva;
- se o resultado estatístico do ensaio for maior ou igual ao número correspondente à decisão negativa previsto no quadro 5 para o tamanho de amostra em questão, o poluente em causa será objecto de uma decisão negativa;
- nos restantes casos, proceder-se-á ao ensaio de mais um motor, conforme referido no ponto 8.3.1 do regulamento, aplicando-se depois o método de cálculo a uma amostra com mais uma unidade.

Os números correspondentes às decisões positiva e negativa que figuram na tabela 5 foram determinados com base na norma ISO 8422/1991.

Tabela 5: Números correspondentes à decisão positiva e à decisão negativa do plano de amostragem do apêndice 3

Tamanho mínimo da amostra 3

Número acumulado de motores ensaiados (tamanho da amostra)	Decisão de aprovação número de unidades	Decisão de rejeição número de unidades
3	-	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

Anexo 1CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DO MOTOR (PRECURSOR) E INFORMAÇÕES
RELATIVAS À REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS ⁽¹⁾

1. DESCRIÇÃO DO MOTOR

- 1.1. Fabricante:
- 1.2. Código do fabricante do motor:
- 1.3. Ciclo: quatro tempos/dois tempos⁽²⁾
- 1.4. Número e disposição dos cilindros:
- 1.4.1. Diâmetro:mm
- 1.4.2. Curso:mm
- 1.4.3. Ordem de inflamação:
- 1.5. Cilindrada:cm³
- 1.6. Taxa de compressão volumétrica⁽³⁾:
- 1.7. Desenho(s) da câmara de combustão e face superior do êmbolo:
- 1.8. Secções transversais mínimas das janelas de admissão e de escape:cm²
- 1.9. Velocidade em marcha lenta sem carga: min⁻¹
- 1.10. Potência útil máxima: kW a min⁻¹
- 1.11. Velocidade máxima admitida do motor: min⁻¹
- 1.12. Binário útil máximo:Nm a min⁻¹
- 1.13. Sistema de combustão: ignição por compressão/ignição comandada⁽²⁾
- 1.14. Combustível: combustível para motores diesel / GPL / GN-H /GN-L / NG-HL /
etanol⁽¹⁾
- 1.15. Sistema de arrefecimento
 - 1.15.1. Por líquido
 - 1.15.1.1. Natureza do líquido:
 - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulação: sim/não⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Características ou marca(s) e tipo(s) (se aplicável):
 - 1.15.1.4. Relação(ões) de transmissão (se aplicável):

- 1.15.2. Por ar
- 1.15.2.1. Insuflador: sim/não⁽²⁾
- 1.15.2.2. Características ou marca(s) e tipo(s) (se aplicável):
- 1.15.2.3. Relação(ões) de transmissão (se aplicável):
- 1.16. Temperatura admitida pelo fabricante
- 1.16.1. Arrefecimento por líquido: Temperatura máxima à saída: K
- 1.16.2. Arrefecimento por ar: ponto de referência:
Temperatura máxima no ponto de referência: K
- 1.16.3.1.1. Temperatura máxima do ar à saída do permutador de calor do ar de sobrealimentação (se aplicável) K
- 1.16.4. Temperatura máxima de escape no(s) ponto(s) do(s) tubo(s) de escape adjacente(s) à(s) flange(s) exterior(es) do(s) colector(es) de escape ou da(s) turbina(s) de sobrealimentação: K
- 1.16.5. Temperatura do combustível: min. ... K, máx. ... K
à entrada da bomba de injeção, no que diz respeito aos motores diesel, e no estágio final do regulador de pressão, no que diz respeito aos motores a gás
- 1.16.6. Pressão do combustível: min. ... kPa, máx. ... kPa
no estágio final do regulador de pressão, apenas para os motores alimentados a GN
- 1.16.7. Temperatura do lubrificante: min. ... K, máx. ... K
- 1.17 Sobrealimentador: sim/não⁽²⁾
- 1.17.1. Marca:
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descrição do sistema
(p.e. pressão máxima de sobrealimentação, válvula de descarga, se aplicável):
- 1.17.4. Permutador de calor do ar de sobrealimentação: sim/não⁽²⁾
- 1.18. Sistema de admissão
Depressão máxima admissível na admissão à velocidade nominal do motor e a 100% de carga, conforme especificado nas condições de funcionamento
do Regulamento n.º 24 kPa
- 1.19. Sistema de escape
Depressão máxima admissível na admissão à velocidade nominal do motor e a 100% de carga, conforme especificado nas condições de funcionamento
do Regulamento n.º 24 kPa
Volume do sistema de escape: dm³

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA A POLUIÇÃO DO AR

- 2.1. Dispositivo para reciclar os gases do cárter (descrição e desenhos):
- 2.2. Dispositivos antipoluição adicionais (se existirem e se não estiverem incluídos noutra rubrica)
- 2.2.1. Catalisador: sim/não⁽²⁾
- 2.2.1.1. Marca(s):
- 2.2.1.2. Tipo(s):
- 2.2.1.3. Número de catalisadores e elementos:.....
- 2.2.1.4. Dimensões, forma e volume do(s) catalisador(s):
- 2.2.1.5. Tipo de acção catalítica:
- 2.2.1.6. Carga total de metal precioso:
- 2.2.1.7. Concentração relativa:
- 2.2.1.8. Substrato (estrutura e material):.....
- 2.2.1.9. Densidade das células:.....
- 2.2.1.10. Tipo de alojamento do(s) catalisador(es):
- 2.2.1.11. Localização do(s) catalisador(es) (lugar e distância de referência na linha de escape):
- 2.2.2. Sensor de oxigénio: sim/não⁽²⁾
- 2.2.2.1. Marca(s):
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Localização:.....
- 2.2.3. Injecção de ar: sim/não⁽²⁾
- 2.2.3.1. Tipo (ar pulsado, bomba de ar, etc.):
- 2.2.4. EGR: sim/não⁽²⁾
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.):.....
- 2.2.5. Colector de partículas: sim/não⁽²⁾
- 2.2.5.1. Dimensões, forma e capacidade do colector de partículas:
- 2.2.5.2. Tipo e concepção do colector de partículas:.....
- 2.2.5.3. Localização (distância de referência na linha de escape):
- 2.2.5.4. Método ou sistema de regeneração, descrição e/ou desenho:
- 2.2.6 . Outros sistemas: sim/não⁽²⁾
- 2.2.6.1. Descrição e funcionamento:

3. SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

3.1. Motores diesel

3.1.1. Bomba de alimentação:

Pressão⁽³⁾:kPa ou diagrama característico⁽²⁾:

3.1.2. Sistema de injeção

3.1.2.1. Bomba

3.1.2.1.1. Marca(s):

3.1.2.1.2. Tipo(s):

3.1.2.1.3. Débito máximo de combustível:mm³⁽³⁾ por curso à velocidade do motor demin⁻¹ a injeção plena ou diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

.....

Indicar o método utilizado: no motor/no banco de ensaio das bombas⁽²⁾

Se a pressão puder ser controlada, indicar o débito de combustível e a pressão característicos em relação à velocidade do motor.

3.1.2.1.4. Avanço da injeção

3.1.2.1.4.1. Curva do avanço da injeção⁽³⁾:

3.1.2.1.4.2. Regulação estática da injeção⁽³⁾:

3.1.2.2. Tubagem da injeção

3.1.2.2.1. Comprimento:mm

3.1.2.2.2. Diâmetro interior:mm

3.1.2.3. Injector(es)

3.1.2.3.1. Marca(s):

3.1.2.3.2. Tipo(s):

3.1.2.3.3. «Pressão de abertura»:kPa⁽³⁾
ou diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

3.1.2.4. Regulador:

3.1.2.4.1. Marca(s):

3.1.2.4.2. Tipo(s):

3.1.2.4.3. Velocidade a que o corte tem início a plena carga: min⁻¹

3.1.2.4.4. Velocidade máxima sem carga: min⁻¹

3.1.2.4.5. Velocidade em marcha lenta sem carga min⁻¹

3.1.3. Sistema de arranque a frio

3.1.3.1. Marca(s):

3.1.3.2. Tipo(s):

3.1.3.3. Descrição:

- 3.1.3.4. Sistema auxiliar de arranque:
- 3.1.3.4.1. Marca:.....
- 3.1.3.4.2. Tipo:
- 3.2. Motores a gás⁽⁶⁾
- 3.2.1. Combustível: Gás natural/GPL⁽²⁾
- 3.2.2. Regulador(es) de pressão ou vaporizador(es)/regulador(es) de pressão⁽³⁾
- 3.2.2.1. Marca(s):
- 3.2.2.2. Tipo(s):
- 3.2.2.3. Número dos estádios de redução de pressão:
- 3.2.2.4. Pressão no estádio final: min.....kPa, máx.kPa
- 3.2.2.5. Número de pontos de regulação principais:
- 3.2.2.6. Número de pontos de regulação da marcha lenta sem carga:
- 3.2.2.7. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.3. Sistema de alimentação: unidade misturadora/ injeção de gás/ injeção de líquido/ injeção directa⁽²⁾
- 3.2.3.1. Regulação da riqueza da mistura:
- 3.2.3.2. Descrição do sistema e/ou diagrama e desenhos:
- 3.2.3.3. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.4. Unidade misturadora
- 3.2.4.1. Número:
- 3.2.4.2. Marca(s):
- 3.2.4.3. Tipo(s):
- 3.2.4.4. Localização:.....
- 3.2.4.5. Possibilidades de regulação:.....
- 3.2.4.6. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.5. Injeção no colector de admissão
- 3.2.5.1. Injeção: ponto único / multiponto⁽²⁾
- 3.2.5.2. Injeção: contínua / temporizada simultaneamente / temporizada sequencialmente⁽²⁾
- 3.2.5.3. Equipamento de injeção
- 3.2.5.3.1. Marca(s):
- 3.2.5.3.2. Tipo(s):
- 3.2.5.3.3. Possibilidades de regulação:.....
- 3.2.5.3.4. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.5.4. Bomba de abastecimento (se aplicável)
- 3.2.5.4.1. Marca(s):
- 3.2.5.4.2. Tipo(s):

- 3.2.5.4.3. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.5.5. Injector(es):
- 3.2.5.5.1. Marca(s):
- 3.2.5.5.2. Tipo(s):
- 3.2.5.5.3. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.6. Injecção directa
- 3.2.6.1. Bomba de injeção/regulador de pressão⁽²⁾
- 3.2.6.1.1. Marca(s):
- 3.2.6.1.2. Tipo(s):
- 3.2.6.1.3. Regulação da injeção:
- 3.2.6.1.4. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.6.2. Injector(es)
- 3.2.6.2.1. Marca(s):
- 3.2.6.2.2. Tipo(s):
- 3.2.6.2.3. Pressão de abertura ou diagrama característico⁽³⁾
- 3.2.6.2.4. Número de homologação de acordo com o Regulamento n.º:
- 3.2.7. Unidade electrónica de controlo (UEC)
- 3.2.7.1. Marca(s):
- 3.2.7.2. Tipo(s):
- 3.2.7.3. Possibilidades de regulação:.....
- 3.2.8. Equipamentos específicos para o GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (apenas no caso de homologações de motores preparados para várias composições de um combustível específico):
- 3.2.8.1.1. Composição do combustível:
- | | | | |
|---|--------------------|----------------|----------------|
| metano (CH ₄): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| etano (C ₂ H ₆): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| propano (C ₃ H ₈): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| butano (C ₄ H ₁₀): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| C5/C5+: | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| oxigénio (O ₂): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |
| gases inertes (N ₂ , He,
etc.): | base:% (mol) | min.% mol | máx.% mol |

- 3.2.8.1.2. Injector(es)
- 3.2.8.1.2.1. Marca(s):
- 3.2.8.1.2.2. Tipo(s):
- 3.2.8.1.3. Outros (se aplicável)
- 3.2.8.2. Variante 2: (só em caso de homologações para diversas composições de combustível específicas)

4. REGULAÇÃO DAS VÁLVULAS

- 4.1. Elevação máxima das válvulas e ângulos de abertura e de fecho em relação aos pontos mortos ou dados equivalentes:
- 4.2. Gamas de referência e/ou de regulação⁽²⁾:

5. SISTEMA DE IGNIÇÃO (APENAS MOTORES DE IGNIÇÃO COMANDADA)

- 5.1. Tipo de sistema de ignição:
bobina vulgar e velas/bobina individual e velas/bobina sobre vela/outro (especificar)⁽²⁾
- 5.2. Unidade de controlo da ignição
 - 5.2.1. Marca(s):
 - 5.2.2. Tipo(s):
- 5.3. Curva de avanço da ignição/traçado do avanço⁽²⁾⁽³⁾:
.....
- 5.4. Regulação da ignição⁽³⁾: graus antes do PMS a uma velocidade de min⁻¹ e uma pressão absoluta no colector de kPa
- 5.5. Velas de ignição
 - 5.5.1. Marca(s):
 - 5.5.2. Tipo(s):
 - 5.5.3. Regulação da folga: mm
- 5.6. Bobinas de ignição
 - 5.6.1. Marca(s):
 - 5.6.2. Tipo(s):

6. EQUIPAMENTOS ACCIONADOS PELO MOTOR

O motor deve ser apresentado aos ensaios com os equipamentos necessários ao funcionamento do motor (p. ex., ventoinha, bomba de água, etc.), conforme especificado nas condições de funcionamento do Regulamento n.º 24.

6.1. Equipamentos a instalar para o ensaio

Se for impossível ou inadequado instalar os equipamentos no banco de ensaios, determina-se a potência por eles absorvida, a subtrair da potência medida do motor ao longo de toda a gama de funcionamento do(s) ciclo(s) de ensaio.

6.2. Equipamentos a remover para o ensaio

Os equipamentos necessários apenas para o funcionamento do veículo (p. ex., compressor de ar, sistema de ar condicionado, etc.) devem ser removidos para o ensaio. Se não puderem ser retirados, a potência por eles absorvida pode ser determinada e adicionada à potência medida do motor ao longo de toda a gama de funcionamento do(s) ciclo(s) de ensaio.

7. INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE AS CONDIÇÕES DE ENSAIO

7.1. Lubrificante utilizado

7.1.1. Marca:

7.1.2. Tipo:

(Indicar a percentagem de óleo na mistura se o lubrificante e o combustível estiverem misturados):

7.2. Equipamentos accionados pelo motor (se aplicável)

A potência absorvida por esses equipamentos apenas precisa de ser determinada:

- se os equipamentos necessários para o funcionamento do motor não estiverem montados no motor e/ou
- se os equipamentos não necessários para o funcionamento do motor estiverem montados no motor.

7.2.1. Enumeração e pormenores identificadores:

7.2.2. Potência absorvida às velocidades do motor indicadas:

Equipamentos	Potência absorvida (kW) a várias velocidades do motor						
	Marcha lenta sem carga	Velocidad e baixa	Velocidad e elevada	Velocidad e A ⁽⁷⁾	Velocidad e B ⁽⁷⁾	Velocidad e C ⁽⁷⁾	Velocidad e de referência ⁽⁸⁾
P(a) Equipamentos necessários para o funcionamento do motor (a subtrair da potência do motor medida) Cf. ponto 6.1.							
P(b) Equipamentos não necessários para o funcionamento do motor (a subtrair da potência do motor medida) Cf. ponto 6.2.							

8. COMPORTAMENTO FUNCIONAL DO MOTOR

8.1. Velocidades do motor⁽⁹⁾Velocidade baixa (n_{l0})min⁻¹Velocidade elevada (n_{hi}):min⁻¹

Para os ciclos ESC e ELR

Marcha lenta sem carga:min⁻¹Velocidade A:min⁻¹Velocidade B:min⁻¹Velocidade C:min⁻¹

Para o ciclo ETC

Velocidade de referência:min⁻¹

8.2. Potência do motor (medida de acordo com o Regulamento n.º 24) em kW

	Velocidade do motor				
	Marcha lenta sem carga	Velocidade A ⁽⁷⁾	Vel. B ⁽⁷⁾	Vel. C ⁽⁷⁾	Vel. de referência ⁽⁸⁾
P(m) Potência medida no banco de ensaios					
P(a) Potência absorvida pelos equipamentos a montar para o ensaio (ponto 6.1) - se montados - se não montados	0	0	0	0	0
P(b) Potência absorvida pelos equipamentos a remover para o ensaio (ponto 6.2) - se montados - se não montados	0	0	0	0	0
P(n) Potência útil do motor =P(m) - P(a) + P(b)					

8.3. Posições do dinamómetro (kW)

As posições do dinamómetro para os ensaios ESC e ELR e para o ciclo de referência do ensaio ETC devem ser baseadas na potência útil do motor P(n) do ponto 8.2. Recomenda-se instalar o motor no banco de ensaios na condição útil. Neste caso, P(m) e P(n) são idênticas. Se for impossível ou inadequado fazer funcionar o motor na condição útil, as posições do dinamómetro devem ser corrigidas para a condição útil utilizando a fórmula acima.

8.3.1. Ensaio ESC e ELR

As posições do dinamómetro devem ser calculadas de acordo com a fórmula do ponto 1.2 do apêndice 1 do anexo 4.

Percentagem de carga	Velocidade do motor			
	Marcha lenta sem carga	Velocidade A	Velocidade B	Velocidade C
10	--			
25	--			
50	--			
75	--			
100				

8.3.2. Ensaio ETC

Se o motor não for ensaiado na condição útil, a fórmula de correcção para converter a potência medida ou o trabalho do ciclo medido, conforme determinado de acordo com o ponto 2 do apêndice 2 do anexo 4, em potência útil ou trabalho do ciclo útil deve ser fornecida pelo fabricante do motor para toda a gama de funcionamento do ciclo, e aprovada pelo serviço técnico.

Notas:

- (1) No caso de motores e sistemas não convencionais, devem ser fornecidos pelo fabricante pormenores equivalentes aos aqui referidos.
- (2) Riscar o que não interessa.
- (3) Especificar a tolerância.
- (6) No caso de sistemas dispostos de modo diferente, fornecer as informações equivalentes (para o ponto 3.2).
- (7) Ensaio ESC.

- (8) Apenas ensaio ETC.
 - (9) Especificar a tolerância; devem ter uma aproximação de $\pm 3\%$ em relação aos valores declarados pelo fabricante.
-

Anexo 1 – Apêndice 1

CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS DO VEÍCULO RELACIONADAS COM O MOTOR

1. Depressão no sistema de admissão à velocidade nominal do motor e a 100 % de carga:
.....kPa
2. Contrapressão no sistema de escape à velocidade nominal do motor e a 100% de carga:
.....kPa
3. Volume do sistema de escape:cm³
4. Potência absorvida pelos equipamentos auxiliares necessários para o funcionamento do motor nos termos e nas condições de funcionamento previstas no regulamento n.º 24.

Equipamentos	Potência absorvida (kW) a várias velocidades do motor						
	Marcha lenta sem carga	Velocidade baixa	Velocidade elevada	Velocidade A(1)	Vel. B ⁽¹⁾	Vel. C ⁽¹⁾	Velocidade de referência. ⁽²⁾
P(a) Equipamentos necessários para o funcionamento do motor (a subtrair da potência do motor medida) Ver o ponto 6.1 do anexo 1.							

⁽¹⁾ Ensaio ESC.

⁽²⁾ Apenas ensaio ETC.

Anexo 1 – Apêndice 2

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DA FAMÍLIA DE MOTORES

1. PARÂMETROS COMUNS

- 1.1. Ciclo de combustão:
- 1.2. Meio de arrefecimento:
- 1.3. Número de cilindros⁽¹⁾
- 1.4. Cilindrada unitária:
- 1.5. Método de aspiração do ar:
- 1.6. Tipo/concepção da câmara de combustão:
- 1.7. Válvulas e janelas - configuração, dimensões e número:
.....
- 1.8. Sistema de combustível:
- 1.9. Sistema de ignição (motores a gás):
- 1.10. Características várias:
 - sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação⁽¹⁾:
 - recirculação dos gases de escape⁽¹⁾:
 - injeção/emulsão de água⁽¹⁾:
 - injeção de ar⁽¹⁾
- 1.11. Sistema de pós-tratamento dos gases de escape⁽¹⁾:
.....
Prova de rácio idêntico (ou inferior para o motor precursor):
capacidade do sistema/débito de combustível por curso de acordo com o(s) número(s)
do(s) diagrama(s):

2. LISTA DA FAMÍLIA DE MOTORES

2.1. Designação da família de motores diesel:

2.1.1. Especificação dos motores dentro dessa família:

					Motor precursor
Tipo de motor					
Número de cilindros					
Velocidade nominal (min^{-1})					
Débito de combustível por curso (mm^3)					
Potência útil máxima (kW)					
Velocidade a que se obtém o binário máximo (min^{-1})					
Consumo de combustível por curso (mm^3)					
Binário máximo (Nm)					
Velocidade de marcha lenta sem carga (min^{-1})					
Cilindrada unitária (em % em relação à do motor precursor)					100

2.2. Designação da família de motores a gás:

2.2.1 Especificação dos motores dentro dessa família:

					Motor precursor
Tipo de motor					
Número de cilindros					
Velocidade nominal (min^{-1})					
Débito de combustível por curso (mm^3)					
Potência útil máxima (kW)					
Velocidade a que se obtém o binário máximo (min^{-1})					
Débito de combustível por curso (mm^3)					
Binário máximo (Nm)					
Velocidade de marcha lenta (min^{-1}) sem carga					
Cilindrada unitária (em % em relação ao motor precursor)					100
Regulação da ignição					
Caudal de recirculação dos gases de escape					
Bomba de ar: sim/não					
Caudal efectivo da bomba de ar					

(1) Se não aplicável, escrever «n.a.».

Anexo 1 - Apêndice 3CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DO TIPO DE MOTOR NA FAMÍLIA⁽¹⁾

1. DESCRIÇÃO DO MOTOR

- 1.1. Fabricante:
- 1.2. Código do fabricante do motor:
- 1.3. Ciclo: quatro tempos / dois tempos⁽²⁾
- 1.4. Número e disposição dos cilindros:
- 1.4.1. Diâmetro: mm
- 1.4.2. Curso: mm
- 1.4.3. Ordem de inflamação:
- 1.5. Cilindrada:cm³
- 1.6. Taxa de compressão volumétrica⁽³⁾:
- 1.7. Desenho(s) da câmara de combustão e face superior do êmbolo:
.....
- 1.8. Secções transversais mínimas das janelas de admissão e de escape:
.....cm²
- 1.9. Velocidade em marcha lenta sem carga:min⁻¹
- 1.10. Potência útil máxima:kW atmin⁻¹
- 1.11. Velocidade máxima admitida do motor:min⁻¹
- 1.12. Binário útil máximo:Nm atmin⁻¹
- 1.13. Sistema de combustão: ignição por compressão/ignição comandada⁽²⁾
- 1.14. Combustível: combustível para motores diesel / GPL / GN-H /GN-L / NG-HL / etanol⁽¹⁾
- 1.15. Sistema de arrefecimento
 - 1.15.1. Por líquido
 - 1.15.1.1. Natureza do líquido:
 - 1.15.1.2. Bomba(s) de circulação: sim/não⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Características ou marca(s) e tipo(s) (se aplicável):
.....
 - 1.15.1.4. Relação(ões) de transmissão (se aplicável):

- 1.15.2. Por ar
- 1.15.2.1. Insuflador: sim/não⁽²⁾
- 1.15.2.2. Características ou marca(s) e tipo(s) (se aplicável):
.....
- 1.15.2.3. Relação(ões) de transmissão (se aplicável):
- 1.16. Temperatura admitida pelo fabricante
- 1.16.1. Arrefecimento por líquido: Temperatura máxima à saída:K
- 1.16.2. Arrefecimento por ar: Ponto de referência:
Temperatura máxima no ponto de referência:K
- 1.16.3. Temperatura máxima do ar à saída do permutador de calor do ar de sobrealimentação (se aplicável):K
- 1.16.4. Temperatura máxima de escape no(s) ponto(s) do(s) tubo(s) de escape adjacente(s) à(s) flange(s) exterior(es) do(s) colector(es) de escape ou da(s) turbina(s) de sobrealimentação:K
- 1.16.5. Temperatura do combustível: min. K, máx. K
à entrada da bomba de injeção, no que diz respeito aos motores diesel, e no estágio final do regulador de pressão, no que diz respeito aos motores a GN
- 1.16.6. Pressão do combustível: min. kPa, máx. kPa
no estágio final do regulador de pressão, para os motores alimentados a GN exclusivamente
- 1.16.7. Temperatura do lubrificante: min. K, máx. K
- 1.17. Sobrealimentador: sim/não⁽²⁾
- 1.17.1. Marca:
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descrição do sistema (por exemplo, pressão máxima de sobrealimentação, válvula de descarga, se aplicável)
- 1.17.4. Permutador de calor do ar de sobrealimentação: sim/não⁽²⁾
- 1.18. Sistema de admissão
Depressão máxima admissível na admissão à velocidade nominal do motor e a 100% de carga, nos termos e nas condições de funcionamento previstas no Regulamento n.º 24:kPa
- 1.19. Sistema de escape
Contrapressão máxima admissível de escape à velocidade nominal do motor e a 100% de carga, nos termos e nas condições de funcionamento previstas no Regulamento n.º24:kPa
Volume do sistema de escape:cm³

2. MEDIDAS ADOPTADAS CONTRA A POLUIÇÃO DO AR
- 2.1. Dispositivo para reciclar os gases do cárter (descrição e desenhos):
.....
- 2.2. Dispositivos antipoluição adicionais (se existirem e se não estiverem incluídos noutra rubrica)
- 2.2.1. Catalisador: sim/não⁽²⁾
- 2.2.1.1. Número de catalisadores e elementos:
- 2.2.1.2. Dimensões, forma e volume do(s) catalisador(s):
.....
- 2.2.1.3. Tipo de acção catalítica:
- 2.2.1.4. Carga total de metal precioso:
- 2.2.1.5. Concentração relativa:
- 2.2.1.6. Substrato (estrutura e material):
- 2.2.1.7. Densidade das células:
- 2.2.1.8. Tipo de alojamento do(s) catalisador(es):
- 2.2.1.9. Localização do(s) catalisador(es) (lugar e distância de referência na linha de escape):
.....
- 2.2.2. Sensor de oxigénio: sim/não⁽²⁾
- 2.2.2.1. Tipo:
- 2.2.3. Injecção de ar: sim/não⁽²⁾
- 2.2.3.1. Tipo (ar pulsado, bomba de ar, etc.):
- 2.2.4. EGR: sim/não⁽²⁾
- 2.2.4.1. Características (caudal, etc.):
- 2.2.5. Colector de partículas: sim/não⁽²⁾
- 2.2.5.1. Dimensões, forma e capacidade do colector de partículas:
.....
- 2.2.5.2. Tipo e concepção do colector de partículas:
- 2.2.5.3. Localização (distância de referência na linha de escape):
- 2.2.5.4. Método ou sistema de regeneração, descrição e/ou desenho: ...
.....
- 2.2.6. Outros sistemas: sim/não⁽²⁾
- 2.2.6.1. Descrição e funcionamento:

3. SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

3.1. Motores diesel

3.1.1. Bomba de alimentação:

Pressão⁽³⁾:kPa ou diagrama característico⁽²⁾:

.....

3.1.2. Sistema de injeção

3.1.2.1. Bomba

3.1.2.1.1. Marca(s):

3.1.2.1.2. Tipo(s):

3.1.2.1.3. Débito máximo de combustível:mm³⁽³⁾ por curso à velocidade do motor demin⁻¹ a injeção plena ou diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

.....

Indicar o método utilizado: no motor / no banco de ensaio das bombas⁽²⁾

Se a pressão puder ser controlada, indicar o débito de combustível e a pressão característicos em relação à velocidade do motor.

3.1.2.1.4. Avanço da injeção

3.1.2.1.4.1. Curva de avanço da injeção⁽³⁾:

3.1.2.1.4.2. Regulação estática da injeção⁽³⁾:

3.1.2.2. Tubagem da injeção

3.1.2.2.1. Comprimento: mm

3.1.2.2.2. Diâmetro interior: mm

3.1.2.3. Injector(es)

3.1.2.3.1. Marca(s):

3.1.2.3.2. Tipo(s):

3.1.2.3.3. «Pressão de abertura»:kPa⁽³⁾
ou diagrama característico⁽²⁾⁽³⁾:

3.1.2.4. Regulador:

3.1.2.4.1. Marca(s):

3.1.2.4.2. Tipo(s):

3.1.2.4.3. Velocidade a que o corte tem início a plena carga: min⁻¹

3.1.2.4.4. Velocidade máxima sem carga: min⁻¹

3.1.2.4.5. Velocidade em marcha lenta sem carga:min⁻¹

- 3.1.3. Sistema de arranque a frio
- 3.1.3.1. Marca(s):
- 3.1.3.2. Tipo(s):
- 3.1.3.3. Descrição:
- 3.1.3.4. Sistema auxiliar de arranque:
- 3.1.3.4.1. Marca:
- 3.1.3.4.2. Tipo:
- 3.2. Motores a gás
- 3.2.1. Combustível: Gás natural/GPL⁽²⁾
- 3.2.2. Regulador(es) de pressão ou vaporizador(es)/regulador(es) de pressão⁽²⁾
- 3.2.2.1. Marca(s):
- 3.2.2.2. Tipo(s):
- 3.2.2.3. Número dos estádios de redução de pressão:
- 3.2.2.4. Pressão no estágio final: min. kPa, máx. kPa
- 3.2.2.5. Número de pontos de regulação principais:
- 3.2.2.6. Número de pontos de regulação da marcha lenta sem carga:
- 3.2.2.7. Número de homologação:
- 3.2.3. Sistema de alimentação: unidade misturadora / injeção de gás / injeção de líquido / injeção directa⁽²⁾
- 3.2.3.1. Regulação da riqueza da mistura:
- 3.2.3.2. Descrição do sistema e/ou diagrama e desenhos:
.....
- 3.2.3.3. Número de homologação:
- 3.2.4. Unidade misturadora
- 3.2.4.1. Número:
- 3.2.4.2. Marca(s):
- 3.2.4.3. Tipo(s):
- 3.2.4.4. Localização:
- 3.2.4.5. Possibilidades de regulação:
- 3.2.4.6. Número de homologação:
- 3.2.5. Injeção no colector de admissão
- 3.2.5.1. Injeção: ponto único / multiponto)⁽²⁾
- 3.2.5.2. Injeção: contínua / temporizada simultaneamente / temporizada sequencialmente⁽²⁾

- 3.2.5.3. Equipamento de injeção
 - 3.2.5.3.1. Marca(s):
 - 3.2.5.3.2. Tipo(s):
 - 3.2.5.3.3. Possibilidades de regulação:
 - 3.2.5.3.4. Número de homologação:
- 3.2.5.4. Bomba de abastecimento (se aplicável)
 - 3.2.5.4.1. Marca(s):
 - 3.2.5.4.2. Tipo(s):
 - 3.2.5.4.3. Número de homologação:
- 3.2.5.5. Injector(es):
 - 3.2.5.5.1. Marca(s):
 - 3.2.5.5.2. Tipo(s):
 - 3.2.5.5.3. Número de homologação:
- 3.2.6. Injeção directa
 - 3.2.6.1. Bomba de injeção/regulador de pressão⁽²⁾
 - 3.2.6.1.1. Marca(s):
 - 3.2.6.1.2. Tipo(s):
 - 3.2.6.1.3. Regulação da injeção:
 - 3.2.6.1.4. Número de homologação:
 - 3.2.6.2. Injector(es)
 - 3.2.6.2.1. Marca(s):
 - 3.2.6.2.2. Tipo(s):
 - 3.2.6.2.3. Pressão de abertura ou diagrama característico⁽³⁾:
.....
 - 3.2.6.2.4. Número de homologação:
- 3.2.7. Unidade electrónica de controlo (UEC)
 - 3.2.7.1. Marca(s):
 - 3.2.7.2. Tipo(s):
 - 3.2.7.3. Possibilidades de regulação:
- 3.2.8. Equipamentos específicos para o GN
 - 3.2.8.1. Variante 1 (apenas no caso de homologações de motores preparados para várias composições de um combustível específico):

3.2.8.1.1. Composição do combustível:

metano (CH ₄):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
etano (C ₂ H ₆):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
propano (C ₃ H ₈):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
butano (C ₄ H ₁₀):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
C5/C5+:	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
oxigénio (O ₂):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol
gases inertes (N ₂ , He, etc.):	base:% (mol)	min.% mol	máx.% mol

3.2.8.1.2. Injector(es)

3.2.8.1.2.1. Marca(s):

3.2.8.1.2.2. Tipo(s):

3.2.8.1.3. Outros (se aplicável)

3.2.8.2. Variante 2: (só em caso de homologações para diversas composições de combustível específicas)

4. REGULAÇÃO DAS VÁLVULAS

4.1. Elevação máxima das válvulas e ângulos de abertura e de fecho em relação aos pontos mortos superiores ou dados equivalentes:

.....

4.2. Gamas de referência e/ou de regulação⁽²⁾:

.....

5. SISTEMA DE IGNIÇÃO (APENAS MOTORES DE IGNIÇÃO COMANDADA)

5.1. Tipo de sistema de ignição: bobina vulgar e velas/bobina individual e velas/bobina sobre vela/outro (especificar)⁽²⁾

5.2. Unidade de controlo da ignição

5.2.1. Marca(s):

5.2.2. Tipo(s):

5.2. Curva de avanço da ignição/traçado do avanço⁽²⁾⁽³⁾:

.....

5.4. Regulação da ignição⁽³⁾: graus antes do PMS a uma velocidade de min⁻¹ e uma pressão absoluta no colector de kPa

5.5. Velas de ignição

- 5.5.1. Marca(s):
- 5.5.2. Tipo(s):
- 5.5.3. Regulação da folga: mm
- 5.6. Velas de ignição
- 5.6.1. Marca(s):
- 5.6.2. Tipo(s):

Notas

- (1) A apresentar para cada motor da família.
- (2) Riscar o que não interessa.
- (3) Especificar a tolerância.
-

Anexo 2-A

COMUNICAÇÃO

(formato máximo: A4 (210 x 297 mm)]

emitida por: Designação da autoridade
administrativa:.....
.....
.....

relativa à: 2/ CONCESSÃO DA HOMOLOGAÇÃO
EXTENSÃO DA HOMOLOGAÇÃO
RECUSA DA HOMOLOGAÇÃO
REVOGAÇÃO DA HOMOLOGAÇÃO
INTERRUPÇÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

de motores de ignição por compressão (IPC), de motores a gás natural (GN) ou de motores de ignição comandada (IC) alimentados a gás de petróleo liquefeito (GPL) 2/, enquanto unidade técnica autónoma, no que respeita à emissão de gases poluentes nos termos do Regulamento nº 49

N.º de homologação:

Extensão n.º ...

1. Designação comercial ou marca do motor:.....
2. Tipo de motor:.....
3. Tipo de combustão: ignição por compressão/ignição comandada 2/
- 3.1. Tipo de combustível:.....
4. Nome e endereço do fabricante:.....
5. Se aplicável, nome e endereço do mandatário do fabricante:
.....
6. Depressão máxima admissível à admissão: kPa
7. Contrapressão máxima admissível:..... kPa

8. Potência máxima admissível absorvida pelo equipamento accionado pelo motor:
Intermédia: kW; Nominal: kW
9. Eventuais restrições de utilização:
10. Níveis de emissões do motor/motor precursor
- 10.1. Ensaio ESC (se aplicável):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 10.2. Ensaio ELR (se aplicável):
Valor dos fumos:m⁻¹
- 10.3. Ensaio ETC (se aplicável):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
11. Veículo apresentado a ensaio em:
12. Serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação:
.....
13. Data do relatório de ensaio emitido por este serviço:
14. Número do relatório de ensaio emitido por este serviço:
15. Posição da marca de homologação no veículo:
16. Local:
17. Data
18. Assinatura:
19. Em anexo à presente comunicação, figuram os seguintes documentos que incluem o número de homologação acima indicado:

Um exemplar do anexo 1 do presente regulamento, devidamente preenchido e acompanhado dos desenhos e esquemas indicados.

- 1/ Número distintivo do país que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições relativas à homologação no regulamento).
- 2/ Riscar o que não interessa.

Anexo 2B

COMUNICAÇÃO

(formato máximo: A4 (210 x 297 mm)]

emitida por: Designação da autoridade
administrativa:.....
.....
.....

relativa à: 2/ CONCESSÃO DA HOMOLOGAÇÃO
EXTENSÃO DA HOMOLOGAÇÃO
RECUSA DA HOMOLOGAÇÃO
REVOGAÇÃO DA HOMOLOGAÇÃO
INTERRUPÇÃO DEFINITIVA DA PRODUÇÃO

de um modelo de veículo no que respeita à emissão de poluentes pelo veículo nos termos do
Regulamento n.º 49.

N.º de homologação:

Extensão n.º:

1. Designação comercial ou marca do motor:.....
2. Modelo de veículo:
3. Nome e endereço do fabricante:.....
4. Se aplicável, nome e endereço do mandatário do fabricante:
.....
5. Depressão máxima admissível na admissão: kPa
6. Contrapressão máxima admissível: kPa
7. Potência máxima admissível absorvida pelo equipamento accionado pelo motor:
Intermédia: kW Nominal: kW
8. Marca e tipo do motor:.....

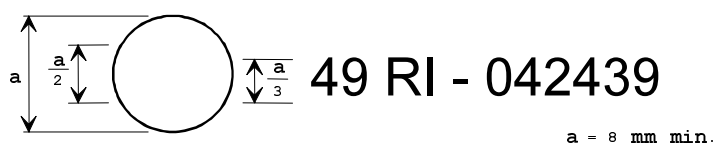
9. Níveis de emissões do motor/motor precursor
- 9.1. Ensaio ESC (se aplicável):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
- 9.2. Ensaio ELR (se aplicável):
Valor dos fumos:m⁻¹
- 9.3. Ensaio ETC (se aplicável):
CO:g/kWh
THC:g/kWh
NMHC:g/kWh
CH₄:g/kWh
NO_x:g/kWh
PT:g/kWh
10. Veículo apresentado a ensaio em:
11. Serviço técnico responsável pela realização dos ensaios de homologação:
.....
12. Data do relatório de ensaio emitido por este serviço:
13. Número do relatório de ensaio emitido por este serviço:
14. Posição da marca de homologação no veículo 2/:
15. Local:
16. Data
17. Assinatura:
18. Em anexo à presente comunicação, figuram os seguintes documentos que incluem o número de homologação acima indicado:

Um exemplar do anexo 1 do presente regulamento, devidamente preenchido e acompanhado dos desenhos e esquemas indicados.

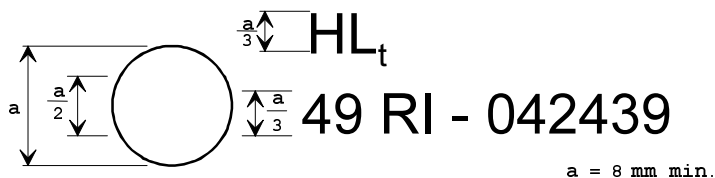
- 1/ Número distintivo do país que procedeu à concessão/extensão/recusa/revogação da homologação (ver disposições relativas à homologação no regulamento).
- 2/ Riscar o que não interessa.

Anexo 3**DISPOSIÇÃO DAS MARCAS DE HOMOLOGAÇÃO**
(Ver ponto 4.6. do presente regulamento)**I. HOMOLOGAÇÃO «I» (Linha A)**
(Ver ponto 4.6.3 do presente regulamento)Modelo A

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha A e que são alimentados a diesel ou a gás de petróleo liquefeito (GPL).

Modelo B

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha A e que são alimentados a gás natural (GN). O sufixo após o símbolo nacional indica a qualificação do combustível nos termos do ponto 4.6.3.1 do presente regulamento.



A marca de homologação acima indicada, afixada num motor/veículo, indica que o tipo de motor/modelo de veículo em causa foi homologado no Reino Unido (E11), nos termos do Regulamento n.º 49 com o número de homologação 002439. Esta marca de homologação indica que a homologação foi feita nos termos do Regulamento n.º 49, alterado pela série 04 de alterações, e no cumprimento dos limites pertinentes previstos no ponto 5.2.1 do presente regulamento.

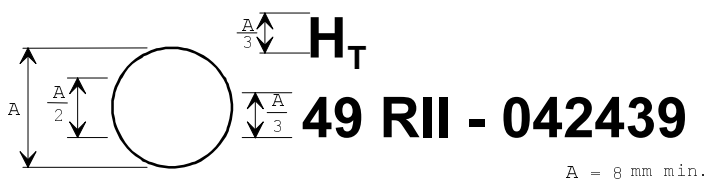
II. HOMOLOGAÇÃO «II» (Linha B1)
(Ver ponto 4.6.3 do presente regulamento)Modelo C

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha B1 e que são alimentados a diesel ou a gás de petróleo liquefeito (GPL).



Modelo D

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha B1 e que são alimentados a gás natural (GN). O sufixo após o símbolo nacional indica a qualificação do combustível nos termos do ponto 4.6.3.1 do presente regulamento.



A marca de homologação acima indicada, afixada num motor/veículo, indica que o tipo de motor/modelo de veículo em causa foi homologado no Reino Unido (E11), nos termos do Regulamento n.º 49 com o número de homologação 042439. Esta marca de homologação indica que a homologação foi feita nos termos do Regulamento n.º 49, alterado pela série 04 de alterações, e no cumprimento dos limites pertinentes previstos no ponto 5.2.1 do presente regulamento.

III. HOMOLOGAÇÃO «III» (Linha B2) (Ver ponto 4.6.3 do presente regulamento)

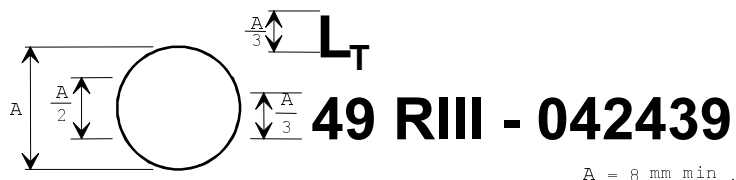
Modelo E

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha B2 e que são alimentados a diesel ou a gás de petróleo liquefeito (GPL).



Modelo F

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha B2 e que são alimentados a gás natural (GN). O sufixo após o símbolo nacional indica a qualificação do combustível nos termos do ponto 4.6.3.1 do presente regulamento.



A marca de homologação acima indicada, afixada num motor/veículo, indica que o tipo de motor/modelo de veículo em causa foi homologado no Reino Unido (E11), nos termos do Regulamento n.º 49 com o número de homologação 042439. Esta marca de homologação indica que a homologação foi feita nos termos do Regulamento n.º 49, alterado pela série 04 de alterações, e no cumprimento dos limites pertinentes previstos no ponto 5.2.1 do presente regulamento.

IV. **HOMOLOGAÇÃO «IV» (Linha C)**
(Ver ponto 4.6.3 do presente regulamento)

MODELO G

Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha B1 e que são alimentados a diesel ou a gás de petróleo liquefeito (GPL).



Modelo H

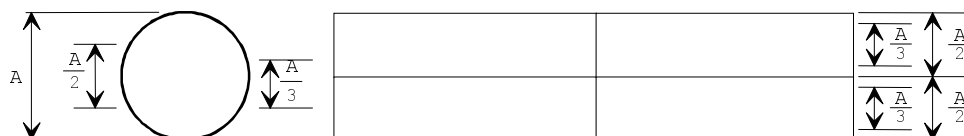
Motores homologados para os limites de emissão previstos na linha C e que são alimentados a gás natural (GN). O sufixo após o símbolo nacional indica a qualificação do combustível nos termos do ponto 4.6.3.1 do presente regulamento.



A marca de homologação acima indicada, afixada num motor/veículo, indica que o tipo de motor/modelo de veículo em causa foi homologado no Reino Unido (E11), nos termos do Regulamento n.º 49 com o número de homologação 042439. Esta marca de homologação indica que a homologação foi feita nos termos do Regulamento n.º 49, alterado pela série 04 de alterações, e no cumprimento dos limites pertinentes previstos no ponto 5.2.1 do presente regulamento.

V. MOTOR/VEÍCULO HOMOLOGADO AO ABRIGO DE UM OU MAIS REGULAMENTOS
(Ver ponto 4.7 do presente regulamento)

Modelo I



A marca de homologação acima indicada, afixada num motor/veículo, indica que o tipo de motor/modelo de veículo em causa foi homologado no Reino Unido (E11), nos termos do Regulamento n.º 49 (emissão de nível IV) e do Regulamento n.º 24 1/. Os dois primeiros algarismos dos números de homologação indicam que, nas datas em que as respectivas homologações foram concedidas, o Regulamento n.º 49 incluía a série 04 de alterações e o Regulamento n.º 24 incluía a série 03 de alterações.

1/ O segundo número de regulamento é dado apenas a título de exemplo.

Anexo 4

PROCEDIMENTO DE ENSAIO

1. INTRODUÇÃO

1.1. O presente anexo descreve os métodos de determinação das emissões de componentes gasosos, partículas e fumos pelos motores a ensaiar. Descrevem-se três ciclos de ensaio que serão aplicados de acordo com as disposições do ponto 5.2 do regulamento:

1.1.1. o ensaio ESC, que consiste num ciclo de 13 modos em estado estacionário;

1.1.2. o ensaio ELR, que consiste de patamares de carga transientes a diferentes velocidades, que são partes integrantes de um procedimento de ensaio, e são efectuados simultaneamente;

1.1.3. o ensaio ETC, que consiste numa sequência segundo a segundo de modos transientes.

1.2. O ensaio é efectuado com o motor montado num banco de ensaio e ligado a um dinamómetro.

1.3. Princípio da medição

As emissões a medir, provenientes do escape do motor, incluem os componentes gasosos (monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais no que diz respeito aos motores diesel no ensaio ESC apenas; hidrocarbonetos não metânicos no que diz respeito aos motores diesel e aos motores a gás no ensaio ETC apenas; metano no que diz respeito aos motores a gás no ensaio ETC apenas e óxidos de azoto), as partículas (apenas motores diesel e motores a gás no estágio C) e os fumos (motores diesel no ensaio ELR apenas). Além disso, o dióxido de carbono é muitas vezes utilizado como gás marcador para determinar a razão de diluição de sistemas de diluição do caudal parcial e total. As boas práticas de engenharia recomendam a medição geral do dióxido de carbono como excelente ferramenta para a detecção de problemas de medição durante o ensaio.

1.3.1. Ensaio ESC

Durante uma sequência prescrita de condições de funcionamento do motor aquecido, examinam-se continuamente as quantidades das emissões de escape acima referidas retirando uma amostra dos gases de escape brutos. O ciclo de ensaio consiste num determinado número de modos de velocidade e potência que cobrem a gama de funcionamento típica dos motores diesel. Durante cada modo, determinam-se a concentração de cada gás poluente, o caudal de escape e a potência, sendo os valores medidos ponderados. Dilui-se a amostra de partículas com ar ambiente condicionado. Retira-se uma amostra durante o procedimento de ensaio completo, que é recolhida em filtros adequados. Calcula-se a massa, em gramas, de cada poluente emitida por

quilowatt-hora (kWh), conforme descrito no apêndice 1 do presente anexo. Além disso, mede-se a concentração dos NO_x em três pontos de ensaio dentro da zona de controlo seleccionada pelo serviço técnico ¹/₁, sendo os valores medidos comparados com os valores calculados a partir dos modos do ciclo de ensaio que envolvem os pontos de ensaio seleccionados. A verificação do NO_x assegura a eficácia do controlo de emissões do motor dentro da gama de funcionamento típica do motor.

1.3.2. Ensaio ELR

Durante o ensaio de reacção a uma carga prescrita, determinam-se os fumos de um motor aquecido através de um opacímetro. O ensaio consiste em submeter o motor, a velocidade constante, a uma carga crescente de 10 % a 100 % a três velocidades diferentes do motor. Além disso, efectua-se um quarto patamar de carga seleccionado pelo serviço técnico¹, sendo o valor comparado com os valores dos patamares de carga anteriores. Determina-se o pico dos fumos utilizando um algoritmo de cálculo de médias, conforme descrito no apêndice 1 do presente anexo.

1.3.3. Ensaio ETC

Durante um ciclo transiente prescrito de condições de operação do motor aquecido, que é amplamente baseado em padrões específicos da condução rodoviária de motores pesados instalados em camiões e autocarros, examinam-se os poluentes acima indicados após diluição da totalidade dos gases de escape com ar ambiente condicionado. Utilizando os sinais de retroacção do binário e da velocidade do motor do dinamómetro, integra-se a potência em relação ao tempo do ciclo para se obter o trabalho produzido pelo motor durante o ciclo. Determinam-se as concentrações dos NO_x e do HC ao longo do ciclo através da integração do sinal do analisador. As concentrações de CO, de CO₂ e dos HC não metânicos (NMHC) podem ser determinadas por integração do sinal do analisador ou por recolha de amostras em sacos. No que diz respeito às partículas, recolhe-se uma amostra proporcional em filtros adequados. Determina-se o caudal dos gases de escape diluídos ao longo do ciclo para calcular os valores das emissões mássicas dos poluentes. Esses valores são relacionados com o trabalho do motor para se obter a massa de cada poluente emitida por quilowatt-hora (kWh), conforme descrito no apêndice 2 do presente anexo.

2. CONDIÇÕES DO ENSAIO

2.1. Condições de ensaio do motor

2.1.1. Medem-se a temperatura absoluta (T_a) do ar de admissão do motor à entrada deste, expressa em Kelvin, e a pressão atmosférica seca p_s, expressa em kPa, e determina-se o parâmetro F de acordo com as seguintes disposições:

¹/₁ Os pontos de ensaio devem ser seleccionados utilizando métodos estatísticos aprovados de aleatorização.

a) Para os motores diesel:

Motores com aspiração normal e motores com sobrealimentação mecânica:

$$F = \left(\frac{99}{p_s} \right) * \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,7}$$

Motores turbocomprimidos com ou sem arrefecimento do ar de admissão:

$$F = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0,7} * \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1,5}$$

b) Para os motores a gás:

$$F = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{1,2} * \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,6}$$

2.1.2. Validade do ensaio

Para que um ensaio seja reconhecido como válido, o parâmetro F deve satisfazer a seguinte relação:

$$0,96 \leq F \leq 1,06$$

2.2. Motores com arrefecimento do ar de sobrealimentação

Regista-se a temperatura do ar de sobrealimentação, que deve estar, à velocidade correspondente à potência máxima declarada e a plena carga, a ± 5 K da temperatura máxima do ar de sobrealimentação especificada no ponto 1.16.3 do anexo 1. A temperatura do fluido de arrefecimento deve ser pelo menos 293 K (20 °C).

Se se utilizar um sistema da oficina de ensaios ou um ventilador externo, a temperatura do ar de sobrealimentação deve estar a ± 5 K da temperatura máxima do ar de sobrealimentação especificada no ponto 1.16.3 do apêndice 1 do anexo II à velocidade da potência máxima declarada e a plena carga. Deve ser utilizada para todo o ciclo de ensaio a regulação do sistema de arrefecimento do ar da sobrealimentação que satisfaça as condições acima.

2.3. Sistema de admissão do ar para o motor

Utiliza-se um sistema de admissão de ar no motor que apresente uma restrição à entrada de ar a ± 100 Pa do limite superior do motor a funcionar à velocidade da potência máxima declarada e a plena carga.

2.4. Sistema de escape do motor

Utiliza-se um sistema de escape que apresente uma contrapressão no escape de ± 1000 Pa do limite superior do motor a funcionar à velocidade da potência máxima declarada e a plena carga e um volume situado entre $\pm 40\%$ do volume especificado pelo fabricante. Pode-se utilizar um sistema da oficina de ensaios desde que represente as condições reais de funcionamento do motor. O sistema de escape deve satisfazer os requisitos da recolha de amostras de gases de escape constantes do anexo 4, apêndice 4, ponto 3.4 e do anexo 4, apêndice 6, pontos 2.2.1 EP e 2.3.1 EP.

Se o motor estiver equipado com um dispositivo de pós-tratamento dos gases de escape, o tubo de escape deve ter o mesmo diâmetro que o tubo utilizado normalmente ao longo de pelo menos quatro diâmetros do tubo a montante da entrada do início da secção de expansão que contém o dispositivo de pós-tratamento. A distância entre a flange do colector de escape ou da saída do turbocompressor e o dispositivo de pós-tratamento dos gases de escape deve ser a mesma que na configuração no veículo ou dentro das especificações de distância do fabricante. A contrapressão ou a restrição de escape devem seguir os mesmos critérios que os acima indicados, e podem ser reguladas com uma válvula. O alojamento do sistema de pós-tratamento pode ser removido durante os ensaios em branco e durante o mapeamento do motor e substituído por um alojamento equivalente com um suporte catalisador inactivo.

2.5. Sistema de arrefecimento

Utiliza-se um sistema de arrefecimento do motor com capacidade suficiente para manter o motor às temperaturas normais de funcionamento prescritas pelo fabricante.

2.6. Lubrificante

As especificações do lubrificante utilizado para o ensaio devem ser registadas e apresentadas com os resultados do ensaio, conforme especificado no ponto 7.1 do anexo 1.

2.7. Combustível

O combustível deve ser o combustível de referência especificado nos anexos 5, 6 ou 7.

A temperatura do combustível e o ponto de medição devem ser especificados pelo fabricante dentro dos limites dados no ponto 1.16.5 do anexo 1. A temperatura do combustível não deve ser inferior a 306 K (33°C). Se não especificada, deve ser de 311 K ± 5 K (38 °C ± 5 °C) à entrada da linha de combustível.

No que diz respeito aos motores a GN e a GPL, a temperatura do combustível e o ponto de medição devem situar-se dentro dos limites dados no ponto 1.16.5 do anexo 1 ou, quando o motor não seja um motor precursor, no ponto 1.16.5 do apêndice 3 do mesmo anexo.

2.8. Ensaio dos sistemas pós-tratamento dos gases de escape

Se o motor estiver equipado com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape, as emissões medidas no(s) ciclo(s) de ensaio devem ser representativas das emissões no campo. Se tal não puder ser conseguido com um único ciclo de ensaio (p.ex., em relação aos filtros de partículas com regeneração periódica), efectuem-se vários ciclos de ensaio, calculando-se a média dos resultados dos ensaios ou sendo estes ponderados. O procedimento exacto deve ser acordado entre o fabricante do motor e o serviço técnico, com base no bom senso técnico.

Anexo 4 - Apêndice 1

CICLOS DE ENSAIO ESC E ELR

1. CONFIGURAÇÕES DO MOTOR E DO DINAMÓMETRO

1.1. Determinação das velocidades A, B e C do motor

As velocidades A, B e C do motor devem ser declaradas pelo fabricante de acordo com as disposições que se seguem.

Determina-se a velocidade alta n_{hi} calculando 70 % da potência útil máxima declarada $P(n)$, conforme determinada no ponto 8.2 do apêndice 1 do anexo 1. A velocidade mais elevada do motor a que este valor de potência ocorre na curva da potência é definida como n_{hi} .

Determina-se a velocidade baixa n_{lo} calculando 50 % da potência útil máxima declarada $P(n)$, conforme determinada no ponto 8.2 do apêndice 1 do anexo 1. A velocidade mais baixa do motor a que este valor de potência ocorre na curva da potência é definido como n_{lo} .

Calculam-se as velocidades A, B e C do motor do seguinte modo:

$$\begin{aligned}\text{Velocidade A} &= n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo}) \\ \text{Velocidade B} &= n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo}) \\ \text{Velocidade C} &= n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})\end{aligned}$$

As velocidades A, B e C do motor podem ser verificadas através de qualquer um dos seguintes métodos:

- a) medem-se pontos de ensaio adicionais durante a homologação no que diz respeito à potência do motor de acordo com o Regulamento n.º 24, para se obter uma determinação exacta de n_{hi} e n_{lo} ; determinam-se a potência máxima, n_{hi} e n_{lo} a partir da curva da potência e calculam-se as velocidades A, B e C do motor de acordo com as disposições acima;
- b) executa-se o mapeamento do motor ao longo da curva de plena carga, desde a velocidade máxima sem carga até à velocidade em marcha lenta sem carga, utilizando pelo menos 5 pontos de medição por intervalos de 1000 min^{-1} e pontos de medição a $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ da velocidade à potência máxima declarada; determinam-se a potência máxima, n_{hi} e n_{lo} a partir desta curva de mapeamento e calculam-se as velocidades A, B e C do motor de acordo com as disposições acima.

Se as velocidades A, B e C medidas do motor estiverem entre $\pm 3 \%$ em relação às velocidades do motor declaradas pelo fabricante, utilizam-se estas velocidades para o

ensaio das emissões. Se a tolerância for excedida em relação a qualquer uma das velocidades do motor, utilizam-se as velocidades medidas do motor para o ensaio das emissões.

1.2. Determinação das regulações do dinamómetro

Determina-se por experimentação a curva do binário a plena carga para calcular os valores do binário para os modos de ensaio especificados na condição útil, conforme especificado no ponto 8.2 do apêndice 1 do anexo 1. Toma-se em conta a potência absorvida pelos equipamentos accionados pelo motor, se aplicável. Calcula-se a posição do dinamómetro para cada modo de ensaio, à excepção da marcha lenta sem carga, utilizando as seguintes fórmulas:

$$s = P(n) * \frac{L}{100}$$

se ensaiado na condição útil

$$s = P(n) * \frac{L}{100} + (P(a) - P(b))$$

se não ensaiado na condição útil

em que:

s = configuração do dinamómetro, kW;

P(n) = potência útil do motor conforme indicada no ponto 8.2 do apêndice 1 do anexo 1, kW;

L = percentagem de carga conforme indicada no ponto 2.7.1;

P(a) = potência absorvida pelos equipamentos a instalar conforme indicado no ponto 6.1 do apêndice 1 do anexo 1;

P(b) = potência absorvida pelos equipamentos a instalar conforme indicado no ponto 6.2 do apêndice 1 do anexo 1.

2. ENSAIO ESC

A pedido do fabricante, pode-se realizar um ensaio em branco para condicionar o motor e o sistema de escape antes do ciclo de medição.

2.1. Preparação dos filtros de recolha de amostras

Pelo menos uma hora antes do ensaio, coloca-se cada filtro (par) numa placa de Petri, fechada mas não selada, numa câmara de pesagem, para efeitos de estabilização. No final do período de estabilização, pesa-se cada filtro (par) e regista-se a tara.

Armazena-se então o filtro (par) numa placa de Petri fechada ou num suporte de filtro selado até ser necessário para o ensaio. Se não se utilizar o filtro (par) no prazo de oito horas a seguir à sua remoção da câmara de pesagem, condiciona-se e pesa-se novamente antes da utilização.

2.2. Instalação do equipamento de medição

Instalam-se os instrumentos e as sondas de recolha conforme necessário. Quando se utilizar um sistema de diluição do caudal total para a diluição dos gases de escape, liga-se o tubo de escape ao sistema.

2.3. Arranque do sistema de diluição e do motor

Põe-se o sistema de diluição e o motor a funcionar e a aquecer até que todas as temperaturas e pressões se tenham estabilizado à potência máxima de acordo com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia.

2.4. Arranque do sistema de recolha de amostras de partículas

Põe-se o sistema de recolha de amostras de partículas a funcionar em derivação (bypass). A concentração de fundo de partículas no ar de diluição pode ser determinada passando o ar de diluição através dos filtros de partículas. Caso se utilize ar de diluição filtrado, pode-se efectuar uma medição antes ou depois do ensaio. Se o ar de diluição não for filtrado, podem-se efectuar medições no início e no final do ciclo, calculando-se a média dos valores.

2.5. Ajustamento da razão de diluição

Regula-se o ar de diluição de modo a obter uma temperatura dos gases de escape diluídos, medida imediatamente antes do filtro primário, não superior a 325 K (52°C) em cada modo. A razão de diluição (q) não deve ser inferior a 4.

Para os sistemas que utilizam a medição de concentração de CO₂ ou NO_x para o controlo da razão de diluição, medem-se os teores de CO₂ ou NO_x do ar de diluição no início e no fim de cada ensaio. As medições das concentrações de fundo de CO₂ or NO_x do ar de diluição antes e após o ensaio devem ficar compreendidas, respectivamente, dentro de um intervalo de 100 ppm e 5 ppm.

2.6. Verificação dos analisadores

Os analisadores das emissões devem ser colocados em zero e calibrados.

2.7. Ciclo de ensaio

2.7.1. O ensaio do motor em banco dinamométrico deverá ser efectuado em conformidade com o ciclo de 13 modos a seguir indicado:

Número do modo:	Velocidade do motor	Percentagem de carga	Factor de ponderação	Duração do modo
1	marcha lenta sem carga	-	0,15	4 minutos
2	A	100	0,08	2 minutos
3	B	50	0,10	2 minutos
4	B	75	0,10	2 minutos
5	A	50	0,05	2 minutos
6	A	75	0,05	2 minutos
7	A	25	0,05	2 minutos
8	B	100	0,09	2 minutos
9	B	25	0,10	2 minutos
10	C	100	0,08	2 minutos
11	C	25	0,05	2 minutos
12	C	75	0,05	2 minutos
13	C	50	0,05	2 minutos

2.7.2. Sequência do ensaio

Dá-se início à sequência do ensaio. O ensaio deve ser executado pela ordem dos números dos modos conforme indicado no ponto 2.7.1.

O motor deve funcionar durante o tempo prescrito em cada modo, completando as mudanças de velocidade e de carga do motor nos primeiros 20 segundos. A velocidade especificada deve ser mantida com uma aproximação de $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ e o binário especificado com uma aproximação de $\pm 2 \%$ do binário máximo à velocidade de ensaio.

A pedido do fabricante, a sequência do ensaio pode ser repetida um número suficiente de vezes para recolher uma maior massa de partículas no filtro. O fabricante deve fornecer uma descrição pormenorizada dos procedimentos de avaliação e de cálculo dos dados. Determinam-se as emissões gasosas apenas no primeiro ciclo.

2.7.3. Resposta do analisador

Os resultados fornecidos pelos analisadores devem ser registados por um registador de agulhas ou medidos com um sistema equivalente de aquisição de dados com os gases de escape a passar através dos analisadores durante o ciclo de ensaio.

2.7.4. Recolha de amostras de partículas

Utiliza-se um par de filtros (filtros primário e secundário, ver apêndice 4 do anexo 4)

para o procedimento completo de ensaio. Toma-se em consideração os factores de ponderação modais especificados no procedimento do ciclo de ensaio retirando uma amostra proporcional ao caudal mássico dos gases de escape durante cada modo do ciclo. Isto pode ser conseguido ajustando o caudal da amostra, o tempo de recolha de amostras e/ou o quociente de diluição de modo a satisfazer o critério dos factores de ponderação efectivos do ponto 5.6.

O tempo de recolha de amostras por modo deve ser de pelo menos 4 segundos por centésima (0,01) de factor de ponderação. Para cada modo, a recolha deve realizar-se o mais tarde possível. A recolha de partículas deve ser completada não mais cedo do que 5 segundos antes do fim de cada modo.

2.7.5. Parâmetros do motor

Durante cada modo, registam-se a velocidade e a carga do motor, a temperatura e a depressão do ar de admissão, a temperatura e a contrapressão de escape, o débito de combustível e o fluxo do ar ou dos gases de escape, a temperatura do ar de sobrealimentação, a temperatura e a humidade do combustível, sendo os requisitos relativos à velocidade e à carga (ver ponto 2.7.2) satisfeitos durante o tempo de recolha de partículas, mas pelo menos durante o último minuto de cada modo.

Registam-se quaisquer outros dados exigidos para os cálculos (ver pontos 4 e 5).

2.7.6. Verificação dos NO_x dentro da zona de controlo

A verificação dos NO_x dentro da zona de controlo deve ser efectuada imediatamente depois de concluído o modo 13. Condiciona-se o motor no modo 13 durante um período de três minutos antes do início das medições. Efectuam-se três medições em diferentes locais dentro da zona de controlo, seleccionados pelo serviço técnico^{1/}. O tempo para cada medição é 2 minutos.

O procedimento de medição é idêntico ao da medição dos NO_x no ciclo de 13 modos, sendo executado de acordo com os pontos 2.7.3, 2.7.5 e 4.1 do presente apêndice e com o ponto 3 do apêndice 4 do anexo 4.

Efectua-se o cálculo de acordo com o ponto 4.

2.7.7. Reverificação dos analisadores

Após o ensaio das emissões, utiliza-se um gás de colocação no zero e o mesmo gás de calibração para a reverificação. O ensaio é considerado aceitável se a diferença entre os resultados antes do ensaio e após o ensaio for inferior a 2% do valor do gás de calibração.

^{1/} Os pontos de ensaio devem ser seleccionados utilizando métodos estatísticos aprovados de aleatorização.

3. ENSAIO ELR

3.1. Instalação do equipamento de medição

Instala-se o opacímetro e as sondas de recolha de amostras, se aplicável, após o silencioso ou qualquer dispositivo de pós-tratamento, se montado, de acordo com os procedimentos gerais de instalação especificados pelo fabricante do instrumento. Além disso, observam-se, quando adequado, os requisitos do ponto 10 da norma ISO 11614.

Antes de quaisquer verificações do zero e da escala completa, aquece-se e estabiliza-se o opacímetro de acordo com as recomendações do seu fabricante. Se o opacímetro estiver equipado com um sistema de purga por ar para impedir que a parte óptica do aparelho fique suja de fuligem, activa-se e ajusta-se este sistema também de acordo com as recomendações do fabricante.

3.2. Verificação do opacímetro

As verificações do zero e da escala completa efectuem-se no modo de leitura da opacidade, uma vez que a escala de opacidade oferece dois pontos de calibração verdadeiramente definíveis, ou seja, 0 % de opacidade e 100 % de opacidade. Calcula-se então correctamente o coeficiente de absorção da luz com base na opacidade medida e no valor L_A conforme apresentado pelo fabricante do opacímetro, quando o instrumento voltar ao modo de leitura k para ensaio.

Sem bloqueamento do feixe de luz do opacímetro, ajusta-se a leitura para uma opacidade de $0,0 \% \pm 1,0 \%$. Estando a luz impedida de atingir o receptor, ajusta-se a leitura para uma opacidade de $100,0 \% \pm 1,0 \%$.

3.3. Ciclo de ensaio

3.3.1. Condicionamento do motor

Efectua-se o aquecimento do motor e do sistema à potência máxima de modo a estabilizar os parâmetros do motor de acordo com a recomendação do fabricante. A fase do pré-condicionamento deve também proteger a medição real contra a influência de depósitos no sistema de escape provenientes de um ensaio anterior.

Quando o motor estiver estabilizado, dá-se início ao ciclo dentro do intervalo de 20 ± 2 s após a fase de pré-condicionamento. A pedido do fabricante, pode-se efectuar um ensaio em branco para condicionamento adicional antes do ciclo de medição.

3.3.2. Sequência do ensaio

O ensaio consiste numa sequência de três patamares de carga a cada uma das três velocidades do motor A (ciclo 1), B (ciclo 2) e C (ciclo 3), determinados de acordo com o ponto 1.1 do anexo 4, seguida pelo ciclo 4 a uma velocidade dentro da zona de controlo e uma carga compreendida entre 10 % e 100 %, seleccionada pelo serviço

técnico^{1/}. Executa-se a sequência seguinte para a operação do dinamómetro com o motor de ensaio, conforme indicado na figura 3.

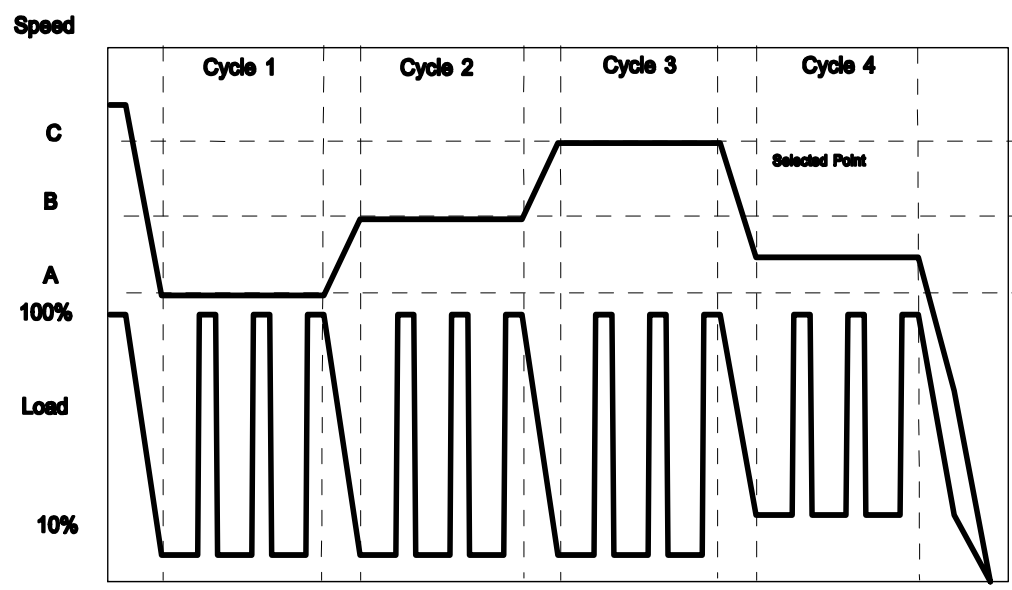


Figura 3: Sequência do ensaio ELR

Legenda da figura 3:

EN	PT
Speed	Velocidade
Cycle	Ciclo
Selected point	Ponto seleccionado
Load	Carga

- Faz-se funcionar o motor à velocidade A e 10 % de carga durante 20 ± 2 s. Mantém-se a velocidade especificada com uma aproximação de $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ e o binário especificado com uma aproximação de ± 2 % do binário máximo à velocidade de ensaio.
- No final do segmento anterior, move-se rapidamente a alavanca de comando da velocidade para a posição tudo aberto, mantendo-se nessa posição durante 10 ± 1 s. Aplica-se a carga necessária ao dinamómetro de modo a manter a velocidade do motor com uma aproximação de $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ durante os primeiros 3 s e $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ durante o resto do segmento.
- Repete-se a sequência descrita em a) e b) duas vezes.
- Após o termo do terceiro patamar de carga, ajusta-se o motor para a velocidade B e 10 % de carga durante 20 ± 2 s.

^{1/} Os pontos de ensaio devem ser seleccionados utilizando métodos estatísticos aprovados de aleatorização.

- (e) Efectua-se a sequência a) a c) com o motor a funcionar na velocidade B.
- (f) Após o termo do terceiro patamar de carga, ajusta-se o motor para a velocidade B e 10 % de carga durante 20 ± 2 s.
- (g) Efectua-se a sequência a) a c) com o motor a funcionar na velocidade C.
- (h) Após o termo do terceiro patamar de carga, ajusta-se o motor para o regime seleccionado do motor e qualquer carga acima de 10 % durante 20 ± 2 s.
- (i) Efectua-se a sequência a) a c) com o motor a funcionar no regime seleccionado.

3.4. Validação do ciclo

Os desvios-padrão relativos dos valores médios do fumo em cada velocidade de ensaio (SV_A , SV_B , SV_C , calculados de acordo com o ponto 6.3.3 do presente apêndice a partir dos três patamares de carga sucessivos em cada velocidade de ensaio) devem ser inferiores a 15 % do valor médio correspondente ou a 10 % do valor-limite indicado na tabela 1 do regulamento, conforme o que for maior. Se a diferença for superior, repete-se a sequência até que três patamares de carga sucessivos satisfaçam os critérios de validação.

3.5. Reverificação do opacímetro

O valor do desvio do zero do opacímetro após o ensaio não deve exceder $\pm 5,0$ % do valor-limite indicado na tabela 1 do regulamento.

4. CÁLCULO DAS EMISSÕES GASOSAS

4.1. Avaliação dos dados

Para a avaliação das emissões gasosas, toma-se a média das leituras dos registadores de agulhas dos últimos 30 segundos de cada modo e determinam-se para cada modo as concentrações médias (conc) de HC, CO e NO_x , a partir das leituras médias e dos dados de calibração correspondentes. Pode ser utilizado um tipo diferente de registo se assegurar uma aquisição de dados equivalente.

No que diz respeito à verificação dos NO_x dentro da zona de controlo, os requisitos acima indicados aplicam-se unicamente aos NO_x .

Determina-se o caudal dos gases de escape G_{EXHW} ou o caudal dos gases de escape diluídos G_{TOTW} , se utilizados facultativamente, de acordo com o ponto 2.3 do apêndice 4 do anexo 4.

4.2. Correcção para a passagem de base seca a base húmida

Converte-se a concentração medida para base húmida através das fórmulas a seguir indicadas, caso a medição não tenha já sido efectuada em base húmida.

$$\text{conc (húmido)} = K_W * \text{conc (seco)}$$

Para os gases de escape brutos:

$$K_{W,r} = \left(1 - F_{FH} * \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - K_{W2}$$

e

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Para os gases de escape diluídos:

$$K_{W,e,1} = \left(1 - \frac{HTCRAT * CO_2 \% (húmida)}{200} \right) - K_{W1}$$

ou

$$K_{W,e,2} = \left(\frac{(1 - K_{W1})}{1 + \frac{HTCRAT * CO_2 \% (seca)}{200}} \right)$$

Para o ar de diluição:

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 * H_d}{1000 + (1,608 * H_d)}$$

$$H_d = \frac{6,220 * R_d * p_d}{p_B - p_d * R_d * 10^{-2}}$$

Para o ar de admissão:

(se for diferente do ar de diluição)

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 * H_a}{1000 + (1,608 * H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,220 * R_a * p_a}{p_B - p_a * R_a * 10^{-2}}$$

em que:

$$H_a, H_d = \text{g de água por kg de ar seco}$$

R_d, R_a = humidade relativa do ar de diluição/de admissão, %;
 p_d, p_a = pressão do vapor de saturação do ar de diluição/de admissão, kPa;
 p_B = pressão barométrica total, kPa.

4.3. Correcção quanto à humidade e temperatura dos NO_x

Dado que as emissões de NO_x dependem das condições do ar ambiente, corrige-se a concentração de NO_x em função da temperatura e da humidade do ar ambiente através dos factores indicados na seguinte fórmula:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A * (H_a - 10,71) + B * (T_a - 298)}$$

em que:

$A = 0,309 \text{ G}_{\text{FUEL}}/\text{G}_{\text{AIRD}} - 0,0266$
 $B = -0,209 \text{ G}_{\text{FUEL}}/\text{G}_{\text{AIRD}} + 0,00954$
 T_a = temperatura do ar, K
 H_a = humidade do ar de admissão, g de água por kg de ar seco em que:

$$H_a = \frac{6,220 * R_a * p_a}{p_B - p_a * R_a * 10^{-2}}$$

R_a = humidade relativa do ar de admissão, %;
 p_a = pressão do vapor de saturação do ar de admissão, kPa;
 p_B = pressão barométrica total, kPa.

4.4. Cálculo dos caudais mássicos das emissões

Calculam-se os caudais mássicos das emissões (g/h) para cada modo como se indica a seguir, tomando a massa volúmica dos gases de escape como 1,293 kg/m³ a 273 K (0 °C) e 101,3 kPa:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{\text{EXHW}}$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 * \text{CO}_{\text{conc}} * G_{\text{EXHW}}$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 * \text{HC}_{\text{conc}} * G_{\text{EXHW}}$$

em que NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc}¹ são as concentrações médias (ppm) nos gases de escape brutos, determinadas no ponto 4.1.

Se, facultativamente, as emissões gasosas forem determinadas com um sistema de

¹/ Expressas em equivalente C1.

diluição do caudal total, aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc}} * K_{H,D} * G_{\text{TOTW}}$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 * \text{CO}_{\text{conc}} * G_{\text{TOTW}}$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 * \text{HC}_{\text{conc}} * G_{\text{TOTW}}$$

em que $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} são as concentrações médias corrigidas em relação às condições do fundo (ppm) de cada modo nos gases de escape diluídos, determinadas no ponto 4.3.1.1 do apêndice 2 do anexo 4.

4.5. Cálculo das emissões específicas

Calculam-se as emissões específicas (g/kWh) para todos os componentes individuais do seguinte modo:

$$\overline{\text{NO}_x} = \frac{\sum \text{NO}_{x, \text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{\sum \text{CO}_{\text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{HC}} = \frac{\sum \text{HC}_{\text{mass}} * \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i * \text{WF}_i}$$

Os factores de ponderação (WF) utilizados nos cálculos acima são os indicados no ponto 2.7.1.

4.6. Cálculo dos valores da zona de controlo

No que diz respeito aos três pontos de controlo seleccionados de acordo com o ponto 2.7.6, medem-se e calculam-se as emissões de NO_x de acordo com o ponto 4.6.1, procedendo-se também à sua determinação por interpolação a partir dos modos do ciclo de ensaio mais próximos do ponto de controlo respectivo de acordo com o ponto 4.6.2. Comparam-se então os valores medidos com os valores interpolados de acordo com o ponto 4.6.3.

4.6.1. Cálculo das emissões específicas

As emissões de NO_x para cada um dos pontos de controlo (Z) devem ser calculadas do seguinte modo:

$$\text{NO}_{x \text{ mass}, Z} = 0,001587 * \text{NO}_{x \text{ conc}, Z} * K_{H,D} * G_{\text{EXHW}}$$

$$\text{NO}_{x, Z} = \text{NO}_{x \text{ mass}, Z} / \text{P}(n)_Z$$

4.6.2. Determinações do valor das emissões do ciclo de ensaio

As emissões de NO_x para cada um dos pontos de controlo devem ser interpoladas a partir dos quatro modos mais próximos do ciclo de ensaio que envolvem o ponto de controlo Z seleccionado, conforme indicado na figura 4. Para esses modos (R,S,T,U) aplicam-se as seguintes definições:

Velocidade (R) = Velocidade (T) = n_{RT}

Velocidade (S) = Velocidade (U) = n_{SU}

Carga em percentagem (R) = Carga em percentagem (S)

Carga em percentagem (T) = Carga em percentagem (U).

Calculam-se as emissões de NO_x do ponto de controlo Z seleccionado do seguinte modo:

$$E_Z = E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \cdot (M_Z - M_{RS}) / (M_{TU} - M_{RS})$$

e:

$$E_{TU} = E_T + (E_U - E_T) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

$$E_{RS} = E_R + (E_S - E_R) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

$$M_{TU} = M_T + (M_U - M_T) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

$$M_{RS} = M_R + (M_S - M_R) \cdot (n_Z - n_{RT}) / (n_{SU} - n_{RT})$$

em que:

E_R, E_S, E_T, E_U = emissões específicas de NO_x dos modos envolventes calculadas de acordo com o ponto 4.6.1.

M_R, M_S, M_T, M_U = binário do motor dos modos envolventes

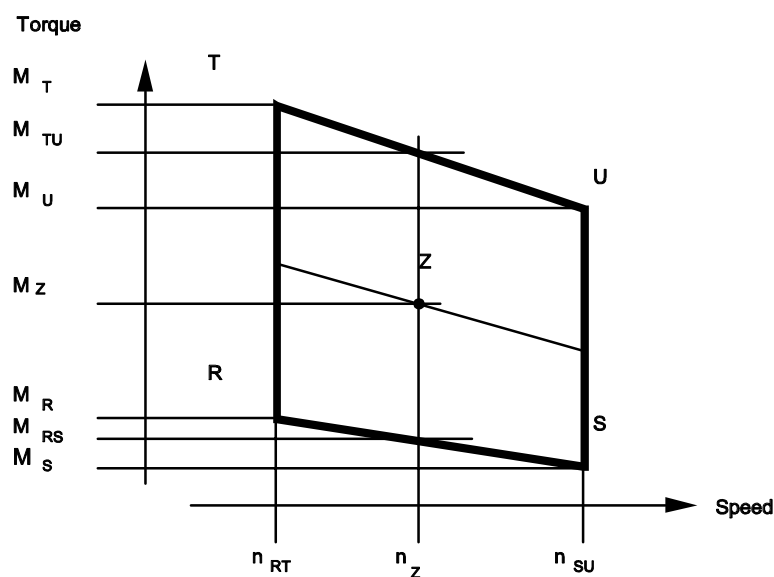


Figura 4: Interpolação do ponto de controlo dos NO_x

Legenda da figura 4:

EN	PT
Torque	Binário
Speed	Velocidade

4.6.3. Comparação dos valores das emissões de NO_x

Compara-se o valor das emissões específicas de NO_x medidas do ponto de controlo Z (NO_{x,Z}) com o valor interpolado (E_Z) do seguinte modo:

$$\text{NO}_{x,\text{diff}} = 100 * (\text{NO}_{x,Z} - E_Z) / E_Z$$

5. CÁLCULO DAS EMISSÕES DE PARTÍCULAS

5.1. Avaliação dos dados

Para a avaliação das partículas, registam-se para cada modo as massas totais das amostras (M_{SAM,i}) que passam através dos filtros.

Levam-se os filtros para a câmara de pesagem, condicionam-se durante pelo menos uma hora, mas não mais de 80 horas, e pesam-se. Regista-se a massa bruta dos filtros e subtrai-se a tara (ver ponto 1 do presente apêndice). A massa de partículas M_f é a soma das massas das partículas recolhidas nos filtros primário e secundário.

Se tiver de ser aplicada uma correcção em relação às condições de fundo, registam-se a massa do ar de diluição (M_{DIL}) através dos filtros e a massa de partículas (M_d). Se tiver sido feita mais de uma medição, calcula-se o quociente M_d/M_{DIL} para cada medição e calcula-se a média dos valores.

5.2. Sistema de diluição do caudal parcial

Os resultados finais do ensaio de emissões de partículas a notar são obtidos como se indica a seguir. Dado que podem ser utilizados vários tipos de controlo da taxa de diluição, são aplicáveis diferentes métodos de cálculo para G_{EDFW}. Todos os cálculos se baseiam nos valores médios dos modos individuais durante o período de recolha de amostras.

5.2.1. Sistemas isocinéticos

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} * r)}{(G_{EXHW,i} * r)}$$

em que r corresponde à relação entre as áreas das secções transversais da sonda isocinética e do tubo de escape:

$$r = \frac{A_p}{A_r}$$

5.2.2. Sistemas com medição da concentração de CO₂ ou NO_x

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{\text{conc}_{E,i} - \text{conc}_{A,i}}{\text{conc}_{D,1} - \text{conc}_{A,1}}$$

em que:

concE = concentração em base húmida do gás marcador nos gases de escape brutos;
 concD = concentração em base húmida do gás marcador nos gases de escape diluídos;
 concA = concentração em base húmida do gás marcador no ar de diluição.

As concentrações medidas em base seca devem ser convertidas em base húmida de acordo com o ponto 4.2 do presente apêndice.

5.2.3. Sistemas com medição de CO₂ e método do balanço do carbono¹

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,5 - G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

em que:

CO_{2D} = concentração do CO₂ nos gases de escape diluídos
 CO_{2A} = concentração do CO₂ no ar de diluição.
 (concentrações em vol % em base húmida)

Esta equação baseia-se na hipótese do balanço do carbono (os átomos de carbono fornecidos ao motor são emitidos como CO₂) e deduz-se do seguinte modo:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{206,5 * G_{FUEL,i}}{G_{EXW,i} * (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

¹/ O valor apenas é válido para o combustível de referência especificado no regulamento.

e

5.2.4. Sistemas com medição do caudal

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} * q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

5.3. Sistema de diluição do caudal total

Os resultados finais do ensaio de emissões de partículas a notar são obtidos como se indica a seguir. Todos os cálculos se baseiam nos valores médios dos modos individuais durante o período de recolha de amostras.

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

5.4. Cálculo do caudal mássico de partículas

Calcula-se o caudal mássico de partículas do seguinte modo:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1000}$$

em que:

$$\overline{G_{EDFW}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} * WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{SAM,i}$$

$i=1,...,n$

são determinados ao longo do ciclo de ensaio pelo somatório dos valores médios dos modos individuais durante o período de recolha de amostras.

O caudal mássico das partículas pode ser corrigido em relação às condições de fundo do seguinte modo:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(\sum_{i=n}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) * WF_1 \right) \right) \right] * \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1000}$$

Se for efectuada mais de uma medição, (M_d/M_{DIL}) é substituído pelo valor médio de (M_d/M_{DIL}).

$DF_i = 13,4 / (\text{conc CO}_2 + (\text{conc CO} + \text{conc HC}) * 10^{-4})$ para os modos individuais ou

$DF_i = 13,4 / \text{conc CO}_2$ para os modos individuais.

5.5. Cálculo das emissões específicas

A emissão específica de partículas deve ser calculada do seguinte modo:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{mass}}{\sum P(n)_i * WF_i}$$

5.6. Factor de ponderação efectivo

O factor de ponderação efectivo $WF_{E,i}$ para cada modo deve ser calculado como se indica a seguir:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} * \overline{G_{EDFW}}}{M_{SAM} * G_{EDFW,i}}$$

Os valores dos factores de ponderação efectivos devem estar compreendidos entre $\pm 0,003$ ($0,005$ para o modo de marcha lenta sem carga) em relação aos factores de ponderação indicados no ponto 2.7.1.

6. CÁLCULO DOS VALORES DOS FUMOS

6.1. Algoritmo de Bessel

Utiliza-se o algoritmo de Bessel para calcular os valores médios em 1 s das leituras instantâneas de fumos, convertidas de acordo com o ponto 6.3.1. O algoritmo simula um filtro passa-baixo de segunda ordem, e a sua utilização exige cálculos iterativos para determinar os coeficientes. Estes coeficientes são função do tempo de resposta do opacímetro e da taxa de recolha de amostras. Assim sendo, o disposto no ponto 6.1.1 deve ser repetido sempre que o tempo de resposta do sistema e/ou a taxa de recolha de amostras variar.

6.1.1. Cálculo do tempo de resposta do filtro e constantes de Bessel

O tempo de resposta de Bessel (t_f) é função dos tempos de resposta física e eléctrica do opacímetro, conforme especificado no ponto 5.2.4 do apêndice 4 do anexo 4, e calcula-se através da seguinte equação:

$$t_f = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

em que:

t_p = tempo de resposta física, em segundos
 t_e = tempo de resposta eléctrica, em segundos

Os cálculos para estimar a frequência de corte do filtro (f_c) baseiam-se numa entrada em degrau de 0 a 1 em $< 0,01$ s (ver anexo 8). Define-se o tempo de resposta como o tempo que decorre entre o momento em que a saída de Bessel atinge 10 % (t_{10}) e o momento em que atinge 90 % (t_{90}) desta função em degrau. Isto deve ser obtido fazendo a iteração de f_c até $t_{90} - t_{10} \approx t_f$. A primeira iteração de f_c é dada pela seguinte fórmula:

$$f_c = \pi / (10 * t_f)$$

Calculam-se as constantes de Bessel E e K através das seguintes equações:

$$E = \frac{1}{1 + \Omega * \sqrt{3} * D + D * \Omega^2}$$

$$K = 2 * E * (D * \Omega^2 - 1) - 1$$

em que:

D = 0,618034
 Δt = 1 / taxa de recolha de amostras;
 Ω = $1 / [\tan(\pi * \Delta t * f_c)]$

6.1.2. Cálculo do algoritmo de Bessel

Utilizando os valores de E e K, calcula-se a resposta média de Bessel em 1 s a uma entrada em degrau Si do seguinte modo:

$$Y_i = Y_{i-1} + E * (S_i + 2 * S_{i-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + K * (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

em que:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

Os tempos t_{10} e t_{90} são interpolados. A diferença de tempo entre t_{90} e t_{10} define o tempo de resposta t_F para esse valor de f_c . Se este tempo de resposta não for suficientemente próximo do tempo de resposta requerido, continua-se a iteração até o tempo de resposta real estar a 1 % da resposta requerida como segue:

$$|(t_{90} - t_{10}) - t_F| \leq 0,01 * t_F$$

6.2 Avaliação dos dados

Recolhem-se os valores de medição dos fumos com uma frequência mínima de 20 Hz.

6.3 Determinação dos fumos

6.3.1 Conversão dos dados

Uma vez que a unidade básica de medição de todos os opacímetros é a transmitância, convertem-se os valores dos fumos da transmitância (τ) para o coeficiente de absorção da luz (k) do seguinte modo:

$$k = -\frac{1}{L_A} * \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

$$e: \quad N = 100 - \tau$$

em que:

k	=	coeficiente de absorção da luz, m^{-1} ;
L_A	=	comprimento do trajecto óptico efectivo, apresentado pelo fabricante do instrumento, m
N	=	opacidade, %
τ	=	transmitância, %

Aplica-se a conversão antes de se fazer qualquer outro tratamento dos dados.

6.3.2 Cálculos da média de Bessel dos fumos

A frequência de corte correcta f_c é a que produz o tempo de resposta do filtro t_F requerido. Logo que esta frequência tenha sido determinada através do processo iterativo do ponto 6.1.1, calculam-se as constantes E e K do algoritmo de Bessel. Aplica-se então o algoritmo de Bessel aos vestígios instantâneos de fumo (valor k) conforme se descreve no ponto 6.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E * (S_i + 2 * S_{i-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + K * (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

O algoritmo de Bessel é recursivo por natureza. Assim sendo, precisa de alguns valores de entrada iniciais de Si-1 e Si-2 e valores de saída iniciais Yi-1 e Yi-2 para se arrancar com o algoritmo. Pode-se por hipótese tomá-los como 0.

Para cada patamar de carga das três velocidades A, B e C, selecciona-se o valor máximo Ymax em 1 s dos valores Yi individuais de cada vestígio de fumo.

6.3.3 Resultado final

Os valores médios do fumo (SV) de cada ciclo (velocidade de ensaio) devem ser calculados do seguinte modo:

$$\text{Para a velocidade de ensaio A} \quad SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$$

$$\text{Para a velocidade de ensaio B} \quad SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$$

$$\text{Para a velocidade de ensaio C:} \quad SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$$

em que:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$ = valor mais elevado da média de Bessel dos fumos em 1 s em cada um dos três patamares de carga.

O valor final calcula-se do seguinte modo:

$$SV = \frac{(0,43 * SV_A) + (0,56 * SV_B) + (0,01 * SV_C)}{1}$$

Anexo 4 - Apêndice 2

CICLO DE ENSAIO ETC

1. PROCEDIMENTO DE MAPEAMENTO DO MOTOR

1.1. Determinação da gama de velocidades do mapeamento

Para gerar o ETC na célula de ensaio, o motor precisa de ser mapeamento antes do ciclo de ensaio para determinar a curva da velocidade em função do binário. Definem-se as velocidades mínima e máxima do mapeamento como segue:

Velocidade mínima do mapeamento = velocidade em marcha lenta sem carga;

Velocidade máxima do mapeamento = $n_{hi} * 1,02$ ou velocidade em que o binário a plena carga cai para 0, conforme o que for menor.

1.2. Execução do mapeamento da potência do motor

Aquece-se o motor até à potência máxima de modo a estabilizar os parâmetros do motor de acordo com as recomendações do fabricante e as boas práticas de engenharia. Quando o motor estiver estabilizado, efectua-se o mapeamento do motor do seguinte modo:

Retira-se a carga do motor que é operado à velocidade de marcha lenta sem carga.

Faz-se funcionar o motor à regulação de plena carga da bomba de injeção na velocidade mínima do mapeamento.

Aumenta-se a velocidade do motor a uma taxa média de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1} / \text{s}$ desde a velocidade mínima à velocidade máxima do mapeamento. Registam-se os pontos de velocidade e binário do motor a uma taxa de pelo menos um ponto por segundo.

1.3. Geração da curva do mapeamento

Ligam-se todos os pontos correspondentes aos dados registados nos termos do ponto 1.2 utilizando a interpolação linear entre pontos. A curva de binários resultante é a curva do mapeamento, utilizada para converter os valores normalizados do binário do ciclo do motor em valores de binário real para o ciclo de ensaio, conforme se descreve no ponto 2.

1.4. Mapeamento alternativo

Se um fabricante pensar que as técnicas de mapeamento acima indicadas não são seguras nem representativas de nenhum motor dado, podem-se utilizar técnicas de mapeamento alternativas. Essas técnicas alternativas devem satisfazer a intenção dos

métodos de mapeamento especificados para determinar o binário máximo disponível a todas as velocidades do motor atingidas durante os ciclos do ensaio. Quaisquer desvios das técnicas de mapeamento aqui especificadas por razões de segurança ou representatividade devem ser aprovadas pelo serviço técnico, juntamente com a justificação da sua utilização. Em caso algum, todavia, se utilizarão varrimentos descendentes contínuos da velocidade do motor para os motores regulados ou turbocomprimidos.

1.5. Repetições de ensaios

Um motor não precisa de ser mapeamento antes de cada ciclo de ensaio. Volta-se a fazer o mapeamento de um motor antes de um ciclo de ensaio se:

- tiver passado um período de tempo não razoável desde o último mapeamento, com base na boa prática de engenharia

ou

- forem efectuadas mudanças físicas ou recalibrações ao motor, que podem potencialmente afectar o comportamento funcional do motor.

2. GERAÇÃO DO CICLO DE ENSAIO DE REFERÊNCIA

O ciclo de ensaio transiente está descrito no apêndice 3 do presente anexo. Transformam-se os valores normalizados do binário e da velocidade em valores reais, resultando no ciclo de referência, como segue.

2.1. Velocidade real

Desnormaliza-se a velocidade utilizando a seguinte equação:

$$\text{Velocidade real} = \frac{\% \text{ velocidade (velocidade de referência - marcha lenta)}}{100} + (\text{marcha lenta sem carga})$$

A velocidade de referência n_{ref} corresponde aos valores da velocidade a 100 % especificados no programa do dinamómetro do motor do apêndice 3. Define-se do seguinte modo (ver figura 1 do regulamento):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% * (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

em que n_{hi} e n_{lo} são ou especificados de acordo com o ponto 2 do regulamento ou determinados de acordo com o ponto 1.1 do apêndice 1 do anexo 4.

2.2. Binário real

O binário é normalizado ao binário máximo à velocidade respectiva. Desnormalizam-se os valores do binário do ciclo de referência utilizando a curva do mapeamento determinada de acordo com o ponto 1.3, como segue:

$$\text{Actual torque} = \frac{\% \text{ torque} * \text{max. torque}}{100}$$

Legenda

EN	PT
Actual torque	Binário real
max. torque	Binário máximo

para a velocidade real respectiva determinada no ponto 2.1.

Os valores de binário negativos dos pontos de rotação sem alimentação [«motoring» («m»)] tomarão, para efeitos da geração do ciclo de referência, valores desnormalizados determinados de qualquer uma das seguintes formas:

- 40 % negativos do binário positivo disponível no ponto de velocidade associado;
- mapeamento do binário negativo necessário para levar o motor sem alimentação da velocidade mínima de mapeamento à velocidade máxima do mapeamento;
- determinação do binário negativo necessário para fazer rodar o motor sem alimentação na velocidade de marcha lenta sem carga e na velocidade de referência e interpolação linear entre esses dois pontos.

2.3. Exemplo do procedimento de desnormalização

Como exemplo, desnormaliza-se o seguinte ponto de ensaio

velocidade em % = 43

binário em % = 82

Dados os seguintes valores:

velocidade de referência = 2200 min⁻¹

velocidade em marcha lenta sem carga = 600 min⁻¹

obtém-se:

$$\text{velocidade real} = \frac{43 * (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{binário real} = \frac{82 * 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

em que o binário máximo observado retirado da curva do mapeamento a 1288 min⁻¹ é 700 Nm.

3. ENSAIO DE EMISSÕES

A pedido do fabricante, pode-se realizar um ensaio em branco para condicionar o motor e o sistema de escape antes do ciclo de medição.

Os motores a GN e a GPL são sujeitos a rodagem pelo ensaio ETC. Roda-se o motor pelo menos em dois ciclos ETC e até que o valor da emissão de CO medido num ciclo ETC não exceda em mais de 10 % o valor medido no ciclo ETC anterior.

3.1. Preparação dos filtros de recolha de amostras (se aplicável)

Pelo menos uma hora antes do ensaio, coloca-se cada filtro (par) numa placa de Petri, fechada mas não selada, numa câmara de pesagem, para efeitos de estabilização. No final do período de estabilização, pesa-se cada filtro (par) e regista-se a tara. Armazena-se então o filtro (par) numa placa de Petri fechada ou num suporte de filtro selado até ser necessário para o ensaio. Se não se utilizar o filtro (par) no prazo de oito horas a seguir à sua remoção da câmara de pesagem, condiciona-se e pesa-se novamente antes da utilização.

3.2. Instalação do equipamento de medição

Instalam-se os instrumentos e as sondas de recolha conforme necessário. Liga-se o tubo de escape ao sistema de diluição do caudal total.

3.3. Arranque do sistema de diluição e do motor

Põe-se o sistema de diluição e o motor a funcionar e a aquecer até que todas as temperaturas e pressões se tenham estabilizado à potência máxima de acordo com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia.

3.4. Arranque do sistema de recolha de amostras de partículas (se aplicável)

Põe-se o sistema de recolha de amostras de partículas a funcionar em derivação (bypass). A concentração de fundo de partículas no ar de diluição pode ser determinada passando o ar de diluição através dos filtros de partículas. Caso se utilize ar de diluição filtrado, pode-se efectuar uma medição antes ou depois do ensaio. Se o ar de diluição não for filtrado, podem-se efectuar medições no início e no final do ciclo, calculando-se a média dos valores.

3.5. Ajustamento do sistema de diluição do caudal total

Regula-se o caudal total dos gases de escape diluídos de modo a eliminar a condensação da água no sistema e a obter uma temperatura máxima da face do filtro igual ou inferior a 325 K (52°C) (ver ponto 2.3.1 DT, do apêndice 6 do anexo 4).

3.6. Verificação dos analisadores

Os analisadores das emissões devem ser colocados em zero e calibrados. Se forem utilizados sacos de amostras, é necessário recolhê-los.

3.7. Procedimento de arranque do motor

Faz-se arrancar o motor estabilizado de acordo com o procedimento de arranque recomendado pelo fabricante no manual, utilizando quer um motor de arranque de produção quer o dinamómetro. Em alternativa, o ensaio pode começar directamente a partir da fase de pré-condicionamento do motor sem o desligar, quando o motor tiver atingido a velocidade de marcha lenta sem carga.

3.8. Ciclo de ensaio

3.8.1. Sequência do ensaio

Dá-se início à sequência do ensaio se o motor tiver atingido a velocidade de marcha lenta sem carga. Efectua-se o ensaio de acordo com o ciclo de referência estabelecido no ponto 2 do presente apêndice. Os pontos de regulação do comando da velocidade e do binário do motor são fixados em intervalos de 5 Hz (recomenda-se 10 Hz) ou superior. Registam-se a velocidade e o binário de retroacção do motor pelo menos uma vez em cada segundo durante o ciclo do ensaio, podendo os sinais ser electronicamente filtrados.

3.8.2. Resposta do analisador

Ao fazer arrancar o motor ou a sequência de ensaio, se o ciclo começar directamente a partir do pré-condicionamento faz-se arrancar simultaneamente o equipamento de medição:

- começa-se a recolher ou a analisar o ar de diluição;
- começa-se a recolher ou a analisar os gases de escape diluídos;
- começa-se a medir a quantidade de gases de escape diluídos (CVS) e as temperaturas e pressões requeridas;
- começa-se a registar os dados de retroacção da velocidade e binário do dinamómetro.

Medem-se continuamente o HC e os NO_x no túnel de diluição com uma frequência de 2 Hz. Determinam-se as concentrações médias integrando os sinais do analisador ao longo do ciclo de ensaio. O tempo de resposta do sistema não deve ser superior a 20 s, e deve ser coordenado com as flutuações do caudal do CVS e dos desvios tempo de

amostragem/ciclo de ensaios, se necessário. Determinam-se o CO, o CO₂, os HC não metânicos e o CH₄, por integração ou analisando as concentrações no saco de recolha de amostras, obtidas durante o ciclo. Determinam-se as concentrações dos gases poluentes no ar de diluição por integração ou por recolha no saco de gases de fundo. Registam-se todos os outros valores com um mínimo de uma medição por segundo (1 Hz).

3.8.3. Recolha de amostras de partículas (se aplicável)

No arranque do motor ou no início da sequência de ensaio, se o ciclo começar directamente a partir do pré-condicionamento, comuta-se o sistema de recolha de amostras de partículas da derivação para a recolha de partículas.

Se não se utilizar a compensação do caudal, ajusta(m)-se a(s) bomba(s) de recolha de modo que o caudal através da sonda de recolha ou do tubo de transferência de partículas se mantenha a $\pm 5\%$ do caudal regulado. Se se utilizar a compensação do caudal (ou seja, controlo proporcional do caudal de amostragem), deve-se demonstrar que a razão entre o escoamento no túnel principal e o caudal de recolha de amostras das partículas não varia em mais de $\pm 5\%$ do seu valor fixado (excepto para os 10 primeiros segundos da recolha de amostras).

Nota: No caso do funcionamento com diluição dupla, o caudal das amostras é a diferença líquida entre o caudal através dos filtros de recolha e o caudal do ar de diluição secundária.

Registam-se a temperatura e a pressão médias à entrada do(s) contador(s) de gás ou dos instrumentos de medição do caudal. Caso não se possa manter o caudal regulado durante o ciclo completo (com uma tolerância de $\pm 5\%$) devido à elevada carga de partículas no filtro, o ensaio é anulado. Repete-se o ensaio utilizando um caudal inferior e/ou um filtro de diâmetro maior.

3.8.4. Paragem do motor

Se o motor for abaixo durante o ciclo de ensaio, pré-condiciona-se e faz-se arrancar novamente o motor, repetindo-se o ensaio. Se ocorrer uma avaria em qualquer dos equipamentos de ensaio durante o ciclo de ensaio, anula-se o ensaio.

3.8.5. Operações após o ensaio

Ao completar o ensaio, termina-se a medição do volume dos gases de escape diluídos e o caudal do gás para os sacos de recolha e pára-se a bomba de recolha de amostras de partículas. No caso de um sistema analisador por integração, a recolha continua até que os tempos de resposta do sistema tenham passado.

Analisa-se as concentrações dos sacos de recolha, se utilizados, tão rapidamente quanto possível e, em todo o caso, nunca depois de decorridos mais de 20 minutos após

o final do ciclo de ensaios.

Após o ensaio de emissões, utiliza-se um gás de colocação no zero e o mesmo gás de calibração para verificar de novo os analisadores. O ensaio é considerado aceitável se a diferença entre os resultados antes do ensaio e após o ensaio for inferior a 2% do valor do gás de calibração.

No que diz respeito aos motores diesel apenas, os filtros de partículas devem voltar para a câmara de pesagem o mais tardar uma hora após a conclusão do ensaio, sendo condicionados numa placa de Petri fechada mas não selada durante pelo menos uma hora mas não mais do que 80 horas antes da pesagem.

3.9. Verificação do ensaio

3.9.1. Desvio dos dados

Para minimizar a influência do intervalo de tempo entre os valores de retroacção e do ciclo de referência, toda a sequência do sinal de retroacção da velocidade e do binário do motor pode ser avançada ou atrasada no tempo em relação à sequência da velocidade e do binário de referência. Se os sinais de retroacção forem desviados, tanto a velocidade como o binário devem ser desviados da mesma quantidade no mesmo sentido.

3.9.2. Cálculo do trabalho efectuado no ciclo

Calcula-se o trabalho W_{act} (kWh) efectuado no ciclo real utilizando cada par registado de valores de retroacção da velocidade e do binário do motor. Esta operação deve ser efectuada após a ocorrência de qualquer desvio dos dados de retroacção, se esta opção tiver sido seleccionada. O trabalho W_{act} efectuado no ciclo real é utilizado para efeitos de comparação com o trabalho W_{ref} efectuado no ciclo de referência e para calcular as emissões específicas do freio (ver pontos 4.4 e 5.2). Utiliza-se a mesma metodologia para integrar a potência de referência e a potência real do motor. Se tiverem de ser determinados valores entre valores de referência adjacentes ou valores medidos adjacentes, utiliza-se a interpolação linear.

Ao integrar o trabalho do ciclo de referência e do ciclo real, todos os valores do binário negativos são igualados a zero e incluídos no cálculo. Se a integração for realizada a uma frequência inferior a 5 Hz e se, durante um dado intervalo de tempo, o valor do binário variar de positivo para negativo ou negativo para positivo, calcula-se a porção negativa, que é seguidamente reduzida a zero. A porção positiva é incluída no valor integrado.

W_{act} deve estar compreendido entre -15 % e + 5 % de W_{ref} .

3.9.3. Estatística de validação do ciclo de ensaios

Efectuam-se regressões lineares dos valores de retroacção em relação aos valores de referência para a velocidade, o binário e a potência. Esta operação deve ser efectuada após a ocorrência de qualquer desvio dos dados de retroacção, se esta opção tiver sido seleccionada. Utiliza-se o método dos mínimos quadrados, tendo a equação do melhor ajustamento a forma:

$$y = mx + b$$

em que:

y = valor de retroacção (real) da velocidade (min^{-1}), binário (Nm) ou potência (kW);

m = declive da linha de regressão;

x = valor de referência da velocidade (min^{-1}), binário (Nm) ou potência (kW);

b = ordenada da linha de regressão com origem no ponto y.

Calculam-se, para cada linha de regressão, o erro-padrão de estimativa (SE) de y em relação a x e o coeficiente de determinação (r^2).

Recomenda-se que esta análise seja realizada a 1 Hertz. Eliminam-se do cálculo da estatística de validação do binário e da potência do ciclo todos os valores de referência negativos do binário e os valores de retroacção a eles associados. Para que um ensaio seja considerado válido, devem ser preenchidos os critérios da tabela 6.

Tabela 6: Tolerâncias da linha de regressão

	Velocidade	Binário	Potência
Erro-padrão da estimativa (SE) de Y em relação a X	100 min ⁻¹ máx.	Máx 13 % (15 %) do binário máximo do motor do mapeamento de potência	Máx 8% (15 %) da potência máxima do motor do mapeamento de potência
Declive da linha de regressão, m	0,95 a 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03 (0,83 – 1,03)
Coeficiente de determinação, r ²	min. 0,9700 (min 0,9500)	min 0,8800 (min 0,7500)	min. 0,9100 (min. 0,7500)
Ordenada da linha de regressão com origem no ponto Y, b	± 50 min ⁻¹	± 20 Nm ou ± 2 % (± 20 Nm ou ± 3 %) do binário máximo, conforme o maior	± 4 kW ou ± 2 % (± 4 kW ou ± 3 %) da potência máxima, conforme a maior»

Até 1 de Outubro de 2005, os valores indicados entre parêntesis podem ser utilizados para o ensaio de homologação dos motores a gás.

Tabela 7: Pontos que é admissível excluir da análise de regressão

Estado	Pontos a excluir
Plena carga e retroacção do binário ≠ referência do binário	Binário e/ou potência
Sem carga, regime distinto do da marcha lenta sem carga, e retroacção do binário > referência do binário	Binário e/ou potência
Sem carga/admissão fechada, ponto de marcha lenta sem carga e velocidade > velocidade de referência em marcha lenta sem carga	Velocidade e/ou potência

4. CÁLCULO DAS EMISSÕES GASOSAS

4.1. Determinação do caudal de gases de escape diluídos

Calcula-se o caudal total dos gases de escape diluídos durante o ciclo (kg/ensaio) a partir dos valores de medição ao longo do ciclo e dos dados de calibração correspondentes do dispositivo de medição do caudal (V_0 para PDP ou K_V para CFV, conforme determinado no ponto 2 do apêndice 5 do anexo 4). Aplicam-se as seguintes fórmulas, se a temperatura dos gases de escape diluídos se mantiver constante durante o ciclo através da utilização de um permutador de calor (± 6 K para um PDP-CVS, ± 11 K para um CFV-CVS, ver ponto 2.3 do apêndice 6 do anexo 4).

Para o sistema PDP-CVS:

$$M_{TOTW} = 1,293 * V_0 * N_P * (p_B - p_I) * 273 / (101,3 * T)$$

em que:

M_{TOTW} = massa dos gases de escape diluídos em base húmida durante o ciclo, kg;
 V_0 = volume de gás bombeado por rotação nas condições de ensaio, m³/rot;
 N_P = rotações totais da bomba por ensaio;
 p_B = pressão atmosférica na célula de ensaio, kPa;
 p_1 = depressão abaixo da pressão atmosférica à entrada da bomba, kPa;
 T = temperatura média dos gases de escape diluídos à entrada da bomba durante o ciclo, K

Para o sistema CFV-CVS:

$$M_{TOTW} = 1,293 * t * K_v * p_A / T^{0,5}$$

em que:

M_{TOTW} = massa dos gases de escape diluídos em base húmida durante o ciclo, kg;
 t = tempo do ciclo, em segundos;
 K_v = coeficiente de calibração do tubo de Venturi de escoamento crítico para condições normais;
 p_A = pressão absoluta à entrada do venturi, kPa;
 T = temperatura absoluta à entrada do venturi, K.

Caso se utilize um sistema com compensação do fluxo (ou seja, sem permutador de calor), calculam-se e integram-se durante o ciclo as emissões mássicas instantâneas. Neste caso, calcula-se a massa instantânea dos gases de escape diluídos do seguinte modo:

Para o sistema PDP-CVS:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * V_0 * N_{P,i} * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 \pm T)$$

em que:

$M_{TOTW,i}$ = massa instantânea dos gases de escape diluídos em base húmida, kg;
 $N_{P,i}$ = rotações totais da bomba por intervalo de tempo, s;

Para o sistema CFV-CVS:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * \Delta t_i * K_v * p_A / T^{0,5}$$

em que:

$M_{TOTW,i}$ = massa instantânea dos gases de escape diluídos em base húmida, kg;
 Δt_i = intervalo de tempo, s.

Se a massa total de amostras de partículas (MSAM) e gases poluentes exceder 0,5 % do caudal total no CVS (MTOTW), corrige-se o fluxo no CVS em função da MSAM ou o fluxo da amostra de partículas volta para o sistema CVS antes do dispositivo de medição do fluxo (PDP ou CFV).

4.2. Correcção da humidade para os NO_x

Dado que as emissões de NO_x dependem das condições do ar ambiente, corrige-se a concentração de NO_x em função da humidade do ar ambiente através dos factores dados nas seguintes fórmulas:

a) Para os motores diesel:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 * (H_a - 10,71)}$$

(b) Para os motores a gás:

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 * (H_a - 10,71)}$$

em que:

H_a = humidade do ar de admissão, g de água por kg de ar seco,

na qual:

$$H_a = \frac{6,220 * R_a * p_a}{p_B - p_a * R_a * 10^{-2}}$$

R_a = humidade relativa do ar de admissão, %;

p_a = pressão do vapor de saturação do ar de admissão, kPa;

p_B = pressão barométrica total, kPa.

4.3. Cálculo do caudal mássico das emissões

4.3.1. Sistemas com caudal mássico constante

No que diz respeito aos sistemas com permutador de calor, determina-se a massa dos poluentes (g/ensaio) a partir das seguintes equações:

$$(1) \text{ NO}_x \text{ mass} = 0,001587 \cdot \text{NO}_x \text{ conc} \cdot K_{H,D} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{motores diesel})$$

$$(2) \text{ NO}_x \text{ mass} = 0,001587 \cdot \text{NO}_x \text{ conc} \cdot K_{H,G} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{motores a gás})$$

- (3) CO mass = $0,000966 \cdot \text{CO conc} \cdot M_{\text{TOTW}}$
- (4) HC mass = $0,000479 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores diesel)
- (5) HC mass = $0,000502 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores a GPL)
- (6) HC mass = $0,000552 \cdot \text{HC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores a GN)
- (7) NMHC mass = $0,000479 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores diesel)
- (8) NMHC mass = $0,000502 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores a GPL)
- (9) NMHC mass = $0,000516 \cdot \text{NMHC conc} \cdot M_{\text{TOTW}}'$ (motores a GN)
- (10) CH₄ mass = $0,000552 \cdot \text{CH}_4 \text{ conc} \cdot M_{\text{TOTW}}$ (motores a GN)

em que:

NO_x conc, CO conc, HC conc, ⁴/ NMHC conc, CH₄ conc = concentrações médias corrigidas quanto às condições de fundo durante o ciclo resultantes da integração (obrigatória para os NO_x e os HC) ou medição em saco, ppm;

M_{TOTW} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo conforme determinado no ponto 4.1, kg;

K_{H,D} = factor de correcção da humidade para os motores diesel conforme determinado no ponto 4.2, baseado no valor médio da humidade do ar de admissão durante o ciclo;

K_{H,G} = factor de correcção da humidade para os motores a gás conforme determinado no ponto 4.2, baseado no valor médio da humidade do ar de admissão durante o ciclo.

Convertem-se as concentrações medidas em base seca em base húmida de acordo com o ponto 4.2 do apêndice 1 do anexo 4.

A determinação da NMHC_{conc} e CH₄ conc depende do método utilizado (ver ponto 3.3.4 do apêndice 4 do anexo 4). Indica-se em seguida a forma de determinar ambas as concentrações, sendo CH₄ subtraído de HC para a determinação de NMHC_{conc}:

a) Método GC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \text{HC}_{\text{conc}} - \text{CH}_4 \text{ conc}$$

$\text{CH}_4_{\text{conc}} = \text{tal como medido}$

b) Método NMC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \frac{\text{HC(s/separador)} \cdot (1 - \text{CE}_M) - \text{HC(c/separador)}}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

$$\text{CH}_{4,\text{conc}} = \frac{\text{HC(s/separador)} - \text{HC(s/separador)} \cdot (1 - \text{CE}_E)}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

em que:

HC(c/separador) = concentração de HC com a amostra de gás a passar através do NMC;

HC(s/separador) = concentração de HC com a amostra de gás a passar fora do NMC;

CE_M = eficiência do metano determinada de acordo com o ponto 1.8.4.1 do apêndice 5 do anexo 4;

CE_E = eficiência do etano determinada de acordo com o ponto 1.8.4.2 do apêndice 5 do anexo 4.

4.3.1.1. Determinação das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo

Subtrai-se a concentração média de fundo dos gases poluentes no ar de diluição das concentrações medidas para obter as concentrações líquidas dos poluentes. Os valores médios das concentrações de fundo podem ser determinados pelo método do saco de recolha de amostras ou medição contínua com integração. Utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d \cdot (1 - (1/\text{DF}))$$

em que:

conc = concentração do poluente respectivo nos gases de escape diluídos, corrigida da quantidade do poluente respectivo contida no ar de diluição, ppm;

conc_e = concentração do poluente respectivo medida nos gases de escape diluídos, ppm;

conc_d = concentração do poluente respectivo medida no ar de diluição, ppm;

DF = factor de diluição.

Calcula-se o factor de diluição do seguinte modo:

$$DF = \frac{F_s}{CO_{2,conce} + (HC_{conce} + CO_{conce}) \cdot 10^{-4}}$$

em que:

$CO_{2,conce}$ = concentração do CO_2 nos gases de escape diluídos, vol %;

HC_{conce} = concentração de HC nos gases de escape diluídos, ppm C1;

CO_{conce} = concentração de CO nos gases de escape diluídos, ppm;

F_s = factor estequiométrico.

Convertem-se as concentrações medidas em base seca em base húmida de acordo com o ponto 4.2 do apêndice 1 do anexo 4.

Calcula-se o factor estequiométrico do seguinte modo:

$$F_s = 100 \cdot \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3,76 \cdot \left(x + \frac{y}{4}\right)}$$

em que:

x, y = composição do combustível C_xH_y .

Em alternativa, se a composição do combustível for desconhecida, podem-se utilizar os seguintes factores estequiométricos:

F_s (diesel) = 13,4

F_s (GPL) = 11,6

F_s (GN) = 9,5

4.3.2. Sistemas com compensação do caudal

No que diz respeito aos sistemas sem permutador de calor, determina-se a massa dos poluentes (g/ensaio) através do cálculo das emissões mássicas instantâneas e da integração dos valores instantâneos durante o ciclo. Do mesmo modo, aplica-se directamente a correcção quanto às condições de fundo ao valor da concentração instantânea. Aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$(1) NO_{x\ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times NO_{x,conce,i} \times 0,001587 \times K_{H,D}) - (M_{TOTW} \times NO_{x,concd} \times (1 - 1/DF) \times 0,001587 \times K_{H,D})$$

(motores diesel)

(2) $\text{NO}_x \text{ mass} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NOx}_{\text{conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NOx}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}})$$

(motores a gás)

(3) $\text{CO}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

(4) $\text{HC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diesel)

(5) $\text{HC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores a GPL)

(6) $\text{HC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motores a GN)

(7) $\text{NMHC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motores diesel)

(8) $\text{NMHC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motores a GPL)

(9) $\text{NMHC}_{\text{mass}} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000516)$$

(motores a GN)

(10) $\text{CH}_4 \text{ mass} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CH}_4_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CH}_4_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motores a GN)

em que:

conce = concentração do poluente respectivo medida nos gases de escape diluídos, ppm;

conc_d = concentração do poluente respectivo medida no ar de diluição, ppm;

$M_{\text{TOTW},i}$ = massa instantânea dos gases de escape diluídos (ver ponto 4.1), kg;

M_{TOTW} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo (ver ponto 4.1), kg;

$K_{H,D}$ = factor de correcção da humidade para os motores diesel conforme determinado no ponto 4.2, baseado no valor médio da humidade do ar de admissão durante o ciclo;

$K_{H,G}$ = factor de correcção da humidade para os motores a gás conforme determinado no ponto 4.2, baseado no valor médio da humidade do ar de admissão durante o ciclo;

DF = factor de diluição conforme determinado no ponto 4.3.1.1.

4.4. Cálculo das emissões específicas

Calculam-se do seguinte modo as emissões específicas (g/kWh) para todos os componentes individuais, tal como previsto nos pontos 5.2.1 e 5.2.2 para a tecnologia respectiva:

$$\overline{\text{NO}_x} = \text{NO}_{x_{\text{mass}}} / W_{\text{act}} \quad (\text{motores diesel e a gás})$$

$$\overline{\text{CO}} = \text{CO}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{motores diesel e a gás})$$

$$\overline{\text{HC}} = \text{HC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{motores diesel e a gás})$$

$$\overline{\text{NMHC}} = \text{NMHC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}} \quad (\text{motores diesel e a gás})$$

$$\overline{\text{CH}_4} = \text{CH}_{4_{\text{mass}}} / W_{\text{act}} \quad (\text{motores a GN})$$

em que:

W_{act} = trabalho realizado no ciclo real conforme determinado no ponto 3.9.2, kWh.

5. CÁLCULO DAS EMISSÕES DE PARTÍCULAS (SE APLICÁVEL)

5.1. Cálculo do caudal mássico

Calcula-se a massa de partículas (g/ensaio) do seguinte modo:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} * \frac{M_{\text{TOTW}}}{1000}$$

em que:

M_f = massa das partículas recolhidas durante o ciclo, mg;

M_{TOTW} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo conforme determinado no ponto 4.1, kg;

M_{SAM} = massa dos gases de escape diluídos retirados do túnel de diluição para a recolha das partículas, kg

e

$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}$, se pesados separadamente, mg;

$M_{f,p}$ = massa de partículas recolhida no filtro primário, mg;

$M_{f,b}$ = massa de partículas recolhida no filtro secundário, mg;

Se se utilizar um sistema de diluição dupla, a massa do ar de diluição secundária é subtraída da massa total dos gases de escape duplamente diluídos recolhidos através dos filtros de partículas.

$$M_{SAM} = M_{TOT} - M_{SEC}$$

em que:

M_{TOT} = massa dos gases de escape duplamente diluídos através do filtro de partículas, kg;

M_{SEC} = massa do ar de diluição secundária, kg.

Se o nível de fundo das partículas do ar de diluição for determinado de acordo com o ponto 3.4, a massa de partículas pode ser corrigida quanto às condições de fundo. Neste caso, calcula-se a massa de partículas do seguinte modo:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

em que:

M_f, M_{SAM}, M_{TOTW} = ver acima

M_{DIL} = massa do ar de diluição primária recolhido pelo sistema de recolha de partículas de fundo, kg;

M_d = massa das partículas de fundo recolhidas do ar de diluição

DF = $\frac{\text{primária, mg;}}{\text{factor de diluição conforme determinado no ponto 4.3.1.1.}}$

5.2. Cálculo das emissões específicas

Calcula-se a emissão de partículas (g/kWh) do seguinte modo:

$$\overline{PT} = PT_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

em que:

W_{act} = trabalho realizado no ciclo real conforme determinado no ponto 3.9.2, kWh.

Anexo 4 - Apêndice 3

PROGRAMA DO DINAMÓMETRO PARA MOTORES NO ENSAIO ETC

Temno	Vel.	Binário.	Temno	Vel.	Binário	Temno	Binário	Binário
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0	0	52	0	0	103	0	0
2	0	0	53	0	0	104	0	0
3	0	0	54	0	0	105	0	0
4	0	0	55	0	0	106	0	0
5	0	0	56	0	0	107	0	0
6	0	0	57	0	0	108	11.6	14.8
7	0	0	58	0	0	109	0	0
8	0	0	59	0	0	110	27.2	74.8
9	0	0	60	0	0	111	17	76.9
10	0	0	61	0	0	112	36	78
11	0	0	62	25.5	11.1	113	59.7	86
12	0	0	63	28.5	20.9	114	80.8	17.9
13	0	0	64	32	73.9	115	49.7	0
14	0	0	65	4	82.3	116	65.6	86
15	0	0	66	34.5	80.4	117	78.6	72.2
16	0.1	1.5	67	64.1	86	118	64.9	«m»
17	23.1	21.5	68	58	0	119	44.3	«m»
18	12.6	28.5	69	50.3	83.4	120	51.4	83.4
19	21.8	71	70	66.4	99.1	121	58.1	97
20	19.7	76.8	71	81.4	99.6	122	69.3	99.3
21	54.6	80.9	72	88.7	73.4	123	72	20.8
22	71.3	4.9	73	52.5	0	124	72.1	«m»
23	55.9	18.1	74	46.4	58.5	125	65.3	«m»
24	72	85.4	75	48.6	90.9	126	64	«m»
25	86.7	61.8	76	55.2	99.4	127	59.7	«m»
26	51.7	0	77	62.3	99	128	52.8	«m»
27	53.4	48.9	78	68.4	91.5	129	45.9	«m»
28	34.2	87.6	79	74.5	73.7	130	38.7	«m»
29	45.5	92.7	80	38	0	131	32.4	«m»
30	54.6	99.5	81	41.8	89.6	132	27	«m»
31	64.5	96.8	82	47.1	99.2	133	21.7	«m»
32	71.7	85.4	83	52.5	99.8	134	19.1	0.4
33	79.4	54.8	84	56.9	80.8	135	34.7	14
34	89.7	99.4	85	58.3	11.8	136	16.4	48.6
35	57.4	0	86	56.2	«m»	137	0	11.2
36	59.7	30.6	87	52	«m»	138	1.2	2.1
37	90.1	«m»	88	43.3	«m»	139	30.1	19.3
38	82.9	«m»	89	36.1	«m»	140	30	73.9
39	51.3	«m»	90	27.6	«m»	141	54.4	74.4
40	28.5	«m»	91	21.1	«m»	142	77.2	55.6
41	29.3	«m»	92	8	0	143	58.1	0
42	26.7	«m»	93	0	0	144	45	82.1
43	20.4	«m»	94	0	0	145	68.7	98.1
44	14.1	0	95	0	0	146	85.7	67.2
45	6.5	0	96	0	0	147	60.2	0
46	0	0	97	0	0	148	59.4	98
47	0	0	98	0	0	149	72.7	99.6
48	0	0	99	0	0	150	79.9	45
49	0	0	100	0	0	151	44.3	0
50	0	0	101	0	0	152	41.5	84.4
51	0	0	102	0	0	153	56.2	98.2

Tempo	Vel. normal	Binário normal	Tempo	Vel. normal	Binário Torque	Tempo	Vel. normal	Binário normal
s	%	%	s	%	%	s	%	%
154	65.7	99.1	205	0	0	256	51.7	17
155	74.4	84.7	206	0	0	257	56.2	78.7
156	54.4	0	207	0	0	258	59.5	94.7
157	47.9	89.7	208	0	0	259	65.5	99.1
158	54.5	99.5	209	0	0	260	71.2	99.5
159	62.7	96.8	210	0	0	261	76.6	99.9
160	62.3	0	211	0	0	262	79	0
161	46.2	54.2	212	0	0	263	52.9	97.5
162	44.3	83.2	213	0	0	264	53.1	99.7
163	48.2	13.3	214	0	0	265	59	99.1
164	51	«m»	215	0	0	266	62.2	99
165	50	«m»	216	0	0	267	65	99.1
166	49.2	«m»	217	0	0	268	69	83.1
167	49.3	«m»	218	0	0	269	69.9	28.4
168	49.9	«m»	219	0	0	270	70.6	12.5
169	51.6	«m»	220	0	0	271	68.9	8.4
170	49.7	«m»	221	0	0	272	69.8	9.1
171	48.5	«m»	222	0	0	273	69.6	7
172	50.3	72.5	223	0	0	274	65.7	«m»
173	51.1	84.5	224	0	0	275	67.1	«m»
174	54.6	64.8	225	21.2	62.7	276	66.7	«m»
175	56.6	76.5	226	30.8	75.1	277	65.6	«m»
176	58	«m»	227	5.9	82.7	278	64.5	«m»
177	53.6	«m»	228	34.6	80.3	279	62.9	«m»
178	40.8	«m»	229	59.9	87	280	59.3	«m»
179	32.9	«m»	230	84.3	86.2	281	54.1	«m»
180	26.3	«m»	231	68.7	«m»	282	51.3	«m»
181	20.9	«m»	232	43.6	«m»	283	47.9	«m»
182	10	0	233	41.5	85.4	284	43.6	«m»
183	0	0	234	49.9	94.3	285	39.4	«m»
184	0	0	235	60.8	99	286	34.7	«m»
185	0	0	236	70.2	99.4	287	29.8	«m»
186	0	0	237	81.1	92.4	288	20.9	73.4
187	0	0	238	49.2	0	289	36.9	«m»
188	0	0	239	56	86.2	290	35.5	«m»
189	0	0	240	56.2	99.3	291	20.9	«m»
190	0	0	241	61.7	99	292	49.7	11.9
191	0	0	242	69.2	99.3	293	42.5	«m»
192	0	0	243	74.1	99.8	294	32	«m»
193	0	0	244	72.4	8.4	295	23.6	«m»
194	0	0	245	71.3	0	296	19.1	0
195	0	0	246	71.2	9.1	297	15.7	73.5
196	0	0	247	67.1	«m»	298	25.1	76.8
197	0	0	248	65.5	«m»	299	34.5	81.4
198	0	0	249	64.4	«m»	300	44.1	87.4
199	0	0	250	62.9	25.6	301	52.8	98.6
200	0	0	251	62.2	35.6	302	63.6	99
201	0	0	252	62.9	24.4	303	73.6	99.7
202	0	0	253	58.8	«m»	304	62.2	«m»
203	0	0	254	56.9	«m»	305	29.2	«m»
204	0	0	255	54.5	«m»	306	46.4	22

Tempo	Vel normal	Binário normal	Tempo	Vel. normal	Binário normal	Tempo	Vel. normal	Binário normal
s	%	%	s	%	%	s	%	%
307	47.3	13.8	358	72.6	99.6	409	56.3	72.3
308	47.2	12.5	359	82.4	99.5	410	59.7	99.1
309	47.9	11.5	360	88	99.4	411	62.3	99
310	47.8	35.5	361	46.4	0	412	67.9	99.2
311	49.2	83.3	362	53.4	95.2	413	69.5	99.3
312	52.7	96.4	363	58.4	99.2	414	73.1	99.7
313	57.4	99.2	364	61.5	99	415	77.7	99.8
314	61.8	99	365	64.8	99	416	79.7	99.7
315	66.4	60.9	366	68.1	99.2	417	82.5	99.5
316	65.8	«m»	367	73.4	99.7	418	85.3	99.4
317	59	«m»	368	73.3	29.8	419	86.6	99.4
318	50.7	«m»	369	73.5	14.6	420	89.4	99.4
319	41.8	«m»	370	68.3	0	421	62.2	0
320	34.7	«m»	371	45.4	49.9	422	52.7	96.4
321	28.7	«m»	372	47.2	75.7	423	50.2	99.8
322	25.2	«m»	373	44.5	9	424	49.3	99.6
323	43	24.8	374	47.8	10.3	425	52.2	99.8
324	38.7	0	375	46.8	15.9	426	51.3	100
325	48.1	31.9	376	46.9	12.7	427	51.3	100
326	40.3	61	377	46.8	8.9	428	51.1	100
327	42.4	52.1	378	46.1	6.2	429	51.1	100
328	46.4	47.7	379	46.1	«m»	430	51.8	99.9
329	46.9	30.7	380	45.5	«m»	431	51.3	100
330	46.1	23.1	381	44.7	«m»	432	51.1	100
331	45.7	23.2	382	43.8	«m»	433	51.3	100
332	45.5	31.9	383	41	«m»	434	52.3	99.8
333	46.4	73.6	384	41.1	6.4	435	52.9	99.7
334	51.3	60.7	385	38	6.3	436	53.8	99.6
335	51.3	51.1	386	35.9	0.3	437	51.7	99.9
336	53.2	46.8	387	33.5	0	438	53.5	99.6
337	53.9	50	388	53.1	48.9	439	52	99.8
338	53.4	52.1	389	48.3	«m»	440	51.7	99.9
339	53.8	45.7	390	49.9	«m»	441	53.2	99.7
340	50.6	22.1	391	48	«m»	442	54.2	99.5
341	47.8	26	392	45.3	«m»	443	55.2	99.4
342	41.6	17.8	393	41.6	3.1	444	53.8	99.6
343	38.7	29.8	394	44.3	79	445	53.1	99.7
344	35.9	71.6	395	44.3	89.5	446	55	99.4
345	34.6	47.3	396	43.4	98.8	447	57	99.2
346	34.8	80.3	397	44.3	98.9	448	61.5	99
347	35.9	87.2	398	43	98.8	449	59.4	5.7
348	38.8	90.8	399	42.2	98.8	450	59	0
349	41.5	94.7	400	42.7	98.8	451	57.3	59.8
350	47.1	99.2	401	45	99	452	64.1	99
351	53.1	99.7	402	43.6	98.9	453	70.9	90.5
352	46.4	0	403	42.2	98.8	454	58	0
353	42.5	0.7	404	44.8	99	455	41.5	59.8
354	43.6	58.6	405	43.4	98.8	456	44.1	92.6
355	47.1	87.5	406	45	99	457	46.8	99.2
356	54.1	99.5	407	42.2	54.3	458	47.2	99.3
357	62.9	99	408	61.2	31.9	459	51	100

Tempo	Vel.	Binário	Tempo	Vel.	Norm.	Tempo	Vel.	Binário
s	normal	normal	s	normal	Torque	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
460	53.2	99.7	511	0	0	562	58.7	«m»
461	53.1	99.7	512	0	0	563	56	«m»
462	55.9	53.1	513	0	0	564	53.9	«m»
463	53.9	13.9	514	30.5	25.6	565	52.1	«m»
464	52.5	«m»	515	19.7	56.9	566	49.9	«m»
465	51.7	«m»	516	16.3	45.1	567	46.4	«m»
466	51.5	52.2	517	27.2	4.6	568	43.6	«m»
467	52.8	80	518	21.7	1.3	569	40.8	«m»
468	54.9	95	519	29.7	28.6	570	37.5	«m»
469	57.3	99.2	520	36.6	73.7	571	27.8	«m»
470	60.7	99.1	521	61.3	59.5	572	17.1	0.6
471	62.4	«m»	522	40.8	0	573	12.2	0.9
472	60.1	«m»	523	36.6	27.8	574	11.5	1.1
473	53.2	«m»	524	39.4	80.4	575	8.7	0.5
474	44	«m»	525	51.3	88.9	576	8	0.9
475	35.2	«m»	526	58.5	11.1	577	5.3	0.2
476	30.5	«m»	527	60.7	«m»	578	4	0
477	26.5	«m»	528	54.5	«m»	579	3.9	0
478	22.5	«m»	529	51.3	«m»	580	0	0
479	20.4	«m»	530	45.5	«m»	581	0	0
480	19.1	«m»	531	40.8	«m»	582	0	0
481	19.1	«m»	532	38.9	«m»	583	0	0
482	13.4	«m»	533	36.6	«m»	584	0	0
483	6.7	«m»	534	36.1	72.7	585	0	0
484	3.2	«m»	535	44.8	78.9	586	0	0
485	14.3	63.8	536	51.6	91.1	587	8.7	22.8
486	34.1	0	537	59.1	99.1	588	16.2	49.4
487	23.9	75.7	538	66	99.1	589	23.6	56
488	31.7	79.2	539	75.1	99.9	590	21.1	56.1
489	32.1	19.4	540	81	8	591	23.6	56
490	35.9	5.8	541	39.1	0	592	46.2	68.8
491	36.6	0.8	542	53.8	89.7	593	68.4	61.2
492	38.7	«m»	543	59.7	99.1	594	58.7	«m»
493	38.4	«m»	544	64.8	99	595	31.6	«m»
494	39.4	«m»	545	70.6	96.1	596	19.9	8.8
495	39.7	«m»	546	72.6	19.6	597	32.9	70.2
496	40.5	«m»	547	72	6.3	598	43	79
497	40.8	«m»	548	68.9	0.1	599	57.4	98.9
498	39.7	«m»	549	67.7	«m»	600	72.1	73.8
499	39.2	«m»	550	66.8	«m»	601	53	0
500	38.7	«m»	551	64.3	16.9	602	48.1	86
501	32.7	«m»	552	64.9	7	603	56.2	99
502	30.1	«m»	553	63.6	12.5	604	65.4	98.9
503	21.9	«m»	554	63	7.7	605	72.9	99.7
504	12.8	0	555	64.4	38.2	606	67.5	«m»
505	0	0	556	63	11.8	607	39	«m»
506	0	0	557	63.6	0	608	41.9	38.1
507	0	0	558	63.3	5	609	44.1	80.4
508	0	0	559	60.1	9.1	610	46.8	99.4
509	0	0	560	61	8.4	611	48.7	99.9
510	0	0	561	59.7	0.9	612	50.5	99.7

Tempo	Vel.	Binário	Tempo	Vel.	Binário	Tempo	Vel.	Binário
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
613	52.5	90.3	664	54	39.3	715	46.2	«m»
614	51	1.8	665	53.8	«m»	716	45.6	9.8
615	50	«m»	666	52	«m»	717	45.6	34.5
616	49.1	«m»	667	50.4	«m»	718	45.5	37.1
617	47	«m»	668	50.6	0	719	43.8	“m»
618	43.1	«m»	669	49.3	41.7	720	41.9	«m»
619	39.2	«m»	670	50	73.2	721	41.3	«m»
620	40.6	0.5	671	50.4	99.7	722	41.4	«m»
621	41.8	53.4	672	51.9	99.5	723	41.2	«m»
622	44.4	65.1	673	53.6	99.3	724	41.8	«m»
623	48.1	67.8	674	54.6	99.1	725	41.8	«m»
624	53.8	99.2	675	56	99	726	43.2	17.4
625	58.6	98.9	676	55.8	99	727	45	29
626	63.6	98.8	677	58.4	98.9	728	44.2	«m»
627	68.5	99.2	678	59.9	98.8	729	43.9	«m»
628	72.2	89.4	679	60.9	98.8	730	38	10.7
629	77.1	0	680	63	98.8	731	56.8	“m»
630	57.8	79.1	681	64.3	98.9	732	57.1	«m»
631	60.3	98.8	682	64.8	64	733	52	«m»
632	61.9	98.8	683	65.9	46.5	734	44.4	«m»
633	63.8	98.8	684	66.2	28.7	735	40.2	«m»
634	64.7	98.9	685	65.2	1.8	736	39.2	16.5
635	65.4	46.5	686	65	6.8	737	38.9	73.2
636	65.7	44.5	687	63.6	53.6	738	39.9	89.8
637	65.6	3.5	688	62.4	82.5	739	42.3	98.6
638	49.1	0	689	61.8	98.8	740	43.7	98.8
639	50.4	73.1	690	59.8	98.8	741	45.5	99.1
640	50.5	«m»	691	59.2	98.8	742	45.6	99.2
641	51	«m»	692	59.7	98.8	743	48.1	99.7
642	49.4	«m»	693	61.2	98.8	744	49	100
643	49.2	«m»	694	62.2	49.4	745	49.8	99.9
644	48.6	«m»	695	62.8	37.2	746	49.8	99.9
645	47.5	«m»	696	63.5	46.3	747	51.9	99.5
646	46.5	«m»	697	64.7	72.3	748	52.3	99.4
647	46	11.3	698	64.7	72.3	749	53.3	99.3
648	45.6	42.8	699	65.4	77.4	750	52.9	99.3
649	47.1	83	700	66.1	69.3	751	54.3	99.2
650	46.2	99.3	701	64.3	«m»	752	55.5	99.1
651	47.9	99.7	702	64.3	«m»	753	56.7	99
652	49.5	99.9	703	63	«m»	754	61.7	98.8
653	50.6	99.7	704	62.2	«m»	755	64.3	47.4
654	51	99.6	705	61.6	«m»	756	64.7	1.8
655	53	99.3	706	62.4	«m»	757	66.2	«m»
656	54.9	99.1	707	62.2	«m»	758	49.1	«m»
657	55.7	99	708	61	«m»	759	52.1	46
658	56	99	709	58.7	«m»	760	52.6	61
659	56.1	9.3	710	55.5	«m»	761	52.9	0
660	55.6	«m»	711	51.7	«m»	762	52.3	20.4
661	55.4	«m»	712	49.2	«m»	763	54.2	56.7
662	54.9	51.3	713	48.8	40.4	764	55.4	59.8
663	54.9	59.8	714	47.9	«m»	765	56.1	49.2

Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
766	56.8	33.7	817	61.7	46.2	868	53	99.3
767	57.2	96	818	59.8	45.1	869	54.2	99.2
768	58.6	98.9	819	57.4	43.9	870	55.5	99.1
769	59.5	98.8	820	54.8	42.8	871	56.7	99
770	61.2	98.8	821	54.3	65.2	872	57.3	98.9
771	62.1	98.8	822	52.9	62.1	873	58	98.9
772	62.7	98.8	823	52.4	30.6	874	60.5	31.1
773	62.8	98.8	824	50.4	«m»	875	60.2	«m»
774	64	98.9	825	48.6	«m»	876	60.3	«m»
775	63.2	46.3	826	47.9	«m»	877	60.5	6.3
776	62.4	«m»	827	46.8	«m»	878	61.4	19.3
777	60.3	«m»	828	46.9	9.4	879	60.3	1.2
778	58.7	«m»	829	49.5	41.7	880	60.5	2.9
779	57.2	«m»	830	50.5	37.8	881	61.2	34.1
780	56.1	«m»	831	52.3	20.4	882	61.6	13.2
781	56	9.3	832	54.1	30.7	883	61.5	16.4
782	55.2	26.3	833	56.3	41.8	884	61.2	16.4
783	54.8	42.8	834	58.7	26.5	885	61.3	«m»
784	55.7	47.1	835	57.3	«m»	886	63.1	«m»
785	56.6	52.4	836	59	«m»	887	63.2	4.8
786	58	50.3	837	59.8	«m»	888	62.3	22.3
787	58.6	20.6	838	60.3	«m»	889	62	38.5
788	58.7	«m»	839	61.2	«m»	890	61.6	29.6
789	59.3	«m»	840	61.8	«m»	891	61.6	26.6
790	58.6	«m»	841	62.5	«m»	892	61.8	28.1
791	60.5	9.7	842	62.4	«m»	893	62	29.6
792	59.2	9.6	843	61.5	«m»	894	62	16.3
793	59.9	9.6	844	63.7	«m»	895	61.1	«m»
794	59.6	9.6	845	61.9	«m»	896	61.2	«m»
795	59.9	6.2	846	61.6	29.7	897	60.7	19.2
796	59.9	9.6	847	60.3	«m»	898	60.7	32.5
797	60.5	13.1	848	59.2	«m»	899	60.9	17.8
798	60.3	20.7	849	57.3	«m»	900	60.1	19.2
799	59.9	31	850	52.3	«m»	901	59.3	38.2
800	60.5	42	851	49.3	«m»	902	59.9	45
801	61.5	52.5	852	47.3	«m»	903	59.4	32.4
802	60.9	51.4	853	46.3	38.8	904	59.2	23.5
803	61.2	57.7	854	46.8	35.1	905	59.5	40.8
804	62.8	98.8	855	46.6	«m»	906	58.3	«m»
805	63.4	96.1	856	44.3	«m»	907	58.2	«m»
806	64.6	45.4	857	43.1	«m»	908	57.6	«m»
807	64.1	5	858	42.4	2.1	909	57.1	«m»
808	63	3.2	859	41.8	2.4	910	57	0.6
809	62.7	14.9	860	43.8	68.8	911	57	26.3
810	63.5	35.8	861	44.6	89.2	912	56.5	29.2
811	64.1	73.3	862	46	99.2	913	56.3	20.5
812	64.3	37.4	863	46.9	99.4	914	56.1	«m»
813	64.1	21	864	47.9	99.7	915	55.2	«m»
814	63.7	21	865	50.2	99.8	916	54.7	17.5
815	62.9	18	866	51.2	99.6	917	55.2	29.2
816	62.4	32.7	867	52.3	99.4	918	55.2	29.2

Temno	Vel.	Binári	Temno	Vel.	Binári	Temno	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
919	55.9	16	970	49.9	99.7	1021	49.4	«m»
920	55.9	26.3	971	49.6	99.6	1022	48.3	«m»
921	56.1	36.5	972	49.4	99.6	1023	49.4	«m»
922	55.8	19	973	49	99.5	1024	48.5	«m»
923	55.9	9.2	974	49.8	99.7	1025	48.7	«m»
924	55.8	21.9	975	50.9	100	1026	48.7	«m»
925	56.4	42.8	976	50.4	99.8	1027	49.1	«m»
926	56.4	38	977	49.8	99.7	1028	49	«m»
927	56.4	11	978	49.1	99.5	1029	49.8	«m»
928	56.4	35.1	979	50.4	99.8	1030	48.7	«m»
929	54	7.3	980	49.8	99.7	1031	48.5	«m»
930	53.4	5.4	981	49.3	99.5	1032	49.3	31.3
931	52.3	27.6	982	49.1	99.5	1033	49.7	45.3
932	52.1	32	983	49.9	99.7	1034	48.3	44.5
933	52.3	33.4	984	49.1	99.5	1035	49.8	61
934	52.2	34.9	985	50.4	99.8	1036	49.4	64.3
935	52.8	60.1	986	50.9	100	1037	49.8	64.4
936	53.7	69.7	987	51.4	99.9	1038	50.5	65.6
937	54	70.7	988	51.5	99.9	1039	50.3	64.5
938	55.1	71.7	989	52.2	99.7	1040	51.2	82.9
939	55.2	46	990	52.8	74.1	1041	50.5	86
940	54.7	12.6	991	53.3	46	1042	50.6	89
941	52.5	0	992	53.6	36.4	1043	50.4	81.4
942	51.8	24.7	993	53.4	33.5	1044	49.9	49.9
943	51.4	43.9	994	53.9	58.9	1045	49.1	20.1
944	50.9	71.1	995	55.2	73.8	1046	47.9	24
945	51.2	76.8	996	55.8	52.4	1047	48.1	36.2
946	50.3	87.5	997	55.7	9.2	1048	47.5	34.5
947	50.2	99.8	998	55.8	2.2	1049	46.9	30.3
948	50.9	100	999	56.4	33.6	1050	47.7	53.5
949	49.9	99.7	1000	55.4	«m»	1051	46.9	61.6
950	50.9	100	1001	55.2	«m»	1052	46.5	73.6
951	49.8	99.7	1002	55.8	26.3	1053	48	84.6
952	50.4	99.8	1003	55.8	23.3	1054	47.2	87.7
953	50.4	99.8	1004	56.4	50.2	1055	48.7	80
954	49.7	99.7	1005	57.6	68.3	1056	48.7	50.4
955	51	100	1006	58.8	90.2	1057	47.8	38.6
956	50.3	99.8	1007	59.9	98.9	1058	48.8	63.1
957	50.2	99.8	1008	62.3	98.8	1059	47.4	5
958	49.9	99.7	1009	63.1	74.4	1060	47.3	47.4
959	50.9	100	1010	63.7	49.4	1061	47.3	49.8
960	50	99.7	1011	63.3	9.8	1062	46.9	23.9
961	50.2	99.8	1012	48	0	1063	46.7	44.6
962	50.2	99.8	1013	47.9	73.5	1064	46.8	65.2
963	49.9	99.7	1014	49.9	99.7	1065	46.9	60.4
964	50.4	99.8	1015	49.9	48.8	1066	46.7	61.5
965	50.2	99.8	1016	49.6	2.3	1067	45.5	«m»
966	50.3	99.8	1017	49.9	«m»	1068	45.5	«m»
967	49.9	99.7	1018	49.3	«m»»	1069	44.2	«m»
968	51.1	100	1019	49.7	47.5	1070	43	«m»
969	50.6	99.9	1020	49.1	«m»	1071	42.5	«m»

Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Norm.	Tempo	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	Torque	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1072	41	«m»	1123	55	«m»	1174	56.9	«m»
1073	39.9	«m»	1124	53.7	«m»	1175	56.4	4
1074	39.9	38.2	1125	52.1	«m»	1176	57	23.4
1075	40.1	48.1	1126	51.1	«m»	1177	56.4	41.7
1076	39.9	48	1127	49.7	25.8	1178	57	49.2
1077	39.4	59.3	1128	49.1	46.1	1179	57.7	56.6
1078	43.8	19.8	1129	48.7	46.9	1180	58.6	56.6
1079	52.9	0	1130	48.2	46.7	1181	58.9	64
1080	52.8	88.9	1131	48	70	1182	59.4	68.2
1081	53.4	99.5	1132	48	70	1183	58.8	71.4
1082	54.7	99.3	1133	47.2	67.6	1184	60.1	71.3
1083	56.3	99.1	1134	47.3	67.6	1185	60.6	79.1
1084	57.5	99	1135	46.6	74.7	1186	60.7	83.3
1085	59	98.9	1136	47.4	13	1187	60.7	77.1
1086	59.8	98.9	1137	46.3	«m»	1188	60	73.5
1087	60.1	98.9	1138	45.4	«m»	1189	60.2	55.5
1088	61.8	48.3	1139	45.5	24.8	1190	59.7	54.4
1089	61.8	55.6	1140	44.8	73.8	1191	59.8	73.3
1090	61.7	59.8	1141	46.6	99	1192	59.8	77.9
1091	62	55.6	1142	46.3	98.9	1193	59.8	73.9
1092	62.3	29.6	1143	48.5	99.4	1194	60	76.5
1093	62	19.3	1144	49.9	99.7	1195	59.5	82.3
1094	61.3	7.9	1145	49.1	99.5	1196	59.9	82.8
1095	61.1	19.2	1146	49.1	99.5	1197	59.8	65.8
1096	61.2	43	1147	51	100	1198	59	48.6
1097	61.1	59.7	1148	51.5	99.9	1199	58.9	62.2
1098	61.1	98.8	1149	50.9	100	1200	59.1	70.4
1099	61.3	98.8	1150	51.6	99.9	1201	58.9	62.1
1100	61.3	26.6	1151	52.1	99.7	1202	58.4	67.4
1101	60.4	«m»	1152	50.9	100	1203	58.7	58.9
1102	58.8	«m»	1153	52.2	99.7	1204	58.3	57.7
1103	57.7	«m»	1154	51.5	98.3	1205	57.5	57.8
1104	56	«m»	1155	51.5	47.2	1206	57.2	57.6
1105	54.7	«m»	1156	50.8	78.4	1207	57.1	42.6
1106	53.3	«m»	1157	50.3	83	1208	57	70.1
1107	52.6	23.2	1158	50.3	31.7	1209	56.4	59.6
1108	53.4	84.2	1159	49.3	31.3	1210	56.7	39
1109	53.9	99.4	1160	48.8	21.5	1211	55.9	68.1
1110	54.9	99.3	1161	47.8	59.4	1212	56.3	79.1
1111	55.8	99.2	1162	48.1	77.1	1213	56.7	89.7
1112	57.1	99	1163	48.4	87.6	1214	56	89.4
1113	56.5	99.1	1164	49.6	87.5	1215	56	93.1
1114	58.9	98.9	1165	51	81.4	1216	56.4	93.1
1115	58.7	98.9	1166	51.6	66.7	1217	56.7	94.4
1116	59.8	98.9	1167	53.3	63.2	1218	56.9	94.8
1117	61	98.8	1168	55.2	62	1219	57	94.1
1118	60.7	19.2	1169	55.7	43.9	1220	57.7	94.3
1119	59.4	«m»	1170	56.4	30.7	1221	57.5	93.7
1120	57.9	«m»	1171	56.8	23.4	1222	58.4	93.2
1121	57.6	«m»	1172	57	«m»	1223	58.7	93.2
1122	56.3	«m»	1173	57.6	«m»	1224	58.2	93.7

Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1225	58.5	93.1	1276	60.6	5.5	1327	63.1	20.3
1226	58.8	86.2	1277	61	14.3	1328	61.8	19.1
1227	59	72.9	1278	61	12	1329	61.6	17.1
1228	58.2	59.9	1279	61.3	34.2	1330	61	0
1229	57.6	8.5	1280	61.2	17.1	1331	61.2	22
1230	57.1	47.6	1281	61.5	15.7	1332	60.8	40.3
1231	57.2	74.4	1282	61	9.5	1333	61.1	34.3
1232	57	79.1	1283	61.1	9.2	1334	60.7	16.1
1233	56.7	67.2	1284	60.5	4.3	1335	60.6	16.6
1234	56.8	69.1	1285	60.2	7.8	1336	60.5	18.5
1235	56.9	71.3	1286	60.2	5.9	1337	60.6	29.8
1236	57	77.3	1287	60.2	5.3	1338	60.9	19.5
1237	57.4	78.2	1288	59.9	4.6	1339	60.9	22.3
1238	57.3	70.6	1289	59.4	21.5	1340	61.4	35.8
1239	57.7	64	1290	59.6	15.8	1341	61.3	42.9
1240	57.5	55.6	1291	59.3	10.1	1342	61.5	31
1241	58.6	49.6	1292	58.9	9.4	1343	61.3	19.2
1242	58.2	41.1	1293	58.8	9	1344	61	9.3
1243	58.8	40.6	1294	58.9	35.4	1345	60.8	44.2
1244	58.3	21.1	1295	58.9	30.7	1346	60.9	55.3
1245	58.7	24.9	1296	58.9	25.9	1347	61.2	56
1246	59.1	24.8	1297	58.7	22.9	1348	60.9	60.1
1247	58.6	«m»	1298	58.7	24.4	1349	60.7	59.1
1248	58.8	«m»	1299	59.3	61	1350	60.9	56.8
1249	58.8	«m»	1300	60.1	56	1351	60.7	58.1
1250	58.7	«m»	1301	60.5	50.6	1352	59.6	78.4
1251	59.1	«m»	1302	59.5	16.2	1353	59.6	84.6
1252	59.1	«m»	1303	59.7	50	1354	59.4	66.6
1253	59.4	«m»	1304	59.7	31.4	1355	59.3	75.5
1254	60.6	2.6	1305	60.1	43.1	1356	58.9	49.6
1255	59.6	«m»	1306	60.8	38.4	1357	59.1	75.8
1256	60.1	«m»	1307	60.9	40.2	1358	59	77.6
1257	60.6	«m»	1308	61.3	49.7	1359	59	67.8
1258	59.6	4.1	1309	61.8	45.9	1360	59	56.7
1259	60.7	7.1	1310	62	45.9	1361	58.8	54.2
1260	60.5	«m»	1311	62.2	45.8	1362	58.9	59.6
1261	59.7	«m»	1312	62.6	46.8	1363	58.9	60.8
1262	59.6	«m»	1313	62.7	44.3	1364	59.3	56.1
1263	59.8	«m»	1314	62.9	44.4	1365	58.9	48.5
1264	59.6	4.9	1315	63.1	43.7	1366	59.3	42.9
1265	60.1	5.9	1316	63.5	46.1	1367	59.4	41.4
1266	59.9	6.1	1317	63.6	40.7	1368	59.6	38.9
1267	59.7	«m»	1318	64.3	49.5	1369	59.4	32.9
1268	59.6	«m»	1319	63.7	27	1370	59.3	30.6
1269	59.7	22	1320	63.8	15	1371	59.4	30
1270	59.8	10.3	1321	63.6	18.7	1372	59.4	25.3
1271	59.9	10	1322	63.4	8.4	1373	58.8	18.6
1272	60.6	6.2	1323	63.2	8.7	1374	59.1	18
1273	60.5	7.3	1324	63.3	21.6	1375	58.5	10.6
1274	60.2	14.8	1325	62.9	19.7	1376	58.8	10.5
1275	60.6	8.2	1326	63	22.1	1377	58.5	8.2

Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1378	58.7	13.7	1429	62.3	37.4	1480	60.1	4.7
1379	59.1	7.8	1430	62.3	35.7	1481	59.9	0
1380	59.1	6	1431	62.8	34.4	1482	60.4	36.2
1381	59.1	6	1432	62.8	31.5	1483	60.7	32.5
1382	59.4	13.1	1433	62.9	31.7	1484	59.9	3.1
1383	59.7	22.3	1434	62.9	29.9	1485	59.7	«m»
1384	60.7	10.5	1435	62.8	29.4	1486	59.5	«m»
1385	59.8	9.8	1436	62.7	28.7	1487	59.2	«m»
1386	60.2	8.8	1437	61.5	14.7	1488	58.8	0.6
1387	59.9	8.7	1438	61.9	17.2	1489	58.7	«m»
1388	61	9.1	1439	61.5	6.1	1490	58.7	«m»
1389	60.6	28.2	1440	61	9.9	1491	57.9	«m»
1390	60.6	22	1441	60.9	4.8	1492	58.2	«m»
1391	59.6	23.2	1442	60.6	11.1	1493	57.6	«m»
1392	59.6	19	1443	60.3	6.9	1494	58.3	9.5
1393	60.6	38.4	1444	60.8	7	1495	57.2	6
1394	59.8	41.6	1445	60.2	9.2	1496	57.4	27.3
1395	60	47.3	1446	60.5	21.7	1497	58.3	59.9
1396	60.5	55.4	1447	60.2	22.4	1498	58.3	7.3
1397	60.9	58.7	1448	60.7	31.6	1499	58.8	21.7
1398	61.3	37.9	1449	60.9	28.9	1500	58.8	38.9
1399	61.2	38.3	1450	59.6	21.7	1501	59.4	26.2
1400	61.4	58.7	1451	60.2	18	1502	59.1	25.5
1401	61.3	51.3	1452	59.5	16.7	1503	59.1	26
1402	61.4	71.1	1453	59.8	15.7	1504	59	39.1
1403	61.1	51	1454	59.6	15.7	1505	59.5	52.3
1404	61.5	56.6	1455	59.3	15.7	1506	59.4	31
1405	61	60.6	1456	59	7.5	1507	59.4	27
1406	61.1	75.4	1457	58.8	7.1	1508	59.4	29.8
1407	61.4	69.4	1458	58.7	16.5	1509	59.4	23.1
1408	61.6	69.9	1459	59.2	50.7	1510	58.9	16
1409	61.7	59.6	1460	59.7	60.2	1511	59	31.5
1410	61.8	54.8	1461	60.4	44	1512	58.8	25.9
1411	61.6	53.6	1462	60.2	35.3	1513	58.9	40.2
1412	61.3	53.5	1463	60.4	17.1	1514	58.8	28.4
1413	61.3	52.9	1464	59.9	13.5	1515	58.9	38.9
1414	61.2	54.1	1465	59.9	12.8	1516	59.1	35.3
1415	61.3	53.2	1466	59.6	14.8	1517	58.8	30.3
1416	61.2	52.2	1467	59.4	15.9	1518	59	19
1417	61.2	52.3	1468	59.4	22	1519	58.7	3
1418	61	48	1469	60.4	38.4	1520	57.9	0
1419	60.9	41.5	1470	59.5	38.8	1521	58	2.4
1420	61	32.2	1471	59.3	31.9	1522	57.1	«m»
1421	60.7	22	1472	60.9	40.8	1523	56.7	«m»
1422	60.7	23.3	1473	60.7	39	1524	56.7	5.3
1423	60.8	38.8	1474	60.9	30.1	1525	56.6	2.1
1424	61	40.7	1475	61	29.3	1526	56.8	«m»
1425	61	30.6	1476	60.6	28.4	1527	56.3	«m»
1426	61.3	62.6	1477	60.9	36.3	1528	56.3	«m»
1427	61.7	55.9	1478	60.8	30.5	1529	56	«m»
1428	62.3	43.4	1479	60.7	26.7	1530	56.7	«m»

Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári	Tempo	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1531	56.6	3.8	1582	59.9	73.6	1633	62.5	31
1532	56.9	«m»	1583	59.8	74.1	1634	62.3	31.3
1533	56.9	«m»	1584	59.6	84.6	1635	62.6	31.7
1534	57.4	«m»	1585	59.4	76.1	1636	62.3	22.8
1535	57.4	«m»	1586	60.1	76.9	1637	62.7	12.6
1536	58.3	13.9	1587	59.5	84.6	1638	62.2	15.2
1537	58.5	«m»	1588	59.8	77.5	1639	61.9	32.6
1538	59.1	«m»	1589	60.6	67.9	1640	62.5	23.1
1539	59.4	«m»	1590	59.3	47.3	1641	61.7	19.4
1540	59.6	«m»	1591	59.3	43.1	1642	61.7	10.8
1541	59.5	«m»	1592	59.4	38.3	1643	61.6	10.2
1542	59.6	0.5	1593	58.7	38.2	1644	61.4	«m»
1543	59.3	9.2	1594	58.8	39.2	1645	60.8	«m»
1544	59.4	11.2	1595	59.1	67.9	1646	60.7	«m»
1545	59.1	26.8	1596	59.7	60.5	1647	61	12.4
1546	59	11.7	1597	59.5	32.9	1648	60.4	5.3
1547	58.8	6.4	1598	59.6	20	1649	61	13.1
1548	58.7	5	1599	59.6	34.4	1650	60.7	29.6
1549	57.5	«m»	1600	59.4	23.9	1651	60.5	28.9
1550	57.4	«m»	1601	59.6	15.7	1652	60.8	27.1
1551	57.1	1.1	1602	59.9	41	1653	61.2	27.3
1552	57.1	0	1603	60.5	26.3	1654	60.9	20.6
1553	57	4.5	1604	59.6	14	1655	61.1	13.9
1554	57.1	3.7	1605	59.7	21.2	1656	60.7	13.4
1555	57.3	3.3	1606	60.9	19.6	1657	61.3	26.1
1556	57.3	16.8	1607	60.1	34.3	1658	60.9	23.7
1557	58.2	29.3	1608	59.9	27	1659	61.4	32.1
1558	58.7	12.5	1609	60.8	25.6	1660	61.7	33.5
1559	58.3	12.2	1610	60.6	26.3	1661	61.8	34.1
1560	58.6	12.7	1611	60.9	26.1	1662	61.7	17
1561	59	13.6	1612	61.1	38	1663	61.7	2.5
1562	59.8	21.9	1613	61.2	31.6	1664	61.5	5.9
1563	59.3	20.9	1614	61.4	30.6	1665	61.3	14.9
1564	59.7	19.2	1615	61.7	29.6	1666	61.5	17.2
1565	60.1	15.9	1616	61.5	28.8	1667	61.1	«m»
1566	60.7	16.7	1617	61.7	27.8	1668	61.4	«m»
1567	60.7	18.1	1618	62.2	20.3	1669	61.4	8.8
1568	60.7	40.6	1619	61.4	19.6	1670	61.3	8.8
1569	60.7	59.7	1620	61.8	19.7	1671	61	18
1570	61.1	66.8	1621	61.8	18.7	1672	61.5	13
1571	61.1	58.8	1622	61.6	17.7	1673	61	3.7
1572	60.8	64.7	1623	61.7	8.7	1674	60.9	3.1
1573	60.1	63.6	1624	61.7	1.4	1675	60.9	4.7
1574	60.7	83.2	1625	61.7	5.9	1676	60.6	4.1
1575	60.4	82.2	1626	61.2	8.1	1677	60.6	6.7
1576	60	80.5	1627	61.9	45.8	1678	60.6	12.8
1577	59.9	78.7	1628	61.4	31.5	1679	60.7	11.9
1578	60.8	67.9	1629	61.7	22.3	1680	60.6	12.4
1579	60.4	57.7	1630	62.4	21.7	1681	60.1	12.4
1580	60.2	60.6	1631	62.8	21.9	1682	60.5	12
1581	59.6	72.7	1632	62.2	22.2	1683	60.4	11.8

Temno	Vel.	Binári	Temno	Vel.	Binári	Temno	Vel.	Binári
s	normal	normal	s	normal	normal	s	normal	normal
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1684	59.9	12.4	1735	61.1	25.6	1786	0	0
1685	59.6	12.4	1736	61	14.6	1787	0	0
1686	59.6	9.1	1737	61	10.4	1788	0	0
1687	59.9	0	1738	60.6	«m»	1789	0	0
1688	59.9	20.4	1739	60.9	«m»	1790	0	0
1689	59.8	4.4	1740	60.8	«m»	1791	0	0
1690	59.4	3.1	1741	59.9	«m»	1792	0	0
1691	59.5	26.3	1742	59.8	«m»	1793	0	0
1692	59.6	20.1	1743	59.1	«m»	1794	0	0
1693	59.4	35	1744	58.8	«m»	1795	0	0
1694	60.9	22.1	1745	58.8	«m»	1796	0	0
1695	60.5	12.2	1746	58.2	«m»	1797	0	0
1696	60.1	11	1747	58.5	14.3	1798	0	0
1697	60.1	8.2	1748	57.5	4.4	1799	0	0
1698	60.5	6.7	1749	57.9	0	1800	0	0
1699	60	5.1	1750	57.8	20.9			
1700	60	5.1	1751	58.3	9.2			
1701	60	9	1752	57.8	8.2			
1702	60.1	5.7	1753	57.5	15.3			
1703	59.9	8.5	1754	58.4	38			
1704	59.4	6	1755	58.1	15.4			
1705	59.5	5.5	1756	58.8	11.8			
1706	59.5	14.2	1757	58.3	8.1			
1707	59.5	6.2	1758	58.3	5.5			
1708	59.4	10.3	1759	59	4.1			
1709	59.6	13.8	1760	58.2	4.9			
1710	59.5	13.9	1761	57.9	10.1			
1711	60.1	18.9	1762	58.5	7.5			
1712	59.4	13.1	1763	57.4	7			
1713	59.8	5.4	1764	58.2	6.7			
1714	59.9	2.9	1765	58.2	6.6			
1715	60.1	7.1	1766	57.3	17.3			
1716	59.6	12	1767	58	11.4			
1717	59.6	4.9	1768	57.5	47.4			
1718	59.4	22.7	1769	57.4	28.8			
1719	59.6	22	1770	58.8	24.3			
1720	60.1	17.4	1771	57.7	25.5			
1721	60.2	16.6	1772	58.4	35.5			
1722	59.4	28.6	1773	58.4	29.3			
1723	60.3	22.4	1774	59	33.8			
1724	59.9	20	1775	59	18.7			
1725	60.2	18.6	1776	58.8	9.8			
1726	60.3	11.9	1777	58.8	23.9			
1727	60.4	11.6	1778	59.1	48.2			
1728	60.6	10.6	1779	59.4	37.2			
1729	60.8	16	1780	59.6	29.1			
1730	60.9	17	1781	50	25			
1731	60.9	16.1	1782	40	20			
1732	60.7	11.4	1783	30	15			
1733	60.9	11.3	1784	20	10			
1734	61.1	11.2	1785	10	5			

«m»= «motoring»

A figura 5 refere-se à representação gráfica do programa do dinamómetro no ensaio ETC.

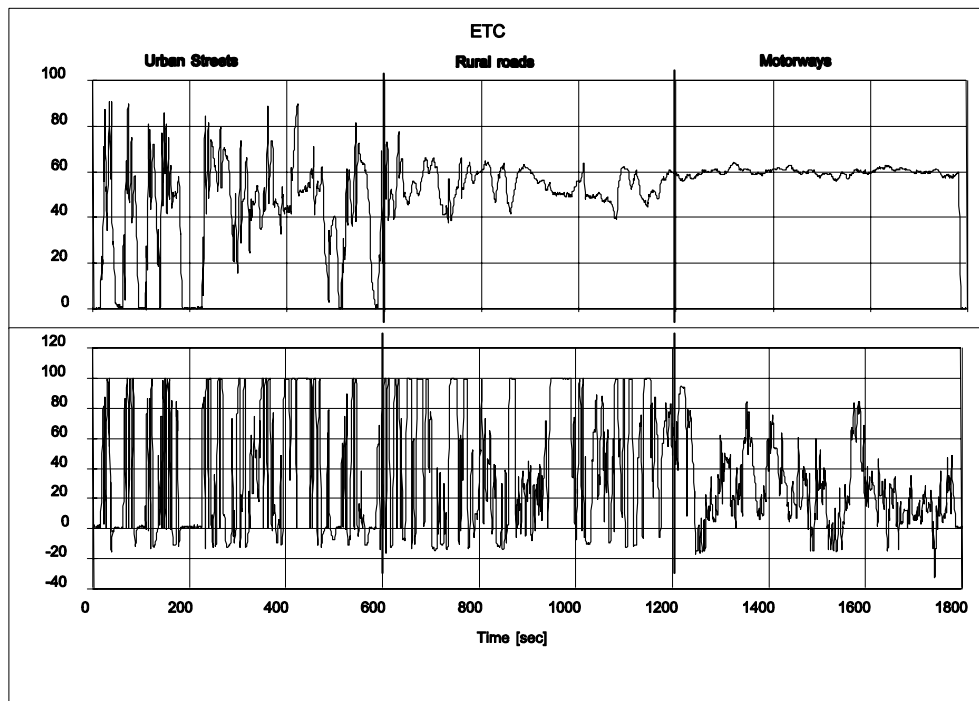


Figura 5: Programa do dinamómetro no ensaio ETC

Legenda da figura 5:

EN	PT
Urban streets	Rede viária urbana
Rural roads	Rede viária rural
Motorways	Auto-estradas
Time [sec]	Tempo [em segundos]

Anexo 4 - Apêndice 4

MÉTODOS DE MEDIÇÃO E DE RECOLHA DE AMOSTRAS

1. INTRODUÇÃO

Medem-se os componentes gasosos, partículas e fumos emitidos pelo motor submetido a ensaio pelos métodos descritos no apêndice 6 do anexo 4. Os pontos respectivos no apêndice 6 do anexo 4 descrevem os sistemas de análise recomendados para as emissões gasosas (ponto 1), os sistemas de diluição e de recolha de amostras de partículas recomendados (ponto 2) e os opacímetros recomendados para a medição dos fumos (ponto 3).

Para o ensaio ESC, determinam-se os componentes gasosos nos gases de escape brutos. Facultativamente, podem ser determinados os gases de escape diluídos, se for utilizado um sistema de diluição do caudal total para a determinação das partículas. Determinam-se as partículas com um sistema de diluição do caudal parcial ou total.

Para o ensaio ETC, apenas se usa um sistema de diluição do caudal total para a determinação das emissões gasosas e de partículas, que é considerado o sistema de referência. Todavia, podem ser aprovados pelo serviço técnico sistemas de diluição do caudal parcial, se for provada a sua equivalência de acordo com o ponto 6.2 do regulamento e se for apresentada ao serviço técnico uma descrição pormenorizada da avaliação dos dados e dos processos de cálculo.

2. DINAMÓMETRO E CÉLULA DE ENSAIO

Utilizam-se os seguintes equipamentos para os ensaios de emissões dos motores nos dinamómetros.

2.1. Dinamómetro para motores

Utiliza-se um dinamómetro para motores com características adequadas para realizar os ciclos de ensaio descritos nos apêndices 1 e 2 do presente anexo. O sistema de medição do regime deve ter uma precisão de $\pm 2 \%$ da leitura. O sistema de medição do binário deve ter uma precisão de $\pm 3 \%$ da leitura na gama $> 20 \%$ da escala total e uma precisão de $\pm 0,6 \%$ da escala total na gama $\leq 20 \%$ da escala total.

2.2. Outros instrumentos

Utilizam-se conforme necessário, instrumentos de medida para o consumo de combustível, o consumo de ar, a temperatura do líquido de arrefecimento e do lubrificante, a pressão dos gases de escape e a depressão no colector de admissão, a temperatura dos gases de escape, a temperatura da entrada de ar, a pressão atmosférica, a humidade e a temperatura do combustível. Esses instrumentos devem satisfazer os

requisitos indicados na tabela 8:

Tabela 8: Precisão dos instrumentos de medida

Instrumento de medida	Precisão
Consumo de combustível	$\pm 2 \%$ do valor máximo do motor
Consumo de ar	$\pm 2 \%$ do valor máximo do motor
Temperaturas ≤ 600 K (327°C)	± 2 K absoluto
Temperaturas ≥ 600 K (327°C)	$\pm 1 \%$ da leitura
Pressão atmosférica	$\pm 0,1$ kPa absoluto
Pressão dos gases de escape	$\pm 0,2$ kPa absoluto
Depressão na admissão	$\pm 0,05$ kPa absoluto
Outras pressões	$\pm 0,1$ kPa absoluto
Humidade relativa	$\pm 3 \%$ absoluto
Humidade absoluta	$\pm 5 \%$ da leitura

2.3. Caudal dos gases de escape

Para o cálculo das emissões nos gases de escape brutos, é necessário conhecer o caudal dos gases de escape (ver ponto 4.4 do Apêndice 1). Para a determinação do caudal dos gases de escape, utiliza-se um dos seguintes métodos:

medição directa do caudal dos gases de escape por meio de uma tubeira de fluxo ou sistema de medição equivalente;

medição do caudal de ar e de combustível através de medidores de caudais adequados e cálculo do caudal dos gases de escape através da seguinte equação:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \quad (\text{para a massa dos gases de escape em húmido})$$

A precisão da determinação do caudal dos gases de escape deve ser de $\pm 2,5 \%$ da leitura ou superior.

2.4. Caudal dos gases de escape diluídos

Para o cálculo das emissões nos gases de escape diluídos utilizando um sistema de diluição do caudal total (obrigatório para o ensaio ETC), é necessário conhecer o caudal dos gases de escape diluídos (ver ponto 4.3 do apêndice 2). Mede-se o caudal mássico total dos gases de escape diluídos (G_{TOTW}) ou a massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo (M_{TOTW}) com um sistema PDP ou CFV (ponto 2.3.1 do apêndice 6 do anexo 4). A precisão deve ser de $\pm 2 \%$ da leitura ou superior, e é determinada de acordo com as disposições do ponto 2.4 do apêndice 5 do anexo 4.

3. DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES GASOSOS

3.1. Especificações gerais dos analisadores

Os analisadores devem ter uma gama de medidas adequada à precisão necessária para medir as concentrações dos componentes dos gases de escape (ponto 3.1.1).
Recomenda-se que os analisadores funcionem de modo tal que as concentrações medidas fiquem compreendidas entre 15 % e 100 % da escala completa.

Se os sistemas de visualização (computadores, dispositivos de registo de dados) puderem fornecer uma precisão e uma resolução suficientes abaixo de 15 % da escala completa, são também aceitáveis medições abaixo de 15 % da escala completa. Neste caso, devem ser feitas calibrações adicionais de pelo menos 4 pontos não nulos nominalmente equidistantes para assegurar a precisão das curvas de calibração, de acordo com o ponto 1.5.5.2 do apêndice 5 do anexo 4.

A compatibilidade electromagnética (CEM) do equipamento deve ser tal que minimize erros adicionais.

3.1.1. Erros de medida

O erro total de medida, incluindo a sensibilidade a outros gases (ver ponto 1.9 do apêndice 5 do anexo 4) não deve exceder ± 5 % da leitura ou $\pm 3,5$ % da escala completa, conforme o que for menor. Para as concentrações inferiores a 100 ppm, o erro de medição não deve ser superior a ± 4 ppm.

3.1.2. Repetibilidade

A repetibilidade, definida como 2,5 vezes o desvio-padrão de dez respostas consecutivas a um determinado gás de calibração, não deve ser superior a ± 1 % da concentração máxima para cada gama utilizada acima de 155 ppm (ou ppm C) ou ± 2 % de cada gama utilizada abaixo de 155 ppm (ou ppm C).

3.1.3. Ruído

A resposta pico a pico do analisador a gases de colocação no zero e de calibração durante qualquer período de 10 segundos não deve exceder 2 % da escala completa em todas as gamas utilizadas.

3.1.4. Desvio do zero

O desvio do zero durante um período de uma hora deve ser inferior a 2 % da escala completa na gama mais baixa utilizada. A resposta ao zero é definida como a resposta média, incluindo o ruído, a um gás de colocação no zero durante um intervalo de tempo de 30 segundos.

3.1.5 Desvio de calibração

O desvio de calibração durante um período de uma hora deve ser inferior a 2 % da escala completa na gama mais baixa utilizada. A calibração é definida como a diferença

entre a resposta à calibração e a resposta ao zero. A resposta à calibração é definida como a resposta média, incluindo o ruído, a um gás de calibração durante um intervalo de tempo de 30 segundos.

3.2. Secagem do gás

O dispositivo facultativo de secagem do gás deve ter um efeito mínimo na concentração dos gases medidos. Os exsiccantes químicos não constituem um método aceitável de remoção da água da amostra.

3.3. Analísadores

Os pontos 3.3.1 a 3.3.4 descrevem os princípios de medição a utilizar. O apêndice 6 do anexo 4 contém uma descrição pormenorizada dos sistemas de medição. Os gases a medir devem ser analisados com os instrumentos a seguir indicados. Para os analisadores não-lineares, é admitida a utilização de circuitos de linearização.

3.3.1. Análise do monóxido de carbono (CO)

O analisador do monóxido de carbono deve ser do tipo não dispersivo de absorção no infravermelho (NDIR).

3.3.2. Análise do dióxido de carbono (CO₂)

O analisador do dióxido de carbono deve ser do tipo não dispersivo de absorção no infravermelho (NDIR).

3.3.3. Análise dos hidrocarbonetos (HC)

No que diz respeito aos motores diesel e alimentados a GPL, o analisador de hidrocarbonetos deve ser do tipo aquecido de ionização por chama (HFID) com detector, válvulas, tubagens, etc., aquecidos de modo a manter a temperatura do gás a $463^{\circ}\text{K} \pm 10^{\circ}\text{K}$ ($190^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$). No que diz respeito aos motores a GN, o analisador de hidrocarbonetos pode ser do tipo não aquecido de ionização por chama (FID), dependendo do método utilizado (ver ponto 1.3 do apêndice 6 do anexo 4).

3.3.4. Análise dos hidrocarbonetos não metânicos (NMHC) (apenas motores a GN)

Os hidrocarbonetos não metânicos devem ser determinados por qualquer um dos seguintes métodos:

3.3.4.1 Cromatografia de fase gasosa (GC)

Os hidrocarbonetos não metânicos são determinados por subtracção do metano analisado com um cromatógrafo de fase gasosa (GC) condicionado a 423 K (150°C) dos hidrocarbonetos medidos de acordo com o ponto 3.3.3.

3.3.4.2. Separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC)

A determinação da fracção não metânica é efectuada com um NMC aquecido a funcionar em linha com o FID de acordo com o ponto 3.3.3, por subtracção do metano dos hidrocarbonetos.

3.3.5. Análise dos óxidos de azoto (NO_x)

O analisador de óxidos de azoto deve ser do tipo de quimioluminescência (CLD) ou do

tipo de quimioluminescência aquecido (HCLD) com conversor NO_2/NO , se a medição for feita em base seca. Se a medição for feita em base húmida, utiliza-se um analisador HCLD com conversor mantido acima de 328 K (55 °C), desde que a verificação do efeito de atenuação da água (ver ponto 1.9.2.2 do apêndice 5 do anexo 4) tenha sido satisfatória.

3.4. Recolha de amostras das emissões gasosas

3.4.1. Gases de escape brutos (ensaio ESC apenas)

As sondas de recolha de amostras das emissões gasosas devem ser instaladas pelo menos 0,5 m ou 3 vezes o diâmetro do tubo de escape - conforme o valor mais elevado - a montante da saída do sistema de gases de escape, tão longe quanto possível mas suficientemente próximo do motor de modo a assegurar uma temperatura dos gases de escape de pelo menos 343 K (70 °C) na sonda.

No caso de um motor multicilindros com um colector de escape ramificado, a entrada da sonda deve estar localizada suficientemente longe, a jusante, de modo a assegurar que a amostra seja representativa das emissões médias de escape de todos os cilindros. Nos motores multicilindros com grupos distintos de colectores, por exemplo nos motores em «V», é admissível obter uma amostra para cada grupo individualmente e calcular uma emissão média de escape. Podem ser utilizados outros métodos em relação aos quais se tenha podido demonstrar haver uma correlação com os métodos acima referidos. Para o cálculo das emissões de escape, deve ser utilizado o caudal mássico total dos gases de escape do motor.

Se o motor estiver equipado com um sistema de pós-tratamento do escape, a amostra de gases de escape deve ser tomada a jusante desse sistema.

3.4.2. Gases de escape diluídos (obrigatório para o ensaio ETC, facultativo para o ensaio ESC)

O tubo de escape entre o motor e o sistema de diluição do caudal total deve satisfazer os requisitos do ponto 2.3.1, EP, do apêndice 7 do anexo 4.

Instala(m)-se a(s) sonda(s) de recolha de amostras das emissões gasosas no túnel de diluição num ponto em que o ar de diluição e os gases de escape estejam bem misturados, e próximo da sonda de recolha de partículas.

No que diz respeito ao ETC, a recolha de amostras pode ser efectuada geralmente de dois modos:

- os poluentes são recolhidos num saco de recolha de amostras durante o ciclo e medidos após a finalização do ensaio;
- os poluentes são recolhidos continuamente e integrados ao longo do ciclo; este método é obrigatório para os HC e os NO_x .

4. DETERMINAÇÃO DAS PARTÍCULAS

A determinação das partículas exige um sistema de diluição. A diluição pode ser obtida por um sistema de diluição do caudal parcial (ensaio ESC exclusivamente) ou por um sistema de diluição do caudal total (obrigatório para o ensaio ETC). A capacidade de escoamento do sistema de diluição deve ser suficientemente grande para eliminar completamente a condensação de água nos sistemas de diluição e de recolha de amostras, e manter a temperatura dos gases de escape diluídos à temperatura de 325 K (52°C) ou menos, imediatamente a montante dos suportes dos filtros. É permitida a desumidificação do ar de diluição antes de entrar no sistema de diluição, sendo especialmente útil se a humidade do ar de diluição for elevada. A temperatura do ar de diluição deve ser de $298\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$). Se a temperatura ambiente for inferior a 293 K (20°C), recomenda-se o pré-aquecimento do ar de diluição acima do limite superior da temperatura de 303 K (30°C). Todavia, a temperatura do ar de diluição não deve exceder 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição.

O sistema de diluição do caudal parcial tem de ser concebido para separar a corrente de escape em duas partes, sendo a mais pequena diluída com ar e subsequentemente utilizada para a medição das partículas. É essencial que a razão de diluição seja determinada com muita exactidão. Podem ser utilizados diferentes métodos de separação; o tipo de separação seleccionado determina, em grande medida, os equipamentos e os processos de recolha de amostras a utilizar (ponto 2.2 do apêndice 6 do anexo 4). A sonda de recolha de amostras de partículas deve ser instalada próximo da sonda de recolha de amostras de emissões gasosas, devendo a instalação satisfazer o disposto no ponto 3.4.1.

Para determinar a massa das partículas, são necessários um sistema de recolha de amostras de partículas, filtros de recolha de amostras de partículas, uma balança capaz de pesar microgramas e uma câmara de pesagem controlada em termos de temperatura e de humidade.

Para a recolha de amostras de partículas, aplica-se o método do filtro único que utiliza um par de filtros (ver ponto 4.1.3) para todo o ciclo de ensaio. Para o ensaio ESC, deve-se prestar muita atenção aos tempos e aos caudais da recolha de amostras durante a fase de recolha do ensaio.

4.1. Filtros de recolha de amostras de partículas

4.1.1. Especificação dos filtros

São necessários filtros de fibra de vidro revestidos de fluorocarbono ou filtros de membrana à base de fluorocarbono. Todos os tipos de filtros devem ter um rendimento de recolha de 0,3 µm DOP (ftalato de dioctilo) de pelo menos 95 % a uma velocidade nominal do gás compreendida entre 35 e 80 cm/s.

4.1.2. Dimensão dos filtros

Os filtros de partículas devem ter um diâmetro mínimo de 47 mm (37 mm de diâmetro de parte eficaz). São aceitáveis filtros de maiores diâmetros (ponto 4.1.5).

4.1.3. Filtros primário e secundário

Durante a sequência de ensaios, recolhem-se os gases de escape diluídos por meio de um par de filtros colocados em série (um filtro primário e um secundário). O filtro secundário deve estar localizado no máximo 100 mm a jusante do filtro primário, sem estar em contacto com este. Os filtros podem ser pesados separadamente ou em conjunto, sendo colocados mancha contra mancha.

4.1.4. Velocidade nominal no filtro

Deve obter-se uma velocidade nominal do gás através do filtro compreendida entre 35 e 80 cm/s. O aumento da perda de carga entre o início e o fim do ensaio não deve ser superior a 25 kPa.

4.1.5. Carga do filtro

A carga mínima recomendada para o filtro é de 0,5 mg para uma superfície da mancha de 1 075 mm². Os valores para as dimensões de filtros mais correntes estão indicados na tabela 9.

Tabela 9: Cargas do filtro recomendadas

Diâmetro do filtro (mm)	Mancha recomendada	Carga mínima recomendada
47	37	0.5
70	60	1.3
90	80	2.3
110	100	3.6

4.2. Especificações da câmara de pesagem e da balança analítica

4.2.1. Condições na câmara de pesagem

A temperatura da câmara (ou sala) em que os filtros de partículas são condicionados e pesados deve ser mantida a $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22^\circ \text{ C} \pm 3^\circ \text{ C}$) durante todo o período de condicionamento e pesagem. A humidade deve ser mantida a um ponto de orvalho de $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($9,5^\circ \text{ C} \pm 3^\circ \text{ C}$) e a humidade relativa a $45 \% \pm 8 \%$.

4.2.2. Pesagem dos filtros de referência

O ambiente da câmara (ou sala) deve estar isento de quaisquer contaminantes ambientes (tais como poeira) que possam ficar nos filtros de partículas durante a sua fase de

estabilização. Serão admitidas perturbações das condições da câmara de pesagem, conforme assinalado no ponto 4.2.1, se a sua duração não exceder 30 minutos. A câmara de pesagem deve satisfazer as especificações exigidas antes da entrada do pessoal. Devem ser pesados pelo menos dois filtros de referência ou dois pares de filtros de referência não utilizados no prazo de 4 horas, mas de preferência ao mesmo tempo que o filtro (par) de recolha de amostras. Esses filtros devem ter as mesmas dimensões e ser do mesmo material que os filtros de recolha de amostras.

Se o peso médio dos filtros de referência (pares de filtros de referência) variar entre pesagens dos filtros de recolha de amostras em mais de $\pm 5\%$ ($\pm 7,5\%$ para o par de filtros) da carga mínima recomendada para os filtros (ponto 4.1.5), todos os filtros de recolha devem ser eliminados, repetindo-se o ensaio das emissões.

Se não forem satisfeitos os critérios de estabilidade da câmara de pesagem indicados no ponto 4.2.1, mas a pesagem dos filtros (pares de filtros) de referência satisfizer esses critérios, o fabricante dos motores tem a faculdade de aceitar os pesos dos filtros de recolha ou anular os ensaios, corrigir o sistema de controlo da câmara de pesagem e repetir os ensaios.

4.2.3. Balança analítica

A balança analítica utilizada para determinar os pesos de todos os filtros deve ter uma precisão (desvio-padrão) de 20 μg e uma resolução de 10 μg (1 dígito = 10 μg). Para os filtros de diâmetro inferior a 70 mm, a precisão e a resolução devem ser, respectivamente, de 2 μg e 1 μg .

4.2.4. Eliminação dos efeitos da electricidade estática

Para eliminar os efeitos da electricidade estática, os filtros devem ser neutralizados antes da pesagem, por exemplo por um neutralizador de polónio ou um dispositivo de efeito semelhante.

4.3. Especificações adicionais para a medição de partículas

Todas as peças do sistema de diluição e do sistema de recolha de amostras, desde o tubo de escape até ao suporte do filtro, que estejam em contacto com gases de escape brutos e diluídos, devem ser concebidas para minimizar a deposição ou alteração das partículas. Todas as peças devem ser feitas de materiais condutores de electricidade que não reajam a componentes dos gases de escape, e devem ser ligadas à terra para impedir efeitos electrostáticos.

5. DETERMINAÇÃO DA OPACIDADE DOS FUMOS

O presente ponto fornece especificações para os equipamentos de ensaio necessários e facultativos a utilizar para o ensaio ELR. Medem-se os fumos com um opacímetro que tenha um modo de leitura da opacidade e um modo de leitura do coeficiente de absorção

da luz. O modo de leitura da opacidade apenas se utiliza para a calibração e a verificação do opacímetro. Os valores dos fumos do ciclo de ensaio são medidos no modo de leitura do coeficiente de absorção da luz.

5.1. Exigências gerais

O ensaio ELR exige a utilização de um sistema de medida e de tratamento dos dados dos fumos que inclua três unidades funcionais. Essas unidades podem ser integradas num componente único ou fornecidas como um sistema de componentes interligados. As três unidades funcionais são:

- um opacímetro que satisfaça as especificações do ponto 3 do apêndice 7 do anexo 4;
- uma unidade de tratamento de dados capaz de realizar as funções descritas no ponto 6 do apêndice 1 do anexo 4;
- uma impressora e/ou um meio de armazenamento electrónico para registar e fornecer os valores necessários dos fumos especificados no ponto 6.3 do apêndice 1 do anexo 4.

5.2. Requisitos específicos

5.2.1. Linearidade

A linearidade deve estar compreendida entre $\pm 2 \%$ da opacidade.

5.2.2. Desvio do zero

O desvio do zero durante o período de uma hora não deve exceder $\pm 1 \%$ da opacidade

5.2.3. Visualização e gama do opacímetro

Para a visualização em opacidade, a gama é de 0 a 100 % de opacidade, e a capacidade de leitura, de 0,1 % da opacidade. Para a visualização em coeficiente de absorção da luz, a gama é de 0 - 30 m^{-1} do coeficiente de absorção de luz, e a capacidade de leitura, de 0,01 m^{-1} do coeficiente de absorção da luz.

5.2.4. Tempo de resposta do instrumento

O tempo de resposta física do opacímetro não deve exceder 0,2 s. O tempo de resposta física é a diferença entre os tempos em que a resposta de um receptor de resposta rápida atinge, respectivamente, 10 % e 90 % do desvio completo, quando a opacidade do gás que está a ser medido varia em menos de 0,1 s.

O tempo de resposta eléctrica do opacímetro não deve exceder 0,05 s. O tempo de resposta eléctrica é a diferença entre os tempos em que a saída de um receptor de

resposta rápida atinge, respectivamente, 10 % e 90 % da escala completa, quando a fonte de luz é interrompida ou completamente extinta em menos de 0,01 s.

5.2.5. Filtros de densidade neutra

Qualquer filtro de densidade neutra utilizado para efeitos de calibração do opacímetro, medição da linearidade ou regulação da sensibilidade deve ter um valor conhecido inferior a 1,0 % de opacidade. Pelo menos uma vez por ano deve verificar-se a precisão do valor nominal do filtro, utilizando uma referência ligada a uma norma nacional ou internacional.

Os filtros de densidade neutra são dispositivos de precisão que podem danificar-se facilmente durante a utilização. O seu manuseamento deve ser reduzido ao mínimo e, quando necessário, deve ser feito com cuidado para evitar arranhar ou sujar o filtro.

Anexo 4 - Apêndice 5

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

1. CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

1.1. Introdução

Cada analisador deve ser calibrado tantas vezes quantas as necessárias para satisfazer os requisitos de precisão do presente regulamento. Descreve-se aqui o método de calibração a utilizar para os analisadores indicados no ponto 3 do apêndice 4 do anexo 4 e no ponto 1 do apêndice 6 do anexo 4.

1.2. Gases de calibração

O prazo de validade de todos os gases de calibração deve ser respeitado.
A data de expiração desse prazo, indicada pelo fabricante dos gases, deve ser registada.

1.2.1. Gases puros

A pureza exigida para os gases é definida pelos limites de contaminação abaixo indicados. Deve-se dispor dos seguintes gases:

Azoto purificado

(Contaminação ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

Oxigénio purificado

(Pureza $\geq 99,5$ % vol O₂)

Mistura hidrogénio-hélio

(40 % \pm 2 % de hidrogénio, restante hélio)

(Contaminação ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

Ar de síntese purificado

(Contaminação ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(Teor de oxigénio compreendido entre 18 e 21 % vol)

Propano purificado ou CO para a verificação do CVS

1.2.2. Gases de calibração

Devem estar disponíveis misturas de gases com as seguintes composições químicas:

C₃H₈ e ar de síntese purificado (ver ponto 1.2.1);

CO e azoto purificado;

NO_x e azoto purificado (a quantidade de NO₂ contida neste gás de calibração não deve exceder 5 % do teor de NO);

CO₂ e azoto purificado;

CH₄ e ar de síntese purificado;

C₂H₆ e ar de síntese purificado.

Nota: São admitidas outras combinações de gases desde que estes não reajam entre si.

A concentração real de um gás de calibração deve ser o valor nominal com uma tolerância de $\pm 2\%$. Todas as concentrações dos gases de calibração devem ser indicadas em volume (percentagem ou ppm em volume).

Os gases utilizados para a calibração podem também ser obtidos através de um misturador-doseador de gás, por diluição de N₂ purificado ou ar de síntese purificado. A precisão do dispositivo misturador deve ser tal que a concentração dos gases de calibração diluídos possa ser determinada com uma aproximação de $\pm 2\%$.

1.3. Processo de operação dos analisadores e do sistema de recolha de amostras

O processo de funcionamento dos analisadores deve ser o indicado nas instruções de arranque e funcionamento do respectivo fabricante. Devem ser respeitados os requisitos mínimos indicados nos pontos 1.4 a 1.9.

1.4. Ensaio de estanquidade

Deve ser efectuado um ensaio de estanquidade do sistema. Desliga-se a sonda do sistema de escape e tapa-se a extremidade. Liga-se a bomba do analisador. Após um período inicial de estabilização, todos os medidores de caudais devem indicar zero. Se tal não acontecer, as linhas de recolha de amostras devem ser verificadas e a anomalia corrigida.

A taxa de fuga máxima admissível no lado do vácuo é de 0,5% do fluxo durante a utilização para a parte do sistema que está a ser verificada. Os caudais do analisador e do sistema de derivação podem ser utilizados para estimar os caudais em utilização.

Outro método consiste na introdução de uma modificação do patamar de concentração no início da linha de recolha de amostras passando do gás de colocação no zero para o gás de calibração. Se, após um período adequado de tempo, a leitura revelar uma concentração inferior à introduzida, este facto aponta para problemas de calibração ou de estanquidade.

1.5. Procedimento de calibração

1.5.1. Conjunto do instrumento

O conjunto do instrumento deve ser calibrado, sendo as curvas de calibração verificadas em relação a gases-padrão. Os caudais gasosos utilizados serão os mesmos que para a recolha de gases de escape.

1.5.2. Tempo de aquecimento

O tempo de aquecimento deve ser conforme às recomendações do fabricante. Se não for especificado, recomenda-se um mínimo de duas horas para o aquecimento dos analisadores.

1.5.3. Analisador NDIR e HFID

O analisador NDIR deve ser regulado conforme necessário e a chama de combustão do analisador HFID optimizada (ponto 1.8.1).

1.5.4. Calibração

Calibra-se cada uma das gamas de funcionamento normalmente utilizadas.

Utilizando ar de síntese purificado (ou azoto), põem-se em zero os analisadores de CO, CO₂, NO_x e HC.

Introduzem-se os gases de calibração adequados nos analisadores, sendo os valores registados e as curvas de calibração estabelecidas de acordo com o ponto 1.5.5.

Verifica-se novamente a regulação do zero e repete-se o procedimento de calibração, se necessário.

1.5.5. Estabelecimento da curva de calibração

1.5.5.1. Orientações gerais

A curva de calibração do analisador é estabelecida por, pelo menos, cinco pontos de calibração (excluindo o zero), espaçados tão uniformemente quanto possível. A concentração nominal mais elevada deve ser igual ou superior a 90 % da escala completa.

A curva de calibração é calculada pelo método dos mínimos quadrados. Se o grau de polinómio resultante for superior a 3, o número de pontos de calibração (incluindo o zero) deve ser pelo menos igual a esse grau acrescido de duas unidades.

A curva de calibração não deve afastar-se mais de ± 2 % do valor nominal de cada ponto

de calibração e mais de $\pm 1\%$ da escala completa no zero.

A partir da curva e dos pontos de calibração, é possível verificar se a calibração foi efectuada de modo correcto. Os diferentes parâmetros que caracterizam o analisador devem ser indicados, em especial:

- a gama de medida;
- a sensibilidade;
- a data em que a calibração foi efectuada.

1.5.5.2. Calibração abaixo dos 15 % da escala completa

A curva de calibração do analisador é estabelecida por, pelo menos, quatro pontos de calibração adicionais (excluindo o zero), nominalmente equidistantes, abaixo de 15 % da escala completa.

A curva de calibração é calculada pelo método dos mínimos quadrados.

A curva de calibração não deve afastar-se mais de $\pm 2\%$ do valor nominal de cada ponto de calibração e mais de $\pm 1\%$ da escala completa no zero.

1.5.5.3. Métodos alternativos

Podem ser utilizadas outras técnicas (por exemplo, computadores, comutadores de gama controlados electronicamente, etc.) se se puder provar que garantem uma precisão equivalente.

1.6. Verificação da calibração

Cada gama de funcionamento normalmente utilizada deve ser verificada antes de cada análise de acordo com o processo a seguir indicado.

Para verificar a calibração, utiliza-se um gás de colocação no zero e um gás de calibração cujo valor nominal seja superior a 80 % da escala completa da gama de medida.

Se, para dois pontos dados, o valor encontrado não diferir do valor de referência declarado em mais de $\pm 4\%$ da escala completa, os parâmetros de ajustamento podem ser modificados. Se não for este o caso, deve ser estabelecida uma nova curva de calibração de acordo com o ponto 1.5.5.

1.7. Ensaio de eficiência do conversor de NO_x

A eficiência do conversor utilizado para a conversão de NO₂ em NO é ensaiada conforme indicado nos pontos 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

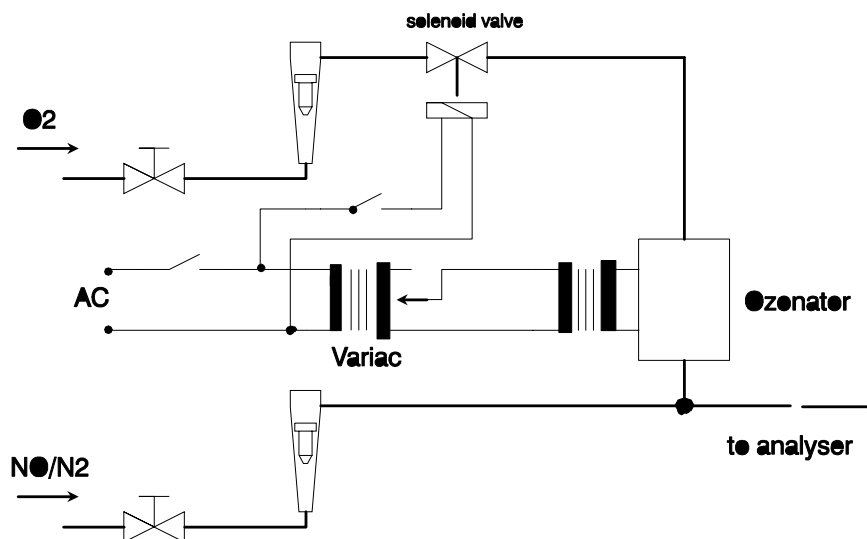


Figura 6: Esquema de um conversor de NO₂

Legenda da figura 6:

EN	PT
Solenoid valve	válvula solenóide
Variac	variatic
Ozonator	ozonizador
To analyser	Para o analisador

1.7.1. Instalação de ensaio

Usando a instalação indicada na figura 6 (ver também ponto 3.3.5 do apêndice 4 do anexo 4) e o processo a seguir indicado, a eficiência dos conversores pode ser ensaiada através de um ozonizador.

1.7.2. Calibração

Calibram-se o CLD e o HCLD na gama de funcionamento mais comum seguindo as especificações do fabricante e utilizando um gás de colocação no zero e um gás de calibração (cujo teor de NO deve ser igual a cerca de 80 % da gama de funcionamento; a concentração de NO₂ da mistura de gases deve ser inferior a 5 % da concentração de NO). O analisador de NO_x deve estar no modo NO para que o gás de calibração não passe através do conversor. A concentração indicada tem que ser registada.

1.7.3. Cálculos

Calcula-se a eficiência do conversor de NO_x do seguinte modo:

$$\text{Efficiency}(\%) = \left(1 + \frac{a - b}{c - d}\right) * 100$$

Legenda:

EN	PT
Efficiency	Eficiência

em que:

- a é a concentração de NO_x de acordo com o ponto 1.7.6;
- b é a concentração de NO_x de acordo com o ponto 1.7.7;
- c é a concentração de NO_x de acordo com o ponto 1.7.4;
- d é a concentração de NO de acordo com o ponto 1.7.5.

1.7.4. Adição de oxigénio

Através de um T, junta-se continuamente oxigénio ou ar de colocação no zero ao caudal de gás até que a concentração indicada seja cerca de 20 % menor do que a concentração de calibração indicada no ponto 1.7.2. (O analisador está no modo NO). Regista-se a concentração «c» indicada. O ozonizador mantém-se desactivado ao longo deste processo.

1.7.5. Activação do ozonizador

Activa-se agora o ozonizador para fornecer o ozono suficiente para fazer baixar a concentração de NO a cerca de 20 % (mínimo 10 %) da concentração de calibração indicada no ponto 1.7.2. Regista-se a concentração «d» indicada (o analisador está no modo NO).

1.7.6. Modo NO_x

Comuta-se então o analisador de NO para o modo NO_x para que a mistura de gases (constituída de NO, NO₂, O₂ e N₂) passe agora através do conversor. Regista-se a concentração «c» indicada. (O analisador está no modo NO_x).

1.7.7. Desactivação do ozonizador

Desactiva-se o ozonizador. A mistura de gases descrita no ponto 1.7.6 passa através do conversor para o detector. Regista-se a concentração «b» indicada. (O analisador está no modo NO_x).

1.7.8. Modo NO

Comutado para o modo NO com o ozonizador desactivado, o fluxo de oxigénio ou de ar de síntese é também desligado. A leitura de NO_x do analisador não deve desviar-se mais de ± 5 % do valor medido de acordo com o ponto 1.7.2. (O analisador está no modo NO).

1.7.9. Intervalo dos ensaios

A eficiência do conversor deve ser ensaiada antes de cada calibração do analisador de NO_x .

1.7.10. Eficiência exigida

O rendimento do conversor não deve ser inferior a 90%, mas recomenda-se vivamente um rendimento, mais elevado, de 95 %.

Nota: Se, estando o analisador na gama mais comum, o ozonizador não permitir obter uma redução de 80 % para 20 % de acordo com o ponto 1.7.5, deve-se utilizar a gama mais alta que dê esta redução.

1.8. Regulação do FID

1.8.1. Optimização da resposta do detector

O FID deve ser regulado de acordo com as indicações do fabricante. Deve-se utilizar um gás de calibração contendo propano em ar para otimizar a resposta na gama de funcionamento mais comum.

Com os caudais de combustível e de ar regulados de acordo com as recomendações do fabricante, introduz-se no analisador um gás de calibração com uma concentração de C de $350 \text{ ppm} \pm 75 \text{ ppm}$. Determina-se a resposta a um dado caudal de combustível a partir da diferença entre a resposta com um gás de calibração e a resposta com um gás de colocação no zero. O caudal de combustível deve ser aumentado e reduzido progressivamente em relação à especificação do fabricante. Registam-se as respostas, com o gás de calibração e o gás de colocação no zero, a esses caudais de combustível. Desenha-se a curva da diferença entre as duas respostas e ajusta-se o fluxo de combustível em função da parte mais rica da curva.

1.8.2. Factores de resposta para hidrocarbonetos

Calibra-se o analisador utilizando propano em ar e ar de síntese purificado, de acordo com o ponto 1.5.

Os factores de resposta devem ser determinados ao colocar um analisador em serviço e após longos intervalos de manutenção. O factor de resposta (R_f) para uma dada espécie de hidrocarboneto é a relação entre a leitura C1 no FID e a concentração de gás no cilindro, expressa em ppm C1.

A concentração do gás de ensaio deve situar-se a um nível que dê uma resposta de cerca de 80 % da escala completa. A concentração deve ser conhecida com uma precisão de $\pm 2 \%$ em relação a um padrão gravimétrico expresso em volume. Além disso, o cilindro de gás deve ser pré-condicionado durante 24 horas à temperatura de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

Os gases de ensaio a utilizar e as gamas de factores de resposta recomendadas são os seguintes:

Metano e ar de síntese purificado: $1,00 \leq R_f \leq 1,15$ (motores diesel e a GPL)

Metano e ar de síntese purificado: $1,00 \leq R_f \leq 1,07$ (motores a GN)

Propileno e ar de síntese purificado: $0,90 \leq R_f \leq 1,1$

Tolueno e ar de síntese purificado $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Estes valores referem-se ao factor de resposta (R_f) de 1,00 para o propano e o ar de síntese purificado.

1.8.3. Verificação da interferência do oxigénio

A verificação da interferência do oxigénio deve ser efectuada ao colocar um analisador em serviço e após longos intervalos de manutenção.

O factor de resposta é definido e determina-se conforme descrito no ponto 1.8.2. O gás de ensaio a utilizar e a gama de factores de resposta recomendada são os seguintes:

Propano e azoto $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Estes valores são relativos ao factor de resposta (R_f) de 1,00 para o propano e o ar de síntese purificado.

A concentração de oxigénio no ar do queimador do FID não deve diferir mais de $\pm 1 \%$ (percentagem molar) da concentração de oxigénio no ar do queimador utilizado na última verificação da interferência do oxigénio. Se a diferença for superior, a interferência do oxigénio deve ser verificada e o analisador regulado, se necessário.

1.8.4. Eficiência do separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC, apenas para os motores a GN)

O NMC é utilizado para a remoção de hidrocarbonetos não metânicos da amostra de gás através da oxidação de todos os hidrocarbonetos com excepção do metano. Idealmente, a conversão para o metano é 0 %, e para os outros hidrocarbonetos, representados pelo etano, é 100 %. Para a medição precisa dos HC não metânicos, determinam-se as duas eficiências que se utilizam para o cálculo do caudal mássico das emissões de HC não metânicos (ver ponto 4.3 do apêndice 2 do anexo 4).

1.8.4.1. Eficiência do metano

Faz-se passar um gás de calibração do metano através do FID com ou sem passagem pelo NMC, sendo as duas concentrações registadas. Determina-se a eficiência do seguinte modo:

$$CE_M = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

em que:

conc_w = concentração de HC com o CH_4 a passar através do NMC;

$\text{conc}_{w/o}$ = concentração de HC com o CH_4 sem passar através do NMC.

1.8.4.2. Eficiência do etano

Faz-se passar um gás de calibração do etano através do FID com ou sem passagem pelo NMC, sendo as duas concentrações registadas. Determina-se a eficiência do seguinte modo:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

em que:

conc_w = concentração de HC com o C_2H_6 a passar através do NMC,

$\text{conc}_{w/o}$ = concentração de HC com o C_2H_6 sem passar através do NMC.

1.9. Efeitos de interferência com os analisadores de CO , CO_2 , and NO_x

Os gases presentes no escape que não sejam o que está a ser analisado podem interferir na leitura de vários modos. Há interferência positiva nos instrumentos NDIR quando o gás que interfere dá o mesmo efeito que o gás que está a ser medido, mas em menor grau. Há interferência negativa nos instrumentos NDIR quando o gás que interfere alarga a banda de absorção do gás que está a ser medido, e nos instrumentos CLD quando o gás que interfere atenua a radiação. As verificações de interferência indicadas nos pontos 1.9.1 e 1.9.2 devem ser efectuadas antes da utilização inicial do analisador e após longos intervalos de manutenção.

1.9.1. Verificação da interferência no analisador de CO

A água e o CO_2 podem interferir com o comportamento do analisador de CO . Assim, borbulha-se em água à temperatura ambiente um gás de calibração que contenha CO_2 com uma concentração de 80 % a 100 % da escala completa da gama de funcionamento máxima utilizada durante o ensaio, registando-se a resposta do analisador. A resposta do analisador não deve ser superior a 1 % o da escala completa para as gamas iguais ou superiores a 300 ppm ou superior a 3 ppm para as gamas inferiores a 300 ppm.

1.9.2. Verificações da atenuação do analisador de NO_x

Os dois gases a considerar para os analisadores CLD (e HCLD) são o CO_2 e o vapor de

água. Os graus de atenuação desses gases são proporcionais às suas concentrações, e exigem portanto técnicas de ensaio para determinar o efeito de atenuação às concentrações mais elevadas esperadas durante o ensaio.

1.9.2.1. Verificação do efeito de atenuação do CO₂

Faz-se passar através do analisador NDIR um gás de calibração do CO₂ com uma concentração de 80 % a 100 % da escala completa da gama máxima de funcionamento, registando-se o valor de CO₂ como A. A seguir dilui-se cerca de 50 % com um gás de calibração do NO e passa-se através do NDIR e do (H)CLD, registando-se os valores de CO₂ e NO como B e C, respectivamente. Fecha-se a entrada de CO₂ e deixa-se passar apenas o gás de calibração do NO através do (H)CLD, registando-se o valor de NO como D.

O efeito de atenuação, que não deve ser superior a 3 % da escala completa, é calculado do modo a seguir indicado:

$$\% \text{ Quench} = \left[1 - \left(\frac{(C * A)}{(D * A) - (D * B)} \right) \right] * 100$$

Legenda:

EN	PT
%Quench	% Atenuação

em que:

A é a concentração do CO₂ não diluído medida com o NDIR (%);

B é a concentração do CO₂ diluído medida com o NDIR (%);

C é a concentração do NO diluído medida com o (H)CLD (ppm);

D concentração do NO não diluído medida com o (H)CLD (ppm).

Podem-se utilizar métodos alternativos de diluição e de quantificação dos valores dos gases de calibração do CO₂ do NO tais como a mistura dinâmica.

1.9.2.2. Verificação do efeito de atenuação da água

Esta verificação aplica-se apenas às medições das concentrações de gases em base húmida. O cálculo do efeito de atenuação da água deve ter em consideração a diluição do gás de calibração do NO com vapor de água e o estabelecimento de uma relação entre a concentração de vapor de água da mistura e a prevista durante o ensaio.

Faz-se passar através do (H)CLD um gás de calibração do NO com uma concentração de 80 % a 100 % da escala completa da gama de funcionamento normal, registando-se o valor de NO como D. Borbulha-se o gás de calibração do NO em água à temperatura

ambiente, fazendo-se passar esse gás através do (H)CLD e registando-se o valor de NO como C. Determinam-se a pressão absoluta de funcionamento do analisador e a temperatura da água, registando-se os valores como E e F, respectivamente. Determina-se a pressão do vapor de saturação da mistura que corresponde à temperatura da água (F), sendo o seu valor registado como G. A concentração do vapor de água (H, em %) da mistura é calculada do seguinte modo:

$$H = 100 * (G/E)$$

A concentração prevista (De) do gás de calibração do NO diluído (em vapor de água) é calculada do seguinte modo:

$$De = D * (1 - H/100)$$

Para os gases de escape dos motores diesel, estima-se a concentração máxima de vapor de água (Hm, em %) prevista durante o ensaio, na hipótese de uma relação atómica H/C do combustível de 1,8 para 1, a partir da concentração do gás de calibração do CO₂ não diluído (A, medido como se indica no ponto 1.9.2.1), do seguinte modo:

$$Hm = 0,9 * A$$

O efeito de atenuação, que não deve ser superior a 3 % da escala completa, é calculado do modo a seguir indicado:

$$\% \text{ atenuação} = 100 * [(De - C)/De] * (Hm/H)$$

em que:

De é a concentração prevista do NO diluído (ppm);

C é a concentração do NO diluído (ppm);

Hm é a concentração máxima do vapor de água (%);

H é a concentração real do vapor de água (%).

Nota: É importante que o gás de calibração do NO contenha uma concentração mínima de NO₂ para esta verificação, dado que a absorção do NO₂ pela água não foi tida em consideração nos cálculos do efeito de atenuação.

1.10. Intervalos de calibração

Os analisadores devem ser calibrados de acordo com o ponto 1.5 pelo menos de três em três meses ou sempre que haja uma reparação ou mudança do sistema que possa influenciar a calibração.

2. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA CVS

2.1. Informações de carácter geral

Calibra-se o sistema CVS utilizando um medidor de caudais de precisão previsto em normas nacionais ou internacionais e um dispositivo de restrição do caudal. Mede-se o caudal através do sistema a diferentes posições de restrição, sendo os parâmetros de regulação do sistema medidos e relacionados com o caudal.

Podem-se utilizar vários tipos de medidores de caudais, a saber, venturi calibrado, medidor de caudais laminar calibrado, etc.

2.2. Calibração da bomba volumétrica (PDP)

Todos os parâmetros relacionados com a bomba devem ser medidos em simultâneo com os parâmetros relacionados com o medidor de caudais que está ligado em série à bomba.

Pode-se então traçar a curva do caudal calculado (expresso em m³/min à entrada da bomba, à pressão e temperatura absolutas) referido a uma função de correlação correspondente a uma combinação dada de parâmetros da bomba. Determina-se então a equação linear que exprime a relação entre o caudal da bomba e a função de correlação.

Se a bomba do sistema CVS tiver várias velocidades de funcionamento, deve-se executar uma operação de calibração para cada velocidade utilizada. Deve-se manter a estabilidade da temperatura durante a calibração.

2.2.1. Análise dos dados

Calcula-se o caudal de ar (Q_s) em cada regulação da restrição (mínimo 6 regulações) em m³/min standard a partir dos dados do medidor de caudais e utilizando o método prescrito pelo fabricante. O caudal de ar é então convertido em caudal da bomba (V₀) em m³/rot à temperatura e pressão absolutas à entrada da bomba do seguinte modo:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} * \frac{T}{273} * \frac{101.3}{P_A}$$

em que:

Q_s = caudal de ar nas condições normais (101,3 kPa, 273 K), m³/s;

T = temperatura à entrada da bomba, em K;

p_A = pressão absoluta à entrada da bomba (p_B - p_I), kPa;

n = velocidade da bomba, rot/s

Para ter em conta a interacção das variações de pressão da bomba e a taxa de escorregamento da bomba, calcula-se a função de correlação (X₀) entre a velocidade da bomba, o diferencial de pressão entre a entrada e saída da bomba e a pressão absoluta à saída da bomba do seguinte modo:

$$X_0 = \frac{1}{n} * \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

em que:

Δp_p = diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba, em kPa;

p_A = pressão absoluta à saída da bomba, em kPa.

Executa-se um ajustamento linear pelo método dos mínimos quadrados para obter a equação de calibração como segue:

$$V_0 = D_0 - m * (X_0)$$

D_0 e m são as constantes da ordenada na origem e do declive, respectivamente, que descrevem as curvas de regressão.

No que diz respeito ao sistema CVS com várias velocidades de funcionamento, as curvas de calibração obtidas para as diferentes gamas de caudais da bomba devem ser sensivelmente paralelas e os valores da ordenada na origem (D_0) devem aumentar quando decrescer a gama do caudal da bomba.

Os valores calculados a partir da equação devem situar-se a $\pm 0,5 \%$ do valor medido de V_0 . Os valores de m variam de uma bomba para outra. O influxo de partículas ao longo do tempo fará com que o escorregamento da bomba diminua, conforme reflectido pelos valores inferiores de m . Assim sendo, a calibração deve ser efectuada aquando da entrada em serviço da bomba, após qualquer operação importante de manutenção e se a verificação total do sistema (ponto 2.4) indicar uma alteração da taxa de escorregamento.

2.3. Calibração do tubo de Venturi de escoamento crítico (CFV)

A calibração do CFV é baseada na equação de caudal de um venturi de escoamento crítico. O caudal do gás é função da pressão e da temperatura de entrada, como se indica a seguir:

$$Q_s = \frac{K_v * p_A}{\sqrt{T}}$$

em que:

K_v = coeficiente de calibração;

p_A = pressão absoluta à entrada do venturi, kPa;

T = temperatura à entrada do venturi, em K.

2.3.1. Análise dos dados

Calcula-se o caudal de ar (Q_s) em cada regulação da restrição (mínimo 8 regulações) em m^3/min standard a partir dos dados do medidor de caudais e utilizando o método prescrito pelo fabricante. Calcula-se o coeficiente de calibração a partir dos dados de calibração para cada posição como segue:

$$K_v = \frac{Q_s * \sqrt{T}}{p_A}$$

em que:

- Q_s = caudal de ar nas condições normais (101,3 kPa, 273 K), m³/s;
 T = temperatura à entrada do tubo de Venturi, em K;
 p_A = pressão absoluta à entrada do venturi, kPa.

Para determinar a gama de caudal crítico, estabelece-se uma curva de K_v em função da pressão à entrada do venturi. Para um caudal crítico (bloqueado), K_v tem um valor sensivelmente constante. Quando a pressão diminui (e a depressão aumenta), o venturi desbloqueia-se e K_v decresce, o que indica que o CFV está a funcionar fora da gama admissível.

Para um número mínimo de oito pontos do caudal crítico, calcula-se o valor médio de K_v e o desvio-padrão. O desvio-padrão não deve exceder $\pm 0,3$ % do valor médio de K_v .

2.4. Controlo do conjunto do sistema

Determina-se a precisão total do sistema de recolha de amostras CVS e do sistema analítico pela introdução de uma massa conhecida de um gás poluente no sistema enquanto este funciona de modo normal. Efectua-se a análise e calcula-se a massa do poluente de acordo com o ponto 4.3 do apêndice 2 do anexo 4, excepto no caso do propano, em que se utiliza um factor de 0,000472 em vez de 0,000479 para o HC. Utiliza-se qualquer uma das seguintes técnicas.

2.4.1. Medição com um orifício de caudal crítico

Introduz-se uma quantidade conhecida de gás puro (monóxido de carbono ou propano) no sistema CVS através de um orifício de caudal crítico calibrado. Se a pressão à entrada for suficientemente elevada, o caudal, que é ajustado através do orifício de caudal crítico, é independente da pressão à saída do orifício (\equiv caudal crítico). Faz-se funcionar o sistema CVS como num ensaio de emissões de escape normal durante cerca de 5 ou 10 minutos. Analisa-se uma amostra de gás com os equipamentos usuais (saco de recolha de amostras ou método de integração) e calcula-se a massa do gás. A massa assim determinada deve estar a ± 3 % do valor conhecido da massa do gás injectado.

2.4.2. Medição por meio de uma técnica gravimétrica

Determina-se a massa de um pequeno cilindro cheio com monóxido de carbono ou propano com uma precisão de $\pm 0,01$ g. Faz-se funcionar o sistema CVS durante cerca de 5 ou 10 minutos como num ensaio de emissões de escape normal, enquanto é injectado o monóxido de carbono ou propano para o sistema. Determina-se a

quantidade de gás puro introduzido no sistema medindo a diferença de massa do cilindro. Analisa-se uma amostra de gás com os equipamentos usuais (saco de recolha de amostras ou método de integração) e calcula-se a massa do gás. A massa assim determinada deve estar a $\pm 3 \%$ do valor conhecido da massa do gás injectado.

3. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE PARTÍCULAS

3.1. Introdução

Cada analisador deve ser calibrado tantas vezes quantas as necessárias para satisfazer os requisitos de precisão do presente regulamento. Descreve-se aqui o método de calibração a utilizar para os analisadores indicados no ponto 4 do apêndice 4 do anexo 4 e no ponto 2 do apêndice 6 do anexo 4.

3.2. Medição dos caudais

A calibração dos medidores de caudais de gás ou de outros aparelhos de medição de caudais deve ser feita de acordo com normas internacionais e/ou nacionais. O erro máximo do valor medido deve estar dentro de um intervalo de $\pm 2 \%$ da leitura.

Se o caudal de gás for determinado pela diferença de caudais, o erro máximo da diferença deve ser tal que a precisão de G_{EDF} esteja dentro do intervalo $\pm 4 \%$ (ver também ponto 2.2.1, EGA, do apêndice 6 do anexo 4). O cálculo pode ser feito tirando a raiz quadrada da média dos quadrados dos erros de cada instrumento.

3.3. Verificação das condições de caudal parcial

A gama das velocidades dos gases de escape e as oscilações de pressão devem ser verificadas e reguladas de acordo com os requisitos do ponto 2.2.1, EP, do apêndice 7 do anexo 4, se aplicável.

3.4. Intervalos de calibração

A instrumentação de medida do caudal deve ser calibrada pelo menos de 3 em 3 meses ou sempre que ocorra uma reparação ou mudança do sistema que possa influenciar a calibração.

4. CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE MEDIDA DOS FUMOS

4.1. Introdução

O opacímetro deve ser calibrado tantas vezes quantas as necessárias para satisfazer os requisitos de precisão do presente regulamento. Descreve-se aqui o método de calibração a utilizar para os analisadores indicados no ponto 5 do apêndice 4 do anexo 4 e no ponto 3 do apêndice 7 do anexo 4.

4.2. Procedimento de calibração

4.2.1. Tempo de aquecimento

Aquece-se e estabiliza-se o opacímetro de acordo com as recomendações do seu fabricante. Se o opacímetro estiver equipado com um sistema de purga por ar para impedir que a parte óptica do aparelho fique suja de fuligem, activa-se e ajusta-se esse sistema também de acordo com as recomendações do fabricante.

4.2.2. Estabelecimento da linearidade da resposta

Verifica-se a linearidade do opacímetro no modo de leitura da opacidade de acordo com as recomendações do fabricante. Introduzem-se no opacímetro três filtros de densidade neutra e de transmitância conhecida que satisfaçam os requisitos do ponto 5.2.5 do apêndice 4 do anexo 4, e registam-se os valores. Os filtros de densidade neutra devem ter opacidades nominais de cerca de 10 %, 20 % e 40 %.

A linearidade não deve divergir do valor nominal do filtro de densidade neutra mais de ± 2 % da opacidade. Qualquer não-linearidade que exceda o valor acima indicado deve ser corrigida antes do ensaio.

4.3. Intervalos de calibração

Os opacímetro deve ser calibrado de acordo com o ponto 4.2.2 pelo menos de três em três meses ou sempre que haja uma reparação ou mudança do sistema que possa influenciar a calibração.

Anexo 4 – Apêndice 6

SISTEMAS DE ANÁLISE E DE RECOLHA DE AMOSTRAS

1. DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES GASOSAS

1.1. Introdução

O ponto 1.2 e as figuras 7 e 8 contêm descrições pormenorizadas dos sistemas recomendados de recolha de amostras e de análise. Dado que várias configurações podem produzir resultados equivalentes, não é necessário respeitar rigorosamente estas figuras. Podem ser utilizados componentes adicionais tais como instrumentos, válvulas, solenóides, bombas e comutadores para obter outras informações e coordenar as funções dos sistemas. Outros componentes que não sejam necessários para manter a precisão em alguns sistemas podem ser excluídos se a sua exclusão se basear no bom senso técnico.

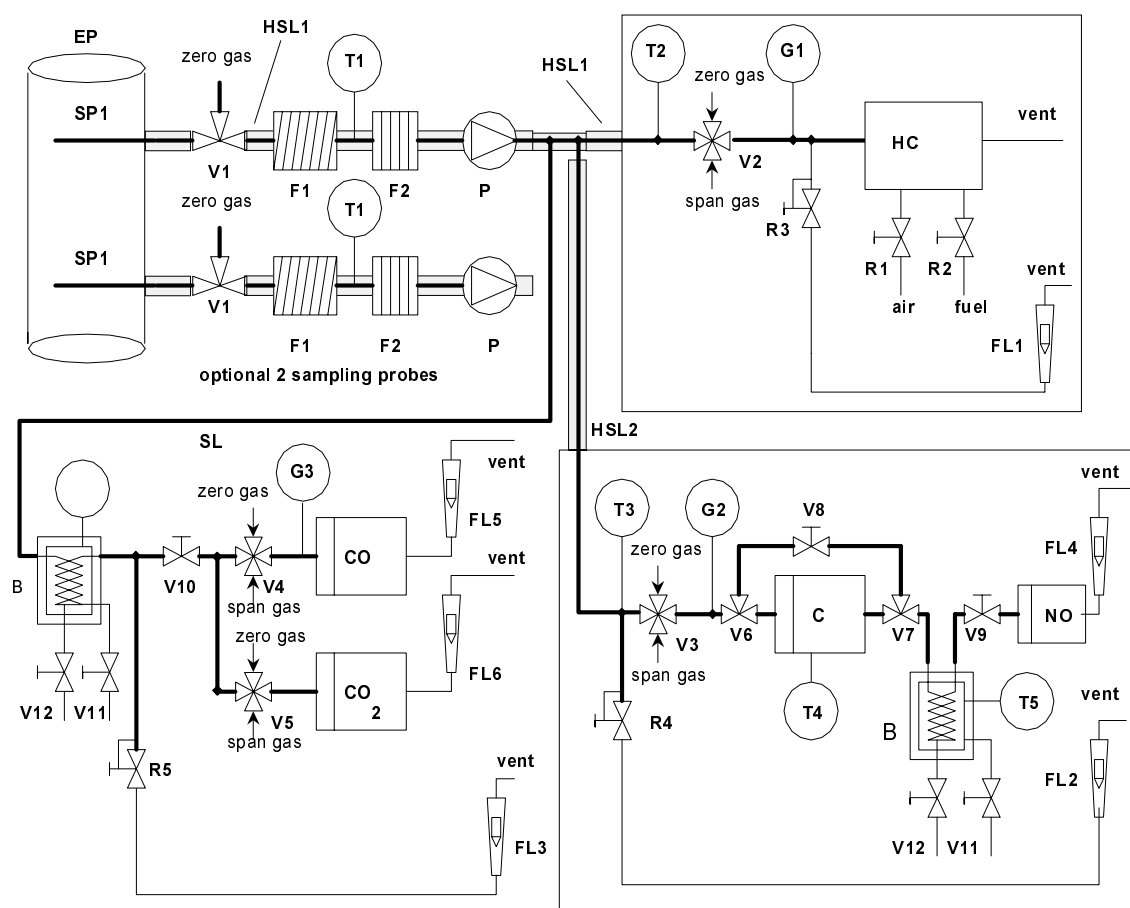


Figura 7 - Diagrama do sistema de análise dos gases de escape brutos para o CO, o CO₂, os NO_x e os HC, apenas ensaio ESC

Legenda da figura 7:

EN	PT
Zero gas	Gás de colocação no zero
Span gas	Gás de calibração
Optional 2 sampling probes	Facultativo 2 sondas de recolha de amostras
Air	Ar
Fuel	Combustível

1.2. Descrição do sistema de análise

Descreve-se seguidamente um sistema de análise para a determinação das emissões gasosas dos gases de escape brutos (figura 7, ensaio ESC apenas) ou diluídos (figura 8, ensaios ETC e ESC), baseado na utilização de:

- analisador HFID para a medição dos hidrocarbonetos;
- analisadores NDIR para a medição do monóxido de carbono e do dióxido de carbono;
- detector HCLD ou equivalente para a medição dos óxidos de azoto.

A amostra de todos os componentes pode ser retirada por meio de uma sonda ou de duas sondas de recolha próximas uma da outra e dividida(s) internamente para diferentes analisadores. Deve-se velar por que nenhum componente dos gases de escape (incluindo a água e o ácido sulfúrico) se condense num ponto qualquer do sistema de análise.

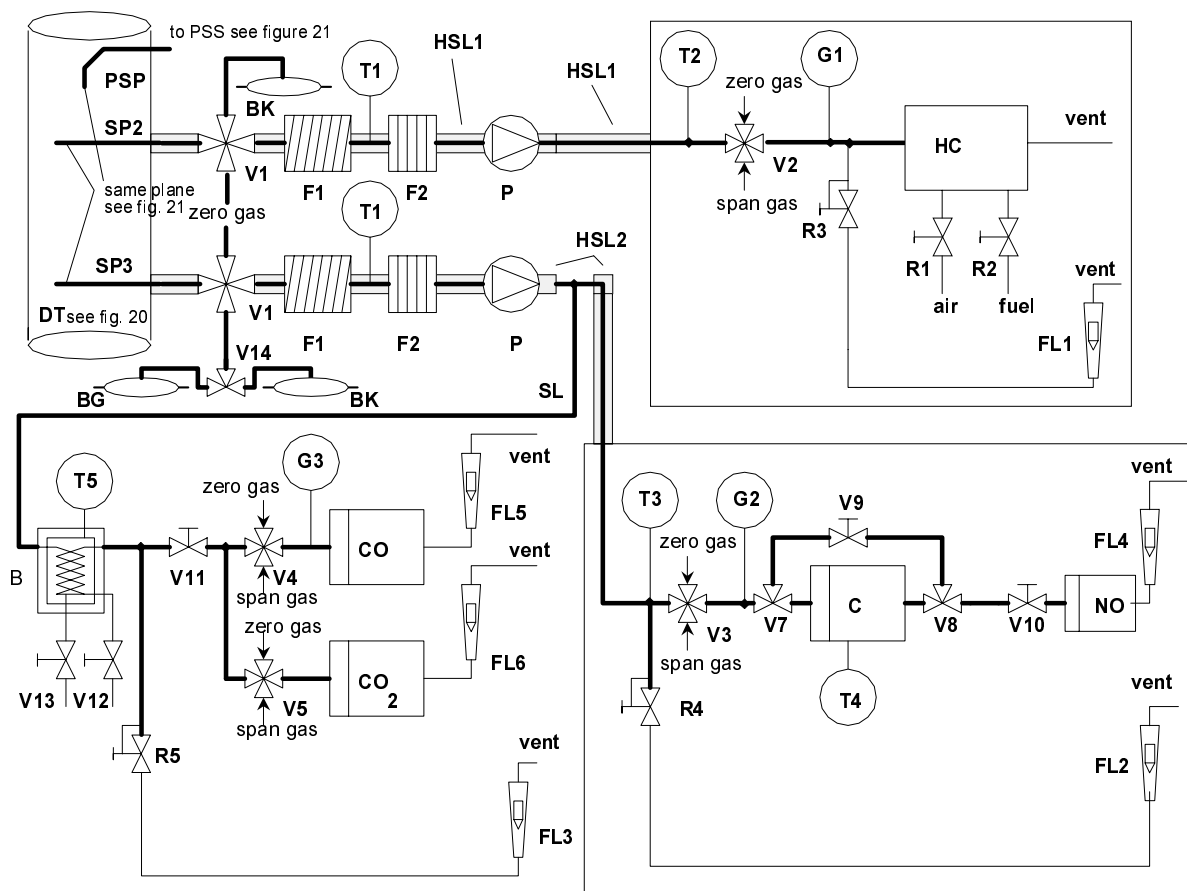


Figura 8 - Diagrama do sistema de análise dos gases de escape diluídos para o CO₂, o NO_x, os NO_x, e os HC (ensaio ETC, facultativo para o ensaio ESC)

Legenda da figura 8:

EN	PT
Zero gas	Gás de colocação no zero
Span gas	Gás de calibração
To PSS see figure 21	Para o sistema de recolha de amostras de partículas (PSS) ver figura 21
Same plane see fig. 21	No mesmo plano, ver fig. 21
See fig. 20	Ver fig. 20

1.2.1. Componentes das figuras 7 e 8

EP Tubo de escape

SP1 Sonda de recolha de gases de escape (figura 7 apenas)

Recomenda-se uma sonda de aço inoxidável rectilínea, fechada na extremidade e com vários orifícios. O diâmetro interior não deve ser maior do que o diâmetro interior da conduta de recolha. A espessura da parede da sonda não deve ser superior a 1 mm.

Deve haver um mínimo de três orifícios em três planos radiais diferentes, dimensionados para recolher aproximadamente o mesmo caudal. A sonda deve abarcar pelo menos 80 % do diâmetro do tubo de escape. Podem utilizar-se uma ou duas sondas de recolha.

SP2 Sonda de recolha de HC nos gases de escape diluídos (figura 8 apenas)

A sonda deve:

- ser, por definição, constituída pela primeira secção de 254 mm a 762 mm da conduta de recolha aquecida HSL1;
- ter um diâmetro interior mínimo de 5 mm;
- ser instalada no túnel de diluição DT (ver ponto 2.3, figura 20) num ponto em que o ar de diluição e os gases de escape estejam bem misturados (ou seja, aproximadamente a uma distância de 10 vezes o diâmetro do túnel a jusante do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição);
- estar suficientemente afastada (radialmente) de outras sondas e da parede do túnel de modo a não sofrer a influência de quaisquer ondas ou turbilhões;
- ser aquecida de modo a aumentar a temperatura da corrente de gás até $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) à saída da sonda.

SP3 Sonda de recolha de CO, CO₂, NO_x nos gases de escape diluídos (figura 8 apenas)

A sonda deve:

- estar no mesmo plano que a sonda SP2;
- estar suficientemente afastada (radialmente) de outras sondas e da parede do túnel de modo a não sofrer a influência de quaisquer ondas ou turbilhões;
- estar aquecida e isolada ao longo de todo o seu comprimento até uma temperatura mínima de 328 K (55°C) para evitar a condensação da água.

HSL1 Conduta de recolha de amostras aquecida

A conduta de recolha serve de passagem aos gases recolhidos desde a sonda única até ao(s) ponto(s) de separação e ao analisador de HC.

A conduta deve:

- ter um diâmetro interior mínimo de 5 mm e máximo de 13,5 mm;
- ser de aço inoxidável ou de PTFE;
- manter uma temperatura de paredes de $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), medida em cada uma das secções aquecidas controladas separadamente, se a temperatura dos gases de escape na sonda de recolha for igual ou inferior a 463 K (190°C);
- manter uma temperatura de paredes superior a 453 K (180°C) se a temperatura dos gases de escape na sonda de recolha for superior a 463 K (190°C);
- manter a temperatura dos gases a $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) imediatamente antes do filtro aquecido F2 e do HFID.

HSL2 Conduta de recolha dos NO_x , aquecida

A conduta deve:

- manter uma temperatura de paredes compreendida entre 328 K e 473 K (55°C e 200°C) até ao conversor C se se utilizar um banho de arrefecimento B, e até ao analisador no caso contrário;
- ser de aço inoxidável ou de PTFE.

SL Conduta de recolha para o CO e o CO_2

A conduta deve ser de aço inoxidável ou PTFE. Pode ser aquecida ou não.

BK Saco dos elementos de fundo (facultativo; figura 8 apenas)

Este saco serve para a medição das concentrações de fundo.

BG Saco aco de recolha de amostras (facultativo; figura 8, CO e CO_2 apenas)

Este saco serve para a medição das concentrações das amostras.

F1 Pré-filtro aquecido (facultativo)

A temperatura deve ser a mesma que a da conduta HSL1.

F2 Filtro aquecido

O filtro deve extrair quaisquer partículas sólidas da amostra de gases antes do analisador. A temperatura deve ser a mesma que a da conduta HSL1. O filtro deve ser mudado quando necessário.

P Bomba de recolha de amostras aquecida

A bomba deve ser aquecida até à temperatura da conduta HSL1.

HC Detector aquecido de ionização por chama (HFID) para a determinação dos hidrocarbonetos.

Deve-se manter a temperatura entre 453 K e 473 K (180°C a 200°C).

CO e CO₂ Analisadores NDIR para a determinação do monóxido de carbono e do dióxido de carbono (facultativo para a determinação da razão de diluição para medição de partículas).

NO Analisador CLD ou HCLD para a determinação dos óxidos de azoto

Se for utilizado um HCLD, este deve ser mantido a uma temperatura compreendida entre 328 K e 473 K (55°C e 200°C).

C Conversor

Utiliza-se um conversor para a redução catalítica de NO₂ em NO antes da análise no CLD ou HCLD.

B Banho de arrefecimento (facultativo)

Para arrefecer e condensar a água contida na amostra de gases de escape. O banho deve ser mantido a uma temperatura compreendida entre 273 K e 277 K (0 °C a 4 °C), utilizando gelo ou refrigeração. O banho é facultativo se o analisador não sofrer interferências de vapor de água de acordo com os pontos 1.9.1 e 1.9.2 do apêndice 5 do anexo 4. Se a água for removida por condensação, a temperatura ou o ponto de orvalho dos gases recolhidos deve ser monitorizada quer dentro do colector de água quer a jusante. A temperatura ou o ponto do orvalho dos gases recolhidos não deve exceder 280 K (7°C). Não são admitidos exsiccantes químicos para a remoção da água da amostra.

T1, T2, T3 Sensor de temperatura

Para monitorizar a temperatura da corrente de gás.

T4 Sensor de temperatura

Para monitorizar a temperatura do conversor NO₂ - NO.

T5 Sensor de temperatura

Para monitorizar a temperatura do banho de arrefecimento.

G1, G2, G3 Manómetros

Para medir a pressão nas condutas de recolha de amostras.

R1, R2 Reguladores de pressão

Para regular a pressão do ar e do combustível, respectivamente, que chegam ao HFID.

R3, R4, R5 Reguladores de pressão

Para regular a pressão nas condutas de recolha de amostras e o caudal para os analisadores.

FL1, FL2, FL3 Medidores de caudais

Para monitorizar o caudal de derivação das amostras.

FL4, FL5, FL6 Medidores de caudais (facultativos)

Para monitorizar o caudal através dos analisadores.

V1 a V5 Válvula selectora

Para seleccionar o gás a enviar para os analisadores (amostra, gás de calibração ou gás de colocação no zero).

V6, V7 Válvulas solenóides

Para contornar o conversor C de NO₂ - NO.

V8 Válvula de agulha

Para equilibrar o caudal através do conversor C de NO₂ - NO e da derivação.

V9, V10 Válvula de agulha

Para regular o caudal para os analisadores.

V11, V12 Válvulas de purga (facultativas)

Para drenar o condensado do banho B.

1.3. Análise dos NMHC (motores a GN apenas)

1.3.1. Cromatografia de fase gasosa (GC, figura 9)

Ao utilizar o método GC, injecta-se um pequeno volume medido de uma amostra numa coluna de análise, volume que é arrastado por um gás de transporte inerte. A coluna separa vários componentes de acordo com os respectivos pontos de ebulição, pelo que saem da coluna em tempos diferentes. Passam então através de um detector que emite um sinal eléctrico que depende da respectiva concentração. Dado que não se trata de uma técnica de análise contínua, apenas pode ser utilizada em conjunto com o método da recolha de amostras em sacos, conforme descrito no ponto 3.4.2 do apêndice 4 do anexo 4.

No que diz respeito aos NMHC, utiliza-se um GC automatizado com um FID. Recolhem-se amostras dos gases de escape para um saco de recolha de amostras, de onde se retira uma parte que é injectada no GC. A amostra é separada em duas partes ($\text{CH}_4/\text{Air}/\text{CO}$ e $\text{NMHC}/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$) na coluna Porapak. O crivo molecular (coluna com enchimento), separa o CH_4 do ar e do CO antes de o passar para o FID, onde a sua concentração é medida. Pode-se efectuar em 30 segundos um ciclo completo desde a injeção de uma amostra até à injeção de uma segunda amostra. Para determinar os NMHC, subtrai-se a concentração do CH_4 da concentração total dos HC (ver ponto 4.3.1 do apêndice 2 do anexo 4).

A figura 9 mostra um GC típico montado para determinar de modo rotineiro o CH_4 . Podem-se utilizar outros métodos de GC com base no bom senso técnico.

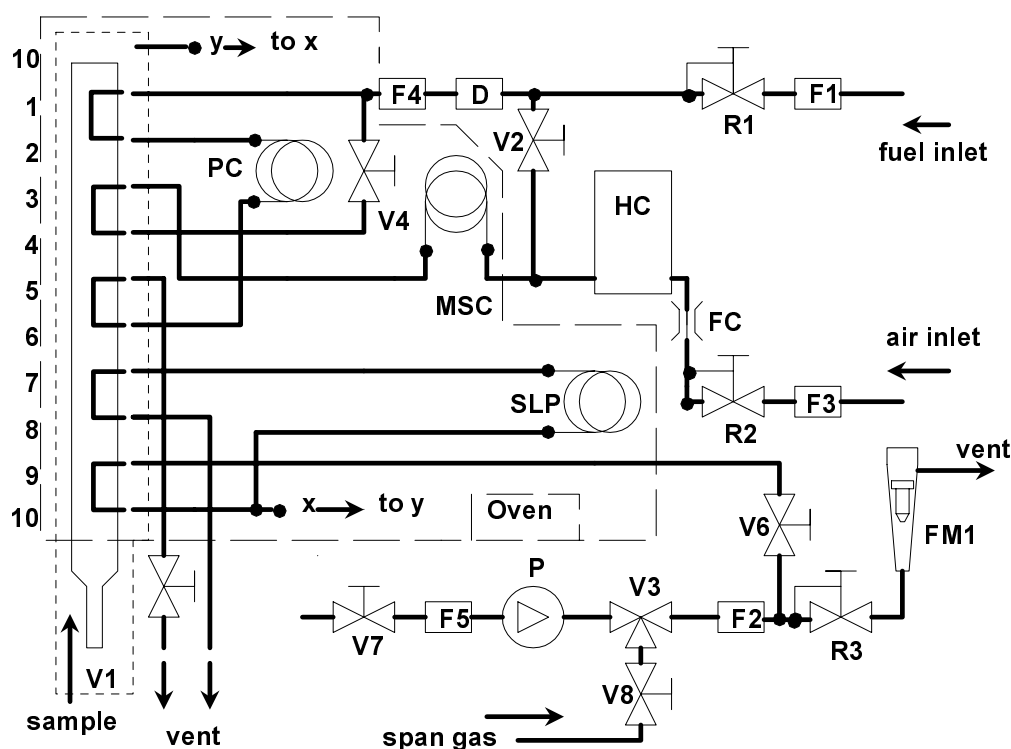


Figura 9 - Diagrama do sistema de análise do metano (método GC)

Legenda da figura 9:

EN	PT
Sample	Amostra
Span gas	Gás de calibração
Air inlet	Admissão de ar
Fuel inlet	Admissão de combustível
Oven	Forno

Componentes da figura 9

PC Coluna Porapak

Utiliza-se uma coluna Porapak N, de 180/300 μm (rede 50/80), de 610 mm de comprimento e 2,16 mm de diâmetro interior, que deve ser utilizada e condicionada pelo menos durante 12 horas a 423 K (150°C) com um gás de transporte antes da utilização inicial.

MSC Crivo molecular (coluna com enchimento)

Utiliza-se uma coluna tipo 13X, de 250/350 μm (rede 45/60), de 1 220 mm de comprimento e 2,16 mm de diâmetro interior, que deve ser condicionada pelo menos durante 12 horas a 423 K (150°C) com um gás de transporte antes da utilização inicial.

OV Forno

Para manter as colunas e as válvulas a uma temperatura estável para o funcionamento do analisador, e para condicionar as colunas a 423 K (150°C).

SLP Tubo espiralado para a amostra

Um comprimento suficiente de tubo de aço inoxidável para se obter um volume de cerca de 1 cm^3 .

P Bomba

Para levar a amostra ao cromatógrafo de fase gasosa.

D Secador

Utiliza-se um secador que contenha um crivo molecular para remover água e outros contaminantes que possam estar presentes no gás de transporte.

HC Detector de ionização por chama (FID) para medir a concentração do metano.

V1 Válvula de injeção da amostra

Para injectar a amostra retirada do saco de recolha de amostras através de SL da figura 8. Deve ser do tipo de baixo volume morto, estanque aos gases e aquecível a 423 K (150°C).

V3 Válvula selectora

Para seleccionar o gás de calibração, a amostra ou nenhum escoamento.

V2, V4, V5, V6, V7, V8 Válvula de agulha

Para regular os caudais no sistema.

R1, R2, R3 Reguladores de pressão

Para regular os caudais do combustível (= gás de transporte), da amostra e do ar, respectivamente.

FC Capilar de caudal

Para regular o caudal de ar para o FID.

G1, G2, G3 Manómetros

Para regular os caudais do combustível (= gás de transporte), da amostra e do ar, respectivamente.

F1, F2, F3, F4, F5 Filtro

Filtros metálicos sinterizados para impedir a entrada de impurezas na bomba ou no instrumento.

FL1 Medidor de caudais

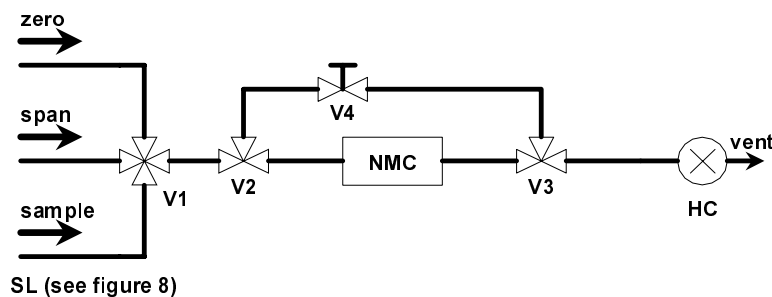
Para monitorizar o caudal de derivação das amostras.

1.3.2. Separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC, figura 10)

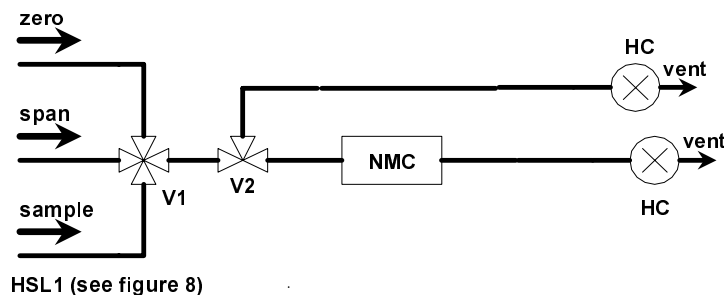
O separador oxida todos os hidrocarbonetos com excepção do CH₄ em CO₂ e H₂O, de modo tal que ao fazer passar a amostra através do NMC apenas o CH₄ é detectado pelo FID. Se se utilizar a recolha de amostras através de sacos, instala-se na SL (ver ponto 1.2, figura 8) um sistema de desvio do caudal com o qual este pode ser passado alternativamente através ou em torno do separador de acordo com a parte superior da figura 10. Para a medição da concentração dos NMHC, observam-se no FID ambos os

valores (HC e CH₄), que são registados. Se se utilizar o método da integração, instalam-se um NMC em linha com um segundo FID, paralelamente ao FID que conduz à HSL 1 (ver ponto 1.2, figura 8) de acordo com a parte inferior da figura 10. Para a medição da concentração dos NMHC, observam-se os valores dos dois FID (HC e CH₄), que são registados.

Caracteriza-se o separador a 600 K (327°C) ou a uma temperatura superior antes do ensaio em relação ao seu efeito catalisador sobre o CH₄ e C₂H₆ a valores de H₂O representativos das condições da corrente de escape. O ponto de orvalho e o nível de O₂ da amostra da corrente de escape devem ser conhecidos. Regista-se a resposta relativa do FID ao CH₄ (ver ponto 1.8.2 do apêndice 5 do anexo 4).



Bag Sampling Method



Integrating Method

Figura 10 - Diagrama do sistema de análise do metano com o separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC)

Legenda da figura 10:

EN	PT
Sample	Amostra
Span	Gás de calibração
Bag sampling method	Método da recolha de amostras em sacos
Integrating method	Método de integração

Componentes da figura 10

NMC Separador de hidrocarbonetos não metânicos

Para oxidar todos os hidrocarbonetos com excepção do metano.

HC Detector aquecido de ionização por chama

Para medir a concentração de HC e CH₄. Deve-se manter a temperatura entre 453 K e 473 K (180°C a 200°C).

V1 Válvula selectora

Para seleccionar os gases (amostra, gás de colocação no zero e gás de calibração). V1 é idêntica a V2 da figura 8.

V2, V3 Válvulas solenóides

Para contornar o NMC

V4 Válvula de agulha

Para equilibrar o caudal através do NMC e da derivação.

R1 Regulador de pressão

Para regular a pressão na conduta de recolha de amostras e o caudal para o HFID. R1 é idêntico a R3 da figura 8.

FL1 Medidor de caudais

Para medir o caudal de derivação da amostra. FL1 é idêntico a FL1 da figura 8.

2. DILUIÇÃO DOS GASES DE ESCAPE E DETERMINAÇÃO DAS PARTÍCULAS

2.1. Introdução

Os pontos 2.2, 2.3 e 2.4 e as figuras 11 a 22 contêm descrições pormenorizadas dos sistemas recomendados de diluição e de recolha de amostras. Dado que várias configurações podem produzir resultados equivalentes, não é necessário respeitar rigorosamente essas figuras. Podem ser utilizados componentes adicionais tais como instrumentos, válvulas, solenóides, bombas e comutadores para obter outras informações e coordenar as funções dos sistemas. Outros componentes que não sejam necessários para manter a precisão em alguns sistemas podem ser excluídos se a sua exclusão se basear no bom senso técnico.

2.2. Sistema de diluição do caudal parcial

Descreve-se seguidamente um sistema de diluição (figuras 11 a 19) baseado na diluição de parte da corrente de gases de escape. A separação dessa corrente e o por meio processo de diluição que se lhe segue podem ser efectuados por diferentes tipos de sistemas de diluição. Para a subsequente recolha das partículas, pode-se fazer passar para o sistema de recolha de amostras de partículas a totalidade dos gases de escape diluídos ou apenas uma porção destes (ponto 2.4, figura 21). O primeiro método é referido como sendo do tipo de recolha de amostras total, e o segundo, como sendo do tipo de recolha de amostras fraccionado.

O cálculo do factor de diluição depende do tipo de sistema utilizado. Recomendam-se os seguintes tipos:

Sistemas isocinéticos (figuras 11 e 12)

Nestes sistemas, o caudal para o tubo de transferência deve ter as mesmas características que o caudal total dos gases de escape em termos de velocidade e/ou pressão dos gases, exigindo assim um caudal regular e uniforme dos gases de escape ao nível da sonda de recolha. Consegue-se habitualmente este resultado utilizando um ressonador e um tubo de chegada rectilíneo a montante do ponto de recolha. A razão de separação é então calculada a partir de valores facilmente mensuráveis, como os diâmetros dos tubos. É de notar que o método isocinético é apenas utilizado para igualizar as condições de escoamento e não para igualizar a distribuição da granulometria. Em geral esta última não é necessária dado que as partículas são suficientemente pequenas para seguir as linhas de corrente do fluido.

Sistemas com regulação dos caudais e medição das concentrações (figuras 13 a 17)

Com estes sistemas, retira-se uma amostra da corrente total dos gases de escape ajustando o caudal do ar de diluição e o caudal total dos gases diluídos. A razão de diluição é determinada a partir das concentrações dos gases marcadores, tais como o CO₂ e os NO_x que estão naturalmente presentes nos gases de escape dos motores. Medem-se as concentrações nos gases de escape diluídos e no ar de diluição, podendo a concentração nos gases de escape brutos ser medida directamente ou determinada a partir do caudal do combustível e da equação do balanço do carbono, se a composição do combustível for conhecida. Os sistemas podem ser regulados com base na razão de diluição calculada (figuras 13 e 14) ou com base no caudal que entra no tubo de transferência (figura 12, 13 e 14).

Sistemas de regulação do caudal com medição do caudal (figuras 18 e 19)

Com estes sistemas, retira-se uma amostra da corrente total dos gases de escape ajustando o caudal do ar de diluição e o caudal total dos gases diluídos. A razão de diluição é determinada pela diferença entre os dois caudais. Este método exige uma calibração precisa dos medidores de caudais entre si, dado que a grandeza relativa dos

dois caudais pode levar a erros significativos a razões de diluição mais elevadas (de 15 e superiores). A regulação dos caudais efectua-se muito facilmente mantendo o caudal de gases de escape diluídos constante e variando o caudal de ar de diluição, se necessário.

Ao utilizar sistemas de diluição do caudal parcial, é necessário evitar os problemas potenciais de perdas de partículas no tubo de transferência, assegurar a recolha de uma amostra representativa dos gases de escape do motor e determinar a razão de separação. Os sistemas descritos têm em conta esses factores essenciais.

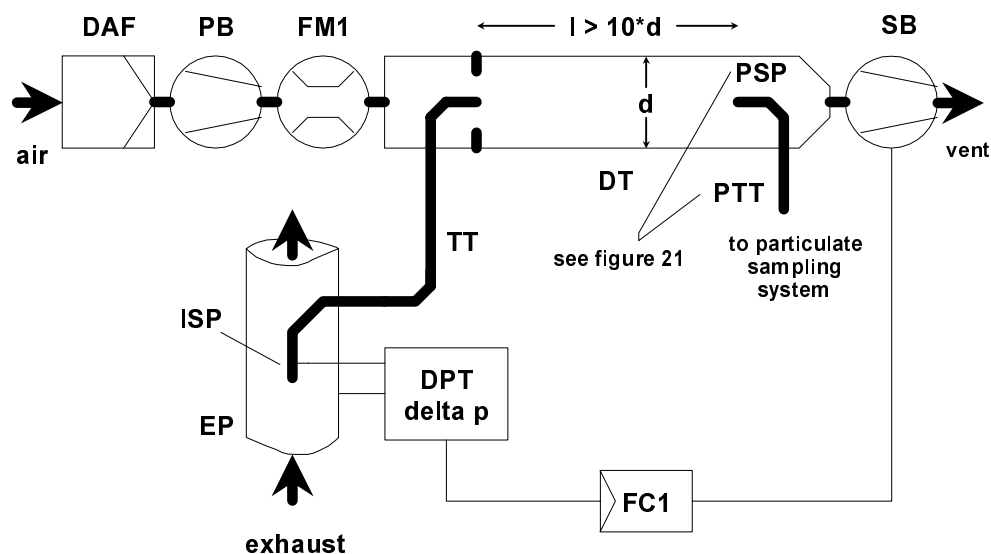


Figura 11 - Sistema de diluição parcial do caudal com sonda isocinética e recolha de amostras fraccionada (regulação pela SB)

Legenda da figura 11:

EN	PT
See fig. 21	Ver figura 21
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através do tubo de transferência TT pela sonda de recolha de amostras isocinética ISP. Mede-se a diferença de pressão dos gases de escape entre o tubo de escape e a entrada da sonda, utilizando o transdutor de pressão DPT. O sinal resultante é transmitido ao regulador de caudal FC1, que comanda a ventoinha de aspiração SB para manter uma diferença de pressão nula na ponta da sonda. Nestas condições, as velocidades dos gases de escape em EP e ISP são idênticas, e o escoamento através de ISP e TT é uma fracção constante do escoamento de gases de escape. A razão de separação é determinada pelas áreas das secções de EP e ISP. O caudal do ar de diluição é medido com o dispositivo FM1. A razão de diluição é calculada a partir do caudal do ar de diluição e da razão de separação.

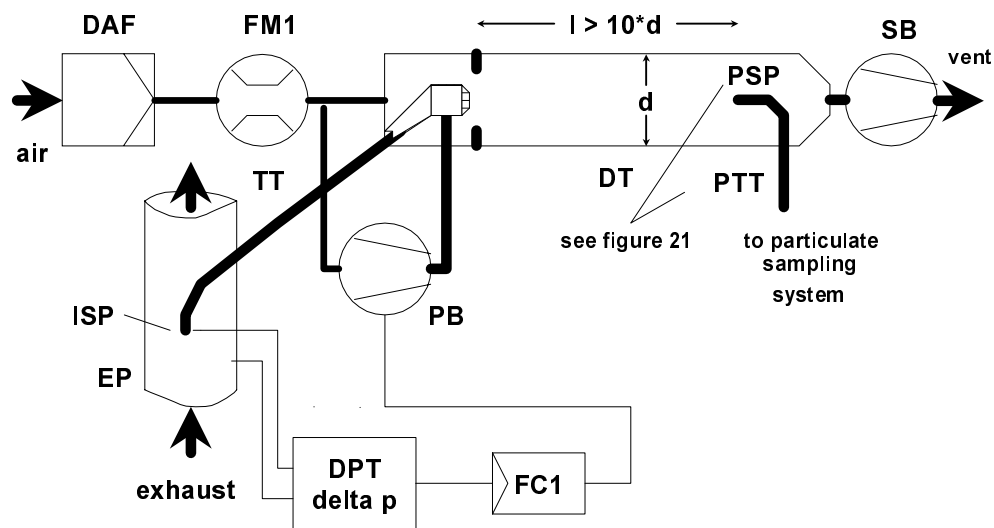


Figura 12 - Sistema de diluição parcial do caudal com sonda isocinética e recolha de amostras fraccionada (regulação pela PB)

Legenda da figura 12:

EN	PT
See fig. 21	Ver figura 21
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através do tubo de transferência TT pela sonda de recolha de amostras isocinética ISP. Mede-se a diferença de pressão dos gases de escape entre o tubo de escape e a entrada da sonda, utilizando o transdutor de pressão DPT. O sinal resultante é transmitido ao regulador de caudal FC1, que comanda a ventoinha de pressão PB para manter uma diferença de pressão nula na ponta da sonda. Isto consegue-se retirando uma pequena fracção do ar de diluição cujo caudal já foi medido com o medidor de caudais FM1, e fazendo-o chegar a TT através de um orifício pneumático. Nestas condições, as velocidades dos gases de escape em EP e ISP são idênticas, e o escoamento através de ISP e TT é uma fracção constante do escoamento de gases de escape. A razão de separação é determinada pelas áreas das secções de EP e ISP. O ar de diluição é aspirado através de DT pela ventoinha de aspiração SB, e o seu caudal é medido com o FM1 à entrada em DT. A razão de diluição é calculada a partir do fluxo do ar de diluição e da razão de separação.

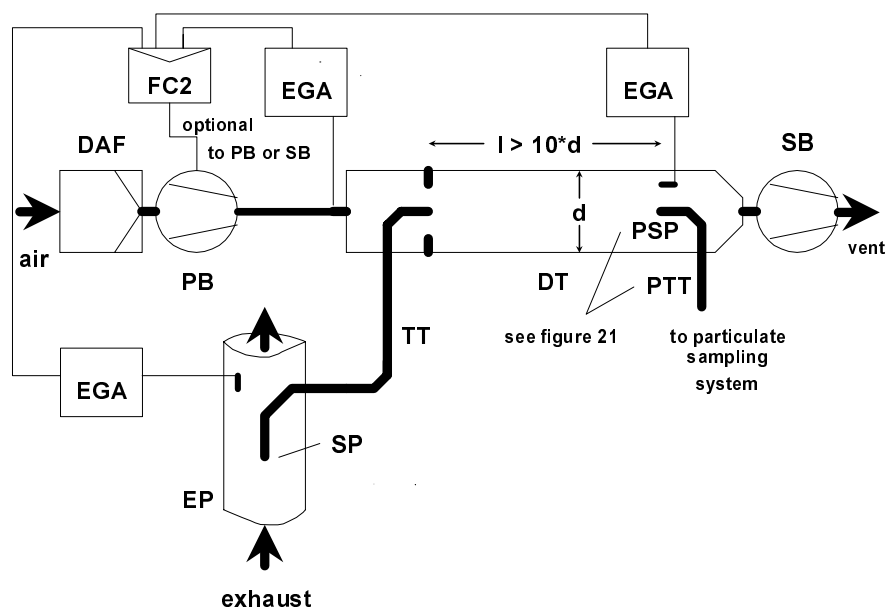


Figura 13 - Sistema de diluição parcial do caudal com medição das concentrações do CO₂ ou NO_x e recolha de amostras fraccionada

Legenda da figura 13:

EN	PT
See fig. 21	Ver figura 21
Optional to PB ou SB	Ocional para PB ou SB
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e o tubo de transferência TT. Medem-se as concentrações de um gás marcador (CO₂ ou NO_x) nos gases de escape brutos e diluídos bem como no ar de diluição com o(s) analisador(es) de gases de escape EGA. Estes sinais são transmitidos ao regulador de caudais FC2 que regula quer a ventoinha de pressão PB quer a ventoinha de aspiração SB, para manter a separação e a razão de diluição dos gases de escape desejadas em DT. Calcula-se a razão de diluição a partir das concentrações dos gases marcadores nos gases de escape brutos, nos gases de escape diluídos e no ar de diluição.

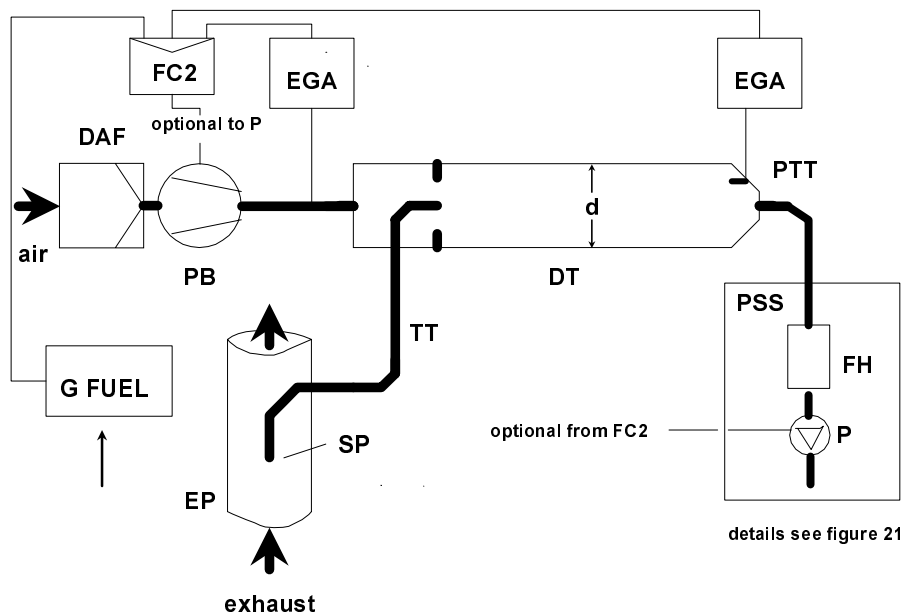


Figure 14 - Sistema de diluição parcial do caudal com medição da concentração do CO₂, balanço do carbono e recolha total de amostras

Legenda da figura 14:

EN	PT
G fuel	Combustível G
Optional to P	Facultativo para P
Optional from FC2 P	Facultativo a partir de FC2
Exhaust	Escape
Details see figure 21	Ver pormenores na figura 21

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e do tubo de transferência TT. Medem-se as concentrações de CO₂ nos gases de escape diluídos e no ar de diluição com o(s) analisador(es) de gases de escape EGA. Os sinais referentes à concentração de CO₂ e do caudal de combustível G_{FUEL} são transmitidos quer ao regulador de caudal FC2 quer ao regulador de caudal FC3 do sistema de recolha de amostras de partículas (ver figura 21). FC2 comanda a ventoinha de pressão PB, enquanto FC3 comanda a bomba de recolha de amostras P (ver figura 21), ajustando assim os caudais que entram e saem do sistema de modo a manter a razão de separação e a razão de diluição dos gases de escape desejadas em DT. Calcula-se a razão de diluição a partir das concentrações de CO₂ e de G_{FUEL} utilizando a hipótese do balanço do carbono

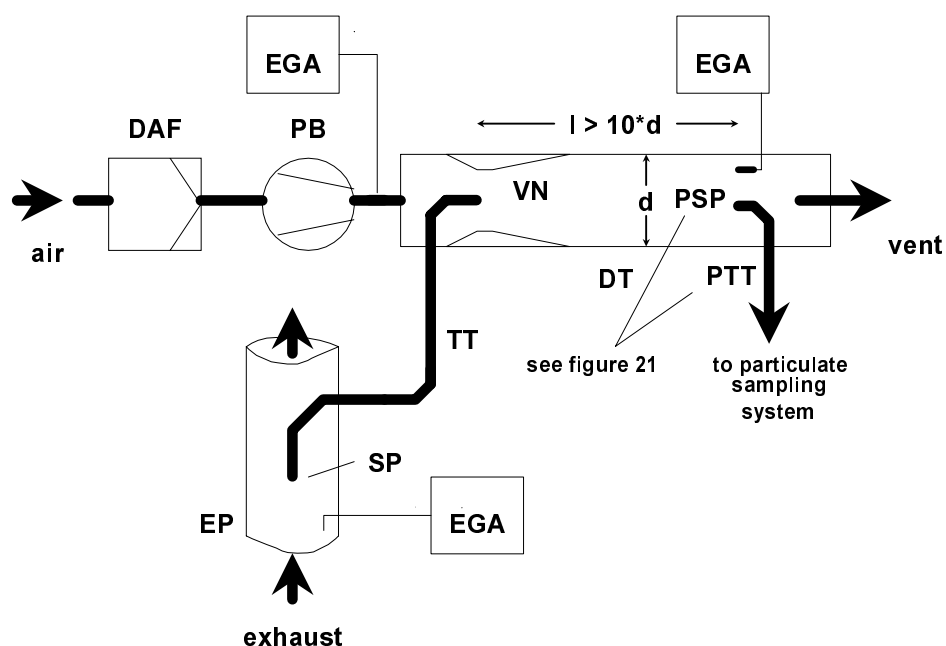


Figura 15 - Sistema de diluição parcial do caudal com venturi simples, medição das concentrações e recolha de amostras fraccionada

Legenda da figura 15:

EN	PT
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape
See figure 21	Ver figura 21

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e do tubo de transferência TT devido à pressão negativa criada pelo venturi VN em DT. O fluxo dos gases através de TT depende da troca de quantidades de movimento na zona do venturi, sendo portanto afectado pela temperatura absoluta dos gases à saída de TT. Consequentemente, a separação dos gases de escape para um dado caudal no túnel não é constante, e a razão de diluição a pequena carga é ligeiramente mais baixa que a carga elevada. Medem-se as concentrações do gás marcador (CO_2 ou NO_x) nos gases de escape brutos, nos gases de escape diluídos e no ar de diluição com o(s) analisador(es) de gases de escape EGA, sendo a razão de diluição calculada a partir dos valores assim obtidos.

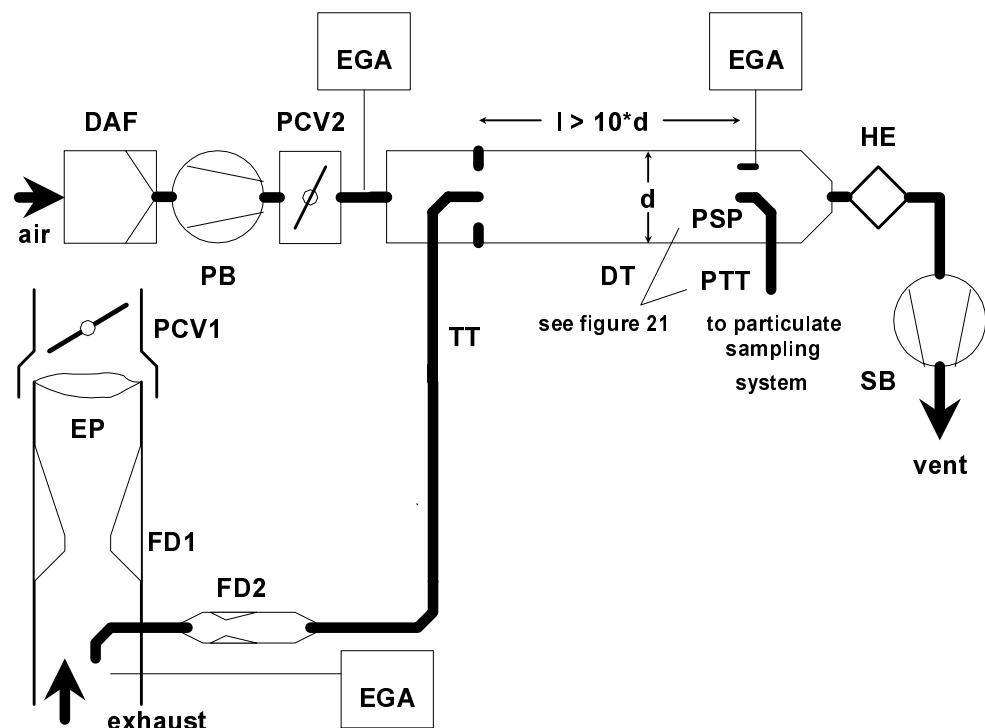


Figura 16 - Sistema de diluição parcial do caudal com venturi duplo ou orifício duplo, medição das concentrações e recolha de amostras fraccionada

Legenda da figura 16:

EN	PT
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape
See figure 21	Ver figura 21

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e do tubo de transferência TT por um separador de caudais com um conjunto de orifícios ou venturis. O primeiro (FD1) está localizado em EP, o segundo (FD2), em TT. Além disso, são necessárias duas válvulas da regulação da pressão (PCV1 e PCV2) para manter uma separação constante dos gases de escape através da regulação da contrapressão em EP e da pressão em DT. Medem-se as concentrações do gás marcador (CO_2 ou NO_x) nos gases de escape brutos, nos gases de escape diluídos e no ar de diluição com o(s) analisador(es) de gases de escape EGA. São necessárias para verificar a separação dos gases de escape, e podem ser utilizadas para regular PCV1 e PCV2 para se obter uma regulação precisa da separação. A razão de diluição é calculada a partir das concentrações dos gases marcadores.

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através do tubo de transferência TT pelo separador de caudais FD3, que é constituído por uma série de tubos com as mesmas dimensões (diâmetros, comprimentos e raios de curvatura idênticos) instalados em EP. Os gases de escape são levados para DT através de um desses tubos e os gases de escape são conduzidos, pelos restantes tubos, através da câmara de amortecimento DC. A separação dos gases de escape é assim determinada pelo número total de tubos. Uma regulação constante da separação exige uma diferença de pressão nula entre DC e a saída de TT, que é medida com o transdutor de pressão diferencial DPT. Obtém-se uma diferença de pressão nula injectando ar fresco em DT à saída de TT. Medem-se as concentrações do gás marcador (CO_2 ou NO_x) nos gases de escape brutos, nos gases de escape diluídos e no ar de diluição com o(s) analisador(es) de gases de escape EGA. Essas concentrações são necessárias para verificar a separação dos gases de escape e podem ser utilizadas para regular o caudal de ar de injeção para se obter uma regulação precisa da separação. A razão de diluição é calculada a partir das concentrações dos gases marcadores.

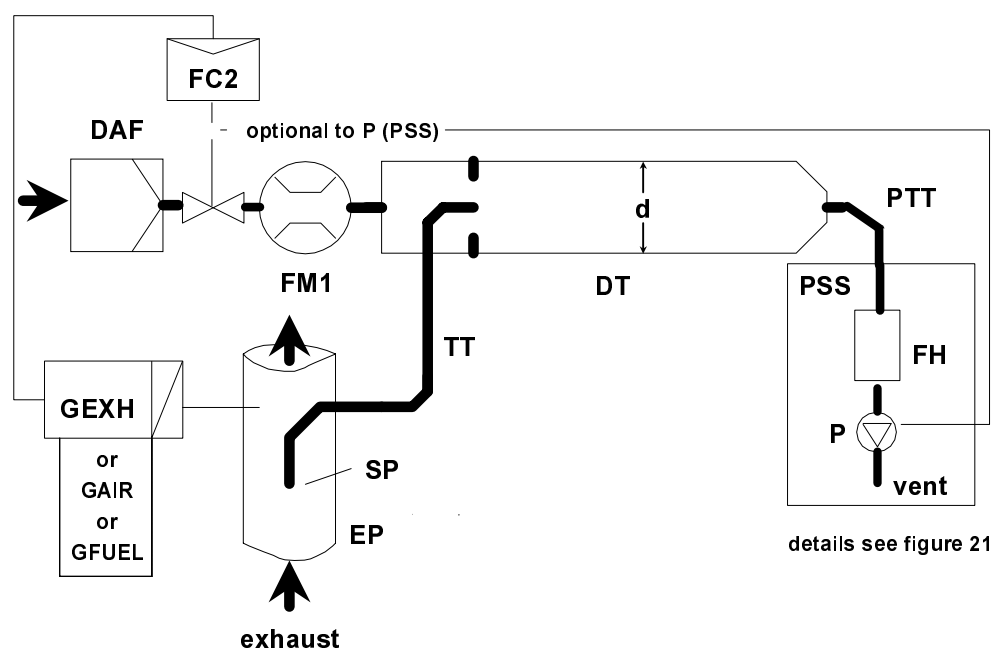


Figura 18 - Sistema de diluição parcial do caudal com regulação do caudal e recolha de amostras total

Legenda da figura 18:

EN	PT
Optional to P (PSS)	Facultativo para P (sistema de recolha de amostras de partículas)
Exhaust	Escape
Details see figure 21	Ver pormenores na figura 21

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e do tubo de transferência TT. O caudal total através do túnel é ajustado com o regulador de caudais FC3 e a bomba de recolha de amostras P do sistema de recolha de amostras de partículas (ver figura 18). O caudal de ar de diluição é regulado pelo regulador de caudais FC2, que pode utilizar G_{EXHW} , G_{AIRW} , ou G_{FUEL} como sinais de comando, para se obter a separação dos gases de escape desejada. O caudal da amostra que chega a DT é a diferença entre o caudal total e o caudal do ar de diluição. O caudal do ar de diluição é medido com o medidor de caudais FM1 e o caudal total, com o medidor de caudais FM3 do sistema de recolha de partículas (ver figura 21). A razão de diluição é calculada a partir desses dois caudais.

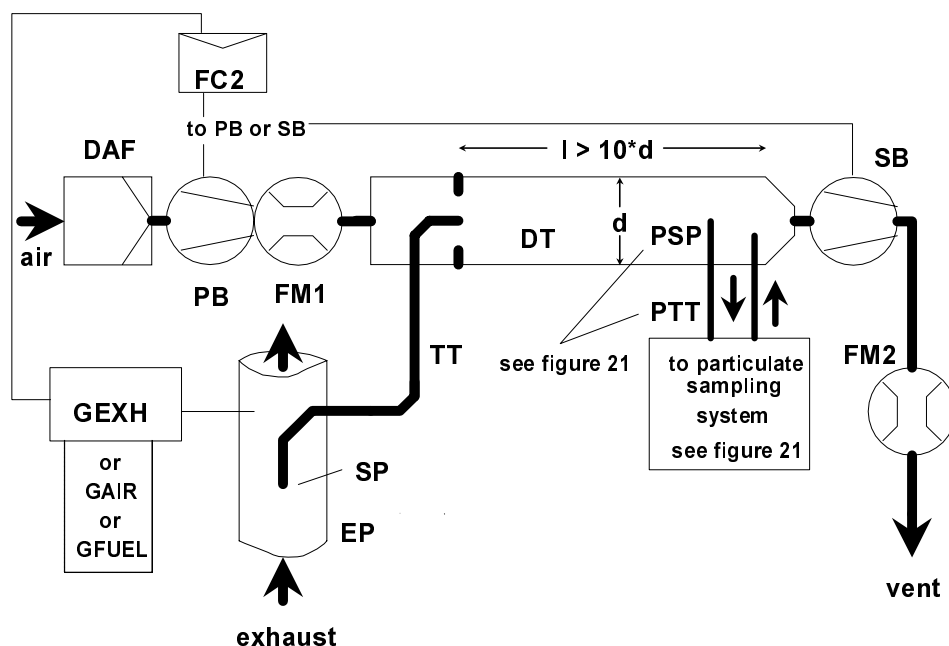


Figura 19 - Sistema de diluição parcial do caudal com regulação do caudal e recolha de amostras fraccionada

Legenda da figura 19:

EN	PT
To particulate sampling system	Para o sistema de recolha de amostras de partículas
Exhaust	Escape
See figure 21	Ver figura 21

Os gases de escape brutos são transferidos do tubo de escape EP para o túnel de diluição DT através da sonda de recolha de amostras SP e do tubo de transferência TT. A separação dos gases de escape e o caudal que chega a DT é regulado pelo regulador de caudal FC2 que ajusta os caudais (ou velocidades) da ventoinha de pressão PB e da ventoinha de aspiração SB em conformidade. Esta operação é possível dado que a amostra retirada com o sistema de recolha de partículas é reenviada para DT. G_{EXHW} , G_{AIRW} , ou G_{FUEL} podem ser utilizados como sinais de comando para FC2. O caudal do ar de diluição é medido com o medidor de caudais FM1, e o caudal total, com o medidor de caudais FM2. A razão de diluição é calculada a partir desses dois caudais.

2.2.1. Componentes das figuras 11 a 19

EP Tubo de escape

O tubo de escape pode ser isolado. Para reduzir a inércia térmica do tubo do escape, recomenda-se uma relação espessura/diâmetro igual ou inferior a 0,015. A utilização de secções flexíveis deve ser limitada a uma relação comprimento/diâmetro igual ou inferior a 12. As curvas devem ser reduzidas ao mínimo para limitar a deposição por inércia. Se o sistema incluir um silencioso de ensaio, este deve também ser isolado.

No caso dos sistemas isocinéticos, o tubo de escape não deve ter cotovelos, curvas nem variações súbitas de diâmetro ao longo de pelo menos 6 diâmetros do tubo a montante e 3 a jusante da ponta da sonda. A velocidade do gás na zona de recolha de amostras deve ser superior a 10 m/s, excepto no modo de marcha lenta sem carga. As variações de pressão dos gases de escape não devem exceder em média ± 500 Pa. Quaisquer medidas no sentido de reduzir as variações de pressão que vão além da utilização, de um sistema de escape do tipo quadro (incluindo o silencioso e o dispositivo de pós-tratamento) não devem alterar o comportamento funcional do motor nem provocar a deposição de partículas.

No caso dos sistemas sem sondas isocinéticas, recomenda-se a utilização de um tubo rectilíneo com um comprimento igual a 6 diâmetros do tubo a montante e a 3 a jusante da ponta da sonda.

SP Sonda de recolha de amostras (figuras 10, 14, 15, 16, 18 e 19)

O diâmetro interior mínimo deve ser de 4 mm. A razão de diâmetros mínima entre o tubo de escape e a sonda deve ser de 4. A sonda deve ser um tubo aberto virado para montante e situado na linha de eixo do tubo de escape, ou uma sonda com orifícios múltiplos descrita em SP1 no ponto 1.2.1, figura 5.

ISP Sonda isocinética de recolha de amostras (figuras 11 e 12)

A sonda isocinética de recolha de amostras deve ser instalada virada para montante na linha de eixo do tubo de escape onde são satisfeitas as condições de escoamento na secção EP, e concebida para fornecer uma amostra proporcional dos gases de escape brutos. O diâmetro interior mínimo deve ser de 12 mm.

É necessário prever um sistema de regulação para a separação isocinética dos gases de escape através da manutenção de uma diferença de pressão nula entre EP e ISP. Nestas condições, as velocidades dos gases de escape em EP e ISP são idênticas e o caudal mássico através de ISP é uma fracção constante do caudal total dos gases de escape. A ISP tem de ser ligada a um transdutor de pressão diferencial DPT. Para obter uma diferença de pressão nula entre EP e ISP utiliza-se o regulador de caudal FC1.

FD1, FD2 Separador de caudais (figura 16)

Instala-se um conjunto de venturis ou orifícios no tubo de escape EP e no tubo de transferência TT, respectivamente, para se obter uma amostra proporcional dos gases de escape brutos. Utiliza-se um sistema de regulação da pressão com duas válvulas de regulação PCV1 e PCV2 para se obter a separação proporcional, através da regulação das pressões em EP e DT.

FD3 Separador de caudais (figura 17)

Instala-se um conjunto de tubos (unidade de tubos múltiplos) no tubo de escape EP para se obter uma amostra proporcional dos gases de escape brutos. Um dos tubos leva os gases de escape ao túnel de diluição DT, enquanto os outros tubos levam os gases de escape para uma câmara de amortecimento DC. Os tubos devem ter as mesmas dimensões (mesmos diâmetros, comprimentos e raios de curvatura), de modo que a separação dos gases de escape dependa do número total de tubos. É necessário um sistema de regulação para se obter uma separação proporcional através da manutenção de uma diferença de pressão nula entre a saída da unidade de tubos múltiplos para DC e a saída de TT. Nestas condições, as velocidades dos gases de escape em EP e FD3 são proporcionais, e o caudal em TT é uma fracção constante do caudal dos gases de escape.

Os dois pontos têm de ser ligados a um transdutor de pressão diferencial DPT. Para obter uma diferença de pressão nula entre EP e ISP utiliza-se o regulador de caudal FC1.

EGA Analisador dos gases de escape (figuras 13, 14, 15, 16 e 17)

Podem-se utilizar analisadores de CO₂ ou NO_x (unicamente com o método do balanço do carbono para o analisador de CO₂). Os analisadores devem ser calibrados como os utilizados para a medição das emissões gasosas. Podem-se utilizar um ou vários analisadores para determinar as diferenças de concentrações. A precisão dos sistemas de medida deve ser tal que a precisão de $G_{EDFW,i}$ esteja dentro de uma margem de $\pm 4 \%$.

TT Tubo de transferência (figuras 11 a 19)

O tubo de transferência deve:

- ser tão curto quanto possível, mas o seu comprimento não deve exceder 5 m;
- ter um diâmetro igual ou superior ao da sonda, mas não superior a 25 mm;
- ter o ponto de saída na linha de eixo do túnel de diluição e virado para jusante.

Se o tubo tiver um comprimento igual ou inferior a 1 metro, deve ser isolado com material de condutividade térmica máxima de 0,05 W/m*K), devendo a espessura radial do isolamento corresponder ao diâmetro da sonda. Se o tubo tiver um comprimento superior a 1 m, deve ser isolado e aquecido de modo a obter-se uma temperatura mínima da parede de 523 K (250°C).

DPT Transdutor de pressão diferencial (figuras 11, 12 e 17)

O transdutor de pressão diferencial deve ter uma gama de funcionamento máxima de ± 500 Pa.

FC1 Regulador de caudais (figuras 11, 12 e 17)

No caso dos sistemas isocinéticos (figuras 11 e 12), é necessário um regulador de caudais para manter uma diferença de pressão nula entre EP e ISP. O ajustamento pode ser feito:

- (a) regulando a velocidade ou o caudal da ventoinha de aspiração SB e mantendo a velocidade da ventoinha de pressão PB constante durante cada modo (figura 11), ou
- (b) ajustando a ventoinha de aspiração SB de modo a obter um caudal mássico constante dos gases de escape diluídos e regulando o caudal da ventoinha de pressão PB e, portanto, o caudal da amostra de gases de escape na extremidade do tubo de transferência TT (figura 12).

No caso de um sistema com regulação da pressão, o erro remanescente no circuito de regulação não deve exceder ± 3 Pa. As oscilações de pressão no túnel de diluição não devem exceder ± 250 Pa em média.

No caso dos sistemas de tubos múltiplos (figura 17), é necessário um regulador de caudais para se obter uma separação proporcional dos gases de escape e manter uma diferença de pressão nula entre a saída da unidade de tubos múltiplos e a saída de TT. O ajustamento pode ser efectuado regulando o caudal do ar de injeção para dentro de DT à saída de TT.

PCV1, PCV2 Válvulas de regulação de pressão (figura 16)

São necessárias duas válvulas de regulação da pressão para o sistema de Venturi duplo/orifício duplo para se obter uma separação proporcional do caudal por regulação da contrapressão em EP e da pressão em DT. As válvulas devem estar localizadas a jusante de SP em EP e entre PB e DT.

DC Câmara de amortecimento (figura 17)

Deve-se instalar uma câmara de amortecimento à saída da unidade de tubos múltiplos para minimizar as oscilações de pressão no tubo de escape EP.

VN Venturi (figura 15)

Instala-se um venturi no túnel de diluição DT para criar uma pressão negativa na região da saída do tubo de transferência TT. O caudal dos gases através de TT é determinado

pela troca de quantidades de movimento na zona do venturi, e é basicamente proporcional ao caudal da ventoinha de pressão PB, dando assim uma razão de diluição constante. Dado que a troca de quantidades de movimento é afectada pela temperatura à saída de TT e pela diferença de pressão entre EP e DT, a razão de diluição real é ligeiramente mais baixa a carga reduzida que a carga elevada.

FC2 Regulador de caudais (figuras 13, 14, 18 e 19; facultativo)

Pode ser utilizado um regulador de caudais para regular o caudal da ventoinha de pressão PB e/ou da ventoinha de aspiração SB. Este regulador pode ser ligado ao sinal do caudal dos gases de escape ou de ar ou do combustível e/ou ao sinal diferencial do CO₂ ou NO_x.

Quando se utiliza um sistema de ar comprimido (figura 18), o FC2 regula directamente o caudal de ar.

FM1 Debitómetro (figuras 11, 12, 18 e 19)

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal do ar de diluição. FM1 é facultativo se PB for calibrada para medir o caudal.

FM2 Debitómetro (figura 19)

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal dos gases de escape diluídos. FM2 é facultativo se a ventoinha de aspiração SB for calibrada para medir o caudal.

PB Ventoinha de pressão (figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 19)

Para regular o caudal do ar de diluição, PB pode ser ligada aos reguladores de caudais FC1 ou FC2. PB não é necessária quando se utilizar uma válvula de borboleta. PB pode ser utilizada para medir o caudal do ar de diluição, se calibrada.

SB Ventoinha de aspiração (figuras 11, 12, 13, 16, 17 e 19)

Utiliza-se apenas com sistemas de recolha de amostras fraccionadas. SB pode ser utilizada para medir o caudal dos gases de escape diluídos, se calibrada.

DAF Filtro do ar de diluição (figuras 11 a 19)

Recomenda-se que o ar de diluição seja filtrado e sujeito a uma depuração com carvão para eliminar os hidrocarbonetos de fundo. A pedido dos fabricantes, o ar de diluição deve ser recolhido em amostras de acordo com as boas práticas de engenharia para determinar os níveis das partículas de fundo, que podem então ser subtraídos dos valores medidos nos gases de escape diluídos.

DT Túnel de diluição (figuras 11 a 19)

O túnel de diluição:

- deve ter um comprimento suficiente para assegurar uma mistura completa dos gases de escape e do ar de diluição em condições de escoamento turbulento;
- deve ser fabricado de aço inoxidável com:
 - uma relação espessura/diâmetro igual ou inferior a 0,025 para os túneis de diluição de diâmetro interior superior a 75 mm;
 - uma espessura nominal da parede não inferior a 1,5 mm para os túneis de diluição de diâmetro interior igual ou inferior a 75 mm;
- deve ter pelo menos 75 mm de diâmetro, se for do tipo adequado para recolha fraccionada;
- deve ter como diâmetro mínimo recomendado 25 mm, se for do tipo adequado para recolha total;
- pode ser aquecido até se obter uma temperatura da parede não superior a 325 K (52°C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do ar de diluição, desde que a temperatura do ar não exceda 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- pode ser isolado.

Os gases de escape do motor devem ser bem misturados com o ar de diluição. Para os sistemas de recolha fraccionada, a qualidade da mistura deve ser verificada após introdução em serviço por meio de um perfil da concentração de CO₂ no túnel estando o motor em marcha (pelo menos quatro pontos de medida igualmente espaçados). Se necessário, pode-se utilizar um orifício de mistura.

Nota: Se a temperatura ambiente na vizinhança do túnel de diluição (DT) for inferior a 293 K (20°C), devem-se tomar precauções para evitar perdas de partículas nas paredes frias do túnel de diluição. Assim sendo, recomenda-se aquecer e/ou isolar o túnel dentro dos limites dados acima.

A cargas elevadas do motor, o túnel pode ser arrefecido por meios não agressivos tais como um ventilador de circulação, desde que a temperatura do fluido de arrefecimento não seja inferior a 293 K (20°C).

HE Permutador de calor (figuras 16 e 17)

O permutador de calor deve ter uma capacidade suficiente para manter a temperatura à entrada da ventoinha de aspiração SB a ± 11 K da temperatura média observada durante

o ensaio.

2.3. Sistema de diluição do caudal total

O sistema de diluição representado na figura 20 baseia-se na diluição da totalidade do caudal dos gases de escape, utilizando o conceito da recolha de amostras a volume constante (CVS). Há que medir o volume total da mistura dos gases de escape e do ar de diluição. Pode ser utilizado um sistema PDP ou CFV.

Para a recolha subsequente das partículas, faz-se passar uma amostra dos gases de escape diluídos para o sistema da recolha de amostras de partículas (ponto 2.4, figuras 21 e 22). Se a operação for feita directamente, denomina-se diluição simples. Se a amostra for diluída uma vez mais no túnel de diluição secundário, denomina-se «diluição dupla». A segunda operação é útil se a temperatura exigida à superfície do filtro não puder ser obtida com uma diluição simples. Apesar de constituir em parte um sistema de diluição, o sistema de diluição dupla pode ser considerado como uma variante de um sistema de recolha de partículas do ponto 2.4, figura 22, dado que compartilha a maioria das peças com um sistema de recolha de partículas típico.

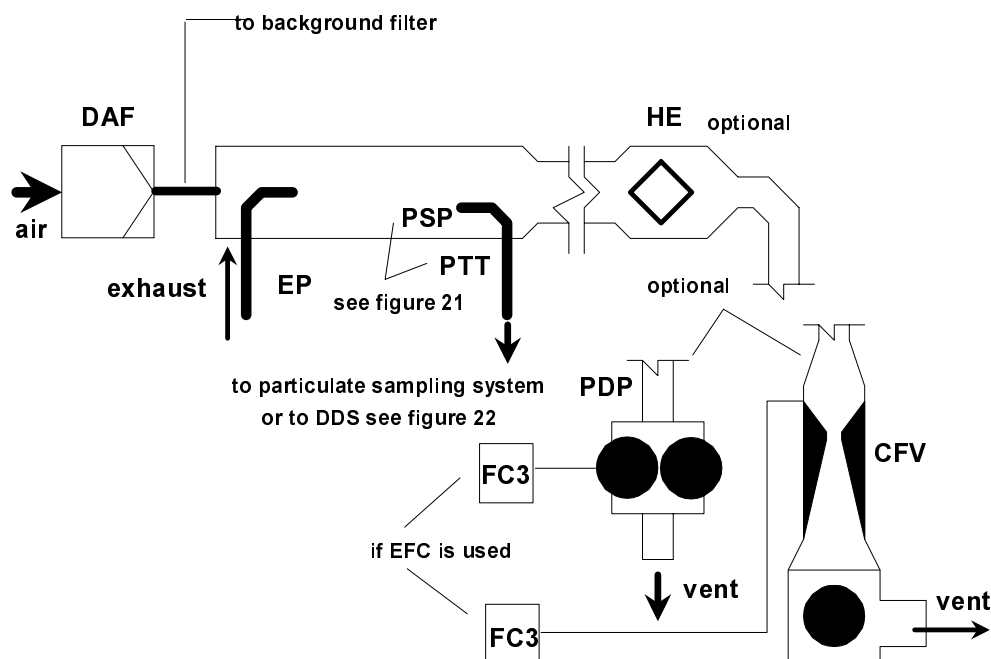


Figura 20 - Sistema de diluição do caudal total

Legenda da figura 20:

EN	PT
To background filter	Filtro de fundo
Optional	Facultativo
If EFC is used	Se for usado EFC
To particulate sampling system or	Para o sistema de recolha de amostras de

to DDS see figure 22	partículas ver figura 22
See figure 21	Ver figura 21
Exhaust	Escape
Air	Ar

A quantidade total dos gases de escape brutos é misturada no túnel de diluição DT com o ar de diluição. O caudal dos gases de escape diluídos é medido quer com uma bomba volumétrica PDP quer com um venturi de caudal crítico CFV. Pode ser utilizado um permutador de calor HE ou um dispositivo de compensação de caudais EFC para a recolha proporcional de partículas e para a determinação do caudal. Dado que a determinação da massa das partículas se baseia no caudal total dos gases de escape diluídos, não é necessário calcular a razão de diluição.

2.3.1. Componentes da figura 20

EP Tubo de escape

O comprimento do tubo de escape desde a saída do colector de escape do motor, do turbocompressor ou do dispositivo de pós-tratamento até ao túnel de diluição não deve ser superior a 10 m. Se o comprimento do tubo de escape a jusante do colector de escape do motor, da saída do turbocompressor ou do dispositivo de pós-tratamento for superior a 4 m, toda a secção para além dos 4 m deve ser isolada, excepto a parte necessária para a montagem em linha de um aparelho para medir os fumos, se necessário. A espessura radial mínima do isolamento deve ser de 25 mm. A condutividade térmica do material de isolamento deve ter um valor não superior a 0,1 W/m* K medida a 673 K (400 °C). Para reduzir a inércia térmica do tubo de escape, recomenda-se uma relação espessura/diâmetro igual ou inferior a 0,015. A utilização de secções flexíveis deve ser limitada a uma relação comprimento/diâmetro igual ou inferior a 12.

PDP Bomba volumétrica

A PDP mede o escoamento total dos gases de escape diluídos a partir do número das rotações da bomba e do seu curso. A contrapressão do sistema de escape não deve ser artificialmente reduzida pela PDP ou pelo sistema de admissão de ar de diluição. A contrapressão estática do escape medida com o sistema PDP a funcionar deve manter-se a $\pm 1,5$ kPa da pressão estática medida sem ligação ao PDP a velocidade e carga do motor idênticas. A temperatura da mistura de gases imediatamente à frente da PDP deve estar a ± 6 K da temperatura média de funcionamento observada durante o ensaio, quando não for utilizada a compensação de caudais. Esta compensação só é possível se a temperatura à entrada da PDP não exceder 323 K (50 °C).

CFV Venturi de escoamento crítico

O CFV mede o escoamento total dos gases de escape diluídos mantendo o escoamento em condições de restrição (escoamento crítico). A contrapressão estática do escape

medida com o sistema CFV a funcionar deve manter-se a $\pm 1,5$ kPa da pressão estática medida sem ligação ao CFV a velocidade e carga do motor idênticas. A temperatura da mistura de gases imediatamente à frente da CFV deve estar a ± 11 K da temperatura média de funcionamento observada durante o ensaio, quando não for utilizada a compensação de caudais.

HE Permutador de calor (facultativo, se se utilizar o EFC)

O permutador de calor deve ter uma capacidade suficiente para manter a temperatura dentro dos limites requeridos acima.

EFC Sistema de compensação electrónica de caudais (facultativo, se se utilizar HE)

Se a temperatura à entrada quer da PDP quer do CFV não for mantida dentro dos limites acima indicados, é necessário um sistema de compensação de caudais para efectuar a medição contínua do caudal e regular a recolha proporcional de amostras no sistema de partículas. Para esse efeito, utilizam-se os sinais dos caudais medidos continuamente para corrigir o caudal das amostras através dos filtros de partículas do sistema de recolha de partículas (ver ponto 2.4, figuras 21 e 22).

DT Túnel de diluição

O túnel de diluição:

- deve ter um diâmetro suficientemente pequeno para provocar escoamentos turbulentos (números de Reynolds superiores a 4000) e um comprimento suficiente para assegurar uma mistura completa dos gases de escape e do ar de diluição; pode-se utilizar um orifício de mistura;
- deve ter pelo menos 460 mm de diâmetro, com um sistema de diluição simples;
- deve ter pelo menos 210 mm de diâmetro, com um sistema de diluição dupla;
- pode ser isolado.

Os gases de escape do motor devem ser dirigidos para jusante para o ponto em que são introduzidos no túnel de diluição primária e bem misturados.

Quando se utiliza a diluição simples, transfere-se uma amostra do túnel de diluição para o sistema da recolha de partículas (ponto 2.4, figura 21). A capacidade de escoamento da PDP ou do CFV deve ser suficiente para manter os gases de escape diluídos a uma temperatura igual ou inferior a 325 K (52°C) imediatamente antes do filtro de partículas primário.

Quando se utiliza a diluição dupla, transfere-se uma amostra do túnel de diluição para o

túnel de diluição secundária onde é novamente diluída, sendo então passada através dos filtros de recolha (ponto 2.4, figura 22). A capacidade de escoamento da PDP ou do CFV deve ser suficiente para manter a corrente de gases de escape diluídos no DT a uma temperatura igual ou inferior a 464 K (191°C) na zona da recolha. O sistema de diluição secundária deve fornecer uma quantidade suficiente de ar de diluição secundária para manter a corrente de gases de escape duplamente diluída a uma temperatura inferior ou igual a 325 K (52°C) imediatamente antes do filtro primário de partículas.

DAF Filtro do ar de diluição

Recomenda-se que o ar de diluição seja filtrado e sujeito a uma depuração com carvão para eliminar os hidrocarbonetos de fundo. A pedido dos fabricantes, o ar de diluição deve ser recolhido em amostras de acordo com as boas práticas de engenharia para determinar os níveis das partículas de fundo, que podem então ser subtraídos dos valores medidos nos gases de escape diluídos.

PSP Sonda de recolha de amostras de partículas

A sonda é o principal elemento do tubo de transferência de partículas PTT e:

- deve ser instalada virada para montante num ponto em que o ar de diluição e os gases de escape estejam bem misturados, ou seja, na linha de eixo do túnel de diluição (DT), a uma distância de cerca de 10 diâmetros do túnel a jusante do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição;
- deve ter um diâmetro interior mínimo de 12 mm;
- pode ser aquecida até se obter uma temperatura da parede não superior a 325 K (52°C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do ar de diluição, desde que a temperatura do ar não exceda 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- pode ser isolada.

2.4. Sistema de recolha de amostras de partículas

O sistema de recolha de amostras de partículas serve para recolher as partículas em filtros. No caso da diluição do caudal parcial com recolha total de amostras, que consiste em fazer passar a amostra total dos gases de escape diluídos através dos filtros, o sistema de diluição (ponto 2.2, figuras 14 e 18) e de recolha formam usualmente uma só unidade. No caso da diluição do caudal total ou parcial com recolha de amostras fraccionadas, que consiste na passagem através dos filtros de apenas uma parte dos gases de escape diluídos, os sistemas de diluição (ponto 2.2, figuras 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 19, e ponto 2.3, figura 20) e de recolha de amostras formam usualmente unidades diferentes.

No presente regulamento, o sistema de diluição dupla, (figura 22) de um sistema de diluição do caudal total é considerado como variante específica de um sistema típico de recolha de partículas conforme indicado na figura 21. O sistema de diluição dupla inclui todas as peças importantes do sistema de recolha de partículas, tais como suportes de filtros e bomba de recolha, e, além disso, algumas características relativas à diluição, como a alimentação em ar de diluição e um túnel de diluição secundária.

Para evitar qualquer impacto nos circuitos de regulação, recomenda-se que a bomba de recolha de amostras funcione durante todo o procedimento de ensaio. Para o método do filtro único, deve-se utilizar um sistema de derivação para fazer passar a amostra através dos filtros nos momentos desejados. A interferência da comutação nos circuitos fechados de regulação deve ser reduzida ao mínimo.

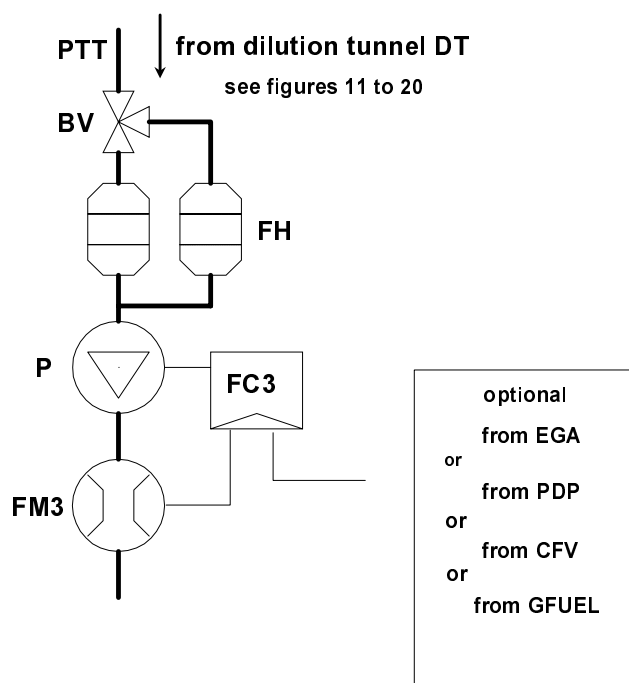


Figura 21 - Sistema de recolha de amostras de partículas

Legenda da figura 21:

EN	PT
From dilution tunnel DT	A partir do túnel de diluição DT
See figures 11 to 21	Ver figuras 11 a 21
Optional from...or	Facultativo a partir de...ou

Retira-se uma amostra dos gases de escape diluídos do túnel de diluição DT de um sistema de diluição do caudal parcial ou total através da sonda de recolha de amostras de partículas PSP e do tubo de transferência de partículas PTT através da bomba de recolha P. Faz-se passar a amostra através do(s) suporte(s) de filtros FH que contém(êm) os

filtros de recolha das partículas. O caudal da amostra é regulado pelo regulador de caudais FC3. Se for utilizada a compensação electrónica de caudais EFC (ver figura 20), o fluxo dos gases de escape diluídos é utilizado como sinal de comando para o FC3.

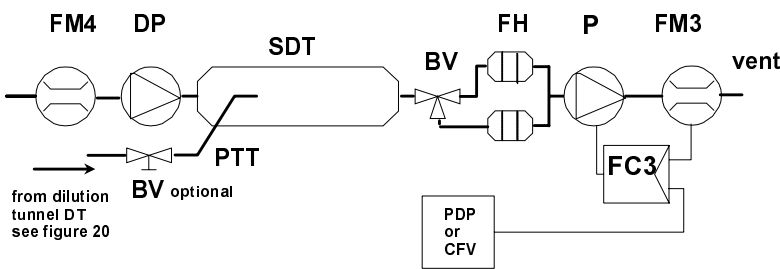


Figura 22 - Sistema de diluição dupla (exclusivamente sistema de diluição total do caudal)

Legenda da figura 22:

EN	PT
From dilution tunnel DT	A partir do túnel de diluição DT
See figure 20	Ver figura 20
Optional	Facultativo

Transfere-se uma amostra dos gases de escape diluídos do túnel de diluição DT de um sistema de diluição do caudal total através da sonda de recolha de amostras de partículas PSP e do tubo de transferência de partículas PTT para o túnel de diluição secundária SDT, onde é novamente diluída. Faz-se passar a amostra através do(s) suporte(s) de filtros FH que contém(êm) os filtros de recolha das partículas. O caudal do ar de diluição é geralmente constante, enquanto o caudal da amostra é regulado pelo regulador de caudal FC3. Se for utilizada a compensação electrónica de caudais EFC (ver figura 20), o caudal total dos gases de escape diluídos é utilizado como sinal de comando para o FC3.

2.4.1. Componentes das figuras 21 e 22

PTT Tubo de transferência de partículas (figuras 21 e 22)

O tubo de transferência de partículas não deve exceder 1 020 mm de comprimento, e deve ser o mais curto possível. Sempre que aplicável (ou seja, para sistemas de recolha fraccionada de amostras com diluição do caudal parcial e para sistemas de diluição do caudal total), o comprimento das sondas de recolha de amostras (SP, ISP, PSP, respectivamente, ver pontos 2.2 e 2,3) deve ser incluído.

As dimensões são válidas para:

- a recolha fraccionada de amostras com diluição do caudal parcial e o sistema de diluição simples do caudal total desde a ponta da sonda (SP, ISP, PSP, respectivamente) até ao suporte dos filtros;
- a recolha total de amostras com diluição do caudal parcial desde a extremidade do túnel de diluição até ao suporte dos filtros;
- o sistema de dupla diluição do caudal total desde a ponta da sonda PSP até ao túnel de diluição secundária.

O tubo de transferência:

- pode ser aquecido até se obter uma temperatura das paredes não superior a 325 K (52°C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do ar de diluição, desde que a temperatura do ar não exceda 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- pode ser isolado.

SDT Túnel de diluição secundária (figura 22)

O túnel de diluição secundária deve ter um diâmetro mínimo de 75 mm e um comprimento suficiente para permitir que a amostra diluída duas vezes permaneça pelo menos 0,25 segundos dentro do túnel. O suporte do filtro primário, FH, deve estar situado a 300 mm da saída do SDT.

O túnel de diluição secundária:

- pode ser aquecido até se obter uma temperatura da parede não superior a 325 K (52°C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do ar de diluição, desde que a temperatura do ar não exceda 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- pode ser isolado.

FH Suporte(s) do(s) filtro(s) (figuras 21 e 22)

Pode ser utilizado um alojamento de filtro ou alojamentos separados de filtros para os filtros primário e de apoio. É necessário respeitar as disposições do ponto 4.1.3 do apêndice 4 do anexo 4.

O(s) suporte(s) dos filtros:

- pode(m) ser aquecido(s) até se obter uma temperatura da parede não superior a 325 K (52°C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do ar de diluição, desde

que a temperatura do ar não exceda 325 K (52°C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;

- pode(m) ser isolado(s).

P Bomba de recolha de amostras (figuras 21 e 22)

A bomba da recolha de amostras de partículas deve estar localizada suficientemente longe do túnel para manter constante (± 3 K) a temperatura do gás de admissão, se não for utilizada a correcção do caudal pelo FC3.

DP Bomba do ar de diluição (figura 22)

A bomba do ar de diluição deve ser localizada de modo a que o ar de diluição secundária seja fornecido a uma temperatura de $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) se o ar de diluição não for pré-aquecido.

FC3 Regulador de caudais (figuras 21 e 22)

Utiliza-se um regulador de caudais para compensar o efeito das variações de temperatura e contrapressão no caudal da amostra de partículas ao longo da sua trajectória, se não existirem outros meios. O regulador de caudais é necessário se se utilizar o sistema de compensação electrónica de caudais EFC (ver figura 20).

FM3 Medidor de caudais (figuras 21 e 22)

O contador de gás ou outro aparelho de medição do caudal deve estar localizado suficientemente longe da bomba de recolha de amostras P para manter constante (± 3 K) a temperatura do gás de admissão, se não for utilizada a correcção do caudal pelo FC3.

FM4 Medidor de caudais (figura 22)

O contador de gás ou outro aparelho de medição do caudal deve estar localizado de modo a que a temperatura do gás de admissão se mantenha a $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$).

BV Válvula de esfera (facultativa)

A válvula de esfera deve ter um diâmetro interior não inferior ao diâmetro interior do tubo de transferência de amostras PTT e um tempo de comutação inferior a 0,5 segundos.

Nota: Se a temperatura ambiente na vizinhança de PSP, PTT, SDT e FH for inferior a 293 K (20°C), devem-se tomar precauções para evitar perdas de partículas nas paredes frias dessas peças. Assim, recomenda-se aquecer e/ou isolar essas peças dentro dos limites dados nas descrições respectivas. Recomenda-se também que a temperatura à superfície do filtro durante a recolha não seja

inferior a 293 K (20°C).

A cargas de motor elevadas, as peças acima indicadas podem ser arrefecidas por um meio não agressivo, tal como um ventilador de circulação, desde que a temperatura do fluido de arrefecimento não seja inferior a 293 K (20°C).

3. DETERMINAÇÃO DA OPACIDADE DOS FUMOS

3.1. Introdução

Os pontos 3.2 e 3.3 e as figuras 23 e 24 contêm descrições pormenorizadas dos opacímetros recomendados. Dado que várias configurações podem produzir resultados equivalentes, não é necessário respeitar rigorosamente essas figuras. Podem ser utilizados componentes adicionais tais como instrumentos, válvulas, solenóides, bombas e comutadores para obter outras informações e coordenar as funções dos sistemas. Outros componentes que não sejam necessários para manter a precisão em alguns sistemas podem ser excluídos se a sua exclusão se basear no bom senso técnico.

O princípio da medição consiste em a luz ser transmitida através de um comprimento específico do fumo a medir e a proporção da luz incidente que atinge um receptor ser utilizada para avaliar as propriedades do meio relativamente ao obscurecimento da luz. A medição dos fumos depende da concepção do aparelho e pode ser feita no tubo de escape (opacímetro em linha de fluxo total), no final do tubo de escape (opacímetro de fim de linha de fluxo total) ou tomando uma amostra do tubo de escape (opacímetro de fluxo parcial). Para a determinação do coeficiente de absorção da luz a partir do sinal de opacidade, o fabricante do instrumento deve fornecer o comprimento do percurso óptico do mesmo.

3.2. Opacímetro de fluxo total

Podem ser utilizados dois tipos gerais de opacímetros de fluxo total (figura 23). Com o opacímetro em linha, mede-se a opacidade da coluna total dos fumos de escape dentro do tubo de escape. Com este tipo de opacímetro, o comprimento efectivo do percurso óptico é função da concepção do opacímetro.

Com o opacímetro de fim de linha, mede-se a coluna total dos fumos de escape à medida que deixa o tubo de escape. Com este tipo de opacímetro, o comprimento efectivo do percurso óptico é função da concepção do tubo de escape e da distância entre a extremidade do tubo de escape e o opacímetro.

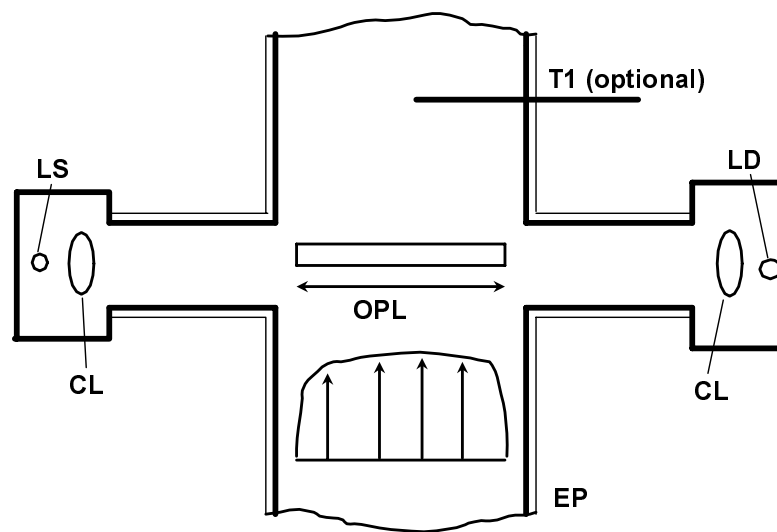


Figura 23 - Opacímetro de fluxo total

Legenda da figura 23:

EN	PT
Optional	Facultativo

3.2.1. Componentes da figura 23

EP Tubo de escape

Com um opacímetro em linha, não deve haver alterações do diâmetro do tubo de escape na zona compreendida entre três diâmetros do tubo de escape antes e depois da zona de medição. Se o diâmetro da zona de medição for maior do que o diâmetro do tubo de escape, recomenda-se um tubo gradualmente convergente antes da zona de medição.

Com um opacímetro de fim de linha, os últimos 0,6 m do tubo de escape devem ter uma secção circular e estar isentos de cotovelos e curvas. A extremidade do tubo de escape deve ser cortada em esquadria. O opacímetro deve ser montado no centro da coluna de fumos a 25 ± 5 mm da extremidade do tubo de escape.

OPL Comprimento do percurso óptico

Trata-se do comprimento do percurso óptico obscurecido por fumos entre a fonte luminosa do opacímetro e o receptor, corrigido conforme necessário quanto à não uniformidade devida aos gradientes de densidade e efeito de franja. O comprimento do percurso óptico deve ser fornecido pelo fabricante do instrumento tendo em conta eventuais medidas tomadas contra a deposição de fuligem (por exemplo, ar de purga). Se o comprimento do percurso óptico não for conhecido, deve ser determinado de acordo com a norma ISO DIS 11614, ponto 11.6.5. Para determinação correcta do

comprimento do percurso óptico, é necessária uma velocidade mínima dos gases de escape de 20 m/s.

LS Fonte luminosa

A fonte luminosa deve ser uma lâmpada incandescente com uma temperatura de cor na gama dos 2800 K a 3250 K ou um díodo emissor de luz (LED) verde com um pico espectral compreendido entre 550 nm e 570 nm. A fonte luminosa deve ser protegida contra a deposição de fuligem por meios que não influenciem o comprimento do percurso óptico para além das especificações do fabricante.

LD Detector de luz

O detector deve ser uma célula fotoelétrica ou um fotodíodo (com um filtro se necessário). No caso de uma fonte de luz incandescente, o receptor deve ter uma resposta espectral de pico semelhante à curva fototópica do olho humano (resposta máxima) na gama dos 550 a 570 nm, e a menos de 4 % dessa resposta máxima abaixo dos 430 nm e acima de 680 nm. O detector de luz deve ser protegido contra a deposição de fuligem por meios que não influenciem o comprimento do percurso óptico para além das especificações do fabricante.

CL Lentes de colimação

A luz deve ser colimada num feixe com um diâmetro máximo de 30 mm. Os raios do feixe de luz devem ser paralelos com uma tolerância de 3° em relação ao eixo óptico.

T1 Sensor de temperatura (facultativo)

A temperatura dos gases de escape pode ser monitorizada durante o ensaio.

3.3. Opacímetro de fluxo parcial

Com o opacímetro de fluxo parcial (figura 24), recolhe-se do tubo de escape uma amostra representativa dos gases de escape que é passada através de uma linha de transferência para a câmara de medição. Com este tipo de opacímetro, o comprimento efectivo do percurso óptico é função da concepção do opacímetro. Os tempos de resposta referidos no ponto a seguir aplicam-se ao caudal mínimo do opacímetro, conforme especificado pelo fabricante do instrumento.

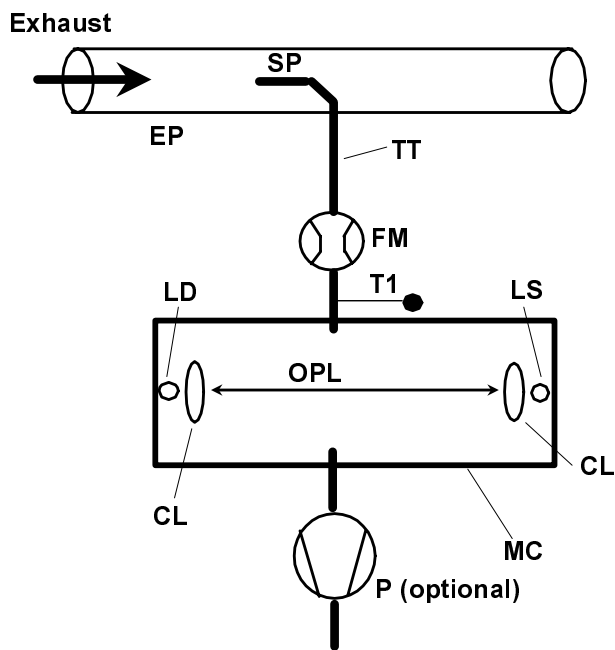


Figura 24 - Opacímetro de fluxo parcial

Legenda da figura 24:

EN	PT
Exhaust	Escape
Optional	Facultativo

3.3.1. Componentes da figura 24

EP Tubo de escape

O tubo de escape deve ser um tubo rectilíneo de comprimento pelo menos igual a 6 diâmetros de tubo a montante e 3 diâmetros do tubo a jusante da ponta da sonda.

SP Sonda de recolha de amostras

A sonda de recolha de amostras deve ser um tubo aberto virado para montante instalado na linha de eixo do tubo de escape ou próximo dela. A folga em relação à parede do tubo de escape deve ser de pelo menos 5 mm. O diâmetro da sonda deve assegurar uma recolha de amostras representativa e um caudal suficiente através do opacímetro.

TT Tubo de transferência

O tubo de transferência deve:

- ser tão curto quanto possível e assegurar uma temperatura dos gases de escape de $373\text{ K} \pm 30\text{ K}$ ($100^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$) à entrada da câmara de medição;
- ter uma temperatura de paredes suficientemente acima do ponto de orvalho dos gases de escape para impedir a condensação;
- ter um diâmetro igual ao da sonda de recolha de amostras ao longo de todo o comprimento;
- ter um tempo de resposta inferior a 0,05 s ao caudal mínimo do instrumento, conforme determinado de acordo com o ponto 5.2.4 do apêndice 4 do anexo 4;
- não ter efeitos significativos no pico dos fumos.

FM Medidor de caudal

Instrumentação do caudal para detectar o caudal correcto para a câmara de medição. Os caudais mínimo e máximo devem ser especificados pelo fabricante do instrumento, e ser tais que sejam satisfeitos os requisitos do tempo de resposta do TT e as especificações do comprimento do percurso óptico. O medidor de caudais pode estar próximo da bomba de recolha de amostras P, se utilizada.

MC Câmara de medição

A câmara de medição deve ter uma superfície interna não reflectora ou um ambiente óptico equivalente. A incidência de luz difusa no detector devido às reflexões internas ou efeitos de difusão deve ser reduzida ao mínimo.

A pressão do gás na câmara de medição não deve diferir da pressão atmosférica em mais do que 0,75 kPa. Quando tal não for possível por projecto, a leitura do opacímetro deve ser convertida à pressão atmosférica.

A temperatura das paredes da câmara de medição deve ser regulada a $\pm 5\text{ K}$ entre 343 K (70°C) e 373 K (100°C), mas sempre suficientemente acima do ponto de orvalho dos gases de escape para impedir a condensação. A câmara de medição deve ser equipada com dispositivos adequados para medir a temperatura.

OPL Comprimento do percurso óptico

Trata-se do comprimento do percurso óptico obscurecido por fumos entre a fonte luminosa do opacímetro e o receptor, corrigido conforme necessário quanto à não uniformidade devida aos gradientes de densidade e efeito de franja. O comprimento do percurso óptico deve ser fornecido pelo fabricante do instrumento tendo em conta eventuais medidas tomadas contra a deposição de fuligem (por exemplo, ar de purga). Se o comprimento do percurso óptico não for conhecido, deve ser determinado de acordo com a norma ISO DIS 11614, ponto 11.6.5.

LS Fonte luminosa

A fonte luminosa deve ser uma lâmpada incandescente com uma temperatura de cor na gama dos 2800 K a 3250 K ou um díodo emissor de luz (LED) verde com um pico espectral compreendido entre 550 nm e 570 nm. A fonte luminosa deve ser protegida contra a deposição de fuligem por meios que não influenciem o comprimento do percurso óptico para além das especificações do fabricante.

LD Detector de luz

O detector deve ser uma célula fotoelétrica ou um fotodíodo (com um filtro se necessário). No caso de uma fonte de luz incandescente, o receptor deve ter uma resposta espectral de pico semelhante à curva fototópica do olho humano (resposta máxima) na gama dos 550 a 570 nm, e a menos de 4 % dessa resposta máxima abaixo dos 430 nm e acima de 680 nm. O detector de luz deve ser protegido contra a deposição de fuligem por meios que não influenciem o comprimento do percurso óptico para além das especificações do fabricante.

CL Lentes de colimação

A luz deve ser colimada num feixe com um diâmetro máximo de 30 mm. Os raios do feixe de luz devem ser paralelos com uma tolerância de 3° em relação ao eixo óptico.

T1 Sensor de temperatura

A temperatura dos gases de escape pode ser monitorizada durante o ensaio.

P Bomba de recolha de amostras (facultativa)

Pode ser utilizada uma bomba de recolha de amostras a jusante da câmara de medição para fazer passar a amostra de gás através da câmara de medição.

Anexo 5

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO COMBUSTÍVEL DE REFERÊNCIA PARA
MOTORES IPC PRESCRITO PARA OS ENSAIOS DE HOMOLOGAÇÃO E PARA
VERIFICAR A CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO**

1. COMBUSTÍVEL PARA MOTORES DIESEL⁽¹⁾

Parâmetro	Unidade	Limites ⁽¹⁾		Método de ensaio ⁽²⁾	Publicação
		Mínimo	Máximo		
Índice de cetano ⁽³⁾		52	54	ISO 5165	1998 ⁽⁴⁾
Densidade a 15 °C	kg/m ³	833	837	ISO 3675	1995
Destilação:					
- ponto de 50 % vol	°C	245		ISO 3405	1998
- ponto de 95 % vol	°C	345	350	ISO 3405	1998
- ponto de ebulição final	°C	---	370	ISO 3405	1998
Ponto de inflamação	°C	55	---	EN 27719	1993
CFPP	°C	---	-5	EN 116	1981
Viscosidade a 40 °C	mm ² /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos	% m/m	3,0	6,0	IP 391 ^(*)	1995
Teor de enxofre ⁽⁵⁾	mg/kg	---	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ⁽⁴⁾
Corrosão em cobre		---	1	EN-ISO 2160	1995
Resíduo carbonoso Conradson (10 % no resíduo de destilação (DR))	% m/m	---	0,2	EN-ISO 10370	
Teor de cinzas	% m/m	---	0,01	EN-ISO 6245	1995
Teor de água	% m/m	---	0,05	EN-ISO 12937	1995
Índice de neutralização (ácido forte)	mg	---	0,02	ASTM D 974-95	1998 ⁽⁴⁾
Estabilidade à oxidação ⁽⁶⁾	mg/ ml	---	0,025	EN-ISO 12205	1996

- (1) Se se exigir o cálculo do rendimento térmico de um motor ou veículo, o poder calorífico do combustível pode ser calculado a partir de:
 Energia específica (valor calorífico) (útil) em MJ/kg = $(46,423 - 8,792d^2 + 3,170d) (1 - (x + y + s)) + 9,420s - 2,499x$

em que:

d = densidade a 15 °C;

x = proporção em massa de água (% dividida por 100);

y = proporção em massa de cinzas (% dividida por 100);

s = proporção em massa de enxofre (% dividida por 100).

- (2) Os valores indicados na especificação são «valores reais». Para fixar os valores-limite, aplicaram-se os termos da norma ISO 4259, «Petroleum products - Determination and application of precision data in relation to methods of test» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima do zero. Na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade). Embora esta medida seja necessária por razões estatísticas, o fabricante de um combustível deve, no entanto, tentar obter um valor nulo, quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições da especificação, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.
- (3) O intervalo indicado para o índice de cetano não está em conformidade com o requisito de um mínimo de 4R. No entanto, em caso de diferendo entre o fornecedor e o utilizador do combustível, poderão aplicar-se os termos da norma ISO 4259 para o resolver, desde que se efectue um número suficiente de medições repetidas para obter a precisão necessária em vez de realizar determinações únicas.
- (4) O mês de publicação será especificado na devida altura.
- (5) Deve-se indicar o teor real de enxofre do combustível utilizado para o ensaio. Além disso, o teor de enxofre do combustível de referência utilizado para a homologação de um veículo ou de um motor tendo em conta os valores-limite fixados na linha B do tabela incluída no ponto 5.2.1 do presente regulamento deve ter um valor máximo de 50 ppm.
- (6) Embora a estabilidade à oxidação seja controlada, é provável que o prazo de validade do produto seja limitado. Recomenda-se que seja pedido conselho ao fornecedor sobre as condições de armazenamento e de prazo de validade.

2. ETANOL PARA MOTORES DIESEL⁽¹⁾

Parâmetro	Unidade	Limites ⁽²⁾		Método de ensaio ⁽³⁾
		Mínimo	Máximo	
Álcool, massa	% m/m	92,4	-	ASTM D 5501
Outro álcool que não o etanol contido no álcool total, massa	% m/m	-	2	ASTM D 5501
Densidade a 15°C	kg/m ³	795	815	ASTM D 4052
Teor de cinzas	% m/m		0,001	ISO 6245
Ponto de inflamação	°C	10		ISO 2719
Acidez, calculada como ácido acético	% m/m	-	0,0025	ISO 1388-2
Índice de neutralização (ácido forte)	KOH mg/1	-	1	
Cor	Consoante a escala	-	10	ASTM D 1209
Resíduo seco a 100°C	mg/kg		15	ISO 759
Teor de água	% m/m		6,5	ISO 760
Aldeídos, calculados como ácido acético	% m/m		0,0025	ISO 1388-4
Teor de enxofre	mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Ésteres, calculados como acetato de etilo	% m/m	-	0,1	ASTM D 1617

- (1) Pode ser utilizado um aditivo para melhorar o índice de cetano do etanol, conforme especificado pelo fabricante do motor. A quantidade máxima permitida é 10 % m/m.
- (2) Os valores citados nas especificações são «valores reais». Para fixar os valores-limite, foi aplicada a norma ISO 4259, «Petroleum products - Determination and application of precision data in relation to methods of test» e, para fixar um valor mínimo, tomou-se em consideração uma diferença mínima de 2R acima de zero. Na fixação de um valor máximo e mínimo, a diferença mínima é de 4R (R = reprodutibilidade). Embora esta medida seja necessária por razões estatísticas, o fabricante de um combustível deve, no entanto, tentar obter um valor nulo, quando o valor máximo estabelecido for 2R, e o valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível satisfaz ou não as condições da especificação, aplicam-se os termos constantes da norma ISO 4259.
- (3) Serão adoptados métodos ISO equivalentes quando emitidos para todas as propriedades supramencionadas.

Anexo 6

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO COMBUSTÍVEL DE REFERÊNCIA PARA MOTORES A GN PRESCRITO PARA OS ENSAIOS DE HOMOLOGAÇÃO E PARA VERIFICAR A CONFORMIDADE DA PRODUÇÃO

Tipo: GÁS NATURAL (GN)

Os combustíveis no mercado europeu estão disponíveis em duas gamas:

- gama H, cujos combustíveis de referência extremos são os GR e G23;
- gama L, cujos combustíveis de referência extremos são o G23 e o G25.

As características dos combustíveis de referência GR, G23 e G25 estão resumidas a seguir:

Combustível de referência GR

Características	Unidade	Típico	Limites		Método de ensaio
			Míni	Máx	
<u>Composição:</u>					
Metano	% (mol)	87	84	89	
Etano	% mol	13	11	15	
Outros componentes (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
Teor de enxofre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Gases inertes +C₂₊

(**) Valor a determinar às condições normais [293,2 K (20°C) e 101,3 kPa].

Combustível de referência G23

Características	Unidade	Típico	Limites		Método de ensaio
			Míni	Máx.	
<u>Composição:</u>					
Metano	% mol	92,5	91,5	93,5	
Outros componentes (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mol	7,5	6,5	8,5	
Teor de enxofre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

- (*) Gases inertes (diferentes de N_2) + C_2/C_{2+}
- (**) Valor a determinar às condições normais [293,2 K (20°C) e 101,3 kPa]

Combustível de referência G25

Características	Unidade	Típico	Limites		Método de ensaio
			Míni	Máx.	
<u>Composição:</u>					
Metano	% mol	86	84	88	
Outros componentes (*)	% mol	-	-	1	ISO 6974
N ₂	% mol	14	12	16	
Teor de enxofre	mg/m ³ (**)	-	-	10	ISO 6326-5

(*) Gases inertes (diferentes de N₂) +C₂/C₂₊

(**) Valor a determinar às condições normais [293,2 K (20°C) e 101,3 kPa].

Anexo 7

Tipo: GÁS DE PETRÓLEO LIQUEFEITO (GPL)

Parâmetro	Unidade	Limites Combustível A		Limites Combustível B		Método de ensaio
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Índice de octano do motor		92,5 ⁽¹⁾		92,5		EN 589 anexo B
<u>Composição:</u>						
Teor de C3	% vol	48	52	83	87	
Teor de C4	% vol	48	52	13	17	ISO 7941
Olefinas	% vol		12		14	
Resíduo de evaporação	mg/kg		50		50	NFM 41015
Teor total de enxofre	ppm em massa ⁽¹⁾		50		50	EN 24260
Sulfureto de hidrogénio	---		Nada		Nada	ISO 8819
Corrosão em lâmina de cobre	classificação		classe 1		classe 1	ISO 6251 ⁽²⁾
Água a 0°C			isento		isento	inspeção visual

- (1) Valor a determinar às condições normais 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.
- (2) Este método pode não determinar com precisão a presença de materiais corrosivos se a amostra contiver inibidores de corrosão ou outros produtos químicos que diminuam a agressividade da amostra à lâmina de cobre. Assim sendo, é proibida a adição de tais compostos com a única finalidade de influenciar o método de ensaio.

Anexo 8

EXEMPLO DO MÉTODO DE CÁLCULO

1. ENSAIO ESC

1.1. Emissões gasosas

Os dados da medição para o cálculo dos resultados dos modos individuais são indicados a seguir. Neste exemplo, o CO e os NO_x são medidos em base seca e os HC em base húmida. A concentração dos HC é dada em equivalentes de propano (C3) e tem de ser multiplicada por 3 para se transformar em equivalente de C1. O método de cálculo é idêntico para os outros modos.

P (kW)	T _a (K)	H _a (g/kg)	G _{EXH} (kg)	G _{AIRW} (kg)	G _{FUEL} (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO _x (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Cálculo do factor de correcção base seca - base húmida K_{W,r} (ponto 4.2 do apêndice 1 do anexo 4):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \text{ e } K_{W2} = \frac{1,608 * 7,81}{1000 + (1,608 * 7,81)} = 0,0124$$

$$K_{W,r} = \left(1 - 1,9058 * \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Cálculo das concentrações em base húmida

$$CO = 41,2 * 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 * 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Cálculo do factor de correcção da humidade dos NO_x, K_{H,D} (ponto 4.3 do apêndice 1 do anexo 4):

$$A = 0,309 * 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 * 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 * (7,81 - 10,71) + 0,0026 * (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Cálculo dos caudais mássicos das emissões (ponto 4.4 do apêndice 1 do anexo 4):

$$\begin{aligned}\text{NO}_x &= 0,001587 * 457 * 0,9625 * 563,38 = 393,27 \text{ g/h} \\ \text{CO} &= 0,000966 * 38,1 * 563,38 = 20,735 \text{ g/h} \\ \text{HC} &= 0,000479 * 6,3 * 3 * 563,38 = 5,100 \text{ g/h}\end{aligned}$$

Cálculo das emissões específicas (ponto 4.5 do apêndice 1 do anexo 4):

A título de exemplo, segue-se o cálculo do CO. O método de cálculo é idêntico para as outras componentes.

Multiplicam-se os caudais mássicos das emissões dos modos individuais pelos respectivos factores de ponderação, conforme indicado no ponto 2.7.1 do apêndice 1 do anexo 4, procedendo-se de seguida ao seu somatório para obter o caudal mássico médio das emissões durante o ciclo:

$$\begin{aligned}\text{CO} &= (6,7 * 0,15) + (24,6 * 0,08) + (20,5 * 0,10) + (20,7 * 0,10) + (20,6 * 0,05) \\ &+ (15,0 * 0,05) + (19,7 * 0,05) + (74,5 * 0,09) + (31,5 * 0,10) + (81,9 * 0,08) \\ &+ (34,8 * 0,05) + (30,8 * 0,05) + (27,3 * 0,05) = 30,91 \text{ g/h}\end{aligned}$$

Multiplica-se a potência do motor em cada um dos modos pelos respectivos factores de ponderação, conforme indicado no ponto 2.7.1 do apêndice 1 do anexo 4, procedendo-se em seguida à sua soma para obter a potência média do ciclo:

$$\begin{aligned}P(n) &= (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * 0,05) \\ &+ (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * 0,08) \\ &+ (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\overline{CO} = \frac{30,91}{60,006} = 0,515 \text{ g/kWh}$$

Cálculo das emissões específicas dos NO_x do ponto aleatório (ponto 4.6.1 do apêndice 1 do anexo 4):

Considera-se que os valores a seguir indicados foram determinados no ponto aleatório:

$$\begin{aligned}n_Z &= 1600 \text{ min}^{-1} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ mass}, Z} &= 487,9 \text{ g/h} \quad (\text{calculado de acordo com as fórmulas anteriores}) \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x, Z} &= 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh}\end{aligned}$$

Determinação do valor das emissões do ciclo de ensaios (ponto 4.6.2 do

apêndice 1 do anexo 4):

Sejam os valores dos quatro modos envolventes com o ensaio ESC os seguintes:

n_{RT}	n_{SU}	E_R	E_S	E_T	E_U	M_R	M_S	M_T	M_U
1368	1785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) * (1600 - 1368) / (1785 - 1368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) * (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Comparação dos valores das emissões dos NO_x (ponto 4.6.3 do apêndice 1 do anexo 4):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 * (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

1.2. Emissões de partículas

A medição das partículas baseia-se no princípio da recolha de amostras de partículas durante o ciclo completo, mas determinando a massa das amostras e os caudais (MSAM e GEDF) durante os modos individuais. O cálculo de GEDF depende do sistema utilizado. Nos exemplos a seguir, utiliza-se um sistema com medição do CO_2 e método do balanço do carbono e um sistema com medição do caudal. Ao utilizar um sistema de diluição do caudal total, GEDF é directamente medido pelo equipamento CVS.

Cálculo do GEDF (pontos 5.2.3 e 5.2.4 do apêndice 1 do anexo 4)

Consideram-se os dados de medição do modo 4 os indicados a seguir. O método de cálculo é idêntico para os outros modos.

G_{EXH} (kg/h)	G_{FUEL} (kg/h)	G_{DILW} (kg/h)	G_{TOTW} (kg/h)	CO_{2D} (%)	CO_{2A} (%)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) Método do balanço do carbono

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 * 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) Método da medição do caudal

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 * 10,78 = 3600,7 \text{ kg/h}$$

Cálculo dos caudais mássicos das emissões (ponto 5.4 do apêndice 1 do anexo 4):

Multiplicam-se os caudais G_{EDFW} dos diversos modos pelos respectivos factores de ponderação, conforme indicado no ponto 2.7.1 do apêndice 1 do anexo 4, procedendo-se em seguida à sua soma para obter o caudal G_{EDF} médio durante o ciclo. A massa total de partículas M_{SAM} consiste no somatório das massas das amostras dos modos individuais:

$$\begin{aligned} \overline{G_{EDFW}} &= (3567 * 0,15) + (3592 * 0,08) + (3611 * 0,10) + (3600 * 0,10) \\ &+ (3618 * 0,05) + (3600 * 0,05) + (3640 * 0,05) + (3614 * 0,09) + (3620 * \\ &0,10) + (3601 * 0,08) + (3639 * 0,05) + (3582 * 0,05) + (3635 * 0,05) \\ &= 3604,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{SAM} &= 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 \\ &+ 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg} \end{aligned}$$

Se a massa de partículas nos filtros for de 2,5 mg, então:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} * \frac{3604,6}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correcção quanto às condições de fundo (facultativa)

Considere-se uma medição das condições de fundo com os valores a seguir. O cálculo do factor de diluição DF é idêntico ao do ponto 3.1 do presente anexo e não está indicado aqui.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{\text{DIL}} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Soma de DF} = & [(1^{-1}/119,15) * 0,15] + [(1^{-1}/8,89) * 0,08] + [(1^{-1}/14,75) * 0,10] + [(1^{-1}/10,10) * 0,10] \\ & + [(1^{-1}/18,02) * 0,05] + [(1^{-1}/12,33) * 0,05] + [(1^{-1}/32,18) * 0,05] + \\ & + [(1^{-1}/6,94) * 0,09] + [(1^{-1}/25,19) * 0,10] + [(1^{-1}/6,12) * 0,08] + [(1^{-1}/20,87) * 0,05] + \\ & + [(1^{-1}/8,77) * 0,05] + [(1^{-1}/12,59) * 0,05] = 0,923 \end{aligned}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} * 0,923 \right) * \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Cálculo das emissões específicas (ponto 5.5 do apêndice 1 do anexo 4):

$$\begin{aligned} P(n) = & (0,1 * 0,15) + (96,8 * 0,08) + (55,2 * 0,10) + (82,9 * 0,10) + (46,8 * 0,05) \\ & + (70,1 * 0,05) + (23,0 * 0,05) + (114,3 * 0,09) + (27,0 * 0,10) + (122,0 * 0,08) + \\ & + (28,6 * 0,05) + (87,4 * 0,05) + (57,9 * 0,05) = 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh, se corrigido quanto às condições de fundo}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Cálculo do factor de ponderação específico (ponto 5.6 do apêndice 1 do anexo 4):

Sendo os valores calculados pelo modo 4 acima, então:

$$WF_{E,I} = \frac{0,152 * 3604,6}{1,515 * 3600,7} = 0,1004$$

Este valor está dentro da aproximação em relação ao valor requerido, $0,10 \pm 0,003$.

2. ENSAIO ELR

Dado que a filtragem de Bessel é um método completamente novo de estabelecimento de médias na legislação europeia relativa aos gases de escape, apresentam-se a seguir uma explicação do filtro de Bessel, um exemplo da obtenção de um algoritmo de Bessel e um exemplo do cálculo do valor final dos fumos. As constantes do algoritmo de Bessel dependem apenas do projecto do opacímetro e da taxa de recolha do sistema de aquisição de dados. Recomenda-se que o fabricante do opacímetro forneça as constantes finais do filtro de Bessel relativamente a diferentes taxas de recolha e que o cliente utilize estas para obter o algoritmo de Bessel e calcular os valores de fumos.

2.1. Observações gerais sobre o filtro de Bessel

Devido a distorções de alta frequência, o sinal bruto da opacidade revela usualmente um traço extremamente disperso. Para remover essas distorções devidas à alta frequência, é necessário um filtro de Bessel para o ensaio ELR. O próprio filtro de Bessel é um filtro passa-baixo de segunda ordem iterativo que garante a subida mais rápida do sinal sem pico transitório.

Considerando um penacho de fumo de escape bruto em tempo real no tubo de escape, cada opacímetro revela um traço de opacidade atrasado e medido de modo diferente. O atraso e a magnitude do traço de opacidade medido dependem em primeiro lugar da geometria da câmara de medição do opacímetro, incluindo as linhas de recolha de amostras dos gases de escape, e do tempo necessário para processar o sinal na parte electrónica do opacímetro. Os valores que caracterizam estes dois efeitos são chamados os tempos de resposta física e eléctrica, que representam um filtro individual para cada tipo de opacímetro.

O objectivo da aplicação de um filtro de Bessel consiste em garantir uma característica filtrante uniforme global de todo o sistema do opacímetro, que consiste em:

- tempo de resposta física do opacímetro (t_p);
- tempo de resposta eléctrica do opacímetro (t_e);
- tempo de resposta do filtro de Bessel aplicado (t_F);

O tempo global de resposta resultante do sistema, t_{Aver} , é dado por:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

e deve ser igual para todas as espécies de opacímetros de modo a dar o mesmo valor de fumos. Assim sendo, um filtro de Bessel tem de ser criado de modo tal que o tempo de resposta do filtro (t_F), juntamente com os tempos de resposta física (t_p) e eléctrica (t_e) do opacímetro individual resultem no tempo de resposta global (t_{Aver}) requerido. Uma vez

que t_p e t_e são valores dados para cada opacímetro, e t_{Aver} é definido como sendo 1,0 s no presente regulamento, t_F pode ser calculado do seguinte modo:

$$t_F = \sqrt{t_{Aver}^2 - t_p^2 - t_e^2}$$

Por definição, o tempo de resposta do filtro t_F é o tempo de subida de um sinal de saída filtrado entre 10 % e 90 % num sinal de entrada em degrau. Assim sendo, a frequência de corte do filtro de Bessel tem de ser sujeita a iteração de modo tal que o tempo de resposta do filtro de Bessel se ajuste ao tempo de subida requerido.

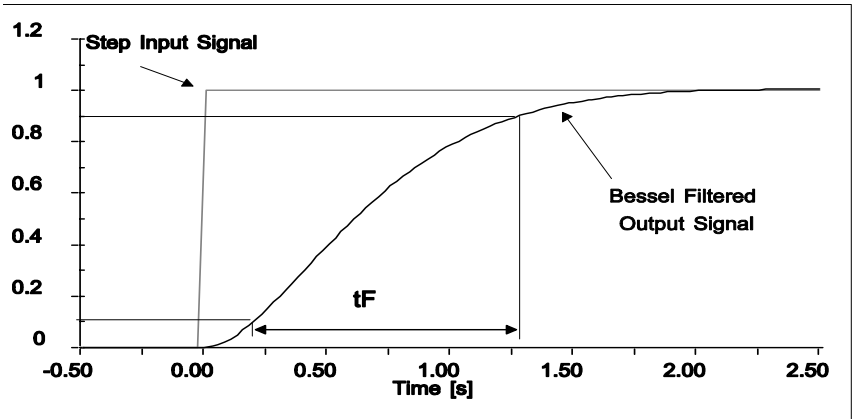


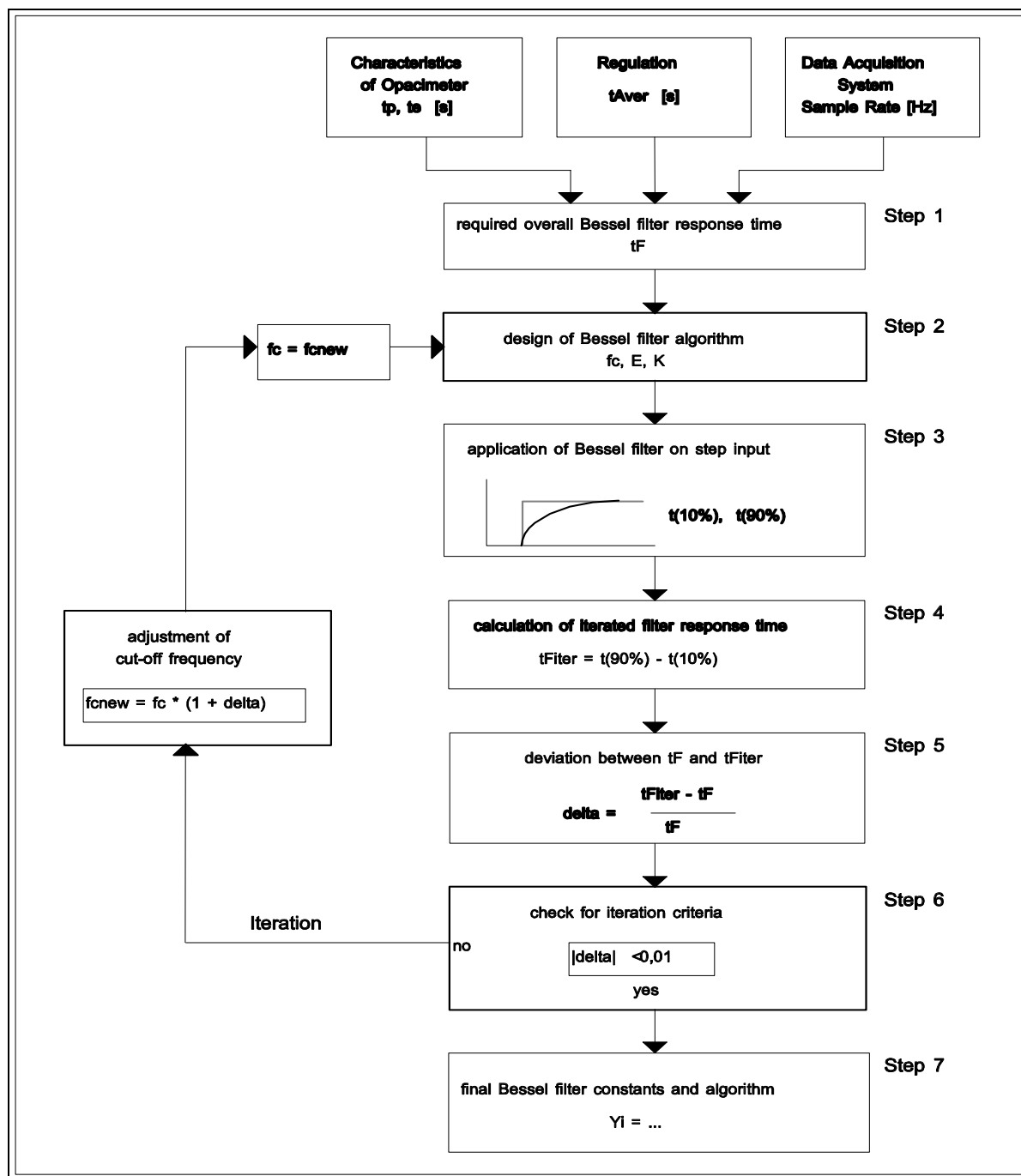
Figura a) - Traços de um sinal de entrada em degrau e do sinal de saída filtrado

Legenda da figura a)

EN	PT
Step input signal	Sinal de entrada em degrau
Bessel filtered output signal	Sinal de saída filtrado pelo filtro de Bessel

Na figura a), estão indicados os traços de um sinal de entrada em degrau e de um sinal de saída filtrado por um filtro de Bessel, bem como o tempo de resposta do filtro de Bessel (t_F).

A obtenção do algoritmo final de Bessel é um processo em várias fases que exige vários ciclos de iteração. Apresenta-se a seguir o esquema do método de iteração.



Legenda

EN	PT
Characteristics of opacimeter	Características do opacímetro
Regulation	Regulação
Data acquisition system sample rate	Taxa de recolha do sistema de aquisição de dados
Required overall Bessel filter response time	Tempo de resposta global do filtro de Bessel requerido
Design of Bessel filter algorithm	Concepção do algoritmo do filtro de Bessel
Application of Bessel filter on step input	Aplicação do filtro de Bessel ao sinal de entrada em degrau
Adjustment of cut-off frequency	Ajustamento da frequência de corte
Calculation of iterated filter response time	Cálculo do tempo de resposta do filtro após iteração
Deviation between tF and TFiter	Desvio entre tF e TFiter
Iteration	Iteração
Check for iteration criteria	Verificação dos critérios de iteração
No	Não
Yes	Sim
Final Bessel filter constants and algorithm	Algoritmo final e constantes finais do filtro de Bessel
Step	Passo

2.2. Cálculo do algoritmo de Bessel

No exemplo a seguir, o algoritmo de Bessel é obtido em vários passos de acordo com o método de iteração acima referido, baseado no ponto 6.1 do apêndice 1 do anexo 4.

Consideram-se as características a seguir indicadas para o opacímetro e o sistema de aquisição de dados:

- tempo de resposta física, t_p 0,15 s
- tempo de resposta eléctrica, t_e 0,05 s
- tempo de resposta global, t_{Aver} 1,00 s (por definição no presente regulamento)
- taxa de recolha de amostras 150 (Hz)

Passo 1 Tempo de resposta do filtro de Bessel t_F :

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Passo 2 Estimação da frequência de corte e cálculo das constantes de Bessel E,

K para a primeira iteração:

$$f_c = 3,1415 / (10 * 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1 / 150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan (3,1415 * 0,006667 * 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 * \sqrt{3 * 0,618034 + 0,618034 * 150,076644^2}} = 7,07948 * 10^{-5}$$

$$K = 2 * 7,07948 * 10^{-5} * (0,618034 * 150,076644 - 1) - 1 = 0,970783$$

O que dá o algoritmo de Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1}^{-1} + 7,07948 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_{i-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,970783 * (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

em que S_i representa os valores do sinal de entrada em degrau (ou «0» ou «1») e Y_i , os valores filtrados do sinal de saída.

Passo 3 Aplicação do filtro de Bessel ao sinal de entrada em degrau:

O tempo de resposta t_F do filtro de Bessel é definido como o tempo de subida do sinal de saída filtrado entre 10 % e 90 % num sinal de entrada em degrau. Para determinar os tempos de obtenção de 10 % (t_{10}) e 90 % (t_{90}) do sinal de saída, tem de ser aplicado um filtro de Bessel a uma entrada em degrau utilizando os valores acima indicados de f_c , E e K .

Os números de índice, o tempo e os valores de um sinal de entrada em degrau e os valores resultantes do sinal de saída filtrado para a primeira e a segunda iterações estão indicados na tabela B. Os pontos adjacentes a t_{10} e t_{90} estão assinalados com números a negrito. Na tabela B, primeira iteração, o valor de 10 % ocorre entre os números de índice 30 e 31, e o valor 90 %, entre os números de índice 191 e 192. Para o cálculo de $t_{F,iter}$ os valores exactos de t_{10} and t_{90} são determinados por interpolação linear entre os pontos de medição adjacentes, do seguinte modo:

$$t_{10} = t_{lower} + \Delta t * (0,1 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

$$t_{90} = t_{lower} + \Delta t * (0,9 - out_{lower}) / (out_{upper} - out_{lower})$$

em que out_{upper} e out_{lower} , são respectivamente os pontos adjacentes do sinal de saída filtrado de Bessel e t_{lower} é o tempo do ponto de tempo adjacente, conforme indicado na tabela B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 * (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 * (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Passo 4 Tempo de resposta do filtro do primeiro ciclo de iteração:

$$t_{F,iter} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Passo 5 Desvio entre os tempos de resposta do filtro requeridos e obtidos no primeiro ciclo de iteração:

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Passo 6 Verificação dos critérios de iteração:

Exige-se que $|\Delta| \leq 0,01$. Dado que $0,081641 > 0,01$, o critério de iteração não é satisfeito e tem de ser iniciado um novo ciclo de iteração. Para este ciclo, calcula-se uma nova frequência de corte f_c e Δ do seguinte modo:

$$f_{c,new} = 0,318152 * (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

Esta nova frequência de corte é utilizada no segundo ciclo de iteração, retomando o passo 2. A iteração tem de ser repetida até o critério de iteração ser satisfeito. Os valores resultantes das primeira e segunda iterações estão resumidos na tabela A.

Parâmetro	1. Iteração	2. Iteração
f_c (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 * 10^{-5}$	$8,272777 * 10^{-5}$
K (-)	0,970783	0,968410
t_{10} (s)	0,200945	0,185523
t_{90} (s)	1,276147	1,179562
$t_{F,iter}$ (s)	1,075202	0,994039
Δ (-)	0,081641	0,006657
$f_{c,new}$ (Hz)	0,344126	0,346417

Tabela A - Valores das primeira e segunda iterações

Passo 7 Algoritmo de Bessel final:

Logo que seja satisfeito o critério de iteração, calculam-se as constantes finais do filtro de Bessel e o algoritmo final de Bessel de acordo com o passo 2. Neste exemplo, o critério de iteração foi satisfeito após a segunda iteração ($\Delta = 0,006657 \leq 0,01$). Utiliza-se então o algoritmo final para determinar os valores médios dos fumos (ver o ponto 2.3 a seguir).

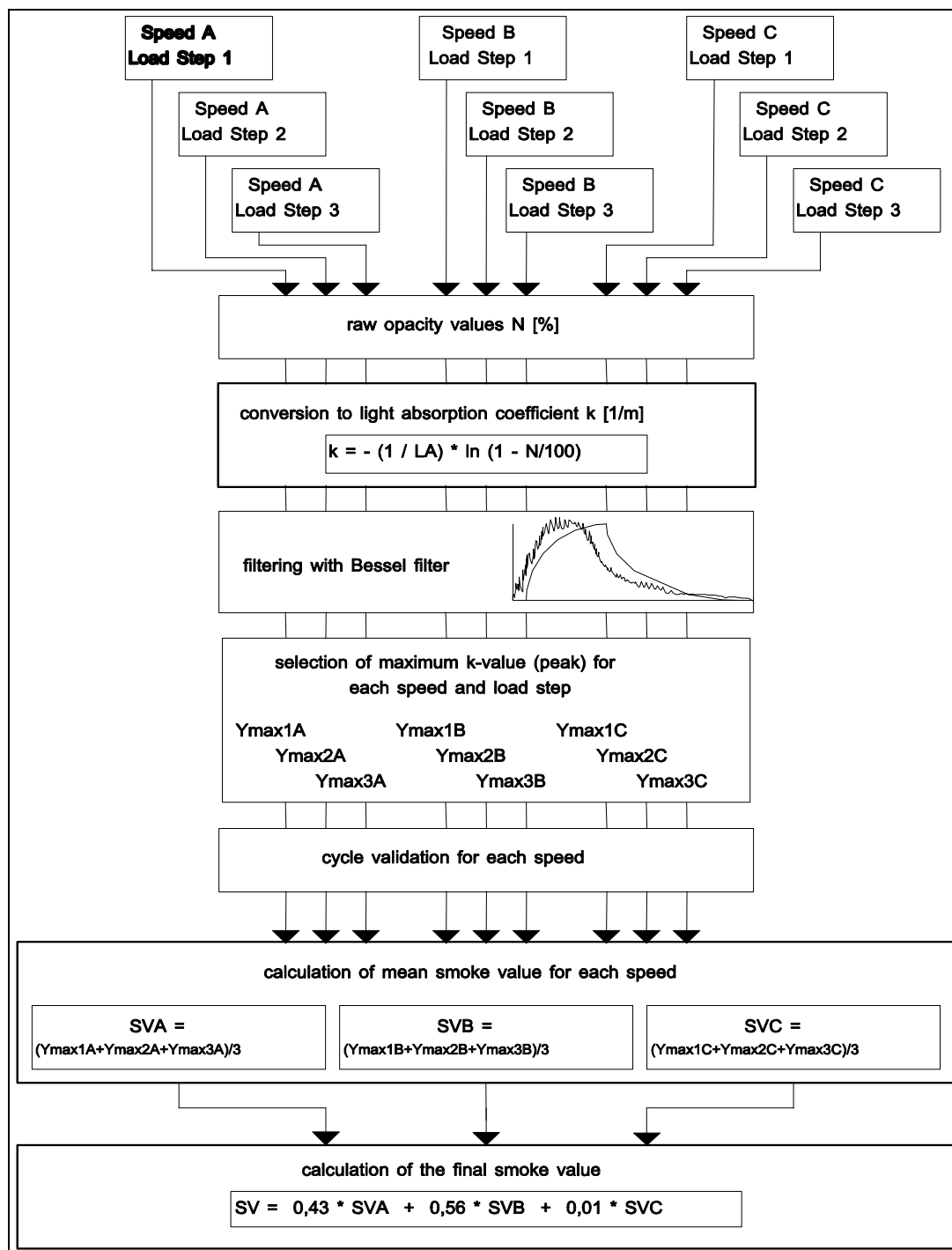
$$Y_i = Y_i^{-1} + 8,272777 * 10^{-5} * (S_i + 2 * S_i^{-1} + S_{i-2} - 4 * Y_{i-2}) + 0,968410 * (Y_i^{-1} - Y_{i-2})$$

Índice I [-]	Tempo [s]	Sinal de entrada em degrau S_i [-]	Sinal de saída filtrado Y_i [-]	
			1. Iteração	2. Iteração
-2	-0,013333	0	0,000000	0,000000
-1	-0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	0,002019
4	0,026667	1	0,002813	0,003278
5	0,033333	1	0,004145	0,004828
~	~	~	~	~
24	0,160000	1	0,067877	0,077876
25	0,166667	1	0,072816	0,083476
26	0,173333	1	0,077874	0,089205
27	0,180000	1	0,083047	0,095056
28	0,186667	1	0,088331	0,101024
29	0,193333	1	0,093719	0,107102
30	0,200000	1	0,099208	0,113286
31	0,206667	1	0,104794	0,119570
32	0,213333	1	0,110471	0,125949
33	0,220000	1	0,116236	0,132418
34	0,226667	1	0,122085	0,138972
35	0,233333	1	0,128013	0,145605
36	0,240000	1	0,134016	0,152314
37	0,246667	1	0,140091	0,159094
~	~	~	~	~
175	1,166667	1	0,862416	0,895701
176	1,173333	1	0,864968	0,897941
177	1,180000	1	0,867484	0,900145
178	1,186667	1	0,869964	0,902312
179	1,193333	1	0,872410	0,904445
180	1,200000	1	0,874821	0,906542
181	1,206667	1	0,877197	0,908605
182	1,213333	1	0,879540	0,910633
183	1,220000	1	0,881849	0,912628
184	1,226667	1	0,884125	0,914589
185	1,233333	1	0,886367	0,916517
186	1,240000	1	0,888577	0,918412
187	1,246667	1	0,890755	0,920276
188	1,253333	1	0,892900	0,922107
189	1,260000	1	0,895014	0,923907
190	1,266667	1	0,897096	0,925676
191	1,273333	1	0,899147	0,927414
192	1,280000	1	0,901168	0,929121
193	1,286667	1	0,903158	0,930799
194	1,293333	1	0,905117	0,932448
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

Tabela B - Valores do sinal de entrada em degrau e do sinal de saída filtrado de Bessel para o primeiro e segundo ciclos de iteração

2.3. Cálculo dos valores dos fumos

No esquema a seguir apresenta-se o processo geral de determinação do valor final de fumos.



Legenda

EN	PT
Speed	Velocidade
Load step	Patamares de carga
Raw opacity values	Valores da opacidade bruta
Conversion to light absorption coefficient	Conversão em coeficiente de absorção da luz
Filtering with Bessel filter	Filtração com o filtro de Bessel
Selection of maximum K-value (peak) for each speed and load step	Seleção do valor máximo de K (pico) para cada velocidade e patamar de carga
Cycle of validation for each speed	Ciclo de validação para cada velocidade
Calculation of the final smoke value	Cálculo do valor final dos fumos

Na figura b, indicam-se os traços do sinal medido da opacidade bruta e dos coeficientes de absorção da luz não filtrada e filtrada (valor k) do primeiro degrau de um ensaio ELR, bem como o valor máximo $Y_{\text{max},A}$ (pico) do traço filtrado de k. O quadro C contém os valores numéricos correspondentes do índice i, do tempo (taxa de recolha de 150 hz), da opacidade bruta e do coeficiente k não filtrado e filtrado. A filtragem foi realizada utilizando as constantes do algoritmo de Bessel obtido no ponto 2.2 do presente anexo. Devido à grande quantidade de dados, apenas se tabelaram as secções do traço dos fumos em torno do início e do pico.

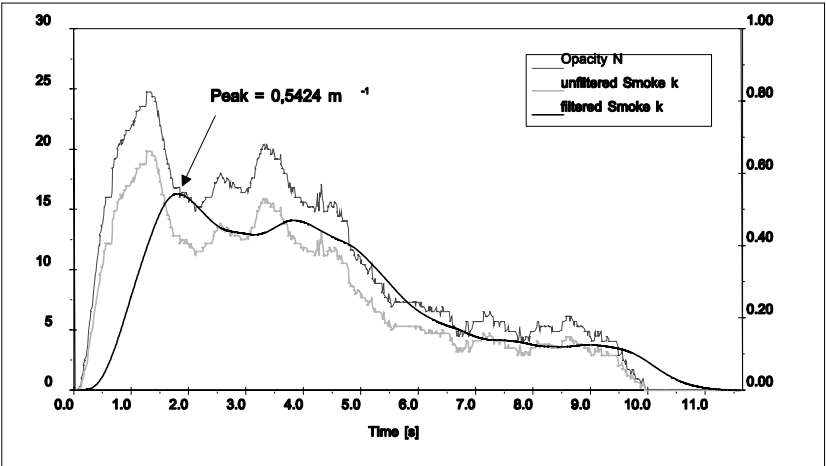


Figura b - Traços da opacidade medida N, do coeficiente k dos fumos não filtrados e do coeficiente k dos fumos filtrados.

Legenda da figura b)

EN	PT
Opacity	Opacidade
Unfiltered smoke	Fumos não filtrados
Filtered smoke	Fumos filtrados
Peak	Pico

O valor de pico ($i = 272$) é calculado considerando os dados da tabela C. Todos os outros valores individuais dos fumos são calculados do mesmo modo.

Cálculo do valor k (ponto 6.3.1 do apêndice 1 do anexo 4)

L_A (m)	0,430
Index I	272
N (%)	16,783

$S_{271} \text{ (m}^{-1}\text{)}$	0,427392
$S_{270} \text{ (m}^{-1}\text{)}$	0,427532
$Y_{271} \text{ (m}^{-1}\text{)}$	0,542383
$Y_{270} \text{ (m}^{-1}\text{)}$	0,542337

$$k = -\frac{1}{0,430} * \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a S_{272} na equação a seguir.

Cálculo da média de Bessel dos fumos (ponto 6.3.2 do apêndice 1 do anexo 4):

Na equação a seguir, utilizam-se as constantes de Bessel do ponto 2.2. O valor de k não filtrado real, conforme calculado acima, corresponde a S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) e S_{270} (S_{i-2}) são os dois valores k não filtrados anteriores, Y_{271} (Y_{i-1}) e Y_{270} (Y_{i-2}) são os dois valores k filtrados anteriores.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 * 10^{-5} * (0,427252 + 2 * 0,427392 + 0,427532 - 4 * 0,542337) + 0,968410 * (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Este valor corresponde a $Y_{\max 1, A}$ na equação a seguir.

Cálculo do valor final dos fumos (ponto 6.3.3 do apêndice 1 do anexo 4)

A partir de cada traço dos fumos, toma-se o valor k filtrado máximo para a continuação dos cálculos. Considerem-se os seguintes valores:

Velocidade	$Y_{\max} (\text{m}^{-1})$		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$SV_A = (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 = 0,5482 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 = 0,5462 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 = 0,5099 \text{ m}^{-1}$$

$$SV = (0,43 * 0,5482) + (0,56 * 0,5462) + (0,01 * 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1}$$

Validação do ciclo (ponto 3.4 do apêndice 1 do anexo 4)

Antes de calcular SV, o ciclo deve ser validado através do cálculo dos desvios-padrão relativos dos fumos dos três ciclos para cada regime.

Velocidade	Média SV (m^{-1})	Desvio-padrão absoluto (m^{-1})	Desvio-padrão relativo (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

No exemplo acima, o critério de validação dos 15 % é satisfeito no que diz respeito a cada velocidade.

Tabela C

Valores da opacidade N e valores k não filtrados e filtrados no início do patamar de carga

Índice i [-]	Tempo [s]	Opacidade N [%]	Valor k não filtrado [m ⁻¹]	Valor k filtrado [m ⁻¹]
-2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
-1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,006667	0,020000	0,000465	0,000000
2	0,013333	0,020000	0,000465	0,000000
3	0,020000	0,020000	0,000465	0,000000
4	0,026667	0,020000	0,000465	0,000001
5	0,033333	0,020000	0,000465	0,000002
6	0,040000	0,020000	0,000465	0,000002
7	0,046667	0,020000	0,000465	0,000003
8	0,053333	0,020000	0,000465	0,000004
9	0,060000	0,020000	0,000465	0,000005
10	0,066667	0,020000	0,000465	0,000006
11	0,073333	0,020000	0,000465	0,000008
12	0,080000	0,020000	0,000465	0,000009
13	0,086667	0,020000	0,000465	0,000011
14	0,093333	0,020000	0,000465	0,000012
15	0,100000	0,192000	0,004469	0,000014
16	0,106667	0,212000	0,004935	0,000018
17	0,113333	0,212000	0,004935	0,000022
18	0,120000	0,212000	0,004935	0,000028
19	0,126667	0,343000	0,007990	0,000036
20	0,133333	0,566000	0,013200	0,000047
21	0,140000	0,889000	0,020767	0,000061
22	0,146667	0,929000	0,021706	0,000082
23	0,153333	0,929000	0,021706	0,000109
24	0,160000	1,263000	0,029559	0,000143
25	0,166667	1,455000	0,034086	0,000185
26	0,173333	1,697000	0,039804	0,000237
27	0,180000	2,030000	0,047695	0,000301
28	0,186667	2,081000	0,048906	0,000378
29	0,193333	2,081000	0,048906	0,000469
30	0,200000	2,424000	0,057067	0,000573
31	0,206667	2,475000	0,058282	0,000693
32	0,213333	2,475000	0,058282	0,000827
33	0,220000	2,808000	0,066237	0,000977
34	0,226667	3,010000	0,071075	0,001144
35	0,233333	3,253000	0,076909	0,001328
36	0,240000	3,606000	0,085410	0,001533
37	0,246667	3,960000	0,093966	0,001758
38	0,253333	4,455000	0,105983	0,002007
39	0,260000	4,818000	0,114836	0,002283
40	0,266667	5,020000	0,119776	0,002587
~	~	~	~	~

Tabela C (continuação)

Valores da opacidade N e valores k não filtrados e filtrados em torno de $Y_{\max 1, A}$
(\equiv valor de pico, indicado em algarismos a negrito)

Índice I [-]	Tempo [s]	Opacidade N [%]	Valor k não filtrado [m ⁻¹]	Valor k filtrado [m ⁻¹]
259	1,726667	17,182000	0,438429	0,538856
260	1,733333	16,949000	0,431896	0,539423
261	1,740000	16,788000	0,427392	0,539936
262	1,746667	16,798000	0,427671	0,540396
263	1,753333	16,788000	0,427392	0,540805
264	1,760000	16,798000	0,427671	0,541163
265	1,766667	16,798000	0,427671	0,541473
266	1,773333	16,788000	0,427392	0,541735
267	1,780000	16,788000	0,427392	0,541951
268	1,786667	16,798000	0,427671	0,542123
269	1,793333	16,798000	0,427671	0,542251
270	1,800000	16,793000	0,427532	0,542337
271	1,806667	16,788000	0,427392	0,542383
272	1,813333	16,783000	0,427252	0,542389
273	1,820000	16,780000	0,427168	0,542357
274	1,826667	16,798000	0,427671	0,542288
275	1,833333	16,778000	0,427112	0,542183
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

3. ENSAIO ETC

3.1. Emissões gasosas (motores diesel)

Considerem-se os seguintes resultados do ensaio com um sistema PDP-CVS

V_0	m3/rot	0,1776
N_p	(rot)	23073
p_B	(kPa)	98,0
p_l	(kPa)	2,3
T	(K)	322,5
H_a	(g/kg)	12,8
$NO_{x\ conce}$	(ppm)	53,7
$NO_{x\ concd}$	(ppm)	0,4
CO_{conce}	(ppm)	38,9
CO_{concd}	(ppm)	1,0
HC_{conce}	(ppm) sem separador	9,00
HC_{concd}	(ppm) sem separador	3,02
HC_{conce}	(ppm) com separador	1,20
HC_{concd}	(ppm) com separador	0,65
$CO_{2,conce}$	(%)	0,723
W_{act}	(kWh)	62,72

Cálculo do caudal dos gases de escape diluídos (ponto 4.1 do apêndice 2 do anexo 4):

$$M_{TOTW} = 1,293 * 0,1776 * 23073 * (98,0 - 2,3) * 273 / (101,3 * 322,5) \\ = 4237,2 \text{ kg}$$

Cálculo do factor de correcção dos NO_x , (ponto 4.2 do apêndice 2 do anexo 4):

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Cálculo da concentração dos NMHC pelo método NMC (ponto 4.3.1 do apêndice 2 do anexo 4), considerando uma eficiência do etano de 0,04 e uma eficiência do etano de 0,98:

$$NMHC_{conce} = \frac{9,0 \times (1 - 0,04) - 1,2}{0,98 - 0,04} = 7,91 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{coned}} = \frac{3,02 \times (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 2,39 \text{ ppm}$$

Cálculo das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo (ponto 4.3.1.1 do apêndice 2 do anexo 4):

Seja o combustível diesel de composição $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8/2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8/4)))} = 13,6$$

$$\text{DF} = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\text{NO}_{x \text{ conc}} = 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{conc}} = 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 7,91 - 2,39 \cdot (1 - (1/18,69)) = 5,65 \text{ ppm}$$

Cálculo dos caudais mássicos das emissões (ponto 4.3.1 do apêndice 2 do anexo 4):

$$\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4237,2 = 12,462 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 5,65 \cdot 4237,2 = 11,467 \text{ g}$$

Cálculo das emissões específicas (ponto 4.4 do apêndice 2 do anexo 4):

$$\overline{\text{NO}_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 11,467 / 62,72 = 0,183 \text{ g/kWh}$$

3.2. Emissões de partículas (motores diesel)

Considerem-se os seguintes resultados do ensaio com um sistema PDP-CVS com dupla diluição:

M_{TOTW} (kg)	4237,2
$M_{f,p}$ (mg)	3,030
$M_{f,b}$ (mg)	0,044
M_{TOT} (kg)	2,159
M_{SEC} (kg)	0,909
M_d (mg)	0,341
M_{DIL} (kg)	1,245
DF	18,69
W_{act} (kWh)	62,72

Cálculo das emissões mássicas (ponto 5.1 do apêndice 2 do anexo 4):

$$M_f = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{SAM} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{mass} = \frac{3,074}{1,250} * \frac{4237,2}{1000} = 10,42 \text{ g}$$

Cálculo das emissões mássicas corrigidas quanto às condições de fundo (ponto 5.1 do apêndice 2 do anexo 4):

$$PT_{mass} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} * \left(1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] * \frac{4237,2}{1000} = 9,32 \text{ g}$$

Cálculo das emissões específicas (ponto 5.2 do apêndice 2 do anexo 4):

$$\overline{NO_x} = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{HC} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

3.3. Emissões gasosas (motor a GNC)

Consideram-se os seguintes resultados do ensaio com um sistema PDP-CVS

M _{TOTW}	(kg)	4237,2
H _a	(g/kg)	12,8
NO _{x conce}	(ppm)	17,2
NO _{x concd}	(ppm)	0,4
CO _{conce}	(ppm)	44,3
CO _{concd}	(ppm)	1,0
HC _{conce}	(ppm) sem separador	27,0
HC _{concd}	(ppm) sem separador	2,02
HC _{conce}	(ppm) com separador	18,0
HC _{concd}	(ppm) com separador	0,65
CH _{4 conce}	(ppm)	18,0
CH _{4 concd}	(ppm)	1,1
CO _{2,conce}	(%)	0,723
W _{act}	(kWh)	62,72

Cálculo do factor de correcção dos NO_x, (ponto 4.2 do apêndice 2 do anexo 4):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Cálculo da concentração dos NMHC (ponto 4.3.1 do apêndice 2 do anexo 4):

a) Método GC

$$NMHC_{conce} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) Método NMC

Considerando uma eficiência do metano de 0,04 e uma eficiência do etano de 0,98 (ver ponto 1.8.4 do apêndice 5 do anexo 4)

$$NMHC_{conce} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{concd} = \frac{2,02 \cdot (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 1,37 \text{ ppm}$$

Cálculo das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo (ponto 4.3.1.1 do apêndice 2 do anexo 4):

Supondo que se utiliza um combustível com 100% de metano, de composição C_1H_4 :

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \times (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Para os NMHC com o método GC, a concentração de fundo é a diferença entre HC_{conc} e CH_4_{conc} :

$$NO_{x\ conc} = 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$CO_{conc} = 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{conc} = 8,4 - 1,37 \cdot (1 - (1/13,01)) = 7,13 \text{ ppm} \quad (\text{Método NMC})$$

$$NMHC_{conc} = 9,0 - 0,92 \cdot (1 - (1/13,01)) = 8,15 \text{ ppm} \quad (\text{Método GC})$$

$$CH_4_{conc} = 18,0 - 1,1 \cdot (1 - (1/13,01)) = 17,0 \text{ ppm} \quad (\text{Método GC})$$

Cálculo dos caudais mássicos das emissões (ponto 4.3.1 do apêndice 2 do anexo 4):

$$NO_{x\ mass} = 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$CO_{mass} = 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$NMHC_{mass} = 0,000516 \cdot 7,13 \cdot 4237,2 = 15,589 \text{ g} \quad (\text{Método NMC})$$

$$NMHC_{mass} = 0,000516 \cdot 8,15 \cdot 4237,2 = 17,819 \text{ g} \quad (\text{Método GC})$$

$$CH_4_{mass} = 0,000552 \cdot 17,0 \cdot 4237,2 = 39,762 \text{ g} \quad (\text{Método GC})$$

Cálculo das emissões específicas (ponto 4.4 do apêndice 2 do anexo 4):

$$\overline{NO} = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{CO} = 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{NMHC} = 15,589/62,72 = 0,249 \text{ g/kWh} \quad (\text{Método NMC})$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 17,819/62,72 = 0,284 \text{ g/kWh} \quad (\text{Método GC})$$

$$\overline{\text{CH}_4} = 39,762/62,72 = 0,634 \text{ g/kWh} \quad (\text{Método GC})$$

4. FACTOR DE DESVIO λ (S_λ)

4.1. Cálculo do factor de desvio λ (S_λ)⁵

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

em que:

S_λ = factor de desvio λ ;
 inert % = % em volume de gases inertes no combustível (ou seja, N_2 , CO_2 , He, etc.);
 O_2^* = % em volume de oxigénio original no combustível;
 n e m = referem-se ao C_nH_m médio que representa os hidrocarbonetos combustíveis, ou seja:

$$n = \frac{1 * \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 2 * \left[\frac{\text{C}_2\%}{100}\right] + 3 * \left[\frac{\text{C}_3\%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_4\%}{100}\right] + 5 * \left[\frac{\text{C}_5\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent\%}}{100}}$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 4 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100}\right] + 6 * \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100}\right] + 8 * \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent\%}}{100}}$$

em que:

CH_4 = % em volume de metano no combustível;
 C_2 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_2 (p. ex. C_2H_6 , C_2H_4 , etc.) no combustível;
 C_3 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_3 (p. ex. C_3H_8 , C_3H_6 , etc.) no combustível;
 C_4 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_4 (p. ex. C_4H_{10} , C_4H_8 , etc.) no combustível;
 C_5 = % em volume de todos os hidrocarbonetos C_5 (p. ex. C_5H_{12} , C_5H_{10} , etc.) no combustível;

⁵/ Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels - SAE J1829, Junho de 1987.

John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capítulo 3.4 «Combustion stoichiometry» (páginas 68 a 72).

diluent = % em volume de gases de diluição no combustível (ou seja, O₂*, N₂, CO₂, He, etc.).

4.2. Exemplos de cálculo do factor de desvio λ (S_λ)

Exemplo 1: G₂₅: CH₄ = 86%, N₂ = 14% (em vol)

$$n = \frac{1 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 * \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 * 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 * \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 * 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Exemplo 2: GR: CH₄ = 87 %, C₂H₆ = 13 % (em vol)

$$n = \frac{1 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 * \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 * 0,87 + 2 * 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 6 * \left[\frac{C_2H_6\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 * 0,87 + 6 * 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) * \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Exemplo 3: USA: CH₄ = 89 %, C₂H₆ = 4,5 %, C₃H₈ = 2,3 %, C₆H₁₄ = 0,2 %, O₂ = 0,6 %, N₂ = 4%

$$n = \frac{1x \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2x \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1*0,89 + 2*0,045 + 3*0,023 + 4*0,002}{1 - \frac{(0,64+4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 * \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 * \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + 6 * \left[\frac{C_2H_6\%}{100} \right] + \dots + 8 * \left[\frac{C_3H_8\%}{100} \right]}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} =$$

$$= \frac{4 * 0,89 + 4 * 0,045 + 8 * 0,023 + 14 * 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) * \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

Anexo 9

REQUISITOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS RELATIVOS AOS MOTORES DIESEL A ETANOL

No caso dos motores diesel a etanol, aplicar-se-ão as seguintes modificações específicas, nos pontos adequados, às equações e factores aplicáveis aos métodos de ensaio definidos no anexo 4 da presente directiva.

Anexo 4 – Apêndice 1

4.2. Correção para a passagem de base seca a base húmida

$$F_{FH} = \frac{1.877}{\left(1 + 2.577 \cdot \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}}\right)}$$

4.3. Correção quanto à humidade e temperatura dos NO_x

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10.71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

em que:

A = 0,181 G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266;

B = - 0,123 G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954;

T_a = temperatura do ar, K;

H_a = humidade do ar de admissão, g de água por kg de ar seco.

4.4. Cálculo dos caudais mássicos das emissões

Calculam-se os caudais mássicos das emissões (g/h) para cada modo como se indica a seguir, tomando a massa volúmica dos gases de escape como 1,272 kg/m³ a 273 K (0°C) e 101,3 kPa:

$$(1) \quad NO_{x\ mass} = 0,001613 \cdot NO_{x\ conc} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

$$(2) \quad CO_{mass} = 0,000982 \cdot CO_{conc} \cdot G_{EXHW}$$

$$(3) \quad HC_{mass} = 0,000809 \cdot HC_{conc} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

em que NO_{x conc}, CO_{conc}, HC_{conc} são as concentrações médias (ppm) nos gases de escape brutos, determinadas de acordo com o ponto 4.1.

1/ Expressas em equivalente C1.

Se, facultativamente, as emissões gasosas forem determinadas com um sistema de diluição do caudal total, aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000795 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot G_{\text{TOTW}}$$

em que $\text{NO}_{x \text{ conc}}$, CO_{conc} , HC_{conc} são as concentrações médias corrigidas em relação às condições do fundo (ppm) de cada modo nos gases de escape diluídos, determinadas de acordo com o ponto 4.3.1.1 do apêndice 2 do anexo 4.

Anexo 4 – Apêndice 2

Os pontos 3.1, 3.4, 3.8.3 e 5 do apêndice 2 não são apenas aplicáveis aos motores diesel. Estes pontos são também aplicáveis aos motores diesel a etanol.

4.2. As condições do ensaio devem ser preparadas de forma a que a temperatura e a humidade do ar medidas na admissão do motor estejam reguladas para as condições normais durante a realização do ensaio. O valor normal deve ser $6 \pm 0,5$ g de água por kg de ar seco a um intervalo de temperatura de 298 ± 3 K. Dentro destes limites, não deve ser efectuada qualquer outra correcção do NO_x . O ensaio é considerado nulo caso estas condições não sejam satisfeitas.

4.3. Cálculo do caudal mássico das emissões

4.3.1. Sistemas com caudal mássico constante

No que diz respeito aos sistemas com permutador de calor, determina-se a massa dos poluentes (g/ensaio) a partir das seguintes equações:

$$(1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot (\text{motores a etanol})$$

$$(2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}} \quad (\text{motores a etanol})$$

$$(3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000794 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}' \quad (\text{motores a etanol})$$

em que:

$\text{NO}_{x\text{ conc}}, \text{CO}_{\text{conc}}, \text{HC}_{\text{conc}}, \text{NMHC}_{\text{conc}}$ = concentrações médias corrigidas quanto às condições de fundo durante o ciclo resultantes da integração (obrigatória para os NO_x e os HC) ou medição em saco, ppm;

M_{TOTW} = massa total de gases de escape diluídos durante o ciclo, de acordo com o ponto 4.1, kg.

4.3.1.1. Determinação das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo

Subtrai-se a concentração média de fundo dos gases poluentes no ar de diluição das concentrações medidas para obter as concentrações líquidas dos poluentes. Os valores médios das concentrações de fundo podem ser determinados pelo método do saco de recolha de amostras ou medição contínua com integração. Utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d * (1 - (1/\text{DF}))$$

em que:

conc = concentração do poluente respectivo nos gases de escape diluídos, corrigida da quantidade do poluente respectivo contida no ar de diluição, ppm;

conc_e = concentração do poluente respectivo medida nos gases de escape diluídos, ppm;

conc_d = concentração do poluente respectivo medida no ar de diluição, ppm;

DF = factor de diluição.

Calcula-se o factor de diluição do seguinte modo:

$$\text{DF} = \frac{F_S}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) * 10^{-4}}$$

em que:

$\text{CO}_{2,\text{conce}}$ = concentração do CO_2 nos gases de escape diluídos, em % vol;

HC_{conce} = concentração de HC nos gases de escape diluídos, ppm C1;

CO_{conce} = concentração de CO nos gases de escape diluídos, ppm;

F_S = factor estequiométrico.

1/ Expressas em equivalente C1.

Convertem-se as concentrações medidas em base seca em base húmida de acordo com o ponto 4.2 do apêndice 1 do anexo 4.

O factor estequiométrico para a composição do combustível geral $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta\text{N}_\gamma$, é calculado do seguinte modo:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{\gamma}{2}}$$

Em alternativa, se a composição do combustível for desconhecida, podem-se utilizar os seguintes factores estequiométricos:

$$F_s (\text{etanol}) = 12,3$$

4.3.2. Sistemas com compensação do caudal

No que diz respeito aos sistemas sem permutador de calor, determina-se a massa dos poluentes (g/ensaio) através do cálculo das emissões mássicas instantâneas e da integração dos valores instantâneos durante o ciclo. Do mesmo modo, aplica-se directamente a correcção quanto às condições de fundo ao valor da concentração instantânea. Aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$(1) \text{NO}_x \text{ mass} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{NO}_{x \text{ conce},i} \cdot 0,001587) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{NO}_{x \text{ concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,001587)$$

$$(2) \text{CO}_{\text{mass}} =$$

$$\sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{CO}_{\text{conce},i} \cdot 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{CO}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000966)$$

(3) $HC_{mass} =$

$$\sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} * HC_{conc_e,i} * 0,000479) - (M_{TOTW} * HC_{conc_d} * (1 - 1/DF) * 0,000479)$$

em que:

$conc_e$ = concentração do poluente respectivo medida nos gases de escape diluídos, ppm;

$conc_d$ = concentração do poluente respectivo medida no ar de diluição, ppm;

$M_{TOTW,i}$ = massa instantânea dos gases de escape diluídos (ver ponto 4.1), kg;

M_{TOTW} = massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo (ver ponto 4.1), kg;

DF = factor de diluição conforme determinado no ponto 4.3.1.1.

4.4. Cálculo das emissões específicas

Calculam-se as emissões específicas (g/kWh) para todos os componentes individuais do seguinte modo:

$$\overline{NO_x} = NO_{x\,mass} / W_{act}$$

$$\overline{CO} = CO_{mass} / W_{act}$$

$$\overline{HC} = HC_{mass} / W_{act}$$

em que:

W_{act} = trabalho realizado no ciclo real conforme determinado no ponto 3.9.2, kWh.