

II

(Actos não legislativos)

ACTOS ADOPTADOS POR INSTÂNCIAS CRIADAS POR ACORDOS INTERNACIONAIS

Só os textos originais UNECE fazem fé ao abrigo do direito internacional público. O estatuto e a data de entrada em vigor do presente regulamento devem ser verificados na versão mais recente do documento UNECE comprovativo do seu estatuto, TRANS/WP.29/343, disponível no seguinte endereço: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29docstts.html>

Regulamento n.º 49 da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) – Prescrições uniformes no que diz respeito às medidas a tomar contra a emissão de gases e partículas poluentes provenientes dos motores de ignição por compressão utilizados em veículos e a emissão de gases poluentes provenientes dos motores de ignição comandada alimentados a gás natural ou a gás de petróleo liquefeito utilizados em veículos

Alterações ao Regulamento n.º 49 publicado no JO L 103 de 12.4.2008, p. 1.

Integra:

Suplemento 1 à série 05 de alterações – Data de entrada em vigor: 17 de Março de 2010

Suplemento 2 à série 05 de alterações – Data de entrada em vigor: 19 de Agosto de 2010

Corrigenda 1 ao Suplemento 2 – Data de entrada em vigor: 19 de Agosto de 2010

Alterações à lista de conteúdos

O título do anexo 4B passa a ter a seguinte redacção:

«Método de ensaio para os motores de ignição por compressão e os motores de ignição comandada alimentados a gás natural (GN) ou a gás de petróleo liquefeito (GPL) que integrem a certificação relativa ao ciclo de ensaios harmonizado a nível mundial [WHDC, regulamento técnico mundial (gtr) n.º 4]»

O título do anexo 9B passa a ter a seguinte redacção:

«Requisitos técnicos para sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)»

Inserir anexo 9C novo:

«Anexo 9C – Requisitos técnicos para avaliar o rendimento em serviço dos sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

Apêndice 1 – Grupos de monitores»

Inserir anexo 10 novo:

«Anexo 10 – Requisitos técnicos sobre emissões fora de ciclo (OCE)»

Alterações dos anexos

Substituir o anexo 4B existente por um anexo 4B novo:

«ANEXO 4B

Método de ensaio para os motores de ignição por compressão e os motores de ignição comandada alimentados a gás natural (GN) ou a gás de petróleo liquefeito (GPL) que integrem a certificação relativa ao ciclo de ensaios harmonizado a nível mundial [WHDC, regulamento técnico mundial (gtr) N.º 4]

1. APLICABILIDADE

O presente anexo ainda não é aplicável para efeitos de homologação nos termos do presente regulamento. Será aplicável no futuro.

2. Reservado ⁽¹⁾.

3. DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

3.1. Definições

Para efeitos do disposto no presente regulamento, entende-se por:

- 3.1.1. “regeneração contínua”, o processo de regeneração de um sistema de pós-tratamento de gases de escape que ocorre de forma permanente ou pelo menos uma vez em cada ensaio WHTC com arranque a quente. Um processo de regeneração desta natureza não exige um método de ensaio especial;
- 3.1.2. “tempo de atraso”, o intervalo de tempo entre a modificação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 10 % da leitura final (t_{10}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como ponto de referência. Para os componentes gasosos, corresponde ao tempo de transporte do componente medido desde a sonda de amostragem até ao detector;
- 3.1.3. “sistema de eliminação dos NO_x”, um sistema de pós-tratamento dos gases de escape concebido para reduzir as emissões de óxidos de azoto (NO_x) (por exemplo, catalisadores de NO_x activos e passivos de mistura pobre, adsorventes de NO_x e sistemas de redução catalítica selectiva — sistemas SCR);
- 3.1.4. “motor diesel”, um motor que funciona de acordo com o princípio da ignição por compressão;
- 3.1.5. “desvio”, a diferença entre a resposta ao zero ou a resposta à calibração do instrumento de medição antes e depois de um ensaio das emissões;
- 3.1.6. “família de motores”, o agrupamento, definido pelo fabricante, de motores que, através do respectivo projecto conforme definido no ponto 5.2 do presente anexo, têm características de emissões de escape semelhantes; todos os membros da família têm de cumprir os valores-limite de emissão aplicáveis;
- 3.1.7. “sistema do motor”, o motor, o sistema de controlo de emissões e a interface de comunicação (*hardware* e *mensagens*) entre a(s) unidade(s) de controlo electrónico do sistema do motor (ECU) e qualquer outro grupo motopropulsor ou unidade de controlo do veículo;
- 3.1.8. “tipo de motor”, uma categoria de motores que não diferem entre si no que respeita às características essenciais;

⁽¹⁾ A numeração do presente anexo é coerente com a numeração do WHDC gtr. No entanto, algumas secções do WHDC gtr não são necessárias no presente anexo.

- 3.1.9. “sistema de pós-tratamento dos gases de escape”, um catalisador (de oxidação ou de três vias), filtro de partículas, sistema de eliminação dos NO_x , sistema combinado de eliminação dos NO_x com um filtro de partículas, ou qualquer outro dispositivo que reduza as emissões e esteja instalado a jusante do motor. Esta definição exclui a recirculação dos gases de escape (EGR), que, quando instalada, é considerada parte integrante do motor;
- 3.1.10. “método de diluição do caudal total”, o procedimento que consiste em misturar o caudal total dos gases de escape com o diluente, antes de recolher uma fracção do caudal dos gases de escape diluídos para análise;
- 3.1.11. “gases poluentes”, o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos e/ou os hidrocarbonetos não metânicos [supondo uma proporção de $\text{CH}_{1,85}$ para o gasóleo, $\text{CH}_{2,525}$ para o GPL e $\text{CH}_{2,93}$ para o GN e a “molécula” $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$ para os motores diesel a etanol], o metano (supondo uma proporção CH_4 para o GN) e os óxidos de azoto, estes últimos expressos em equivalentes de dióxido de azoto (NO_2);
- 3.1.12. “velocidade alta (n_{hi})”, a mais alta velocidade do motor à qual ocorre 70 % da potência máxima declarada;
- 3.1.13. “velocidade baixa (n_{lo})”, a mais baixa velocidade do motor à qual ocorre 55 % da potência máxima declarada;
- 3.1.14. “potência máxima (P_{max})”, a potência máxima, em kW, conforme especificada pelo fabricante;
- 3.1.15. “velocidade de binário máximo”, a velocidade do motor a que se obtém o binário máximo, conforme especificada pelo fabricante;
- 3.1.16. “binário normalizado”, binário do motor, em percentagem, normalizado ao binário máximo disponível a uma dada velocidade do motor;
- 3.1.17. “solicitação do operador”, acção de um operador do motor para controlar a potência do motor. O operador pode ser uma pessoa (ou seja, manual), ou um regulador de velocidade (ou seja, automático) que, mecânica ou electronicamente, envia ao motor um sinal exigindo-lhe potência. O sinal pode ser uma acção sobre um pedal de acelerador, uma manete de potência, uma manete de alimentação em combustível, uma manete de comando da velocidade ou um ponto de regulação do regulador ou um sinal de comando electrónico correspondente a cada uma das acções mecânicas;
- 3.1.18. “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;
- 3.1.19. “dispositivo de pós-tratamento de partículas”, um sistema de pós-tratamento dos gases de escape concebido para reduzir as emissões de partículas poluentes (PM) através de separação mecânica, aerodinâmica, por difusão ou por inércia;
- 3.1.20. “método de diluição do caudal parcial”, o procedimento que consiste em separar uma parte do caudal total dos gases de escape, misturando-a em seguida com uma quantidade adequada de diluente, antes de a fazer passar pelo filtro de recolha de amostras de partículas;
- 3.1.21. “partículas (PM)”, as matérias recolhidas num meio filtrante com características específicas, após diluição dos gases de escape com um diluente limpo filtrado a uma temperatura compreendida entre 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C); trata-se essencialmente de carbono, hidrocarbonetos condensados, bem como de sulfatos associados a água;
- 3.1.22. “regeneração periódica”, o procedimento de regeneração de um sistema de pós-tratamento dos gases de escape que ocorre periodicamente em menos de 100 horas de funcionamento normal do motor. Durante os ciclos em que se processa a regeneração, as normas de emissões podem ser ultrapassadas;
- 3.1.23. “ciclo de ensaio em condições estabilizadas com rampas de transição”, um ciclo de ensaios que comporta uma sequência de modos de funcionamento do motor em condições estabilizadas, com valores definidos de velocidade e de binário para cada modo e rampas de transição entre cada modo (WHSC);

- 3.1.24. “velocidade nominal”, a velocidade máxima a plena carga admitida pelo regulador, conforme especificada pelo fabricante na documentação comercial e no manual de serviço, ou, na ausência de regulador, a velocidade a que o motor pode atingir a potência máxima, tal como especificada pelo fabricante na documentação comercial e no manual de serviço;
- 3.1.25. “tempo de resposta”, o intervalo de tempo entre a variação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 90 % do valor da leitura final (t_{90}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como o ponto de referência; a variação do componente medido é de, no mínimo, 60 % da escala completa (FS) e ocorre em menos de 0,1 segundos. O tempo de resposta do sistema é constituído pelo tempo de atraso do sistema e pelo tempo de subida do sistema;
- 3.1.26. “tempo de subida”, o intervalo de tempo decorrido entre a obtenção de 10 % e de 90 % da leitura final ($t_{90} - t_{10}$);
- 3.1.27. “resposta à calibração”, a resposta média a um gás de calibração durante um intervalo de 30 segundos;
- 3.1.28. “emissões específicas”, as emissões mássicas expressas em g/kWh;
- 3.1.29. “ciclo de ensaios”, uma sequência de pontos de ensaio, com critérios de velocidade e de binário definidos para cada um deles, que devem ser realizados com o motor em condições estabilizadas (ensaio WHSC) ou transitórias (ensaio WHTC);
- 3.1.30. “tempo de transformação”, o intervalo de tempo entre a modificação do componente a medir no ponto de referência e uma resposta do sistema de 50 % da leitura final (t_{50}), sendo a sonda de recolha de amostras definida como ponto de referência. O tempo de transformação é usado para o alinhamento dos sinais dos diferentes instrumentos de medição;
- 3.1.31. “ciclo de ensaio transitório”, um ciclo de ensaio com uma sequência de valores normalizados para a velocidade e o binário que sofrem variações relativamente rápidas com o tempo (WHTC);
- 3.1.32. “vida útil”, o período relevante de distância e/ou tempo durante o qual é necessário assegurar a observância dos limites das emissões relevantes de gases e partículas;
- 3.1.33. “resposta ao zero”, a resposta média a um gás de colocação no zero durante um intervalo de tempo de 30 segundos.

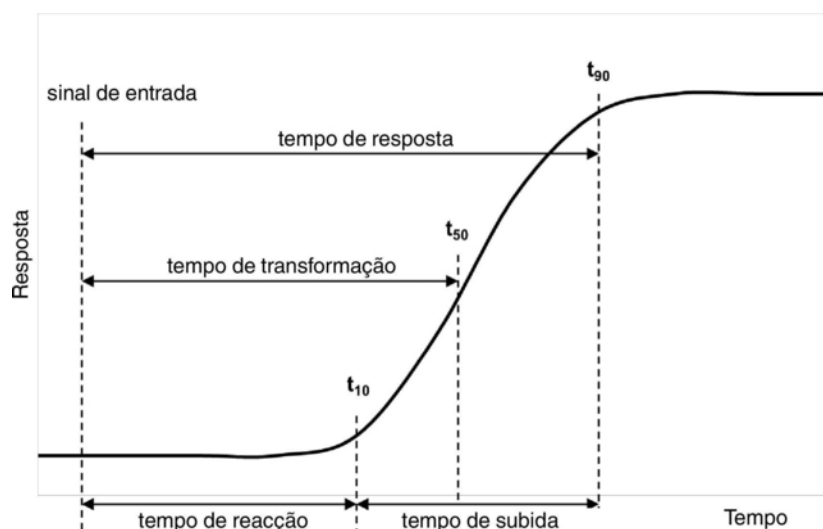


Figura 1

Definições relativas à resposta do sistema

3.2. Símbolos gerais

Símbolo	Unidade	Termo
a_1	—	Declive de regressão
a_0	—	ordenada da recta de regressão com origem no ponto y.
A/F_{st}	—	Razão estequiométrica ar/combustível
c	ppm/ % vol.	Concentração
c_d	ppm/ % vol.	Concentração em base seca
c_w	ppm/ % vol.	Concentração em base húmida
c_b	ppm/ % vol.	Concentração de fundo
C_d	—	Coefficiente de descarga do SSV
c_{gas}	ppm/ % vol.	Concentração nos componentes gasosos
d	m	Diâmetro
d_v	m	Diâmetro da garganta do venturi
D_0	m ³ /s	Ordenada na origem da função de calibração da PDP
D	—	Factor de diluição
Δt	s	Intervalo de tempo
e_{gas}	g/kWh	Emissão específica de componentes gasosos
e_{PM}	g/kWh	Emissão específica de partículas
e_r	g/kWh	Emissão específica durante a regeneração
e_w	g/kWh	Emissão específica ponderada
E_{CO_2}	%	Factor de atenuação do analisador de NO _x pelo CO ₂
E_E	%	Rendimento do etano
E_{H_2O}	%	Factor de atenuação do analisador de NO _x pela água
E_M	%	Rendimento do metano
E_{NO_x}	%	Rendimento do conversor de NO _x
f	Hz	Taxa de amostragem dos dados
f_a	—	Factor atmosférico do laboratório
F_s	—	Factor estequiométrico
H_a	g/kg	Humidade absoluta do ar de admissão
H_d	g/kg	Humidade absoluta do diluente
i	—	Índice aplicável a uma medição instantânea (p.ex., 1 Hz)
k_c	—	Factor específico do carbono
$k_{f,d}$	m ³ /kg combustível	Volume adicional de combustão dos gases de escape secos
$k_{f,w}$	m ³ /kg combustível	Volume adicional de combustão dos gases de escape húmidos
$k_{h,D}$	—	Factor de correcção da humidade para os NO _x no que diz respeito aos motores de ignição por compressão
$k_{h,G}$	—	Factor de correcção da humidade para os NO _x no que diz respeito aos motores de ignição comandada
$k_{r,u}$	—	Factor de correcção da regeneração para cima
$k_{r,d}$	—	Factor de correcção da regeneração para baixo
$k_{w,a}$	—	Factor de correcção base seca/base húmida para o ar de admissão
$k_{w,d}$	—	Factor de correcção base seca/base húmida para o diluente
$k_{w,e}$	—	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

Símbolo	Unidade	Termo
K_V	—	Função de calibração do CFV
λ	—	Quociente de excesso de ar
m_b	mg	Massa da amostra de partículas do diluente recolhido
m_d	kg	Massa da amostra de diluente que passa através dos filtros de recolha de partículas
m_{ed}	kg	Total da massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo de ensaio
m_{edf}	kg	Massa dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo de ensaio
m_{ew}	kg	Total da massa dos gases de escape durante o ciclo de ensaio
m_{gas}	g	Massa das emissões gasosas durante o ciclo de ensaio
m_f	mg	Massa do filtro de recolha de amostras de partículas
m_p	mg	Massa de amostra de partículas recolhida
m_{PM}	g	Massa das emissões de partículas durante o ciclo de ensaio
m_{se}	kg	Massa da amostra dos gases de escape durante o ciclo de ensaio
m_{sed}	kg	Massa dos gases de escape diluídos que passam pelo túnel de diluição
m_{sep}	kg	Massa dos gases de escape diluídos que passa pelos filtros de recolha de partículas
m_{ssd}	kg	Massa do diluente secundário
M	Nm	Binário
M_a	g/mol	Massa molar do ar de admissão
M_d	g/mol	Massa molar do diluente
M_e	g/mol	Massa molar dos gases de escape
M_f	Nm	Binário absorvido por dispositivos auxiliares/equipamentos a instalar
M_{gas}	g/mol	Massa molar dos componentes gasosos
M_r	Nm	Binário absorvido por dispositivos auxiliares/equipamentos a remover
n	—	Número de medições
n_r	—	Número de medições com regeneração
n	min ⁻¹	Velocidade de rotação do motor
n_{hi}	min ⁻¹	Velocidade alta do motor
n_{lo}	min ⁻¹	Velocidade baixa do motor
n_{pref}	min ⁻¹	Velocidade do motor preferencial
n_p	r/s	Velocidade da bomba PDP
p_a	kPa	Pressão do vapor de saturação do ar de admissão do motor
p_b	kPa	Pressão atmosférica total
p_d	kPa	Pressão do vapor de saturação do diluente
P_f	kW	Potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamentos a instalar
p_p	kPa	Pressão absoluta
p_r	kW	Pressão do vapor de água depois de um banho de arrefecimento
p_s	kPa	Pressão atmosférica em seco
P	kW	Potência

Símbolo	Unidade	Termo
P_r	kW	Potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamentos a remover
q_{mad}	kg/s	Caudal mássico do ar de admissão em base seca
q_{maw}	kg/s	Caudal mássico do ar de admissão em base húmida
q_{mCe}	kg/s	Caudal mássico de carbono nos gases de escape brutos
q_{mCe}	kg/s	Caudal mássico de carbono que entra no motor
q_{mCf}	kg/s	Caudal mássico de carbono no sistema de diluição do caudal parcial
q_{mdew}	kg/s	Caudal mássico dos gases de escape diluídos em base húmida
q_{mdw}	kg/s	Caudal mássico do diluente em base húmida
q_{medf}	kg/s	Caudal mássico equivalente dos gases de escape diluídos em base húmida
q_{mew}	kg/s	Caudal mássico dos gases de escape em base húmida
q_{mex}	kg/s	Caudal mássico da amostra extraída do túnel de diluição
q_{mf}	kg/s	Caudal mássico do combustível
q_{mp}	kg/s	Caudal mássico dos gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial
q_{vCVS}	m ³ /s	Caudal volúmico das amostras recolhidas a volume constante (CVS)
q_v^S	dm ³ /min	Caudal do sistema do analisador dos gases de escape
q_v^t	cm ³ /min	Caudal do gás marcador
r^2	—	Coefficiente de determinação
r_d	—	Razão de diluição
r_D	—	Quociente de diâmetro SSV-CVS
r_h	—	Factor de resposta do FID aos hidrocarbonetos
r_m	—	Factor de resposta do FID ao metanol
r_p	—	Relação de pressão do venturi subsónico (SSV)
r_s	—	Relação média de recolha de amostras
ρ	kg/m ³	Densidade
ρ_e	kg/m ³	Densidade dos gases de escape
σ	—	Desvio-padrão
s	—	Desvio-padrão
T	K	Temperatura absoluta
T_a	K	Temperatura absoluta do ar de admissão
t	s	Tempo
t_{10}	s	Intervalo de tempo entre o sinal de entrada em degrau e a obtenção de 10 % da leitura final
t_{50}	s	Intervalo de tempo entre o sinal de entrada em degrau e a obtenção de 50 % da leitura final
t_{90}	s	Intervalo de tempo entre o sinal de entrada em degrau e a obtenção de 90 % da leitura final
u	—	Quociente entre as densidades (ou massas molares) dos componentes gasosos e dos gases de escape divididos por 1 000
V_0	m ³ /r	Volume de gás da PDP bombeado por rotação
V_s	dm ³	Volume do sistema do banco de análise dos gases de escape
W_{act}	kWh	Trabalho do ciclo de ensaio efectivo
W_{ref}	kWh	Trabalho do ciclo de ensaio de referência
X_0	m ³ /r	Função de calibração da PDP

3.3. Símbolos e abreviaturas relativos à composição do combustível

w_{ALF}	Teor de hidrogénio do combustível, % massa
w_{BET}	Teor de carbono do combustível, % massa
w_{GAM}	Teor de enxofre do combustível, % massa
w_{DEL}	Teor de azoto do combustível, % massa
w_{EPS}	Teor de oxigénio do combustível, % massa
α	Quociente molar do hidrogénio (H/C)
γ	Quociente molar do enxofre (S/C)
δ	Quociente molar do azoto (N/C)
ε	Quociente molar do oxigénio (O/C)

para um combustível $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$

3.4. Símbolos e abreviaturas relativos aos componentes químicos

C1	Hidrocarboneto com um átomo de carbono equivalente
CH_4	Metano
C_2H_6	Etano
C_3H_8	Propano
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
DOP	Ftalato de dioctilo
HC	Hidrocarbonetos
H_2O	Água
NMHC	Hidrocarbonetos não metânicos
NO_x	Óxidos de azoto
NO	Monóxido de azoto
NO_2	Dióxido de azoto
PM	Partículas

3.5. Abreviaturas

CFV	Venturi de escoamento crítico
CLD	Detector quimioluminescente
CVS	Recolha de amostras a volume constante
DeNO_x	Sistema de pós-tratamento dos NO_x
EGR	Recirculação dos gases de escape
FID	Detector de ionização por chama
GC	Cromatógrafo de fase gasosa
HCLD	Detector quimioluminescente aquecido
HFID	Detector de ionização por chama aquecido
GPL	Gás de petróleo liquefeito
NDIR	Analizador não dispersivo de infravermelhos
NG	Gás natural

NMC	Separador de hidrocarbonetos não metânicos
PDP	Bomba volumétrica
% FS	Percentagem da escala completa
PFS	Sistema de caudal parcial
SSV	Venturi subsónico
VGT	Turbina de geometria variável

4. REQUISITOS GERAIS

O sistema do motor deve ser concebido, construído e montado para que, em condições normais de utilização, o motor obedeça às disposições do presente anexo durante a sua vida útil, em conformidade com o presente regulamento, incluindo quando está instalado no veículo.

5. REQUISITOS DE RENDIMENTO

5.1. Emissão de poluentes gasosos e de partículas

As emissões de poluentes gasosos e de partículas pelo motor devem ser determinadas nos ciclos de ensaio WHTC e WHSC, nos termos do ponto 7. Os sistemas de medição devem cumprir os requisitos de linearidade previstos no ponto 9.2 e as especificações dos pontos 9.3 (medição das emissões gasosas), 9.4 (medição de partículas), bem como no apêndice 3.

Podem ser aprovados outros sistemas ou analisadores pela entidade homologadora, se se determinar que produzem resultados equivalentes, nos termos do ponto 5.1.1.

5.1.1. Equivalência

A determinação da equivalência de sistemas deve basear-se num estudo de correlação de sete pares de amostras (ou mais) entre o sistema em consideração e um dos sistemas do presente anexo.

Os “resultados” referem-se ao valor específico das emissões ponderadas do ciclo. Os ensaios de correlação devem realizar-se no mesmo laboratório, na mesma célula de ensaio e com o mesmo motor, sendo preferível que decorra em simultâneo. A equivalência das médias dos pares de amostras deve ser determinada pelas estatísticas do ensaio *F* e do ensaio *T*, conforme descrito no apêndice 4, ponto A.4.3, obtidas na célula de ensaio do laboratório e com as condições do motor descritas acima. Os casos anómalos devem ser determinados em conformidade com a norma ISO 5725 e excluídos da base de dados. Os sistemas a utilizar para os ensaios de correlação devem ser homologados pela entidade homologadora.

5.2. Família de motores

5.2.1. Generalidades

Uma família de motores caracteriza-se por parâmetros de concepção. Estes devem ser comuns a todos os motores da família. O fabricante de motores pode decidir que motores pertencem a uma mesma família, desde que obedeça aos critérios de pertença enunciados no ponto 5.2.3. A família de motores deve ser homologada pela entidade homologadora. O fabricante deve apresentar à entidade homologadora a informação pertinente relativa aos níveis de emissões dos membros da família de motores.

5.2.2. Casos especiais

Nalguns casos, pode haver interacção de parâmetros. Esses efeitos devem ser tidos em conta para assegurar que apenas são incluídos numa família de motores aqueles que possuem características semelhantes em termos de emissões de escape. Estes casos devem ser identificados pelo fabricante e notificados à entidade homologadora. Devem, então, ser tidos em conta como um critério para a criação de uma nova família de motores.

Caso existam dispositivos ou características que não constem do ponto 5.2.3 e tenham uma influência significativa no nível de emissões, este equipamento deve ser identificado pelo fabricante com base nas boas práticas de engenharia, sendo notificado à entidade homologadora. Devem, então, ser tidos em conta como um critério para a criação de uma nova família de motores.

Para além dos parâmetros constantes do ponto 5.2.3, o fabricante pode introduzir critérios adicionais que permitam a definição de famílias de menor dimensão. Estes parâmetros não são necessariamente parâmetros com influência no nível das emissões.

5.2.3. Parâmetros que definem a família de motores

5.2.3.1. Ciclo de combustão:

- a) ciclo a dois tempos
- b) ciclo a quatro tempos
- c) motor de êmbolo rotativo
- d) diversos

5.2.3.2. Configuração dos cilindros

5.2.3.2.1. Disposição dos cilindros no bloco

- a) em V
- b) em linha
- c) radial
- d) outras (em F, em W, etc.)

5.2.3.2.2. Disposição relativa dos cilindros

Os motores com o mesmo bloco podem pertencer à mesma família, desde que o entre-eixo entre cilindros seja o mesmo.

5.2.3.3. Agente de arrefecimento principal

- a) ar
- b) água
- c) óleo

5.2.3.4. Cilindrada unitária

5.2.3.4.1. Motor com uma cilindrada unitária $\geq 0,75 \text{ dm}^3$

Para que os motores com uma cilindrada unitária $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ sejam considerados como pertencendo à mesma família de motores, a variação das respectivas cilindradas unitárias não deve ultrapassar 15 % da maior cilindrada unitária no âmbito dessa família.

5.2.3.4.2. Motor com uma cilindrada unitária $< 0,75 \text{ dm}^3$

Para que os motores com uma cilindrada unitária $< 0,75 \text{ dm}^3$ sejam considerados como pertencendo à mesma família de motores, a variação das respectivas cilindradas unitárias não deve ultrapassar 30 % da maior cilindrada unitária no âmbito dessa família.

5.2.3.4.3. Motor com outros limites de cilindrada unitária

Os motores cuja cilindrada unitária ultrapasse os limites definidos nos pontos 5.2.3.4.1 e 5.2.3.4.2 podem ser considerados como pertencendo à mesma família mediante o acordo da entidade homologadora. Esse acordo deve basear-se em elementos técnicos (cálculos, simulações, resultados experimentais, etc.) que demonstrem que a ultrapassagem dos limites não tem uma influência significativa nas emissões de escape.

5.2.3.5. Método de aspiração do ar:

- a) normalmente aspirado
- b) sobrealimentado
- c) sobrealimentado com sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação.

5.2.3.6. Tipo de combustível:

- a) diesel
- b) gás natural (GN)
- c) gás de petróleo liquefeito (GPL)
- d) etanol

5.2.3.7. Tipo de câmara de combustão:

- a) câmara aberta
- b) câmara compartimentada
- c) outros tipos

5.2.3.8. Tipo de ignição:

- a) ignição comandada
- b) ignição por compressão

5.2.3.9. Válvulas e janelas

- a) configuração
- b) número de válvulas por cilindro

5.2.3.10. Tipo de alimentação em combustível

- a) tipo de alimentação em combustível líquido
 - i) bomba, tubagem (alta pressão) e injector
 - ii) bomba em linha ou distribuidora
 - iii) bomba unitária ou injector unitário
 - iv) rampa de alta pressão
 - v) carburador(es)
 - vi) outros

b) Tipo de alimentação em gás combustível

- i) gasoso
- ii) líquido
- iii) unidades misturadoras
- iv) outros

c) outros tipos

5.2.3.11. Dispositivos diversos

- a) recirculação dos gases de escape (EGR)
- b) injeção de água
- c) injeção de ar
- d) outros

5.2.3.12. Estratégia de controlo electrónico

A presença ou ausência de uma unidade de gestão electrónica (ECU) no motor constitui um parâmetro básico da família.

No caso dos motores controlados electronicamente, o fabricante deve apresentar os elementos técnicos que levam ao agrupamento desses motores numa mesma família, ou seja, as razões pelas quais se considera que os motores estão em medida de cumprir os mesmos requisitos de emissões.

Estes elementos podem ser cálculos, simulações, estimativas, descrição de parâmetros de injeção, resultados experimentais, etc.

Eis alguns exemplos de características controladas:

- a) regulação
- b) pressão de injeção
- c) injeções múltiplas
- d) pressão de sobrealimentação
- e) VGT
- f) EGR

5.2.3.13. Sistemas de pós-tratamento dos gases de escape

Consideram-se critérios de pertença a uma família de motores a função e a combinação dos seguintes dispositivos:

- a) catalisador de oxidação
- b) catalisador de três vias
- c) sistema DeNO_x com redução selectiva de NO_x (adição de um agente redutor)
- d) outros sistemas DeNO_x

- e) colector de partículas com regeneração passiva
- f) colector de partículas com regeneração activa
- g) outros colectores de partículas
- h) outros dispositivos

Caso um motor tenha sido certificado sem sistema de pós-tratamento, quer como motor-precursor quer como membro da família, então este motor, se equipado com um catalisador de oxidação, pode ser incluído na mesma família de motores, se esta não exigir características distintas no que se refere ao combustível.

Se exigir um combustível com características específicas (por ex., colectores de partículas que exigem aditivos especiais no combustível para garantir o processo de regeneração), a decisão relativa à sua inclusão na mesma família deve assentar em elementos técnicos apresentados pelo fabricante. Estes elementos devem demonstrar que o nível de emissões esperado do motor equipado respeita o mesmo valor-limite que o motor não equipado.

Caso um motor tenha sido certificado com um sistema de pós-tratamento, quer como motor-precursor quer como membro de uma família, cujo motor-precursor esteja equipado com o mesmo sistema de pós-tratamento, então esse motor, se não estiver equipado com um sistema de pós-tratamento, não deve ser incluído na mesma família de motores.

5.2.4. Escolha do motor precursor

5.2.4.1. Motores de ignição por compressão

Depois de a entidade homologadora dar o seu acordo à família do motor, deve seleccionar-se o motor-precursor da família utilizando como critério primário o débito de combustível mais elevado por curso à velocidade de binário máximo declarada. No caso de dois ou mais motores respeitarem este critério primário, deve seleccionar-se o motor-precursor recorrendo ao critério secundário do débito de combustível mais elevado por curso à velocidade nominal.

5.2.4.2. Motor de ignição comandada

Depois de a entidade homologadora dar o seu acordo à família do motor, deve seleccionar-se o motor precursor da família utilizando como critério primário a maior cilindrada. No caso de dois ou mais motores respeitarem este critério primário, deve seleccionar-se o motor-precursor recorrendo aos critérios secundários pela seguinte ordem de prioridade:

- a) débito de combustível mais elevado por curso à velocidade correspondente à potência nominal declarada
- b) regulação mais avançada da ignição
- c) taxa de recirculação dos gases de escape (EGR) mais baixa

5.2.4.3. Observações sobre a escolha do motor-precursor

A entidade homologadora pode considerar que, para identificar o motor com o nível de emissões mais elevado da família, convém ensaiar mais motores. Neste caso, o fabricante do motor deve apresentar a informação pertinente para determinar os motores que, na família, são susceptíveis de ter o nível das emissões mais elevado.

Se os motores dentro da família tiverem outras características que possam afectar as emissões de escape, tais características devem também ser identificadas e tidas em conta na selecção do motor-precursor.

Caso os motores da família respeitem os mesmos valores de emissões durante distintos períodos de vida útil, esta característica deve ser tida em conta na selecção do motor-precursor.

6. CONDIÇÕES DE ENSAIO

6.1. Condições de ensaio laboratorial

Devem medir-se a temperatura absoluta (T_a) do ar de admissão do motor, expressa em Kelvin, e a pressão atmosférica em seco (p_s), expressa em kPa, e determinar-se o parâmetro f_a de acordo com as seguintes disposições: nos motores multicilindros com grupos distintos de colectores de admissão, por exemplo nos motores em "V", deve ser medida a temperatura média dos diferentes grupos. O parâmetro f_a deve ser comunicado juntamente com os resultados de ensaio. Tendo em vista melhorar a repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados de ensaio, recomenda-se que o parâmetro f_a seja escolhido de modo a que: $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

a) Motores de ignição por compressão:

Motores normalmente aspirados e motores com sobrealimentação mecânica:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,7} \quad (1)$$

Motores turbocomprimidos com ou sem arrefecimento do ar de admissão:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1,5} \quad (2)$$

b) Motores de ignição comandada:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,6} \quad (3)$$

6.2. Motores com arrefecimento do ar de sobrealimentação

Deve registar-se a temperatura do ar de sobrealimentação que, à velocidade nominal e com carga plena, deve estar a ± 5 K da temperatura máxima do ar de sobrealimentação especificada pelo fabricante. A temperatura do meio de arrefecimento deve ser de, pelo menos, 293 K (20 °C).

Se se utilizar um sistema de laboratório de ensaio ou um ventilador externo, deve regular-se o caudal do agente de arrefecimento de forma que a temperatura do ar de sobrealimentação se situe a ± 5 K da temperatura máxima especificada pelo fabricante, à velocidade nominal e a plena carga. A temperatura e o caudal do agente de arrefecimento do sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação não devem ser alterados durante todo o ciclo de ensaio, a menos que estas condições provoquem um arrefecimento excessivo não representativo do ar de sobrealimentação. O volume do arrefecedor do ar de sobrealimentação deve basear-se nas boas práticas de engenharia, devendo ser representativo da instalação do motor em serviço. O sistema de laboratório deve ser concebido para minimizar a acumulação de condensado. Qualquer condensado acumulado deve ser drenado e todos os drenos devem ser completamente fechados antes dos ensaios das emissões.

Se o fabricante dos motores especificar os limites da perda de pressão através do sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação, deve assegurar-se que a perda de pressão em todo o sistema de arrefecimento de ar de sobrealimentação, nas condições de motor especificadas pelo fabricante, está dentro do(s) limite(s) especificado(s) pelo fabricante. A perda de pressão deve ser medida nas localizações especificadas pelo fabricante.

6.3. Potência do motor

A base de medição das emissões específicas é a potência do motor e o trabalho do ciclo, determinada em conformidade com os pontos 6.3.1 a 6.3.5.

6.3.1. Instalação do motor em geral

O motor deve ser sujeito a ensaio com os dispositivos auxiliares/equipamento constantes do apêndice 7.

Se os dispositivos auxiliares/equipamento não estiverem instalados conforme exigido, deve ter-se em consideração a sua potência de acordo com os pontos 6.3.2 a 6.3.5.

6.3.2. Dispositivos auxiliares/equipamento a instalar para o ensaio das emissões

Se for inadequado instalar os dispositivos auxiliares/equipamento exigidos de acordo com o apêndice 7 no banco de ensaio, deve determinar-se a potência por eles absorvida, a subtrair da potência medida do motor (de referência e real) ao longo de toda a gama de velocidades do motor do ensaio WHTC e das velocidades de ensaio do WHSC.

6.3.3. Dispositivos auxiliares/equipamento a remover para o ensaio

Se não puderem ser retirados os dispositivos auxiliares/equipamento não exigidos de acordo com o apêndice 7, a potência por eles absorvida pode ser determinada e adicionada à potência medida do motor (de referência e real) ao longo de toda a gama de velocidades do motor do ensaio WHTC e das velocidades de ensaio do WHSC. Se este valor for superior a 3 % da potência máxima à velocidade de ensaio deve apresentar-se a prova à entidade homologadora.

6.3.4. Determinação da potência dos dispositivos auxiliares/equipamento

A potência absorvida pelos dispositivos auxiliares/equipamento apenas precisa de ser determinada, se:

- a) os dispositivos auxiliares/equipamento exigidos de acordo com o apêndice 7 não estiverem montados no motor

e/ou

- b) os dispositivos auxiliares/equipamento não exigidos de acordo com o apêndice 7 estiverem montados no motor.

Os valores da potência dos dispositivos auxiliares e o método de medição/cálculo para determinar a potência dos dispositivos auxiliares devem ser apresentados pelo fabricante do motor para toda a gama de funcionamento dos ciclos de ensaio e aprovados pela entidade homologadora.

6.3.5. Trabalho do ciclo do motor

O cálculo do trabalho do ciclo de referência e do ciclo real (ver pontos 7.4.8 e 7.8.6) deve assentar na potência do motor de acordo com o ponto 6.3.1. Neste caso, P_f e P_r da equação 4 são iguais a zero, e P é igual a P_m .

Se os dispositivos auxiliares/equipamento estiverem instalados de acordo com os pontos 6.3.2 e/ou 6.3.3, a potência por eles absorvida deve ser utilizada para corrigir cada valor instantâneo da potência do ciclo $P_{m,i}$, do seguinte modo:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (4)$$

em que:

$P_{m,i}$ é a potência medida do motor, em kW

$P_{f,i}$ é a potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamento a instalar, em kW

$P_{r,i}$ é a potência absorvida por dispositivos auxiliares/equipamento a remover, em kW

6.4. Sistema de admissão de ar do motor

Deve ser utilizado um sistema de admissão de ar do motor ou um sistema do laboratório de ensaio que produza uma restrição da admissão de ar de ± 300 Pa do valor máximo especificado pelo fabricante para um filtro de ar limpo à velocidade nominal e a plena carga. A pressão diferencial estática da restrição deve ser medida na localização especificada pelo fabricante.

6.5. Sistema de escape do motor

Deve ser utilizado um sistema de escape do motor ou um sistema do laboratório de ensaio que produza uma contrapressão de escape de 80 a 100 % do valor máximo especificado pelo fabricante à velocidade nominal e a plena carga. Se a restrição máxima for de 5 kPa ou inferior, o ponto de regulação não deve ser inferior a 1,0 kPa do máximo. O sistema de escape deve preencher os requisitos para a recolha de amostras de gases de escape, tal como previsto nos pontos 9.3.10 e 9.3.11.

6.6. Motor com sistema de pós-tratamento dos gases de escape

Se o motor estiver equipado com um sistema de pós-tratamento dos gases de escape, o tubo de escape deve ter o mesmo diâmetro que o tubo utilizado normalmente, ou em conformidade com as instruções fornecidas pelo fabricante, ao longo de, pelo menos, quatro diâmetros do tubo a montante da secção de expansão que contém o dispositivo de pós-tratamento. A distância da flange do colector de escape ou da saída do turbocompressor ao sistema de pós-tratamento dos gases de escape deve ser a mesma que na configuração do veículo, ou estar dentro das especificações do fabricante relativas à distância. A contrapressão ou a restrição dos gases de escape devem seguir os critérios acima indicados, e podem ser reguladas com uma válvula. Para dispositivos de pós-tratamento de restrição variável, a restrição máxima de gases de escape é definida nas condições de pós-tratamento (nível de rodagem/envelhecimento e regeneração/carga) especificadas pelo fabricante. Se a restrição máxima for de 5 kPa ou inferior, o ponto de regulação não deve ser inferior a 1,0 kPa do máximo. O recipiente do sistema de pós-tratamento pode ser removido durante os ensaios em branco e durante o mapeamento do motor e substituído por um recipiente equivalente com um suporte catalisador inactivo.

As emissões medidas no ciclo de ensaio devem ser representativas das emissões em serviço. Caso um motor equipado com um sistema de pós-tratamento de gases de escape exija a utilização de um reagente, o fabricante deve declarar o reagente utilizado para todos os ensaios.

Os motores equipados com sistemas de pós-tratamento de gases de escape com regeneração contínua não exigem um método de ensaio especial, mas o processo de regeneração precisa de ser demonstrado de acordo com o ponto 6.6.1.

Para motores equipados com sistemas de pós-tratamento de gases de escape de regeneração periódica, tal como descrito no ponto 6.6.2, os resultados das emissões devem ser ajustados a fim de terem em conta os ciclos de regeneração. Neste caso, as emissões médias dependem da frequência do ciclo de regeneração e, logo, da fracção de duração dos ensaios durante a qual se processa a regeneração.

6.6.1. Regeneração contínua

As emissões medem-se com um sistema de pós-tratamento que tenha sido estabilizado de forma a proporcionar um comportamento de emissões repetível. O processo de regeneração deve ocorrer, pelo menos, uma vez durante o ensaio WHTC com arranque a quente, e o fabricante deve declarar as condições normais em que se verifica a regeneração (carga de fuligem, temperatura, contrapressão de escape, etc.).

Para demonstrar que o processo de regeneração é contínuo, é necessário realizar pelo menos três ensaios WHTC com arranque a quente. Para efeitos desta demonstração, deve aquecer-se o motor de acordo com o ponto 7.4.1, estabilizar-se a temperatura do motor de acordo com o ponto 7.6.3 e efectuar-se o primeiro ensaio WHTC com arranque a quente. Os ensaios com arranque a quente subsequentes devem ser realizados após estabilização da temperatura do motor de acordo com o ponto 7.6.3. Nos ensaios, as temperaturas e as pressões dos gases de escape devem ser registadas (temperatura antes e depois do sistema de pós-tratamento, contrapressão de escape, etc.).

Se as condições declaradas pelo fabricante se verificarem nos ensaios e os resultados dos três (ou mais) ensaios WHTC com arranque a quente não apresentarem uma dispersão superior a $\pm 25\%$ ou $0,005\text{ g/kWh}$, conforme a que for maior, o sistema de pós-tratamento é considerado ser do tipo de regeneração contínua, e aplicam-se as disposições gerais de ensaio do ponto 7.6 (WHTC) e do ponto 7.7 (WHSC).

Se o sistema de pós-tratamento dos gases de escape tiver um modo de segurança que passa a modo de regeneração periódica, o primeiro deve ser verificado em conformidade com o disposto no ponto 6.6.2. Nesse caso específico, é possível ultrapassar os limites de emissões aplicáveis, que não serão ponderados.

6.6.2. Regeneração periódica

No tocante a sistemas de pós-tratamento dos gases de escape baseados num processo de regeneração periódica, as emissões devem ser medidas durante, pelo menos, três ensaios WHTC com arranque a quente, um com ciclo de regeneração e dois sem ciclo de regeneração, num sistema de pós-tratamento dos gases de escape estabilizado, e os respectivos resultados ponderados em conformidade com a equação 5.

O processo de regeneração deve ocorrer, no mínimo, uma vez no decurso do ensaio WHTC com arranque a quente. O motor pode estar equipado com um interruptor capaz de impedir ou permitir o processo de regeneração, desde que esta operação não tenha efeitos sobre a calibração original do motor.

O fabricante deve declarar as condições normais dos parâmetros em que o processo de regeneração ocorre (carga de fuligem, temperatura, contrapressão de escape, etc.) e a sua duração. O fabricante deve também comunicar a frequência dos ciclos de regeneração em termos de número de ensaios durante os quais se processa a regeneração em relação ao número de ensaios sem regeneração. O método exacto para determinar essa frequência deve basear-se em dados de utilização com boas práticas de engenharia e deve ser acordado pela entidade homologadora ou de certificação.

O fabricante deve fornecer um sistema de pós-tratamento dos gases de escape que tenha sido carregado para se poder atingir a regeneração no decurso do ensaio WHTC. Para efeitos deste ensaio, deve aquecer-se o motor de acordo com o ponto 7.4.1, estabilizar-se a temperatura do motor de acordo com o ponto 7.6.3 e efectuar-se o primeiro ensaio WHTC com arranque a quente. A regeneração não deve ocorrer durante o aquecimento do motor.

As emissões específicas médias entre fases de regeneração devem ser determinadas com base na média aritmética de vários resultados de ensaios WHTC de arranque a quente aproximadamente equidistantes (g/kWh). Recomenda-se a realização de, no mínimo, um ensaio WHTC de arranque a quente tão próximo quanto possível antes de um ensaio de regeneração e de um ensaio WHTC de arranque a quente imediatamente após um ensaio de regeneração. Em alternativa, o fabricante pode fornecer dados que comprovem que as emissões permanecem constantes ($\pm 25\%$ ou $0,005\text{ g/kWh}$, conforme o valor mais elevado) entre fases de regeneração. Neste caso, podem ser utilizadas as emissões de um único ensaio WHTC de arranque a quente.

Durante o ensaio de regeneração, todos os dados necessários para detectar a regeneração devem ser registados (emissões de CO ou NO_x, temperatura antes e depois do sistema de pós-tratamento, contrapressão do escape, etc.).

Durante o ensaio de regeneração, os limites de emissões aplicáveis podem ser ultrapassados.

O método de ensaio está representado esquematicamente na figura 2.

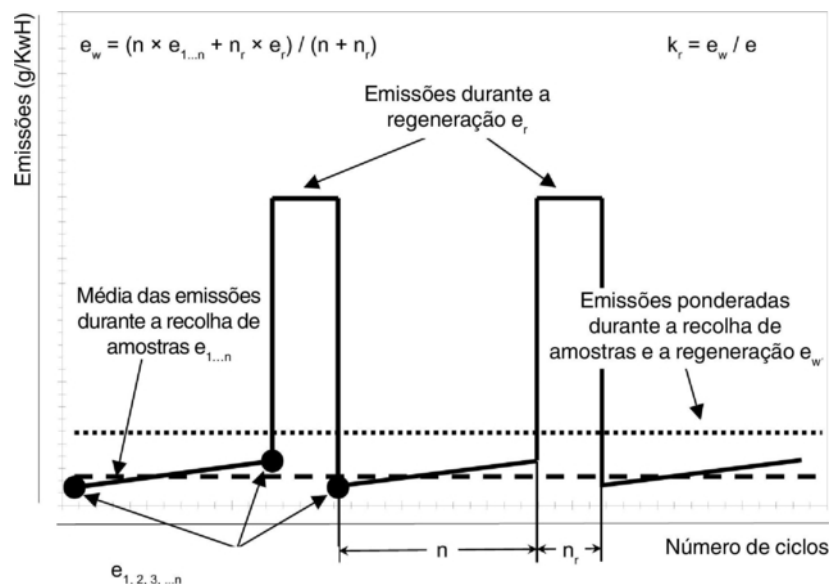


Figura 2

Diagrama da regeneração periódica

Nos ensaios WHTC com arranque a quente, devem ponderar-se as emissões do seguinte modo:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (5)$$

em que:

- n é o número de ensaios WHTC com arranque a quente sem regeneração
- n_r é o número de ensaios WHTC com arranque a quente com regeneração (no mínimo, um ensaio)
- \bar{e} é a emissão específica média sem regeneração, g/kWh
- \bar{e}_r é a emissão específica média com regeneração, g/kWh

Para a determinação de \bar{e}_r , aplicam-se as seguintes disposições:

- a) Se a regeneração levar mais de um arranque a quente WHTC, devem efectuar-se ensaios completos sucessivos WHTC com arranque a quente e continuar a medir as emissões sem estabilizar e sem desligar o motor, até que esteja concluída a regeneração, bem como calcular a média dos resultados dos ensaios WHTC com arranque a quente;
- b) Se a regeneração for concluída durante qualquer arranque a quente WHTC, o ensaio deve prosseguir até ao fim do seu ciclo.

Com o acordo da entidade homologadora, é possível aplicar um factor de correcção de regeneração multiplicativo c) ou um factor aditivo d) com base numa análise técnica bem fundamentada.

- c) Devem calcular-se os factores de correcção multiplicativos do seguinte modo:

$$k_{r,u} = \frac{e_w}{e} \text{ (para cima)} \quad (6)$$

$$k_{r,d} = \frac{e_w}{e_r} \text{ (para baixo)} \quad (6a)$$

- d) Devem calcular-se os factores de correcção aditivos do seguinte modo:

$$k_{r,u} = e_w - e \text{ (para cima)} \quad (7)$$

$$k_{r,d} = e_w - e_r \text{ (para baixo)} \quad (8)$$

Tendo em conta os cálculos das emissões específicas referidos no ponto 8.6.3, os factores de correcção da regeneração devem ser aplicados do seguinte modo:

- e) para um ensaio sem regeneração, $k_{r,u}$ deve ser, respectivamente, multiplicado pelo valor e das emissões específicas das equações 69 ou 70 ou adicionado a este valor;
- f) para um ensaio com regeneração, $k_{r,d}$ deve ser, respectivamente, multiplicado pelo valor e das emissões específicas das equações 69 ou 70 ou subtraído deste valor;

A pedido do fabricante, os factores de correcção da regeneração:

- g) podem ser alargados a outros membros da mesma família de motores;
- h) podem ser alargados a outras famílias de motores que utilizem o mesmo sistema de pós-tratamento, mediante autorização prévia da entidade homologadora ou de certificação, baseada em elementos técnicos a fornecer pelo fabricante relativos à similitude das emissões.

6.7. Sistema de arrefecimento

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

6.8. Lubrificante

O lubrificante deve ser especificado pelo fabricante, e ser representativo do lubrificante disponível no mercado; as especificações do lubrificante utilizado para o ensaio devem ser registadas e apresentadas com os resultados do ensaio.

6.9. Especificação do combustível de referência

O combustível de referência é especificado no apêndice 2 do presente anexo para os motores IC e nos anexos 6 e 7 para os motores alimentados a GNC e a GPL.

A temperatura do combustível deve ser conforme às recomendações do fabricante.

6.10. Emissões do cárter

As emissões do cárter não devem ser descarregadas directamente para a atmosfera ambiente, com a seguinte excepção: os motores equipados com turbocompressores, bombas, ventoinhas ou compressores de sobrealimentação para admissão de ar podem descarregar emissões do cárter para a atmosfera ambiente se essas emissões forem acrescentadas às emissões de gases de escape (física ou matematicamente) durante todos os ensaios de emissões. Os fabricantes que façam uso desta excepção devem instalar os motores de forma a que todas as emissões do cárter possam ser encaaminhadas para o sistema de recolha de amostras das emissões.

Para efeitos do presente ponto, as emissões do cárter que são encaminhadas para o dispositivo de escape a montante do sistema de pós-tratamento das emissões de escape durante toda a operação não são consideradas como sendo descarregadas directamente para a atmosfera ambiente.

As emissões do cárter devem ser encaminhadas para o sistema de escape, para medição das emissões do seguinte modo:

- a) A tubagem deve ser lisa, feita de materiais condutores de electricidade que não reajam com as emissões do cárter. Os tubos devem ser o mais curtos possível.
- b) Os tubos utilizados no laboratório para recolher as emissões do cárter devem apresentar o mínimo de curvas possível e, quando estas forem inevitáveis, o raio de qualquer curvatura deve ser tão grande quanto possível.
- c) A tubagem utilizada no laboratório para recolher as emissões do cárter deve ser aquecida, de paredes finas ou isolada e cumprir as especificações do fabricante do motor relativas à contra-pressão no cárter.
- d) A tubagem de escape do cárter deve estar ligada ao dispositivo de evacuação dos gases de escape brutos a jusante de qualquer sistema de pós-tratamento, a jusante de qualquer restrição de gases de escape instalada e suficientemente a montante de quaisquer sondas de recolha de amostras para assegurar a mistura completa com os gases de escape do motor antes da recolha de amostras. O tubo de escape do cárter deve penetrar na corrente livre de gases de escape, para evitar efeitos de camada-limite e facilitar a mistura. A saída do tubo de escape do cárter pode estar orientada em qualquer direcção, relativamente ao fluxo dos gases de escape brutos.

7. MÉTODOS DE ENSAIO

7.1. Princípios de medição das emissões

Para a medição das emissões específicas, o motor deve efectuar os ciclos de ensaio definidos nos pontos 7.2.1 e 7.2.2. A medição das emissões específicas exige a determinação da massa de componentes presentes nos gases de escape e do trabalho do ciclo do motor correspondente. Os componentes são determinados pelos métodos de amostragem descritos nos pontos 7.1.1 e 7.1.2.

7.1.1. Recolha de amostras em contínuo

Na recolha de amostras em contínuo, a concentração dos componentes é medida continuamente a partir dos gases de escape brutos ou diluídos. Esta concentração é multiplicada pelo caudal contínuo dos gases de escape (brutos ou diluídos) no ponto de recolha das amostras de emissões para determinar o caudal mássico dos componentes. As emissões dos componentes são continuamente somadas durante o ciclo de ensaio. Esta soma corresponde à massa total dos componentes emitidos.

7.1.2. Amostragem por lote

Na amostragem por lote, uma amostra de gases de escape brutos ou diluídos é continuamente extraída e armazenada para posterior medição. A amostra extraída deve ser proporcional ao caudal dos gases de escape brutos ou diluídos. Exemplos de amostragem por lote são a recolha de componentes gasosos diluídos num saco e a recolha de partículas (PM) num filtro. As concentrações recolhidas através de amostragem por lote são multiplicadas pela massa total dos gases de escape ou pelo caudal mássico dos gases de escape (brutos ou diluídos) de onde foram extraídas durante o ciclo de ensaio. Este produto corresponde à massa total ou ao caudal mássico dos componentes emitidos. Para calcular a concentração de partículas (PM), a quantidade de partículas depositadas num filtro, a partir dos gases de escape extraídos proporcionalmente, deve ser dividida pela quantidade dos gases de escape filtrados.

7.1.3. Métodos de medição

O presente anexo prevê dois métodos de medição que são equivalentes em termos funcionais. Ambos os métodos podem ser utilizados para ambos os ciclos de ensaio WHTC e WHSC:

- a) são recolhidas amostras dos componentes gasosos em contínuo nos gases de escape brutos, e as partículas são determinadas utilizando um sistema de diluição do caudal parcial;
- b) os componentes gasosos e as partículas são determinados utilizando um sistema de diluição do caudal total (sistema CVS).

É permitida qualquer combinação de ambos os princípios (nomeadamente, medição dos gases brutos e medição de partículas do caudal total).

7.2. Ciclos de ensaio

7.2.1. Ciclo de ensaio em condições transitórias (WHTC)

O ciclo de ensaio em condições transitórias (WHTC) está apresentado no apêndice 1 como uma sequência segundo-a-segundo de valores normalizados da velocidade e binário. Para realizar o ensaio num banco de ensaio de motores, os valores normalizados devem ser convertidos em valores reais para o motor em ensaio, com base na curva do mapeamento do motor. Essa conversão é referida como desnormalização, e o ciclo de ensaios desenvolvido é referido como o ciclo de referência do motor a ensaiar. Utilizando esses valores de referência da velocidade e do binário, deve realizar-se o ciclo no banco de ensaio, registando-se os valores reais da velocidade, do binário e da potência. Para validar o ensaio, deve realizar-se uma análise de regressão entre os valores de velocidade, binário e potência reais e de referência, após a conclusão do ensaio.

Para o cálculo das emissões específicas, deve calcular-se o trabalho efectuado no ciclo real, mediante a integração da potência real do motor ao longo do ciclo. Para validação do ciclo, o trabalho efectuado no ciclo real deve situar-se dentro dos limites prescritos para o trabalho durante o ciclo de referência.

No que diz respeito aos gases poluentes, pode ser utilizada a amostragem em contínuo (gases de escape brutos ou diluídos) ou a amostragem por lote (gases de escape diluídos). A amostra de partículas deve ser diluída com um diluente condicionado (como ar ambiente) e recolhida num filtro único adequado para o efeito. A figura 3 representa esquematicamente o ensaio WHTC:

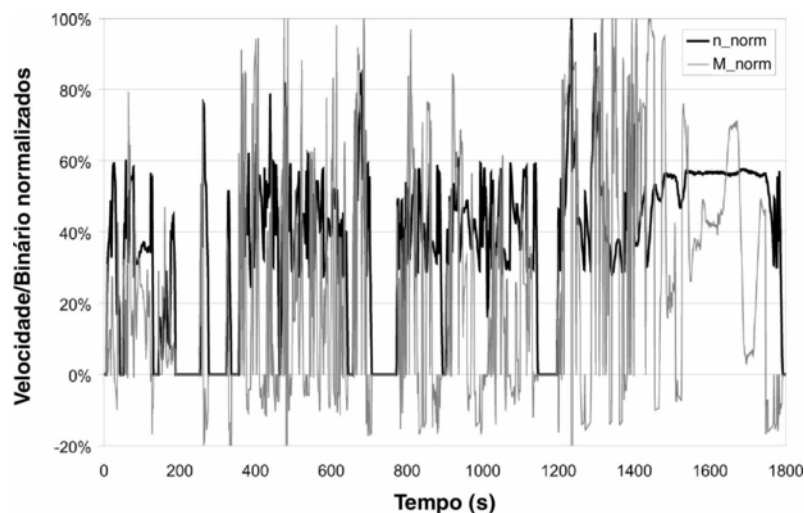


Figura 3

Ciclo de ensaio WHTC

7.2.2. Ciclo de ensaio em condições estabilizadas com rampas de transição WHSC

O ciclo de ensaio em condições estabilizadas com rampas de transição WHSC consiste num certo número de modos de velocidade e de carga normalizados que devem ser convertidos em valores de referência para o motor em ensaio, com base na curva do mapeamento do motor. O motor deve funcionar durante o tempo prescrito para cada modo, procedendo-se à mudança linear da velocidade e da carga do motor após 20 ± 1 segundos. Para validar o ensaio, deve realizar-se uma análise de regressão entre os valores de velocidade, binário e potência reais e de referência, após a conclusão do ensaio.

A concentração de cada gás poluente, o caudal dos gases de escape e a potência devem determinar-se ao longo do ciclo de ensaio. Os poluentes gasosos podem ser registados em contínuo ou recolher-se amostras em sacos. Deve diluir-se a amostra de partículas com um diluente condicionado (como ar ambiente). Deve retirar-se uma amostra durante o método de ensaio completo, que é recolhida num filtro único adequado para o efeito.

Para o cálculo das emissões específicas, deve calcular-se o trabalho efectuado no ciclo real, mediante a integração da potência real do motor ao longo do ciclo.

O ciclo WHSC é apresentado no quadro 1. À excepção do modo 1, o início de cada modo é definido como o início da rampa a partir do modo anterior.

Quadro 1

Ciclo de ensaio WHSC

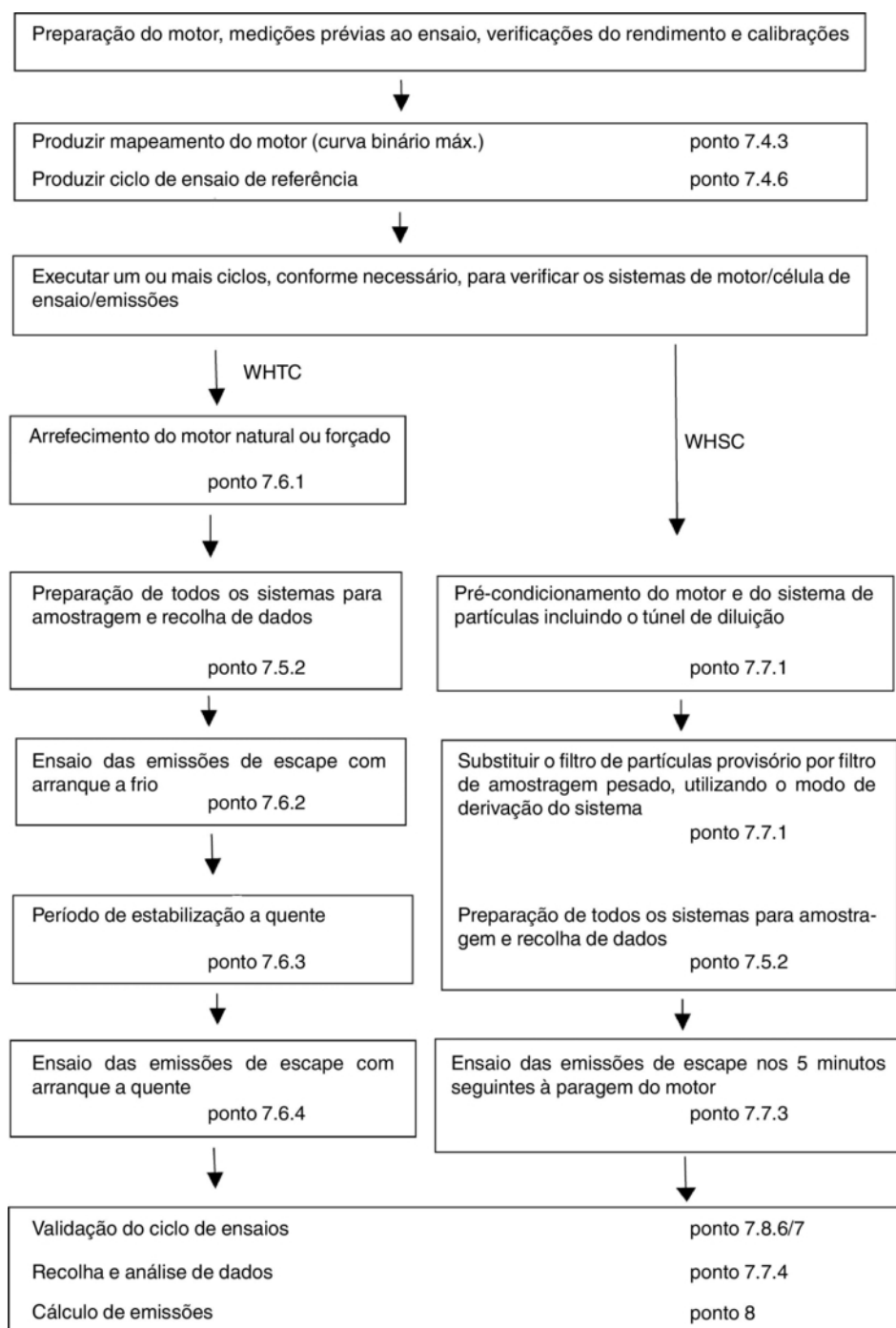
Modo	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)	Duração do modo (s) incl. a rampa de 20 s
1	0	0	210
2	55	100	50
3	55	25	250
4	55	70	75
5	35	100	50
6	25	25	200
7	45	70	75
8	45	25	150
9	55	50	125
10	75	100	50
11	35	50	200
12	35	25	250
13	0	0	210
Soma			1 895

7.3. Desenrolar do ensaio

O fluxograma seguinte apresenta as instruções de carácter geral a adoptar durante o ensaio. Os pormenores de cada etapa são descritos nos pontos relevantes. São admitidos desvios relativamente a estas instruções, se necessário; no entanto, os requisitos específicos previstos nos pontos relevantes são obrigatórios.

Para o WHTC, o método de ensaio consiste num ensaio com arranque a frio, após o arrefecimento natural ou forçado do motor, um período de estabilização a quente e um ensaio com arranque a quente.

Para o WHSC, o método de ensaio consiste num ensaio com arranque a quente, após pré-condicionamento do motor no modo 9 do ensaio WHSC.



7.4. Mapeamento do motor e ciclo de referência

Previamente ao mapeamento do motor, deve proceder-se a medições do motor, verificações do rendimento do motor e calibrações do sistema de ensaio, em conformidade com a sequência geral do ensaio descrito no ponto 7.3.

Como base para a geração do ciclo de referência WHTC e WHSC, deve executar-se o mapeamento do motor a plena carga para determinar as curvas de velocidade/binário máximo e de velocidade/potência máxima. A curva de mapeamento deve ser utilizada para desnormalizar a velocidade do motor (ponto 7.4.6) e o binário do motor (ponto 7.4.7).

7.4.1. Aquecimento do motor

O motor deve ser aquecido por funcionamento a uma potência compreendida entre 75 % e 100 % da sua potência máxima, ou de acordo com a recomendação do fabricante e as boas práticas de engenharia. No final do aquecimento, o motor deve funcionar de modo a estabilizar as temperaturas do líquido de arrefecimento e do lubrificante do motor a ± 2 % dos seus valores médios durante, pelo menos, 2 minutos, ou até que o termóstato do motor controle a temperatura do motor.

7.4.2. Determinação da gama das velocidades do mapeamento

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 = $n_{hi} \times 1,02$, ou velocidade em que o binário a plena carga cai para 0, conforme o que for menor.

7.4.3. Curva de mapeamento do motor

Quando o motor estiver estabilizado nos termos do ponto 7.4.1, deve realizar-se o mapeamento do motor, procedendo do seguinte modo:

- a) Retira-se a carga do motor, que é operado à velocidade de marcha lenta sem carga;
- b) Faz-se funcionar o motor com a solicitação máxima do operador à velocidade mínima do mapeamento;
- c) Aumenta-se a velocidade do motor, a uma taxa média de $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$, da velocidade mínima para a velocidade máxima do mapeamento, ou a uma taxa constante de modo a que leve 4 a 6 min. para passar da velocidade mínima à velocidade máxima do mapeamento. Registam-se os pontos de velocidade e do binário do motor a uma frequência de amostragem de, pelo menos, um ponto por segundo.

Ao seleccionar a opção b) no ponto 7.4.7 para determinar os valores negativos do binário de referência, a curva do mapeamento pode continuar directamente com a solicitação mínima do operador, desde a velocidade máxima até à velocidade mínima do mapeamento.

7.4.4. Mapeamento alternativo

Se um fabricante entender que as técnicas de mapeamento acima indicadas não são seguras nem representativas de um dado motor, podem utilizar-se técnicas de mapeamento alternativas. Essas técnicas alternativas devem respeitar a intenção dos métodos de mapeamento especificados para determinar o binário máximo disponível em 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 pela entidade homologadora, juntamente com a justificação da sua utilização. Todavia, em caso algum poderá a curva de binário ser traçada com base em velocidades de motor descendentes, no que diz respeito aos motores regulados ou turbocomprimidos.

7.4.5. Repetição de ensaios

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

- a) tiver passado um período de tempo não razoável desde o último mapeamento, de acordo com as boas práticas de engenharia; ou
- b) tiverem sido feitas alterações físicas ou calibrações ao motor que sejam susceptíveis de afectar o seu rendimento.

7.4.6. Desnormalização da velocidade do motor

Para gerar os ciclos de referência, as velocidades normalizadas do apêndice 1 (WHTC) e do quadro 1 (WHSC) devem ser desnormalizadas, utilizando a seguinte equação:

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{\text{lo}} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (9)$$

Para determinar n_{pref} , deve calcular-se a integral do binário máximo de n_{idle} a n_{95h} a partir da curva de mapeamento do motor, tal como determinada nos termos do ponto 7.4.3.

As velocidades do motor nas figuras 4 e 5 são definidas do seguinte modo:

n_{lo} é a velocidade mais baixa à qual a potência é 55 % da potência máxima;

n_{pref} é a velocidade do motor à qual a integral do binário máximo mapeado é 51 % da integral total entre n_{idle} e n_{95h} ;

n_{hi} é a velocidade mais alta à qual a potência é 70 % da potência máxima;

n_{idle} é a velocidade de marcha lenta sem carga;

n_{95h} é a velocidade mais alta à qual a potência é 95 % da potência máxima.

Para os motores (principalmente motores de ignição comandada) com uma curva de regulação de declive elevado, em que o corte de combustível não permite fazer funcionar o motor até n_{hi} ou n_{95h} , aplicam-se as seguintes disposições:

n_{hi} na equação 9 é substituído por $n_{\text{pmax}} \times 1,02$;

n_{95h} é substituído por $n_{\text{pmax}} \times 1,02$.

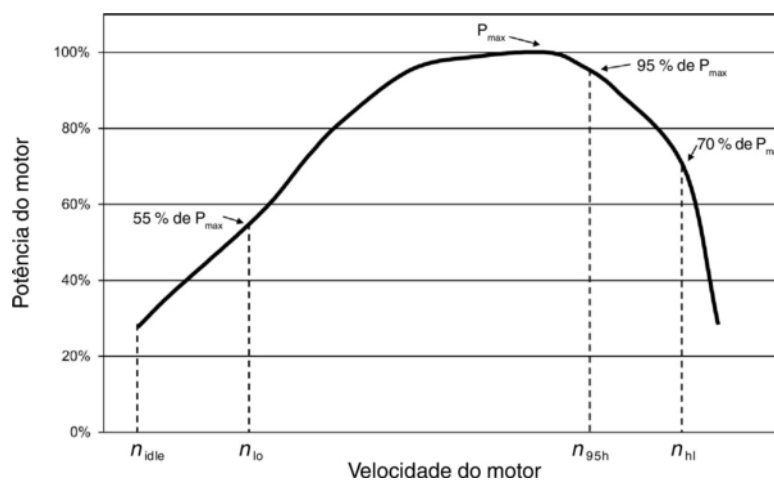


Figura 4

Definição das velocidades de ensaio

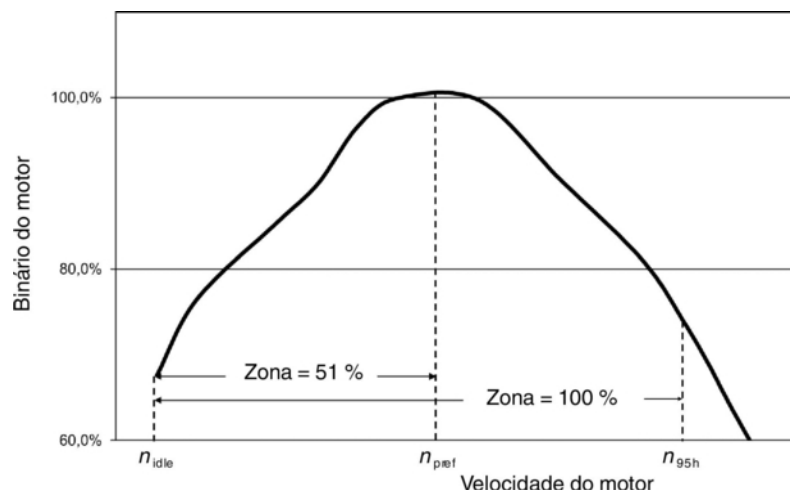


Figura 5

Definição de n_{pref}

7.4.7. Desnormalização do binário do motor

Os valores do binário no programa do dinamómetro do motor do apêndice 1 (WHTC) e do quadro 1 (WHSC) são normalizados para o binário máximo à velocidade respectiva. Para gerar os ciclos de referência, os valores de binário para cada valor de velocidade de referência, como determinados no ponto 7.4.6 devem ser desnormalizados, através da curva do mapeamento determinada de acordo com o ponto 7.4.3, do seguinte modo:

$$M_{ref,i} = \frac{M_{norm,i}}{100} \times M_{max,i} + M_{f,i} - M_{r,i} \quad (10)$$

em que:

$M_{norm,i}$ é o binário normalizado, em %;

$M_{max,i}$ é o binário máximo da curva do mapeamento, em Nm;

$M_{f,i}$ é o binário absorvido por dispositivos auxiliares/equipamento a instalar, em Nm;

$M_{r,i}$ é o binário absorvido por dispositivos auxiliares/equipamento a remover, em Nm;

Se os dispositivos auxiliares/equipamento forem montados em conformidade com o ponto 6.3.1 e o apêndice 7, M_f e M_r são zero.

Os valores de binário negativos dos pontos de rotação sem alimentação ("m", no apêndice 1) 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 máxima do mapeamento à velocidade mínima do mapeamento;
- determinação do binário negativo necessário para fazer rodar o motor em marcha lenta sem carga e a n_{hi} , bem como a interpolação linear entre esses dois pontos.

7.4.8. Cálculo do trabalho do ciclo de referência

O trabalho do ciclo de referência deve determinar-se durante o ciclo de ensaio, ao calcular sincronicamente os valores instantâneos para a potência do motor, a partir da velocidade de referência e do binário de referência, como determinado nos pontos 7.4.6 e 7.4.7. Os valores instantâneos de potência do motor devem ser integrados durante o ciclo de ensaio para calcular o trabalho do ciclo de referência W_{ref} (kWh). Se os dispositivos auxiliares não forem montados em conformidade com o ponto 6.3.1, os valores instantâneos de potência devem ser corrigidos utilizando a equação (4) do ponto 6.3.5.

Deve utilizar-se a mesma metodologia para integrar a potência de referência e a potência real. Se tiverem de ser determinados valores entre valores de referência adjacentes ou valores medidos adjacentes, deve utilizar-se a interpolação linear. Ao integrar o trabalho efectuado no ciclo real, quaisquer valores de binário negativos devem ser reduzidos a zero e incluídos. 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 de negativo para positivo, deve calcular-se a porção negativa, que é seguidamente reduzida a zero. A porção positiva deve ser incluída no valor integrado.

7.5. Procedimentos prévios ao ensaio

7.5.1. Instalação do equipamento de medição

Devem instalar-se os instrumentos e as sondas de recolha de amostras conforme necessário. Deve ligar-se o tubo de escape ao sistema de diluição do caudal total, se utilizado.

7.5.2. Preparação do equipamento de medição para amostragem

Devem ser tomadas as seguintes medidas antes do início da recolha de amostras das emissões:

- a) Devem efectuar-se verificações de estanquicidade no prazo de 8 horas antes da recolha de amostras de emissões, de acordo com o ponto 9.3.4;
- b) Para a amostragem por lote, devem ser ligados ao sistema de recolha de amostras meios de armazenamento limpos, tais como sacos sem ar;
- c) Todos os instrumentos de medição devem ser postos a funcionar de acordo com as instruções do seu fabricante e as boas práticas de engenharia;
- d) Os sistemas de diluição, bombas de recolha de amostras, ventoinhas de arrefecimento e o sistema de recolha de dados devem ser colocados em funcionamento;
- e) Os caudais das amostras devem ser regulados aos níveis desejados, utilizando um caudal derivado, se assim for desejado;
- f) Os permutadores de calor no sistema de recolha de amostras devem ser pré-aquecidos ou pré-arrefecidos até às respectivas gamas de temperatura de funcionamento previstas para um ensaio;
- g) Os componentes aquecidos ou arrefecidos, tais como linhas de recolha de amostras, filtros, refrigeradores e bombas, devem poder ser estabilizados às respectivas temperaturas de funcionamento;
- h) O caudal do sistema de diluição dos gases de escape deve estar ligado pelo menos 10 minutos antes de uma sequência de ensaio;
- i) Todos os dispositivos electrónicos de integração devem ser colocados a zero ou recolocados a zero, antes do início de qualquer período de ensaio.

7.5.3. Verificação dos analisadores de gases

Devem estar seleccionadas as gamas de medição dos analisadores de gases. São permitidos os analisadores de emissões com interruptor de selecção de gamas automático ou manual. Durante o ciclo de ensaio, não deve ser alterada a gama dos analisadores de emissões. Ao mesmo tempo, o valor dos ganhos do amplificador operacional analógico do analisador não pode ser alterado durante o ciclo de ensaio.

A resposta ao zero e a resposta à calibração devem ser determinados para todos os analisadores que utilizem gases internacionalmente rastreáveis que cumpram as especificações do ponto 9.3.3. Os analisadores FID devem ser calibrados numa base de carbono 1 (C1).

7.5.4. Preparação do filtro de recolha de amostras

Pelo menos uma hora antes do ensaio, deve colocar-se o filtro numa placa de Petri, protegida contra a contaminação pelas poeiras mas que permita a troca de ar, e numa câmara de pesagem, para efeitos de estabilização. No final do período de estabilização, deve pesar-se o filtro e registar-se a tara. Deve, então, armazenar-se o filtro numa placa de Petri fechada ou num suporte de filtro selado até ser necessário para o ensaio. O filtro deve ser utilizado no prazo de 8 horas a contar da sua remoção da câmara de pesagem.

7.5.5. Regulação do sistema de diluição

Deve regular-se o caudal total dos gases de escape diluídos de um sistema de diluição do caudal total ou o caudal diluído dos gases de escape através de um sistema de diluição do caudal parcial para eliminar a condensação de água do seu sistema e obter uma temperatura à face do filtro compreendida entre 315 K (42° C) e 325 K (52° C).

7.5.6. Arranque do sistema de recolha de partículas

O sistema de recolha de partículas deve funcionar em derivação. A concentração de fundo de partículas no diluente pode ser determinada pela recolha de amostras do diluente antes da entrada dos gases de escape no túnel de diluição. A medição pode ser feita antes ou depois do ensaio. Se a medição for feita no início e no final do ciclo, pode calcular-se a média dos valores. Se for utilizado um sistema diferente para a recolha de amostras destinadas à medição da concentração de fundo, a medição deve ser feita paralelamente ao ensaio.

7.6. Realização do ciclo WHTC

7.6.1. Arrefecimento do motor

Pode ser aplicado um procedimento de arrefecimento natural ou forçado. Para um arrefecimento forçado, devem utilizar-se técnicas reconhecidas para criar sistemas que enviem ar frio para o motor, e óleo frio para o sistema de lubrificação do motor, que removam o calor do líquido de arrefecimento através do sistema de arrefecimento do motor e que retirem o calor de um sistema de pós-tratamento dos gases de escape. No caso do arrefecimento forçado de um sistema de pós-tratamento de gases de escape, o ar de arrefecimento não deve ser aplicado antes de a temperatura do sistema de pós-tratamento ter caído abaixo da temperatura de activação catalítica. Não são autorizados procedimentos que conduzam a emissões não representativas.

7.6.2. Ensaio com arranque a frio

Deve iniciar-se o ensaio com arranque a frio quando as temperaturas do lubrificante do motor, do líquido de arrefecimento e dos sistemas de pós-tratamento se encontrarem entre 293 K e 303 K (20 e 30 °C). Pode utilizar-se um dos seguintes métodos para ligar o motor:

- o arranque do motor é feito de acordo com as recomendações do manual de utilização, recorrendo a um motor de arranque de produção e a uma bateria devidamente carregada ou a uma fonte de alimentação eléctrica apropriada; ou
- faz-se com recurso ao dinamómetro. Faz-se funcionar o motor a $\pm 25\%$ da sua velocidade característica de arranque em serviço. Pára-se o arranque do motor 1 segundo após ter arrancado. Se o motor não arrancar após 15 segundos de tentativa de arranque, pára-se o arranque e determina-se o motivo da falha, a menos que, o manual de utilização ou o manual de serviço e reparação considerem normal um período de arranque mais longo.

7.6.3. Período de estabilização a quente

Imediatamente após a conclusão do ensaio com arranque a frio, acondiciona-se o motor para o ensaio com arranque a quente utilizando um período de 10 ± 1 minutos de estabilização a quente.

7.6.4. Ensaio com arranque a quente

Arranca-se o motor no final do período de estabilização a quente, tal como definido no ponto 7.6.3 utilizando os métodos de arranque indicados no ponto 7.6.2.

7.6.5. Sequência do ensaio

A sequência do ensaio com arranque a frio e do ensaio com arranque a quente começa com o arranque do motor. Depois de o motor estar em funcionamento, deve iniciar-se o controlo do ciclo de forma a que o funcionamento do motor corresponda ao primeiro ponto de regulação do ciclo.

O WHTC é executado de acordo com o ciclo de referência tal como estabelecido no ponto 7.4. Determinam-se os pontos de controlo da velocidade e do binário do motor com uma frequência de 5 Hz ou superior (recomenda-se 10 Hz). Calculam-se os pontos de regulação através de interpolação linear entre os pontos de regulação a 1 Hz do ciclo de referência. Registam-se a velocidade e o binário reais do motor pelo menos uma vez por segundo durante o ciclo do ensaio (1 Hz), podendo os sinais ser electronicamente filtrados.

7.6.6. Recolha de dados de emissões pertinentes

No início da sequência de ensaio, os aparelhos de medida devem ser postos em funcionamento para realizarem simultaneamente as seguintes operações:

- a) começar a recolher ou analisar o ar diluente, se for utilizado um sistema de diluição em circuito total;
- b) começar a recolher ou analisar os gases de escape brutos ou diluídos, dependendo do método utilizado;
- c) começar a medição da quantidade dos gases de escape diluídos e as temperaturas e pressões requeridas;
- d) começar o registo do caudal mássico dos gases de escape, se for utilizada a análise dos gases de escape brutos;
- e) começar o registo dos dados da velocidade e do binário provenientes do dinamómetro.

Se se utilizar a medição dos gases de escape brutos, medem-se continuamente as concentrações das emissões [(NM)HC, CO e NO_x] e o caudal mássico dos gases de escape, sendo registados pelo menos intervalos de 2 Hz num computador. Todos os outros dados podem ser registados com uma frequência de amostragem de, pelo menos, 1 Hz. No que diz respeito aos analisadores analógicos, regista-se a resposta, podendo os dados de calibração ser aplicados em linha ou não durante a avaliação dos dados.

Se for utilizado um sistema de diluição do caudal total, medem-se continuamente as emissões de HC e de NO_x no túnel de diluição com uma frequência de, pelo menos, 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 de fluxo do CVS e os desvios do tempo de recolha de amostras/ciclo de ensaio, se necessário. As emissões de CO, CO₂, e NMHC podem ser determinadas por integração dos sinais de medição contínua ou por análise das concentrações no saco de recolha de amostras, recolhidas ao longo do ciclo. Determinam-se as concentrações dos gases poluentes no diluente antes do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição por integração ou por recolha no saco de gases de fundo. Registam-se todos os outros parâmetros que precisam de ser medidos com um mínimo de uma medição por segundo (1 Hz).

7.6.7. Recolha de partículas

No início da sequência de ensaio, o sistema de recolha de partículas deve ser comutado do modo de derivação para o modo de recolha.

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, a(s) bomba(s) de recolha de amostras deve(m) ser controlada(s) de modo a que o caudal através da sonda ou do tubo de transferência de recolha de amostras de partículas se mantenha proporcional ao caudal mássico dos gases de escape, tal como indicado no ponto 9.4.6.1.

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal total, a(s) bomba(s) de recolha de amostras deve(m) ser regulada(s) de modo a que o caudal através da sonda ou do tubo de transferência de recolha de amostras de partículas se mantenha num valor a $\pm 2,5$ % do caudal fixado. Se se utilizar a compensação do caudal (ou seja, controlo proporcional do caudal de amostragem), deve-se demonstrar que a razão entre o caudal no túnel principal e o caudal de recolha de amostras das partículas não varia em mais de $\pm 2,5$ % do seu valor fixado (excepto para os 10 primeiros segundos da recolha de amostras). Registam-se a temperatura e a pressão médias à entrada do(s) aparelho(s) de medição dos gases ou dos instrumentos de medição do caudal. Caso não se possa manter o caudal regulado durante o ciclo completo (com uma tolerância de $\pm 2,5$ %) devido à elevada carga de partículas no filtro, o ensaio é anulado. Volta-se a efectuar o ensaio utilizando um caudal de amostras inferior.

7.6.8. Paragem do motor e avaria do equipamento

Em caso de paragem do motor a qualquer momento do ensaio com arranque a frio, o ensaio é anulado. O motor é pré-condicionado e procede-se a um novo arranque em conformidade com os requisitos do ponto 7.6.2 a fim de repetir o ensaio.

Em caso de paragem do motor a qualquer momento do ensaio com arranque a quente, o ensaio é anulado. Estabiliza-se a temperatura do motor de acordo com o ponto 7.6.3 e repete-se o ensaio com arranque a quente. Neste caso, não é necessário repetir o ensaio com arranque a frio.

Em caso de avaria em qualquer um dos aparelhos necessários durante o ciclo de ensaio, o ensaio é anulado e repetido de acordo com as disposições já referidas.

7.7. Realização do ciclo WHSC

7.7.1. Pré-condicionamento do sistema de diluição e do motor

Arranca-se e aquece-se o sistema de diluição e o motor de acordo com o ponto 7.4.1. Após o aquecimento, o motor e o sistema de amostragem são pré-condicionados mediante o funcionamento do motor em modo 9 (ver ponto 7.2.2, quadro 1) durante, no mínimo, 10 minutos enquanto se faz funcionar simultaneamente o sistema de diluição. Podem então ser recolhidas amostras provisórias de partículas. Os filtros de amostras de partículas não precisam de ser estabilizados nem pesados, e podem ser descartados. Regulam-se os caudais aproximadamente ao nível dos caudais seleccionados para o ensaio. O motor é desligado após o pré-condicionamento.

7.7.2. Arranque do motor

5 ± 1 minutos após a conclusão do pré-condicionamento no modo 9, e nos termos do ponto 7.7.1, arranca-se o motor de acordo com o procedimento de arranque recomendado pelo fabricante no respectivo manual de utilização, utilizando quer um motor de arranque de produção quer o dinamómetro, tal como indicado no ponto 7.6.2.

7.7.3. Sequência do ensaio

A sequência de ensaio começa depois do funcionamento do motor e no espaço de um minuto depois do controlo do funcionamento do motor para corresponder ao primeiro modo do ciclo (de marcha lenta sem carga).

O ensaio WHSC é executado segundo a ordem de modos de ensaio enunciados no quadro 1 do ponto 7.2.2.

7.7.4. Recolha de dados de emissões pertinentes

No início da sequência de ensaio, os aparelhos de medida devem ser postos em funcionamento para realizarem simultaneamente as seguintes operações:

- a) começar a recolher ou analisar o diluente, se for utilizado um sistema de diluição em circuito total;
- b) começar a recolher ou analisar os gases de escape brutos ou diluídos, dependendo do método utilizado;
- c) começar a medição da quantidade dos gases de escape diluídos e as temperaturas e pressões requeridas;
- d) começar o registo do caudal mássico dos gases de escape, se for utilizada a análise dos gases de escape brutos;
- e) começar o registo dos dados da velocidade e do binário provenientes do dinamómetro.

Se se utilizar a medição dos gases de escape brutos, medem-se continuamente as concentrações das emissões [(NM)HC, CO e NO_x] e o caudal mássico dos gases de escape, sendo registados pelo menos intervalos de 2 Hz num computador. Todos os outros dados podem ser registados com uma frequência de amostragem de, pelo menos, 1 Hz. No que diz respeito aos analisadores analógicos, regista-se a resposta, podendo os dados de calibração ser aplicados em linha ou não durante a avaliação dos dados.

Se for utilizado um sistema de diluição do caudal total, medem-se continuamente as emissões de HC e de NO_x no túnel de diluição com uma frequência de, pelo menos, 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 de fluxo do CVS e os desvios do tempo de recolha de amostras/ciclo de ensaio, se necessário. As emissões de CO, CO₂, e NMHC podem ser determinadas por integração dos sinais de medição contínua ou por análise das concentrações no saco de recolha de amostras, recolhidas ao longo do ciclo. Determinam-se as concentrações dos gases poluentes no diluente antes do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição, por integração ou por recolha no saco de gases de fundo. Registam-se todos os outros parâmetros que precisam de ser medidos com um mínimo de uma medição por segundo (1 Hz).

7.7.5. Recolha de partículas

No início da sequência de ensaio, o sistema de recolha de partículas deve ser comutado do modo de derivação para o modo de recolha. Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, a(s) bomba(s) de recolha de amostras deve(m) ser controlada(s) de modo a que o caudal através da sonda ou do tubo de transferência de recolha de amostras de partículas se mantenha proporcional ao caudal mássico dos gases de escape, tal como indicado no ponto 9.4.6.1.

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal total, a(s) bomba(s) de recolha de amostras deve(m) ser regulada(s) de modo a que o caudal através da sonda ou do tubo de transferência de recolha de amostras de partículas se mantenha num valor a $\pm 2,5$ % do caudal fixado. Se se utilizar a compensação do caudal (ou seja, controlo proporcional do caudal de amostragem), deve-se demonstrar que a razão entre o caudal no túnel principal e o caudal de recolha de amostras das partículas não varia em mais de $\pm 2,5$ % do seu valor fixado (excepto para os 10 primeiros segundos da recolha de amostras). Registam-se a temperatura e a pressão médias à entrada do(s) aparelho(s) de medição dos gases ou dos instrumentos de medição do caudal. Caso não se possa manter o caudal regulado durante o ciclo completo (com uma tolerância de $\pm 2,5$ %) devido à elevada carga de partículas no filtro, o ensaio é anulado. Volta-se a efectuar o ensaio utilizando um caudal de amostras inferior.

7.7.6. Paragem do motor e avaria do equipamento

Em caso de paragem do motor a qualquer momento durante o ciclo, o ensaio é anulado. O motor é pré-condicionado nos termos do ponto 7.7.1 e procede-se a um novo arranque em conformidade com o ponto 7.7.2, repetindo-se o ensaio.

Em caso de avaria em qualquer um dos aparelhos necessários durante o ciclo de ensaio, o ensaio é anulado e repetido de acordo com as disposições já referidas.

7.8. Procedimentos depois do ensaio

7.8.1. Operações após o ensaio

No fim do ensaio, pára-se a medição do caudal mássico dos gases de escape, do volume dos gases de escape diluídos, do caudal de gás para os sacos de recolha de amostras e da bomba de recolha de amostras de partículas. No que diz respeito a um sistema analisador por integração, continua-se com a recolha de amostras até que os tempos de resposta do sistema tenham passado.

7.8.2. Verificação da recolha proporcional de amostras

Para qualquer amostra proporcional por lote, como uma amostra de saco ou amostra de PM, deve verificar-se que a recolha proporcional de amostras foi mantida de acordo com os pontos 7.6.7 e 7.7.5. Qualquer amostra que não cumpra os requisitos é anulada.

7.8.3. Condicionamento e pesagem das partículas (PM)

O filtro de partículas deve ser colocado em contentores cobertos ou selados ou os suportes dos filtros devem ser fechados, a fim de proteger os filtros de amostra contra a contaminação ambiente. Assim protegido, o filtro leva-se de novo para a câmara de pesagem. Acondiciona-se o filtro durante, pelo menos, uma hora, e pesa-se então de acordo com o ponto 9.4.5. Regista-se a massa bruta do filtro.

7.8.4. Verificação do desvio

Assim que possível, mas o mais tardar 30 minutos depois da conclusão do ciclo de ensaio ou durante o período de estabilização a quente, devem ser determinadas as respostas no zero e no ponto final das gamas utilizadas do analisador de gases. Para efeitos do presente ponto, o ciclo de ensaio é definido do seguinte modo:

- a) para o WHTC: a sequência completa arranque a frio – período de estabilização – arranque a quente;
- b) para o ensaio WHTC com arranque a quente (ponto 6.6): a sequência período de estabilização – arranque a quente;
- c) para o ensaio WHTC com arranque a quente com regeneração múltipla (ponto 6.6): o número total de ensaios com arranque a quente;
- d) para o WHSC: o ciclo de ensaio.

Para a deriva do analisador, aplicam-se as seguintes disposições:

- a) as respostas no zero e no ponto final antes e depois do ensaio podem ser directamente inseridas na equação 66 do ponto 8.6.1 sem determinar a deriva;
- b) se a diferença da deriva entre os resultados antes e após o ensaio for inferior a 1 % da escala completa, as concentrações medidas podem ser utilizadas não corrigidas ou podem ser corrigidas dos efeitos da deriva de acordo com o ponto 8.6.1;
- c) se a diferença da deriva entre os resultados antes do ensaio e após o ensaio for igual ou superior a 1 % da escala completa, o ensaio é anulado ou as concentrações medidas são corrigidas dos efeitos da deriva de acordo com o ponto 8.6.1.

7.8.5. Análise das amostras de gases recolhidos em sacos

Assim que seja possível, devem ser efectuadas as operações seguintes:

- a) as amostras de gases recolhidos em sacos devem ser analisadas o mais tardar 30 minutos depois da conclusão do ensaio com arranque a quente ou durante o período de estabilização para o ensaio com arranque a frio,
- b) as amostras de partículas de fundo devem ser analisadas o mais tardar 60 minutos depois da conclusão do ensaio com arranque a quente.

7.8.6. Validação do trabalho do ciclo

Antes de calcular o trabalho efectuado no ciclo real, desprezam-se quaisquer pontos registados no arranque do motor. O trabalho efectuado no ciclo real determina-se durante o ciclo de ensaio ao utilizar sincronicamente os valores reais da velocidade e do binário para calcular os valores instantâneos para a potência do motor. Os valores instantâneos de potência do motor são integrados durante o ciclo de ensaio para calcular o trabalho efectuado no ciclo real W_{act} (kWh). Se os dispositivos auxiliares/equipamento não forem montados em conformidade com o ponto 6.3.1, os valores instantâneos de potência devem ser corrigidos utilizando a equação (4) do ponto 6.3.5.

Utiliza-se a mesma metodologia conforme descrita no ponto 7.4.8 para integrar a potência real do motor.

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 (ver ponto 8.6.3).

W_{act} está entre 85 % e 105 % de W_{ref} .

7.8.7. Estatística de validação do ciclo de ensaios

Efectuam-se regressões lineares dos valores reais (n_{act} , M_{act} , P_{act}) em relação aos valores de referência (n_{ref} , M_{ref} , P_{ref}) para ambos os ciclos de ensaio WHTC e WHSC.

Para minimizar a influência do intervalo de tempo entre os valores do ciclo de referência e do ciclo real, toda a sequência do sinal real 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 reais forem desviados, tanto a velocidade como o binário devem ser desviados da mesma quantidade no mesmo sentido.

Utiliza-se o método dos mínimos quadrados, tendo a melhor equação a seguinte forma:

$$y = a_1 x + a_0 \quad (11)$$

em que:

- y é o valor real da velocidade (min^{-1}), do binário (Nm) ou da potência (kW);
- a_1 é o declive da recta de regressão;
- x é o valor de referência da velocidade (min^{-1}), do binário (Nm) ou da potência (kW);
- a_0 é a ordenada da recta de regressão com origem no ponto y .

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

Recomenda-se que esta análise seja realizada a 1 Hertz. Para que um ensaio seja considerado válido, devem ser preenchidos os critérios do quadro 2 (WHTC) ou do quadro 3 (WHSC).

Quadro 2

Tolerâncias de recta de regressão para o WHTC

	Velocidade	Binário	Potência
Erro-padrão da estimativa (SEE) de y em relação a x	no máximo, 5 % da velocidade máxima de ensaio	no máximo, 10 % do binário máximo do motor	no máximo, 10 % da potência máxima do motor
Declive da recta de regressão, a_1	0,95 a 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03
Coefficiente de determinação, r^2	no mínimo, 0,970	no mínimo, 0,850	no mínimo, 0,910
a_0 , ordenada da recta de regressão com origem no ponto y	no máximo, 10 % da marcha lenta sem carga	± 20 Nm ou ± 2 % do binário máximo, conforme o que for maior	± 4 kW ou ± 2 % da potência máxima, conforme a que for maior

Quadro 3

Tolerâncias de recta de regressão para o WHSC

	Velocidade	Binário	Potência
Erro-padrão da estimativa (SEE) de y em relação a x	no máximo, 1 % da velocidade máxima de ensaio	no máximo, 2 % do binário máximo do motor	no máximo, 2 % da potência máxima do motor
Declive da recta de regressão, a_1	0,99 a 1,01	0,98 – 1,02	0,98 – 1,02
Coefficiente de determinação, r^2	no mínimo, 0,990	no mínimo, 0,950	no mínimo, 0,950
a_0 , ordenada da recta de regressão com origem no ponto y	no máximo, 1 % da velocidade máxima de ensaio	± 20 Nm ou ± 2 % do binário máximo, conforme o que for maior	± 4 kW ou ± 2 % da potência máxima, conforme a que for maior

Apenas para efeitos da regressão, são admitidas omissões de pontos onde indicado no quadro 4 antes de fazer o cálculo de regressão. Todavia, esses pontos não devem ser omitidos para o cálculo do trabalho do ciclo e das emissões. A omissão de pontos pode ser aplicada à totalidade ou a qualquer parte do ciclo.

Quadro 4

Pontos que é admissível omitir da análise de regressão

Ocorrência	Condições	Omissões de pontos admitidas
Solicitação mínima de potência do operador (ponto de marcha lenta)	$n_{ref} = 0 \%$ e $M_{ref} = 0 \%$ e $M_{act} > (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$ e $M_{act} < (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	velocidade e potência
Solicitação mínima de potência do operador (<i>motoring</i>)	$M_{ref} < 0 \%$	potência e binário

Ocorrência	Condições	Omissões de pontos admitidas
Solicitação mínima de potência do operador	$n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ e $M_{act} > M_{ref}$ ou $n_{act} > n_{ref}$ e $M_{act} \leq M_{ref}'$ ou $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ e $M_{ref} < M_{act} \leq (M_{ref} + 0,02 M_{max. mapped torque})$	potência e quer binário quer velocidade
Solicitação máxima de potência do operador	$n_{act} < n_{ref}$ e $M_{act} \geq M_{ref}$ ou $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ e $M_{act} < M_{ref}$ ou $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ e $M_{ref} > M_{act} \geq (M_{ref} - 0,02 M_{max. mapped torque})$	potência e quer binário quer velocidade

8. CÁLCULO DAS EMISSÕES

O resultado final do ensaio deve ser arredondado, de uma só vez, ao número de casas decimais indicado pela norma de emissão aplicável mais um algarismo significativo adicional, em conformidade com a norma ASTM E 29-06B. Não é permitido arredondar os valores intermédios para obter o resultado final no que se refere às emissões específicas.

O apêndice 6 apresenta exemplos dos métodos de cálculo.

O cálculo das emissões numa base molar, em conformidade com o anexo 7 do gtr n.º [xx] referente ao protocolo de ensaio de emissões de gases de escape para máquinas móveis não rodoviárias (NRMM), é permitido com o acordo prévio da entidade homologadora.

8.1. Correção para a passagem de base seca a base húmida

Se as emissões forem medidas em base seca, a concentração medida deve ser convertida em base húmida, de acordo com a fórmula seguinte:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (12)$$

em que:

c_d é a concentração em base seca, em ppm ou % volume;

k_w é o factor de correcção base seca / base húmida ($k_{w,a}$, $k_{w,e}$, ou $k_{w,d}$ dependendo da equação utilizada).

8.1.1. Gases de escape brutos

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_{f,w} \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (13)$$

ou

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times k_{f,w} \times 1000} \right) / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \quad (14)$$

ou

$$k_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008 \quad (15)$$

com

$$k_{f,w} = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (16)$$

e

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)} \quad (17)$$

em que:

H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco;

w_{ALF} é o teor de hidrogénio do combustível, em % massa;

$q_{mf,i}$ é o caudal mássico instantâneo do combustível, em kg/s;

$q_{mad,i}$ é o caudal mássico instantâneo do ar de admissão em base seca, em kg/s;

p_r é a pressão do vapor de água depois de um banho de arrefecimento, em kPa;

p_b é a pressão atmosférica total, em kPa;

w_{DEL} é o teor de azoto do combustível, em % massa;

w_{EPS} é o teor de oxigénio do combustível, em % massa;

α é o quociente molar do hidrogénio do combustível;

c_{CO_2} é a concentração de CO_2 em seco, em %;

c_{CO} é a concentração de CO em seco, em %.

As equações (13) e (14) são fundamentalmente idênticas, sendo o factor 1,008 nas equações (13) e (15) uma aproximação do denominador mais preciso na equação (14).

8.1.2. Gases de escape diluídos

$$k_{w,c} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \times c_{CO_2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (18)$$

ou

$$k_{w,c} = \left[\left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO_2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (19)$$

com

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \frac{1}{D} \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (20)$$

em que:

- a é o quociente molar do hidrogénio do combustível;
- $c_{\text{CO}_2\text{w}}$ é a concentração de CO_2 em húmido, em %;
- $c_{\text{CO}_2\text{d}}$ é a concentração de CO_2 em seco, em %;
- H_d é a humidade do diluente, em g de água por kg de ar seco;
- H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco;
- D é o factor de diluição (ver ponto 8.5.2.3.2)

8.1.3. Diluente

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (21)$$

com

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1000 + (1,608 \times H_d)} \quad (22)$$

em que:

H_d é a humidade do diluente, em g de água por kg de ar seco.

8.2. Correção de NO_x em função da humidade

Dado que as emissões de NO_x dependem das condições do ar ambiente, deve corrigir-se a concentração de NO_x em função da humidade através dos factores dados nos pontos 8.2.1 ou 8.2.2. A humidade do ar de admissão, H_a , pode ser derivada da medição da humidade relativa, da medição do ponto de orvalho, da medição da pressão de vapor ou da medição do bolbo seco/húmido, com base nas equações geralmente aceites.

8.2.1. Motores de ignição por compressão

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1000} + 0,832 \quad (23)$$

em que:

H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco.

8.2.2. Motor de ignição comandada

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (24)$$

em que:

H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco.

8.3. Correção da flutuabilidade do filtro de partículas

A massa do filtro de recolha de amostras deve ser corrigida em função dos efeitos da sua flutuabilidade no ar. A correção da flutuabilidade depende da densidade do filtro de recolha de amostras, da densidade do ar e da densidade dos pesos de calibração da balança e não tem em conta a flutuabilidade das partículas propriamente ditas. A correção da flutuabilidade deve aplicar-se tanto à massa da tara do filtro como à massa bruta do filtro.

Se a densidade do material filtrante não for conhecida, devem utilizar-se as seguintes densidades:

- a) filtro de fibra de vidro revestido a teflon: 2 300 kg/m³
- b) filtro de membrana em teflon: 2 144 kg/m³
- c) filtro de membrana em teflon com anel de suporte em polimetilpenteno: 920 kg/m³

Quanto aos pesos de calibração em aço inoxidável, deve utilizar-se uma densidade de 8 000 kg/m³. Se o material dos pesos de calibração for diferente, é necessário conhecer a sua densidade.

Deve aplicar-se a seguinte equação:

$$m_f = m_{\text{uncor}} \times \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (25)$$

com

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (26)$$

em que:

- m_{uncor} é a massa do filtro de partículas não corrigida, em mg;
- ρ_a é a densidade do ar, em kg/m³;
- ρ_w é a densidade dos pesos de calibração da balança, em kg/m³;
- ρ_f é a densidade do filtro de recolha de amostras de partículas, em kg/m³;
- p_b é a pressão atmosférica total, em kPa;
- T_a é a temperatura do ar na proximidade da balança, em K;
- 28,836 é a massa molar do ar à humidade de referência (282,5 K), em g/mol;
- 8,3144 é a constante molar dos gases.

A massa m_p das amostras de partículas utilizada nos pontos 8.4.3 e 8.5.3 deve ser calculada do seguinte modo:

$$m_p = m_{f,G} - m_{f,T} \quad (27)$$

em que:

- $m_{f,G}$ é a massa bruta do filtro de partículas corrigida em função dos efeitos da flutuabilidade, em mg;
- $m_{f,T}$ é a massa da tara do filtro de partículas corrigida em função dos efeitos da flutuabilidade, em mg.

8.4. Diluição do caudal parcial (PFS) e medição dos gases brutos

Utilizam-se os sinais da concentração instantânea dos componentes gasosos para o cálculo das emissões mássicas por multiplicação pelo caudal mássico instantâneo dos gases de escape. O caudal mássico dos gases de escape pode ser medido directamente, ou calculado utilizando os métodos de medição dos caudais do ar de admissão e do combustível, do gás marcador ou da medição do caudal de ar de admissão e da relação ar/combustível. Deve prestar-se uma atenção especial aos tempos de resposta dos diferentes instrumentos. Essas diferenças devem ser tomadas em conta através do alinhamento temporal dos sinais. No que diz respeito às partículas, os sinais do caudal mássico dos gases de escape são utilizados para controlar o sistema de diluição do caudal parcial, para se obter uma amostra proporcional ao caudal mássico dos gases de escape. A qualidade da proporcionalidade deve ser verificada mediante a aplicação de uma análise de regressão entre a amostra e o caudal dos gases de escape, em conformidade com o ponto 9.4.6.1. Os princípios do ensaio completo estão representados esquematicamente na figura 6.

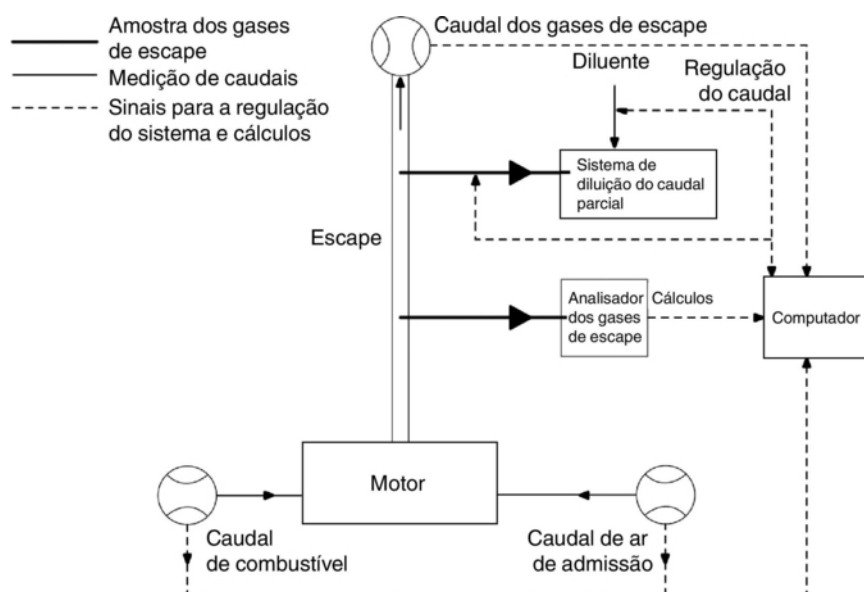


Figura 6

Diagrama do sistema de medição do caudal total/parcial

8.4.1. Determinação do caudal mássico dos gases de escape

8.4.1.1. Introdução

Para calcular as emissões contidas nos gases de escape brutos e para regular um sistema de diluição do caudal parcial, é necessário conhecer o caudal mássico dos gases de escape. Para determinar este caudal, pode utilizar-se qualquer um dos métodos descritos nos pontos 8.4.1.3 a 8.4.1.7.

8.4.1.2. Tempo de resposta

Para efeitos do cálculo das emissões, o tempo de resposta de qualquer método descrito nos pontos 8.4.1.3 a 8.4.1.7 deve ser igual ou inferior ao tempo de resposta do analisador de ≤ 10 s, conforme definido no ponto 9.3.5.

Para efeitos do controlo de um sistema de diluição do caudal parcial, é necessária uma resposta mais rápida. No que diz respeito aos sistemas de diluição do caudal parcial com controlo em linha, é necessário um tempo de resposta $\leq 0,3$ s. Para os sistemas de diluição do caudal parcial com controlo antecipado baseado num ensaio pré-registado, é necessário um tempo de resposta do sistema de medição do caudal dos gases de escape ≤ 5 s, com um tempo de subida ≤ 1 segundo. O tempo de resposta do sistema deve ser especificado pelo fabricante do instrumento. Os requisitos combinados relativos ao tempo de resposta para o caudal dos gases de escape e o sistema de diluição do fluxo parcial são os indicados no ponto 9.4.6.1.

8.4.1.3. Método de medição directa

A medição directa do caudal instantâneo dos gases de escape deve ser efectuada pelos seguintes sistemas:

- a) dispositivos para o diferencial de pressão, tal como tubeiras de caudal (ver norma ISO 5167);
- b) medidor de caudal ultrassónico;
- c) medidor de caudal por vórtices.

Devem ser tomadas precauções para evitar erros de medição susceptíveis de influenciar os valores das emissões. Tais precauções incluem a instalação cuidadosa do dispositivo no sistema de escape do motor, de acordo com as recomendações do fabricante e com as boas práticas de engenharia. Em especial, o rendimento do motor e as emissões não devem ser afectados pela instalação do dispositivo.

Os medidores de caudais devem cumprir os requisitos de linearidade do ponto 9.2.

8.4.1.4. Método de medição do ar e do combustível

Trata-se de medir o caudal de ar e o caudal de combustível com medidores de caudais adequados. O cálculo do caudal instantâneo dos gases de escape deve fazer-se do seguinte modo:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (28)$$

em que:

$q_{mew,i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape, em kg/s;

$q_{maw,i}$ é o caudal mássico instantâneo do ar de admissão, em kg/s;

$q_{mf,i}$ é o caudal mássico instantâneo do combustível, em kg/s.

Os medidores de caudais devem cumprir os requisitos de linearidade previstos no ponto 9.2, devendo, no entanto, ser suficientemente precisos para cumprirem igualmente os requisitos de linearidade relativos ao caudal dos gases de escape.

8.4.1.5. Método de medição com um gás marcador

Este método envolve a medição da concentração de um gás marcador nos gases de escape.

Deve injectar-se uma quantidade conhecida de um gás inerte (p. ex., hélio puro) no caudal dos gases de escape como marcador. O gás é misturado e diluído com os gases de escape, mas não deve reagir no tubo de escape. A concentração do gás deve ser, então, medida na amostra de gases de escape.

Para assegurar a mistura completa do gás marcador, a sonda de recolha de amostras dos gases de escape deve estar localizada, pelo menos, a 1 metro ou 30 vezes o diâmetro do tubo de escape, conforme o que for maior, a jusante do ponto de injeção do gás marcador. A sonda de recolha de amostras pode estar localizada mais próximo do ponto de injeção, se se verificar a mistura completa, por comparação da concentração do gás marcador com a concentração de referência, quando o gás marcador for injectado a montante do motor.

O caudal do gás marcador deve ser regulado de modo a que a concentração desse gás em marcha lenta sem carga, depois da mistura, seja inferior à escala completa do analisador do gás marcador.

O cálculo do caudal dos gases de escape deve fazer-se do seguinte modo:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (29)$$

em que:

- $q_{mew,i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape, em kg/s;
- q_{vt} é o caudal do gás marcador, em cm^3/min ;
- $c_{mix,i}$ é a concentração instantânea do gás marcador após mistura, em ppm;
- ρ_e é a densidade dos gases de escape, em kg/m^3 (ver quadro 4);
- c_b é a concentração de fundo do gás marcador no ar de admissão, em ppm.

A concentração de fundo do gás marcador (c_b) pode ser determinada, tomando a média da concentração de fundo medida imediatamente antes do ensaio e após o ensaio.

Quando a concentração de fundo for inferior a 1 % da concentração do gás marcador após mistura ($c_{mix,i}$) ao caudal máximo de gases de escape, a concentração de fundo pode ser ignorada.

O sistema total deve cumprir os requisitos de linearidade relativos ao caudal dos gases de escape do ponto 9.2.

8.4.1.6. Método de medição do caudal de ar e da relação ar/combustível

Esta medição envolve o cálculo do caudal mássico dos gases de escape a partir do caudal de ar e da relação ar/combustível. O cálculo do caudal mássico instantâneo dos gases de escape faz-se do seguinte modo:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right) \quad (30)$$

com

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (31)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (32)$$

em que:

- $q_{maw,i}$ é o caudal mássico instantâneo do ar de admissão, em kg/s;
- A/F_{st} é a razão estequiométrica ar/combustível, em kg/kg;
- λ_i é o quociente instantâneo de excesso de ar;
- c_{CO2d} é a concentração de CO_2 em seco, em %;
- c_{COd} é a concentração de CO em seco, em ppm;
- c_{HCw} é a concentração de HC em húmido, em ppm.

O medidor do caudal de ar e os analisadores devem cumprir os requisitos de linearidade do ponto 9.2, devendo o sistema total cumprir os requisitos de linearidade relativos ao caudal dos gases de escape do ponto 9.2.

Se se utilizar um equipamento de medição da relação ar/combustível, tal como um sensor do tipo zircónio para a medição de excesso de ar, é necessário obedecer às especificações do ponto 9.3.2.7.

8.4.1.7. Método do balanço do carbono

Este método envolve o cálculo da massa dos gases de escape a partir do caudal do combustível e dos componentes gasosos, incluindo carbono. O cálculo do caudal mássico instantâneo dos gases de escape faz-se do seguinte modo:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times \left(\frac{w_{BET}^2 \times 1,4}{(1,0828 \times w_{BET} + k_{fd} \times k_c) \times k_c} \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right) \quad (33)$$

com

$$k_c = (c_{CO2d} - c_{CO2d,a}) \times 0,5441 + \frac{c_{COd}}{18,522} + \frac{c_{HCw}}{17,355} \quad (34)$$

e

$$k_{fd} = -0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (35)$$

em que:

- $q_{mf,i}$ é o caudal mássico instantâneo do combustível, em kg/s;
- H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco;
- w_{BET} é o teor de carbono do combustível, em % massa;
- w_{ALF} é o teor de hidrogénio do combustível, em % massa;
- w_{DEL} é o teor de azoto do combustível, em % massa;
- w_{EPS} é o teor de oxigénio do combustível, em % massa;
- c_{CO2d} é a concentração de CO₂ em seco, em %;
- $c_{CO2d,a}$ é a concentração de CO₂ em seco do ar de admissão, em %;
- c_{CO} é a concentração de CO em seco, em ppm;
- c_{HCw} é a concentração de HC em húmido, em ppm.

8.4.2. Determinação dos componentes gasosos

8.4.2.1. Introdução

Os componentes gasosos nos gases de escape brutos emitidos pelo motor submetido a ensaio devem ser medidos com os sistemas de medição e amostragem descritos no ponto 9.3 e no apêndice 3. A avaliação dos dados é descrita no ponto 8.4.2.2.

Nos pontos 8.4.2.3 e 8.4.2.4, descrevem-se dois métodos de cálculo, que são equivalentes para os combustíveis de referência indicados no apêndice 2. O método do ponto 8.4.2.3 é mais directo, uma vez que utiliza valores de u tabelados para a relação entre a densidade do componente e a densidade do gás de escape. O método do ponto 8.4.2.4 é mais preciso para as qualidades de combustível que diferem das especificações do apêndice 2, mas exige uma análise elementar da composição do combustível.

8.4.2.2. Avaliação dos dados

Os dados pertinentes das emissões devem ser registados e armazenados em conformidade com o ponto 7.6.6.

Para o cálculo das emissões mássicas dos componentes gasosos, os traços das concentrações registadas e os do caudal mássico dos gases de escape devem ser alinhados pelo tempo de transformação, conforme definido no ponto 3.1.30. Por conseguinte, o tempo de resposta de cada analisador de emissões gasosas e do sistema de caudal mássico de gases de escape deve ser determinado de acordo com os pontos 8.4.1.2 e 9.3.5, respectivamente, e registado.

8.4.2.3. Cálculo de emissões mássicas com base em valores tabelados

Deve determinar-se a massa dos poluentes (g/ensaio) através do cálculo das emissões mássicas instantâneas a partir das concentrações brutas dos poluentes e do caudal mássico dos gases de escape, alinhados no que diz respeito ao tempo de transformação, determinado segundo o ponto 8.4.2.2, integrando os valores instantâneos ao longo do ciclo e multiplicando os valores integrados pelos valores de u do quadro 5. Se forem medidas em base seca, deve aplicar-se a correcção base seca/base húmida, descrita no ponto 8.1, aos valores da concentração instantânea antes de se fazerem outros cálculos.

Para o cálculo dos NO_x , deve multiplicar-se, se aplicável, a emissão mássica pelo factor de correcção da humidade $k_{h,D}$, ou $k_{h,G}$, determinado em conformidade com o ponto 8.2.

Deve aplicar-se a seguinte equação:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{em g/ensaio}) \quad (36)$$

em que:

u_{gas} é o respectivo valor do componente dos gases de escape do quadro 5

u_{gas} é a relação entre a densidade do componente dos gases de escape e a densidade dos gases de escape;

$c_{\text{gas},i}$ é a concentração instantânea do componente nos gases de escape, em ppm;

$q_{\text{mew},i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape, em kg/s;

f é a frequência de amostragem dos dados, em Hz;

n é o número de medições.

Quadro 5

Valores de u dos gases de escape brutos e densidades dos componentes

Combustível	ρ_e	Gás					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		$\rho_{\text{gas}} [\text{kg/m}^3]$					
		2,053	1,250	(^a)	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}^{(b)}$					
Diesel	1,2943	0,001586	0,000966	0,000479	0,001517	0,001103	0,000553
Etanol	1,2757	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,001119	0,000561
CNG (^c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 (^d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (^e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559

(^a) Consoante o combustível.

(^b) Com $\lambda = 2$, ar seco, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %.

(^d) NMHC com base em $\text{CH}_{2,93}$ (para HC total, deve usar-se o coeficiente u_{gas} de CH_4).

(^e) u com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %.

8.4.2.4. Cálculo de emissões mássicas com base em equações exactas

Deve determinar-se a massa dos poluentes (g/ensaio) através do cálculo das emissões mássicas instantâneas a partir das concentrações brutas dos poluentes, dos valores de u e do caudal mássico dos gases de escape, alinhados no que diz respeito ao tempo de transformação, determinado segundo o ponto 8.4.2.2, integrando os valores instantâneos ao longo do ciclo. Se forem medidas em base seca, deve aplicar-se a correcção base seca/base húmida, descrita no ponto 8.1, aos valores da concentração instantânea antes de se fazerem outros cálculos.

Para o cálculo dos NO_x , deve multiplicar-se a emissão mássica pelo factor de correcção da humidade $k_{h,D}$, ou $k_{h,G}$, determinado em conformidade com o ponto 8.2.

Deve aplicar-se a seguinte equação:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas},i} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{em g/ensaio}) \quad (37)$$

em que:

- $u_{\text{gas},i}$ é calculado a partir da equação 38 ou 39
- $c_{\text{gas},i}$ é a concentração instantânea do componente nos gases de escape, em ppm;
- $q_{\text{mew},i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape, em kg/s;
- f é a frequência de amostragem dos dados, em Hz;
- n é o número de medições.

Os valores instantâneos de u devem calcular-se do seguinte modo:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \times 1000) \quad (38)$$

ou

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1000) \quad (39)$$

com

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414 \quad (40)$$

em que:

- M_{gas} é a massa molar do componente do gás, em g/mol (cf. apêndice 6);
- $M_{e,i}$ é a massa molar instantânea do gás de escape, em g/mol;
- ρ_{gas} é a densidade do componente do gás, em kg/m³;
- $\rho_{e,i}$ é a densidade instantânea do gás de escape, em kg/m³.

A massa molar do gás de escape, M_e , deve ser derivada para uma composição de combustível geral de $\text{CH}_a\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$, no pressuposto de uma combustão completa, do seguinte modo:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}}} \quad (41)$$

em que:

- $q_{maw,i}$ é o caudal mássico instantâneo do ar de admissão em base húmida, em kg/s;
- $q_{mf,i}$ é o caudal mássico instantâneo do combustível, em kg/s.
- H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco;
- M_a é a massa molar do ar de admissão seco (= 28,965 g/mol).

A densidade do gás de escape, ρ_e , deve ser derivada do seguinte modo:

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \times (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_{fw} \times 1000 \times (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \quad (42)$$

em que:

$q_{mad,i}$ é o caudal mássico instantâneo do ar de admissão em base seca, em kg/s;

$q_{mf,i}$ é o caudal mássico instantâneo do combustível, em kg/s;

H_a é a humidade do ar de admissão, em g de água por kg de ar seco;

k_{fw} é o factor específico do combustível dos gases de escape em base húmida (equação 16) no ponto 8.1.1.

8.4.3. Determinação das partículas

8.4.3.1. Avaliação dos dados

Deve calcular-se a massa de partículas de acordo com a equação 27 do ponto 8.3. Para a avaliação da concentração das partículas, deve registar-se a massa total das amostras (m_{sep}) que passam através do filtro durante o ciclo de ensaios.

Com o acordo prévio da entidade homologadora, a massa de partículas pode ser corrigida para ter em conta o nível de partículas do diluente, tal como determinado no ponto 7.5.6, em conformidade com as boas práticas de engenharia e as características de concepção específicas do sistema de medição de partículas utilizado.

8.4.3.2. Cálculo das emissões mássicas

Em função da concepção do sistema, a massa de partículas (em g/ensaio) deve ser calculada segundo qualquer um dos métodos indicados nos pontos 8.4.3.2.1 ou 8.4.3.2.2, após a correcção da flutuabilidade do filtro de recolha de amostras de partículas, de acordo com o ponto 8.3.

8.4.3.2.1. Cálculos baseados na frequência de recolha de amostras

$$m_{PM} = m_p / (r_s \times 1000) \quad (43)$$

em que:

m_p é a massa das partículas amostradas durante o ciclo, em mg;

r_s é a relação de amostragem média durante o ciclo de ensaio;

com

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (44)$$

em que:

m_{se} é a massa da amostra recolhida durante o ciclo, em kg;

m_{ew} é o caudal mássico total dos gases de escape durante o ciclo, em kg;

m_{sep} é a massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas, em kg;

m_{sed} é a massa dos gases de escape diluídos que passam através do túnel de diluição, em kg.

No caso do sistema de recolha total de amostras, os valores m_{sep} e m_{sed} são idênticos.

8.4.3.2.2. Cálculos baseados na razão de diluição

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000} \quad (45)$$

em que:

m_p é a massa das partículas amostradas durante o ciclo, em mg;

m_{sep} é a massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas, em kg;

m_{edf} é a massa dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo, em kg.

Deve determinar-se a massa total dos gases de escape diluídos equivalentes durante o ciclo do seguinte modo:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (46)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (47)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (48)$$

em que:

$q_{medf,i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape diluídos equivalentes, em kg/s;

$q_{mew,i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape, em kg/s;

$r_{d,i}$ é a razão de diluição instantânea;

$q_{mdew,i}$ é o caudal mássico instantâneo dos gases de escape diluídos, em kg/s;

$q_{mdw,i}$ é o caudal mássico instantâneo do diluente, em kg/s;

f é a frequência de amostragem dos dados, em Hz;

n é o número de medições.

8.5. Medição da diluição do caudal total (CVS)

Devem utilizar-se os sinais da concentração dos componentes gasosos, obtidos quer por integração ao longo do ciclo, quer por amostragem em sacos, para o cálculo das emissões mássicas, multiplicando-os pelo caudal mássico dos gases de escape diluídos. O caudal mássico dos gases de escape deve ser medido com um sistema de recolha de amostras a volume constante (CVS), que pode usar uma bomba volumétrica (PDP), um venturi de escoamento crítico (CFV) ou um venturi subsónico (SSV) com, ou sem, compensação de caudais.

Para a recolha de amostras em sacos e a recolha de amostras de partículas, é recolhida uma amostra proporcional dos gases de escape diluídos do sistema CVS. Para um sistema sem compensação de caudais, a razão entre o caudal de amostras e o caudal CVS não deve apresentar uma variação superior a $\pm 2,5$ % do ponto de regulação do ensaio. Para um sistema com compensação de caudais, cada um dos caudais deve ser constante e não apresentar variações superiores a $\pm 2,5$ % do seu valor-alvo.

Os princípios do ensaio completo estão representados esquematicamente na figura 7.

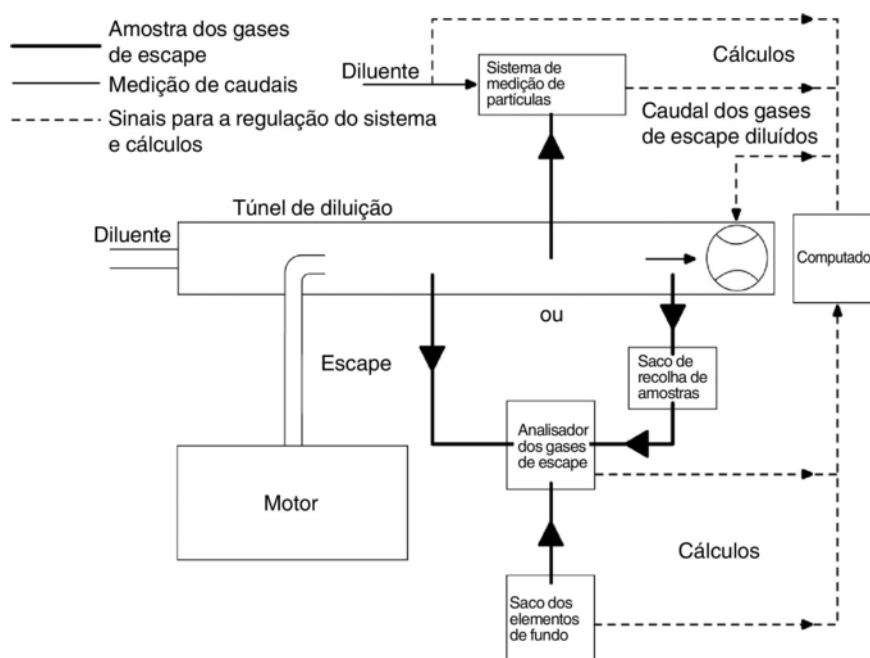


Figura 7

Diagrama do sistema de medição do caudal total

8.5.1. Determinação do caudal de gases de escape diluídos

8.5.1.1. Introdução

Para o cálculo das emissões contidas nos gases de escape diluídos, é necessário conhecer o caudal mássico dos gases de escape diluídos. Deve calcular-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, K_v para CFV, C_d para SSV), mediante qualquer um dos métodos descritos nos pontos 8.5.1.2 a 8.5.1.4. Se o caudal total das amostras de partículas (m_{sep}) exceder em 0,5 % o caudal total dado pelo CVS (m_{ed}), deve corrigir-se o caudal dado pelo CVS tendo em conta m_{sep} ou fazer-se regressar o caudal de amostras de partículas ao CVS a montante do dispositivo de medição de caudais.

8.5.1.2. Sistema PDP-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos for mantida constante a ± 6 K através da utilização de um permutador de calor, o caudal mássico durante o ciclo é calculado do seguinte modo:

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (49)$$

em que:

- V_0 é o volume de gás bombeado por rotação nas condições de ensaio, em m^3/rot ;
- n_p é o número total de rotações da bomba por ensaio;
- p_p é a pressão absoluta à entrada da bomba, em kPa;
- T é a temperatura média dos gases de escape diluídos à entrada da bomba, em K.

Se se utilizar um sistema com compensação de caudal (isto é, sem permutador de calor), as emissões mássicas instantâneas devem ser calculadas e integradas durante o ciclo. Neste caso, deve calcular-se a massa instantânea dos gases de escape diluídos do seguinte modo:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (50)$$

em que:

$n_{p,i}$ é o número total de rotações da bomba por intervalo de tempo.

8.5.1.3. Sistema CFV-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos for mantida constante a ± 11 K através da utilização de um permutador de calor, o caudal mássico durante o ciclo é calculado do seguinte modo:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (51)$$

em que:

t é o tempo do ciclo, em segundos;

K_v é o coeficiente de calibração do venturi de escoamento crítico em condições normais;

p_p é a pressão absoluta à entrada do venturi, em kPa;

T é a temperatura absoluta à entrada do venturi, em K.

Se se utilizar um sistema com compensação de caudal (isto é, sem permutador de calor), as emissões mássicas instantâneas devem ser calculadas e integradas durante o ciclo. Neste caso, deve calcular-se a massa instantânea dos gases de escape diluídos do seguinte modo:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (52)$$

em que:

Δt_i é o intervalo de tempo, em segundos.

8.5.1.4. Sistema SSV-CVS

Se, durante o ciclo, a temperatura dos gases de escape diluídos for mantida constante a ± 11 K através da utilização de um permutador de calor, o caudal mássico durante o ciclo é calculado do seguinte modo:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (53)$$

com

$$Q_{SSV} = A_0 d_v^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_{D^4}^{1,4286}} \right) \right]} \quad (54)$$

em que:

A_0 é igual a 0,006111 em unidades SI de $\left(\frac{m^3}{min} \right) \left(\frac{K^2}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$;

d_v é o diâmetro da garganta do SSV, em m;

C_d é o coeficiente de descarga do SSV;

p_p é a pressão absoluta à entrada do venturi, em kPa;

T é a temperatura à entrada do venturi, em K;

r_p é a razão da pressão estática na garganta do SSV e a pressão estática absoluta à entrada,
 $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$;

r_D é a razão entre o diâmetro da garganta do SSV, d , e o diâmetro interno do tubo de entrada, D .

Se se utilizar um sistema com compensação de caudal (isto é, sem permutador de calor), as emissões mássicas instantâneas devem ser calculadas e integradas durante o ciclo. Neste caso, deve calcular-se a massa instantânea dos gases de escape diluídos do seguinte modo:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (55)$$

em que:

Δt_i é o intervalo de tempo, em segundos.

O cálculo em tempo real deve ser iniciado quer com um valor razoável para C_d , tal como 0,98, quer com um valor razoável para Q_{SSV} . Se o cálculo for iniciado com o Q_{SSV} , o valor inicial de Q_{SSV} deve ser utilizado para avaliar o número de Reynolds.

Durante todos os ensaios das emissões, o número de Reynolds na garganta do SSV deve situar-se na gama de grandeza dos números de Reynolds utilizados para obter a curva de calibração desenvolvida no ponto 9.5.4.

8.5.2. Determinação dos componentes gasosos

8.5.2.1. Introdução

Os componentes gasosos nos gases de escape diluídos, emitidos pelo motor submetido a ensaio, devem ser medidos através dos métodos descritos no apêndice 3. A diluição dos gases de escape deve ser feita com ar ambiente filtrado, ar de síntese ou azoto. A capacidade de escoamento do sistema de caudal total deve ser suficiente para eliminar completamente a condensação de água nos sistemas de diluição e amostragem. A avaliação dos dados e os métodos de cálculo são descritos nos pontos 8.5.2.2 e 8.5.2.3.

8.5.2.2. Avaliação dos dados

Os dados pertinentes das emissões devem ser registados e armazenados em conformidade com o ponto 7.6.6.

8.5.2.3. Cálculo das emissões mássicas

8.5.2.3.1. Sistemas com caudal mássico constante

No que diz respeito aos sistemas com permutador de calor, deve determinar-se a massa dos poluentes a partir da seguinte equação:

$$m_{gas} = u_{gas} \times c_{gas} \times m_{ed} \text{ (em g/ensaio)} \quad (56)$$

em que:

u_{gas} é o respectivo valor do componente dos gases de escape do quadro 6

u_{gas} é a relação entre a densidade do componente dos gases de escape e a densidade do ar;

c_{gas} é a concentração média corrigida em relação às condições de fundo do componente, em ppm;

m_{ed} é a massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo, em kg.

Se a medição for feita em base seca, deve aplicar-se a correcção base seca/base húmida, de acordo com o ponto 8.1.

Para o cálculo dos NO_x , deve multiplicar-se, se aplicável, a emissão mássica pelo factor de correcção da humidade $k_{h,D}$, ou $k_{h,G}$, determinado em conformidade com o ponto 8.2.

Os valores de u são indicados no quadro 6. Para calcular os valores de u_{gas} , supõe-se que a densidade dos gases de escape diluído é igual à densidade do ar. Por conseguinte, os valores de u_{gas} são idênticos para os distintos componentes gasosos, mas diferentes para os HC.

Quadro 6

Valores de u dos gases de escape diluídos e densidades dos componentes

Combustível	ρ_{de}	Gás					
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^a)	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas} (^b)					
Diesel	1,293	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,001104	0,000553
Etanol	1,293	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,001104	0,000553
CNG (^c)	1,293	0,001588	0,000967	0,000517 (^d)	0,001519	0,001104	0,000553
Propano	1,293	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,001104	0,000553
Butano	1,293	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,001104	0,000553
GPL (^e)	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553

(^a) Consoante o combustível.

(^b) Com $\lambda = 2$, ar seco, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C = 66 – 76 %; H = 22 – 25 %; N = 0 – 12 %.

(^d) NMHC com base em CH_{2,93} (para HC total, deve usar-se o coeficiente u_{gas} de CH₄).

(^e) u com uma precisão de 0,2 % para a composição mássica de: C3 = 70 – 90 %; C4 = 10 – 30 %.

Em alternativa, podem calcular-se os valores de u utilizando o método de cálculo exacto descrito em termos gerais no ponto 8.4.2.4, do seguinte modo:

$$u_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{d}} \times \left(1 - \frac{1}{D}\right) + M_{\text{e}} \times \left(\frac{1}{D}\right)} \quad (57)$$

em que:

M_{gas} é a massa molar do componente do gás, em g/mol (cf. apêndice 6);

M_{e} é a massa molar do gás de escape, em g/mol;

M_{d} é a massa molar do diluente (= 28,965 g/mol);

D é o factor de diluição (ver ponto 8.5.2.3.2)

8.5.2.3.2. Determinação das concentrações corrigidas quanto às condições de fundo

Deve subtrair-se a concentração média de fundo dos gases poluentes no diluente 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. Deve aplicar-se a seguinte equação:

$$c_{\text{gas}} = c_{\text{gas,e}} - c_{\text{d}} \times (1 - (1/D)) \quad (58)$$

em que:

$c_{\text{gas,e}}$ é a concentração do componente medida nos gases de escape diluídos, em ppm;

c_{d} é a concentração do componente medida no diluente, em ppm;

D é o factor de diluição

Deve calcular-se o factor de diluição do seguinte modo:

a) No que diz respeito aos motores diesel e a GPL

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{HC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (59)$$

b) No que diz respeito aos motores a GN

$$D = \frac{F_S}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}} \quad (60)$$

em que:

- $c_{\text{CO}_2,e}$ é a concentração do CO_2 nos gases de escape diluídos, em base húmida, em % vol;
- $c_{\text{HC},e}$ é a concentração de HC nos gases de escape diluídos, em base húmida, em ppm C1;
- $c_{\text{NMHC},e}$ é a concentração de NMHC nos gases de escape diluídos, em base húmida, em ppm C1;
- $c_{\text{CO},e}$ é a concentração de CO nos gases de escape diluídos, em base húmida, em ppm;
- F_S é o factor estequiométrico.

Deve calcular-se o factor estequiométrico do seguinte modo:

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{a}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{a}{4}\right)} \quad (61)$$

em que:

a é o quociente molar do hidrogénio do combustível (H/C).

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

- F_S (diesel) = 13,4;
- F_S (GPL) = 11,6;
- F_S (GN) = 9,5.

8.5.2.3.3. Sistemas com compensação de caudal

No que diz respeito aos sistemas sem permutador de calor, deve determinar-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, deve aplicar-se directamente a correcção quanto às condições de fundo ao valor da concentração instantânea. Deve aplicar-se a seguinte equação:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n [(m_{\text{ed},i} \times c_{\text{gas},e} \times u_{\text{gas}})] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}})] \quad (62)$$

em que:

- $c_{\text{gas},e}$ é a concentração do componente medida nos gases de escape diluídos, em ppm;
- c_d é a concentração do componente medida no diluente, em ppm;
- $m_{\text{ed},i}$ é a massa instantânea dos gases de escape diluídos, em kg;
- m_{ed} é a massa total dos gases de escape diluídos durante o ciclo, em kg;
- u_{gas} é o valor tabelado do quadro 6;
- D é o factor de diluição.

8.5.3. Determinação das partículas

8.5.3.1. Cálculo das emissões mássicas

Nos termos do ponto 8.3, a massa de partículas (g/ensaio) deve ser calculada após a correcção da fluatibilidade do filtro de recolha de amostras de partículas do seguinte modo:

$$m_{PM} = \frac{m_p}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (63)$$

em que:

m_p é a massa das partículas recolhidas durante o ciclo, em mg;

m_{sep} é a massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas, em kg;

m_{ed} é a massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo, em kg;

com

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (64)$$

em que:

m_{set} é a massa dos gases de escape duplamente diluídos através do filtro de partículas, em kg;

m_{ssd} é a massa do diluente secundário, em kg.

Se o nível de fundo das partículas do diluente for determinado de acordo com o ponto 7.5.6, a massa de partículas pode ser corrigida quanto às condições de fundo. Neste caso, deve calcular-se a massa de partículas (g/ensaio) do seguinte modo:

$$m_{PM} = \left[\frac{m_p}{m_{sep}} - \left(\frac{m_b}{m_{sd}} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (65)$$

em que:

m_{sep} é a massa dos gases de escape diluídos que passam através dos filtros de recolha de partículas, em kg;

m_{ed} é a massa dos gases de escape diluídos durante o ciclo, em kg;

m_{sd} é a massa do diluente recolhido pelo amostrador de partículas de fundo, em kg;

m_b é a massa das partículas de fundo recolhidas do diluente, em mg;

D é o factor de diluição, determinado de acordo com o ponto 8.5.2.3.2.

8.6. Cálculos gerais

8.6.1. Correcção da deriva

No que diz respeito à verificação da deriva visada no ponto 7.8.4, o valor da concentração corrigida deve ser calculado do seguinte modo:

$$c_{cor} = c_{ref,z} + (c_{ref,s} - c_{ref,z}) \left(\frac{2 \cdot c_{gas} - (c_{pre,z} + c_{post,z})}{(c_{pre,s} + c_{post,s}) - (c_{pre,z} + c_{post,z})} \right) \quad (66)$$

em que:

$c_{ref,z}$ é a concentração de referência do gás de colocação no zero (geralmente zero), em ppm;

$c_{ref,s}$ é a concentração de referência do gás de calibração, em ppm;

$c_{\text{pre},z}$	é a concentração do gás de colocação no zero medida pelo analisador antes do ensaio, em ppm;
$c_{\text{pre},s}$	é a concentração do gás de calibração medida pelo analisador antes do ensaio, em ppm;
$c_{\text{post},z}$	é a concentração do gás de colocação no zero medida pelo analisador após o ensaio, em ppm;
$c_{\text{post},s}$	é a concentração do gás de calibração medida pelo analisador após o ensaio, em ppm;
c_{gas}	é a concentração do gás da amostra, em ppm.

Devem ser calculadas duas séries de resultados de medições de emissões específicas para cada componente, em conformidade com o ponto 8.6.3, depois da aplicação de quaisquer outras correcções. Deve calcular-se uma série, utilizando concentrações não corrigidas, e a outra série, utilizando as concentrações corrigidas dos efeitos da deriva de acordo com a equação 66.

Em função do sistema de medição e do método de cálculo utilizados, os resultados das emissões não corrigidas são calculados com as equações 36, 37, 56, 57 ou 62, respectivamente. Para o cálculo das emissões corrigidas, c_{gas} , nas equações 36, 37, 56, 57 ou 62, respectivamente, deve ser substituído por c_{cor} da equação 66. Se os valores da concentração instantânea $c_{\text{gas},i}$ forem utilizados na equação respectiva, o valor corrigido deve também ser aplicado como valor instantâneo, $c_{\text{cor},i}$. Na equação 57, a correcção deve ser aplicada tanto à concentração medida como à concentração de fundo.

A comparação deve fazer-se como percentagem dos resultados não corrigidos. A diferença entre os valores das emissões específicas não corrigidas e corrigidas não deve exceder $\pm 4\%$ dos valores das emissões específicas não corrigidas ou $\pm 4\%$ do valor-limite respectivo, conforme a que for maior. Se a deriva for superior a 4% , o ensaio deve ser anulado.

Se for aplicada a correcção da deriva, apenas os resultados das emissões corrigidas dos efeitos da deriva devem ser utilizados no relatório das medições das emissões.

8.6.2. Cálculo de NMHC e CH_4

O cálculo de NMHC e CH_4 depende do método de calibração utilizado. O analisador FID para a medição sem NMC (circuito inferior do apêndice 3, figura 11), deve ser calibrado com propano. Para a calibração do analisador FID em série com o NMC (circuito superior do apêndice 3, figura 11), são permitidos os seguintes métodos:

- gás de calibração – propano; o propano contorna o NMC;
- gás de calibração – metano; o metano passa através do NMC.

As concentrações de NMHC e CH_4 para a alínea a) devem ser calculadas do seguinte modo:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}} - c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (67)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/NMC)}}}{E_E - E_M} \quad (68)$$

As concentrações de NMHC e CH_4 para a alínea b) devem ser calculadas do seguinte modo:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/oNMC)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/NMC)}} \times r_h \times (1 - E_M)}{E_E - E_M} \quad (67a)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)} \quad (68a)$$

em que:

$c_{HC(w/NMC)}$ é a concentração de HC com a amostra de gás a passar através do NMC, em ppm;

$c_{HC(w/oNMC)}$ é a concentração de HC com a amostra de gás a contornar o NMC, em ppm;

r_h é o factor de resposta ao metano determinado nos termos do ponto 9.3.7.2;

E_M é a eficiência do metano determinada nos termos do ponto 9.3.8.1;

E_E é a eficiência do etano determinada nos termos do ponto 9.3.8.2.

Se $r_h < 1,05$, pode ser omitido nas equações 67, 67a e 68a.

8.6.3. Cálculo das emissões específicas

As emissões específicas e_{gas} ou e_{PM} (g/kWh) devem ser calculadas para cada um dos componentes como segue, em função do tipo de ciclo de ensaio.

Para o WHSC, o WHTC a quente ou o WHTC a frio, deve aplicar-se a equação seguinte:

$$e = \frac{m}{W_{act}} \quad (69)$$

em que:

m é a emissão mássica do componente, em g/ensaio;

W_{act} é o trabalho efectuado no ciclo real conforme determinado no ponto 7.8.6, em kWh.

No caso do WHTC, o resultado final do ensaio deve ser uma média ponderada do ensaio com arranque a frio e do ensaio com arranque a quente, de acordo com a equação seguinte:

$$e = \frac{(0,14 \times m_{cold}) + (0,86 \times m_{hot})}{(0,14 \times W_{act,cold}) + (0,86 \times W_{act,hot})} \quad (70)$$

em que:

m_{cold} é a emissão mássica do componente no ensaio com arranque a frio, em g/ensaio;

m_{hot} é a emissão mássica do componente no ensaio com arranque a quente, em g/ensaio;

$W_{act,cold}$ é o trabalho efectuado no ciclo real no ensaio com arranque a frio, em kWh;

$W_{act,hot}$ é o trabalho efectuado no ciclo real no ensaio com arranque a quente, em kWh.

Caso se aplique a regeneração periódica em conformidade com o ponto 6.6.2, os factores de correcção da regeneração $k_{r,u}$ ou $k_{r,d}$ devem ser, respectivamente, multiplicados pelo resultado ou acrescentados ao resultado e no que se refere às emissões específicas, como determinado nas equações 69 e 70.

9. ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO E SUA VERIFICAÇÃO

O presente anexo não contém informações pormenorizadas relativas ao caudal, à pressão, nem aos sistemas ou aos aparelhos de medição da temperatura. Em vez disso, o ponto 9.2 limita-se a referir os requisitos de linearidade dos aparelhos ou sistemas necessários para realizar um ensaio das emissões.

9.1. Especificação do dinamómetro

Deve utilizar-se um dinamómetro para motores com características adequadas para realizar o ciclo de ensaio adequado descrito nos pontos 7.2.1 e 7.2.2.

A instrumentação para a medição do binário e da velocidade deve permitir a medição da potência no veio que seja suficientemente exacta para respeitar os critérios de validação do ciclo. Podem ser necessários cálculos adicionais. A exactidão do equipamento de medição deve ser de modo a não exceder os requisitos de linearidade indicados no ponto 9.2, quadro 7.

9.2. Requisitos de linearidade

A calibração de todos os instrumentos e sistemas de medição deve ser conforme às normas nacionais (internacionais). Os instrumentos e sistemas de medição devem obedecer aos requisitos de linearidade indicados no quadro 7. No que respeita aos analisadores de gás, a verificação da linearidade nos termos do ponto 9.2.1 deve ser feita, pelo menos, de três em três meses, ou sempre que haja uma reparação ou mudança do sistema que possa influenciar a calibração. Para os outros instrumentos e sistemas, a verificação da linearidade deve ser feita segundo os requisitos dos procedimentos de auditoria interna, pelo fabricante dos instrumentos ou em conformidade com os requisitos da norma ISO 9000.

Quadro 7

Requisitos de linearidade dos instrumentos e sistemas de medição

Sistema de medição	$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	Declive a_1	Erro-padrão SEE	Coefficiente de determinação r^2
Velocidade do motor	$\leq 0,05 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Binário do motor	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal do combustível	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal de ar	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal dos gases de escape	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal do diluente	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal dos gases de escape diluídos	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Caudal da amostra	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Analisadores de gás	$\leq 0,5 \text{ \% max}$	0,99 – 1,01	$\leq 1 \text{ \% max}$	$\geq 0,998$
Misturadores-doseadores de gases	$\leq 0,5 \text{ \% max}$	0,98 – 1,02	$\leq 2 \text{ \% max}$	$\geq 0,990$
Temperaturas	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,99 – 1,01	$\leq 1 \text{ \% max}$	$\geq 0,998$
Pressões	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,99 – 1,01	$\leq 1 \text{ \% max}$	$\geq 0,998$
Balança de pesagem das partículas	$\leq 1 \text{ \% max}$	0,99 – 1,01	$\leq 1 \text{ \% max}$	$\geq 0,998$

9.2.1. Verificação da linearidade

9.2.1.1. Introdução

Deve proceder-se a uma verificação de linearidade para cada sistema de medição enunciado no quadro 7. Devem ser introduzidos no sistema de medição pelo menos 10 valores de referência, ou conforme especificado de outro modo, sendo os valores medidos comparados aos valores de referência por regressão linear dos mínimos quadrados, em conformidade com a equação 11. Os limites máximos indicados no quadro 6 referem-se aos valores máximos esperados durante o ensaio.

9.2.1.2. Prescrições gerais

Os sistemas de medição devem ser aquecidos de acordo com as recomendações do fabricante dos instrumentos. Os sistemas de medição devem ser utilizados aos valores de temperatura, pressão e caudal especificados para cada um deles.

9.2.1.3. Procedimento

A verificação da linearidade deve ser feita para cada gama normalmente utilizada, em conformidade com a sequência seguinte:

- a) O instrumento é posto em zero mediante a introdução de um sinal de zero. No caso dos analisadores de gás, introduz-se ar sintético purificado (ou azoto) directamente na entrada do analisador;
- b) Calibra-se o instrumento mediante a introdução de um sinal de calibração adequado. Para os analisadores de gás, deve ser introduzido um gás de calibração apropriado directamente na entrada do analisador;
- c) Repete-se o procedimento de colocação no zero enunciado na alínea a);
- d) A verificação é efectuada mediante a introdução de, pelo menos, 10 valores de referência (incluindo o zero), situados na gama que vai do zero aos valores mais elevados esperados no ensaio das emissões. No caso dos analisadores de gás, aplicam-se concentrações de gases conhecidas, nos termos do ponto 9.3.3.2, directamente na entrada do analisador;
- e) Os valores de referência são medidos e os valores medidos são registados durante 30 s, sendo a frequência de registo de, pelo menos, 1 Hz;
- f) Os valores médios aritméticos durante o período de 30 s são utilizados para calcular os parâmetros de regressão linear dos mínimos quadrados, conforme a equação 11 no ponto 7.8.7;
- g) Os parâmetros de regressão linear devem cumprir os requisitos do ponto 9.2, quadro 7;
- h) Verifica-se novamente a colocação no zero, repetindo-se o procedimento de verificação, se necessário.

9.3. Medição de emissões gasosas e sistema de recolha de amostras

9.3.1. Características dos analisadores

9.3.1.1. Informações de carácter geral

Os analisadores devem ter uma gama de medição e um tempo de resposta adequados à exactidão necessária para medir as concentrações dos componentes dos gases de escape em condições transitórias e estacionárias.

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

9.3.1.2. Exactidão

A exactidão, definida como o desvio entre a leitura do analisador e o valor de referência, não deve exceder $\pm 2\%$ da leitura ou $\pm 0,3\%$ da escala completa, consoante o que for maior.

9.3.1.3. Precisão

A precisão, definida como 2,5 vezes o desvio-padrão de dez respostas repetitivas 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).

9.3.1.4. 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.

9.3.1.5. Deriva do zero

A deriva do zero deve ser especificada pelo fabricante do instrumento.

9.3.1.6. Deriva de calibração

A deriva da resposta de calibração deve ser especificada pelo fabricante do instrumento.

9.3.1.7. Tempo de subida

O tempo de subida do analisador instalado no sistema de medição não deve exceder 2,5 segundos.

9.3.1.8. Secagem do gás

Os gases de escape podem ser medidos em base seca ou húmida. O dispositivo de secagem do gás, caso seja utilizado, deve ter um efeito mínimo na composição dos gases medidos. Os exsiccantes químicos não constituem um método aceitável de remoção da água da amostra.

9.3.2. Analisadores de gás

9.3.2.1. Introdução

Os pontos 9.3.2.2 a 9.3.2.7 descrevem os princípios de medição a utilizar. O apêndice 3 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.

9.3.2.2. Análise do monóxido de carbono (CO)

O analisador de monóxido de carbono deve ser de tipo de absorção de infravermelhos não dispersivo (NDIR).

9.3.2.3. Análise do dióxido de carbono (CO₂)

O analisador de dióxido de carbono deve ser de tipo de absorção de infravermelhos não dispersivo (NDIR).

9.3.2.4. Análise dos hidrocarbonetos (HC)

O analisador de hidrocarbonetos deve ser do tipo aquecido por ionização de chama (HFID) com detector, válvulas, tubagens, etc., aquecido de modo a manter a temperatura do gás a $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). No que diz respeito aos motores a GN e de ignição comandada, o analisador de hidrocarbonetos pode ser do tipo não aquecido por ionização de chama (FID), dependendo do método utilizado (ver apêndice 3, ponto A.3.1.3).

9.3.2.5. Análise do metano (CH₄) e dos hidrocarbonetos não metânicos (NMHC)

A determinação da fracção de metano e de hidrocarbonetos não metânicos deve ser executada com um separador de hidrocarbonetos não-metânicos aquecido (NMC) e dois FID, em conformidade com o apêndice 3, ponto A.3.1.4 e ponto A.3.1.5. A concentração dos componentes deve determinar-se conforme descrito no ponto 8.6.2.

9.3.2.6. Análise dos óxidos de azoto (NO_x)

São especificados dois instrumentos de medição para a medição dos NO_x , sendo possível utilizar qualquer um deles, desde que responda aos critérios especificados nos pontos 9.3.2.6.1 ou 9.3.2.6.2, respectivamente. Para a determinação da equivalência de sistemas de um procedimento de medição alternativo em conformidade com o ponto 5.1.1, apenas é permitido o detector CLD.

9.3.2.6.1. Detector quimioluminescente (CLD)

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, deve ser utilizado um analisador HCLD com conversor mantido acima de 328 K (55 °C), desde que a verificação do efeito de atenuação da água (ver ponto 9.3.9.2.2) tenha sido satisfatória. Tanto para o CLD como para o HCLD, o percurso de amostragem deve ser mantido a uma temperatura de parede de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C) até ao conversor, nas medições em base seca, e até ao analisador, nas medições em base húmida.

9.3.2.6.2. Detector ultravioleta não dispersivo (NDUV)

Deve utilizar-se um analisador ultravioleta não dispersivo (NDUV) para medir a concentração de NO_x . Se o analisador NDUV medir apenas o NO, deve colocar-se um conversor NO_2/NO a montante do analisador NDUV. A temperatura do analisador NDUV deve ser mantida, de modo a impedir a condensação aquosa, a não ser que um secador de amostras esteja instalado a montante do conversor NO_2/NO , se utilizado, ou a montante do analisador.

9.3.2.7. Medição da relação ar/combustível

O equipamento de medição da relação ar/combustível utilizado para determinar o caudal dos gases de escape, conforme especificado no ponto 8.4.1.6, deve ser um sensor da relação ar/combustível de gama larga ou um sensor lambda do tipo zircónio. O sensor deve ser montado directamente no tubo de escape, num local em que a temperatura dos gases de escape seja suficientemente elevada para eliminar a condensação da água.

A exactidão do sensor com a parte electrónica incorporada deve ter as seguintes tolerâncias:

$\pm 3 \%$ da leitura	para $\lambda < 2$;
$\pm 5 \%$ da leitura	para $2 \leq \lambda < 5$;
$\pm 10 \%$ da leitura	para $5 \leq \lambda$.

Para se obter a exactidão acima especificada, o sensor deve ser calibrado conforme as instruções do fabricante.

9.3.3. Gases

O prazo de conservação de todos os gases deve ser respeitado.

9.3.3.1. Gases puros

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

a) Para os gases de escape brutos

Azoto purificado

(Contaminação ≤ 1 ppm Cl, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO_2 , $\leq 0,1$ ppm NO)

Oxigénio purificado

(Pureza $> 99,5 \%$ vol O_2)

Mistura hidrogénio-hélio (combustível do queimador do FID)

(40 % \pm 1 % de hidrogénio, restante: hélio);

(Contaminação \leq 1 ppm C1, \leq 400 ppm CO₂)

Ar de síntese purificado

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

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

b) Para os gases de escape diluídos (facultativamente, para os gases de escape brutos)

Azoto purificado

(Contaminação \leq 0,05 ppm C1, \leq 1 ppm CO, \leq 10 ppm CO₂, \leq 0,02 ppm NO)

Oxigénio purificado

(Pureza > 99,5 % vol O₂)

Mistura hidrogénio-hélio (combustível do queimador do FID)

(40 % \pm 1 % de hidrogénio, restante: hélio)

(Contaminação \leq 0,05 ppm C1, \leq 10 ppm CO₂)

Ar de síntese purificado

(Contaminação \leq 0,05 ppm C1, \leq 1 ppm CO, \leq 10 ppm CO₂, \leq 0,02 ppm NO)

(Teor de oxigénio compreendido entre 20,5 e 21,5 % vol).

Se não estiverem disponíveis botijas de gás, pode ser utilizado um purificador de gás, desde que possam demonstrar-se os níveis de contaminação.

9.3.3.2. Gases de calibração

Devem estar disponíveis misturas de gases com a composição química abaixo indicada, se aplicável. São admitidas outras combinações de gases, desde que estes não reajam entre si. A data de expiração dos gases de calibração, indicada pelo fabricante, deve ser registada.

C₃H₈ e ar de síntese purificado (ver ponto 9.3.3.1);

CO e azoto purificado;

NO e azoto purificado;

NO₂ e ar de síntese purificado;

CO₂ e azoto purificado;

CH₄ e ar de síntese purificado;

C₂H₆ e ar de síntese purificado.

A concentração real de um gás de calibração deve ser o valor nominal com uma tolerância de \pm 1 %, devendo ser conforme às normas nacionais e internacionais. Todas as concentrações dos gases de calibração devem ser indicadas em volume (% vol ou ppm vol).

9.3.3.3. Misturadores-doseadores de gases

Os gases utilizados para a calibração podem também ser obtidos através de misturadores-doseadores de gases (dispositivos de mistura de gases de grande precisão), por diluição de N₂ purificado ou de ar de síntese purificado. A exactidão do misturador-doseador deve ser tal que a concentração dos gases de calibração possa ser determinada com uma exactidão de $\pm 2\%$. Esta exactidão implica que os gases primários utilizados para a mistura sejam conhecidos com uma exactidão mínima de $\pm 1\%$, com base em normas nacionais ou internacionais sobre gases. A verificação deve ser efectuada a uma percentagem compreendida entre 15 % e 50 % da escala completa relativamente a cada calibração que inclua um misturador-doseador. Pode efectuar-se uma verificação adicional utilizando outro gás de calibração, se a primeira verificação tiver falhado.

Em alternativa, o dispositivo de mistura pode ser verificado com um instrumento que, por natureza, seja linear, utilizando gás NO com um CLD. O valor de calibração do instrumento deve ser ajustado com o gás de calibração directamente ligado ao instrumento. Deve verificar-se o misturador-doseador com as regulações utilizadas e compara-se o valor nominal com a concentração medida pelo instrumento. Esta diferença deve, em cada ponto, situar-se a $\pm 1\%$ do valor nominal.

Para se proceder à verificação da linearidade conforme o ponto 9.2.1, o misturador-doseador deve ter uma exactidão de $\pm 1\%$.

9.3.3.4. Gases de verificação da interferência do oxigénio

Os gases de verificação da interferência do oxigénio são uma mistura de propano, oxigénio e azoto. Devem conter propano com 350 ppm C \pm 75 ppm C de hidrocarbonetos. O valor da concentração deve ser determinado com as tolerâncias para os gases de calibração através de análise cromatográfica dos hidrocarbonetos totais acrescidos de impurezas ou através de mistura dinâmica. As concentrações de oxigénio exigidas para o ensaio de motores de ignição comandada e de ignição por compressão são indicadas no quadro 8, sendo a fracção restante constituída por azoto purificado.

Quadro 8

Gases de verificação da interferência do oxigénio

Tipo de motor	Concentração de O ₂ (%)
Ignição por compressão	21 (20 a 22)
Ignição por compressão e ignição comandada	10 (9 a 11)
Ignição por compressão e ignição comandada	5 (4 a 6)
Ignição comandada	0 (0 a 1)

9.3.4. Verificação da estanquicidade

Deve ser efectuada uma verificação da estanquicidade do sistema. Para tal, deve desligar-se a sonda do sistema de escape e obturar-se a sua extremidade. Deve ligar-se a bomba do analisador. Após um período de estabilização inicial, todos os medidores de caudais devem indicar aproximadamente zero, caso não haja fugas. Se tal não acontecer, as condutas de recolha de amostras devem ser verificadas e a anomalia corrigida.

A taxa de fugas máxima admissível no lado do vácuo é de 0,5 % do caudal 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 durante a utilização.

Em alternativa, o sistema pode ser evacuado até uma pressão mínima de 20 kPa de vácuo (80 kPa absolutos). Após um período de estabilização inicial, o aumento de pressão Δp (kPa/min) no sistema não deve exceder:

$$\Delta p = p / V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (71)$$

em que:

V_s é o volume do sistema, em l;

q_{vs} é o caudal do sistema, em l/min.

Outro método consiste na introdução de uma modificação do patamar de concentração no início da conduta de recolha de amostras, passando do gás de colocação no zero para o gás de calibração. No caso de um analisador calibrado correctamente, se, após um lapso de tempo adequado, a leitura for $\leq 99\%$ da concentração aplicada, isto indica um problema de estanquicidade que deve ser corrigido.

9.3.5. Verificação do tempo de resposta do sistema de análise

As regulações do sistema para a avaliação do tempo de resposta devem ser exactamente as mesmas que para a medição durante o ensaio (isto é, pressão, caudais, regulações dos filtros nos analisadores e todas as outras influências sobre o tempo de resposta). A determinação do tempo de resposta deve ser feita com a mudança do gás directamente à entrada da sonda de recolha de amostras. A mudança do gás deve ser feita em menos de 0,1 segundos. Os gases utilizados para o ensaio devem causar uma alteração da concentração de, pelo menos, 60 % da escala completa (FS).

Deve registar-se o desvio da concentração de cada componente do gás. O tempo de resposta é definido como a diferença de tempo entre a mudança do gás e a alteração adequada da concentração registada. O tempo de resposta do sistema (t_{90}) consiste no tempo de reacção do detector de medição e no tempo de subida do detector. O tempo de reacção é definido como o tempo que decorre entre a alteração (t_0) e a obtenção de uma resposta de 10 % da leitura final (t_{10}). O tempo de subida é definido como o tempo que decorre entre uma resposta de 10 % e de 90 % da leitura final ($t_{90} - t_{10}$).

Para o alinhamento temporal do analisador e dos sinais do caudal dos gases de escape, o tempo de transformação é definido como o tempo que decorre entre a alteração (t_0) e a obtenção da resposta correspondente a 50 % da leitura final (t_{50}).

O tempo de resposta do sistema deve ser ≤ 10 segundos, com um tempo de subida $\leq 2,5$ segundos, conforme o ponto 9.3.1.7, para todos os componentes limitados (CO, NO_x, HC ou NMHC) e todas as gamas utilizadas. Ao utilizar um NMC para a medição dos NMHC, o tempo de resposta do sistema pode exceder 10 s.

9.3.6. 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 9.3.6.1 a 9.3.6.8 (figura 8).

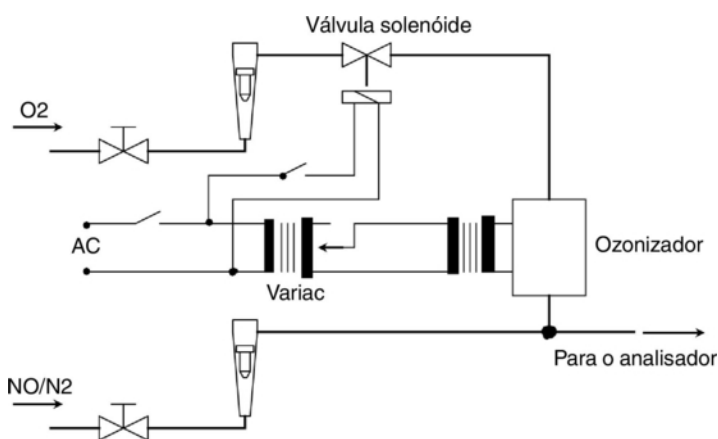


Figura 8

Diagrama do dispositivo de eficiência do conversor de NO₂

9.3.6.1. Dispositivo do ensaio

A eficiência do conversor é ensaiada por meio de um ozonizador, utilizando-se o dispositivo esquematizado na figura 8 e o procedimento seguinte.

9.3.6.2. Calibração

Devem calibrar-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.

9.3.6.3. Cálculo

A eficiência do conversor em % deve ser calculada do seguinte modo:

$$E_{\text{NOx}} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100 \quad (72)$$

em que:

- a* é a concentração de NO_x de acordo com o ponto 9.3.6.6;
- b* é a concentração de NO_x de acordo com o ponto 9.3.6.7;
- c* é a concentração de NO de acordo com o ponto 9.3.6.4;
- d* é a concentração de NO de acordo com o ponto 9.3.6.5.

9.3.6.4. Adição de oxigénio

Através de um T, deve adicionar-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 9.3.6.2. (o analisador está no modo NO).

Deve registar-se a concentração indicada na alínea *c*). O ozonizador mantém-se desactivado ao longo deste processo.

9.3.6.5. Activação do ozonizador

Deve activar-se o ozonizador a fim de fornecer o ozono suficiente para fazer baixar a concentração de NO para cerca de 20 % (mínimo, 10 %) da concentração de calibração indicada no ponto 9.3.6.2. Deve registar-se a concentração *d*) indicada (o analisador está no modo NO).

9.3.6.6. Modo NO_x

Deve comutar-se o analisador do modo NO para o modo NO_x, a fim de que a mistura de gases (constituída por NO, NO₂, O₂ e N₂) passe através do conversor. Deve registar-se a concentração *a*) indicada (o analisador está no modo NO_x).

9.3.6.7. Desactivação do ozonizador

Deve desactivar-se o ozonizador. A mistura de gases descrita no ponto 9.3.6.6 deve passar através do conversor para o detector. Deve registar-se a concentração *b*) indicada (o analisador está no modo NO_x).

9.3.6.8. Modo NO

Comutado para o modo NO com o ozonizador desactivado, o caudal de oxigénio ou de ar de síntese deve ser desligado. A leitura de NO_x do analisador não deve desviar-se mais de ± 5 % do valor medido de acordo com o ponto 9.3.6.2. (o analisador está no modo NO).

9.3.6.9. Intervalo dos ensaios

O controlo da eficiência do conversor deve ser efectuado, pelo menos, uma vez por mês.

9.3.6.10. Eficiência exigida

A eficiência do conversor E_{NOx} não deve ser inferior a 95 %.

Se, estando o analisador na gama mais comum, o ozonizador não permitir obter uma redução de 80 % para 20 %, conforme o ponto 9.3.6.5, deve utilizar-se a gama mais alta que dê esta redução.

9.3.7. Regulação do FID

9.3.7.1. Optimização da resposta do detector

O detector FID deve ser regulado em conformidade com as instruções fornecidas pelo fabricante. Deve utilizar-se um gás de calibração constituído por propano / ar para optimizar a resposta na gama de funcionamento mais comum.

Com os caudais de combustível e de ar regulados de acordo com as recomendações do fabricante, deve introduzir-se no analisador um gás de calibração com uma concentração de 350 ppm \pm 75 ppm C. Deve determinar-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. Devem registar-se as respostas com o gás de calibração e com o gás de colocação no zero a esses caudais de combustível. Deve traçar-se a curva da diferença entre as duas respostas e ajustar-se o caudal de combustível em função da parte rica da curva. Esta é a regulação inicial do caudal, que poderá necessitar de uma maior optimização consoante os resultados dos factores de resposta aos hidrocarbonetos e da verificação da interferência do oxigénio, de acordo com os pontos 9.3.7.2 e 9.3.7.3. Se os factores de interferência do oxigénio ou de resposta aos hidrocarbonetos não respeitarem as especificações a seguir indicadas, o caudal de ar deve ser progressivamente aumentado e reduzido relativamente às especificações do fabricante, e os pontos 9.3.7.2 e 9.3.7.3 devem ser repetidos para cada caudal.

A título facultativo, a optimização pode ser feita mediante os procedimentos esboçados no documento SAE n.º 770141.

9.3.7.2. Factores de resposta aos hidrocarbonetos

Deve proceder-se à verificação da linearidade do analisador utilizando a mistura propano/ar e ar de síntese purificado, conforme o ponto 9.2.1.3.

Os factores de resposta devem ser determinados ao colocar um analisador em serviço e após longos intervalos de manutenção. O factor de resposta (r_h) 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 exactidão 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 K \pm 5 K (25 °C \pm 5 °C).

Os gases de ensaio a utilizar e as gamas de factores de resposta correspondentes são os seguintes:

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) metano e ar de síntese purificado | $1,00 \leq r_h \leq 1,15$; |
| b) propileno e ar de síntese purificado | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$; |
| c) tolueno e ar de síntese purificado | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$. |

Estes valores referem-se ao factor r_h de 1 para o propano e o ar de síntese purificado.

9.3.7.3. Verificação da interferência do oxigénio

Exclusivamente no que se refere aos analisadores de gases de escape brutos, a verificação da interferência do oxigénio deve ser efectuada ao colocar o analisador em serviço e após longos períodos de utilização.

Deve ser escolhida uma gama de medição em que os gases de verificação da interferência do oxigénio se situam n.ºs 50 % superiores. Deve realizar-se o ensaio com a temperatura do forno regulada conforme exigido. As características do gás de verificação da interferência de oxigénio são enunciadas no ponto 9.3.3.4.

- a) Coloca-se o analisador no zero.
- b) Calibra-se o analisador com a mistura de oxigénio a 0 % para motores de ignição comandada. Os instrumentos do motor de ignição por compressão são regulados com a mistura de oxigénio a 21 %.
- c) Verifica-se novamente a resposta no zero. Se se modificou em mais de 0,5 % da escala completa, repetem-se as etapas a) e b).
- d) Aplicam-se os gases de verificação da interferência do oxigénio a 5 % e a 10 %.
- e) Verifica-se novamente a resposta no zero. Se tiver mudado mais de 1 % da escala completa, o ensaio deve ser repetido.
- f) Calcula-se a interferência do oxigénio E_{O_2} para cada mistura descrita na alínea d) conforme a seguir indicado:

$$E_{O_2} = (c_{\text{ref,d}} - c) \times 100 / c_{\text{ref,d}} \quad (73)$$

Sendo a resposta do analisador

$$c = \frac{c_{\text{ref,b}} \times c_{\text{FS,b}}}{c_{\text{m,b}}} \times \frac{c_{\text{m,d}}}{c_{\text{FS,d}}} \quad (74)$$

em que:

- $c_{\text{ref,b}}$ é a concentração HC de referência no passo b), em ppm C;
- $c_{\text{ref,d}}$ é a concentração HC de referência no passo d), em ppm C;
- $c_{\text{FS,b}}$ é a concentração HC à escala completa no passo b), em ppm C;
- $c_{\text{FS,d}}$ é a concentração HC à escala completa no passo d), em ppm C;
- $c_{\text{m,b}}$ é a concentração HC medida no passo b), em ppm C;
- $c_{\text{m,d}}$ é a concentração HC medida no passo d), em ppm C.

- g) A interferência do oxigénio E_{O_2} deve ser inferior a $\pm 1,5$ % relativamente a todos os gases de verificação da interferência do oxigénio necessários antes da realização do ensaio.
- h) Se a interferência do oxigénio E_{O_2} for maior que $\pm 1,5$ %, podem ser tomadas medidas correctivas regulando progressivamente o caudal do ar acima e abaixo das recomendações do fabricante, bem como o caudal do combustível e o caudal da amostra.
- i) Repete-se a verificação da interferência do oxigénio a cada nova regulação.

9.3.8. Eficiência do separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC)

O NMC é utilizado para a remoção de hidrocarbonetos não metânicos da amostra do gás, através da oxidação de todos os hidrocarbonetos com excepção do metano. Em termos ideais, a conversão para o metano é de 0 %, e para os outros hidrocarbonetos, representados pelo etano, de 100 %. Para a medição exacta dos HC não-metânicos, determinam-se as duas eficiências e utilizam-se os valores obtidos para o cálculo do caudal mássico das emissões de NMHC (ver ponto 8.5.2).

9.3.8.1. Eficiência do metano

Deve fazer-se passar um gás de calibração do metano através do FID, com ou sem passagem pelo NMC, sendo as duas concentrações registadas. Deve determinar-se a eficiência do seguinte modo:

$$E_M = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/oNMC)}}} \quad (75)$$

em que:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$ é a concentração de HC com o CH_4 a passar através do NMC, em ppm C;

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$ é a concentração de HC com o CH_4 a contornar o NMC, em ppm C.

9.3.8.2. Eficiência do etano

Deve fazer-se passar um gás de calibração do etano através do FID, com ou sem passagem pelo NMC, sendo as duas concentrações registadas. Deve determinar-se a eficiência do seguinte modo:

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/oNMC)}}} \quad (76)$$

em que:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$ é a concentração de HC com o C_2H_6 a passar através do NMC, em ppm C;

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$ é a concentração de HC com o C_2H_6 a contornar o NMC, em ppm C.

9.3.9. Efeitos de interferência

Os gases que não são o gás objecto de análise 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. Verifica-se uma 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 reacção. As verificações de interferência indicadas nos pontos 9.3.9.1 e 9.3.9.3 devem ser efectuadas antes da utilização inicial do analisador e após longos intervalos de manutenção.

9.3.9.1. Verificação da interferência no analisador de CO

A água e o CO_2 podem interferir com o rendimento 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 2 % da concentração média de CO prevista durante o ensaio.

Os procedimentos de verificação da interferência para CO_2 e H_2O também podem ser executados separadamente. Se os níveis de CO_2 e H_2O utilizados forem superiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, cada valor de interferência observado deve ser reduzido proporcionalmente, mediante a multiplicação da interferência observada pelo rácio do valor máximo de concentração prevista pelo valor real utilizado durante este procedimento. Podem ser executados procedimentos de interferência separados de concentrações de H_2O que são inferiores aos níveis máximos previstos durante o ensaio, mas o valor da interferência com H_2O observado deve ser corrigido em alta, mediante a multiplicação da interferência observada pelo rácio do valor de concentração de H_2O máximo previsto pelo valor real utilizado durante este procedimento. A soma destes dois valores de interferência assim corrigidos deve respeitar os limites de tolerância especificados neste ponto.

9.3.9.2. Verificações da atenuação do analisador de NO_x para o analisador CLD

Os dois gases a considerar para os analisadores CLD (e HCLD) são o CO₂ 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. Se o analisador CLD usar algoritmos de compensação do efeito de atenuação que utilizam instrumentos de medição de H₂O e/ou CO₂, o efeito de atenuação deve ser avaliado com estes instrumentos em funcionamento e aplicando os algoritmos de compensação.

9.3.9.2.1. Verificação do efeito de atenuação do CO₂

Deve fazer-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, deve diluir-se cerca de 50 % com um gás de calibração do NO e deixar-se passar através do NDIR e do CLD, registando-se os valores de CO₂ e NO como B e C, respectivamente. Deve fechar-se a entrada de CO₂ e deixar-se passar apenas o gás de calibração do NO através do (H)CLD, registando-se o valor de NO como D.

O coeficiente de atenuação (em %) é calculado do seguinte modo:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[1 - \frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)} \right] \times 100 \quad (77)$$

em que:

A é a concentração do CO₂ não diluído, medida com o NDIR, em %

B é a concentração do CO₂ diluído, medida com o NDIR, em %

C é a concentração do NO diluído, medida com o (H)CLD, em ppm

D é a concentração do NO não diluído, medida com o (H)CLD, em ppm

Podem utilizar-se métodos alternativos de diluição e de quantificação dos valores dos gases de calibração do CO₂ e do NO, tais como a mistura, mediante autorização da entidade homologadora.

9.3.9.2.2. 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 tomar 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.

Deve fazer-se passar um gás de calibração do NO com uma concentração de 80 % a 100 % da escala completa da gama de funcionamento normal através do (H)CLD e registar-se o valor de NO como D. Deve deixar-se borbulhar o gás de calibração do NO através de água à temperatura ambiente, fazendo-se passar esse gás através do (H)CLD, e registar-se o valor de NO como C. Deve determinar-se a temperatura da água borbulhada e registar-se como valor F. Deve determinar-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 (em %) da mistura deve ser calculada do seguinte modo:

$$H = 100 \times (G / p_b) \quad (78)$$

e registada como H. A concentração prevista do gás de calibração do NO diluído (em vapor de água) deve ser calculada do seguinte modo:

$$D_e = D \times (1 - H / 100) \quad (79)$$

e registada como D_e . Para os gases de escape dos motores diesel, deve estimar-se a concentração máxima de vapor de água nos gases de escape (em %) esperada durante o ensaio, na hipótese de uma relação H/C do combustível de 1,8/1, a partir da concentração máxima de CO_2 nos gases de escape A do seguinte modo:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (80)$$

e registada como H_m .

O coeficiente de atenuação da água (em %) deve ser calculado do seguinte modo:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H) \quad (81)$$

em que:

D_e é a concentração prevista do NO diluído, em ppm;

C é a concentração medida do NO diluído, em ppm;

H_m é a concentração máxima do vapor de água, em %;

H é a concentração real do vapor de água, em %.

9.3.9.2.3. Coeficiente de atenuação máximo autorizado

O coeficiente combinado para o CO_2 e a água não deve ser superior a 2 % da escala completa.

9.3.9.3. Verificação da atenuação do analisador de NO_x para o analisador NDUV

Os hidrocarbonetos e a H_2O podem interferir positivamente com um analisador NDUV, ao causar uma resposta semelhante ao NO_x . Se o analisador NDUV usar algoritmos de compensação que utilizem medições de outros gases para efectuar esta verificação de interferência, tais medições devem ser efectuadas simultaneamente para controlar os algoritmos durante a verificação de interferência do analisador.

9.3.9.3.1. Procedimento

O analisador NDUV deve ser posto a funcionar, operado, colocado no zero e calibrado de acordo com as instruções do seu fabricante. Recomenda-se que se extraiam gases de escape do motor para efectuar esta verificação. Deve ser utilizado um CLD para quantificar os NO_x nos gases de escape. A resposta do CLD deve ser utilizada como valor de referência. Os HC presentes nos gases de escape também devem ser medidos com um analisador FID. A resposta do FID deve ser utilizada como valor de referência para os hidrocarbonetos.

A montante do secador de amostras, caso seja utilizado durante o ensaio, os gases de escape do motor são introduzidos no analisador NDUV. Deve dar-se tempo para que a resposta do analisador se estabilize. O tempo de estabilização pode incluir o tempo para purgar a conduta de transferência e o tempo de resposta do analisador. Enquanto todos os analisadores medem a concentração da amostra, devem ser registados 30 segundos de dados recolhidos e ser calculadas as médias aritméticas relativas aos três analisadores.

O valor médio do CLD deve ser subtraído do valor médio do NDUV. Esta diferença deve ser multiplicada pelo quociente da concentração média de HC esperada pela concentração de HC medida durante a verificação, do seguinte modo:

$$E_{\text{HC}/\text{H}_2\text{O}} = (c_{\text{NO}_x,\text{CLD}} - c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}) \times \left(\frac{c_{\text{HC},e}}{c_{\text{HC},m}} \right) \quad (82)$$

em que:

$c_{\text{NO}_x,\text{CLD}}$ é a concentração de NO_x medida pelo CLD, em ppm

$c_{\text{NO}_x,\text{NDUV}}$ é a concentração de NO_x medida pelo NDUV, em ppm

$c_{\text{HC},e}$ é a concentração máxima prevista de HC, em ppm

$c_{\text{HC},m}$ é a concentração de HC medida, em ppm

9.3.9.3.2. Coeficiente de atenuação máximo autorizado

O coeficiente de atenuação combinado de HC e de água não deve exceder 2 % da concentração de NO_x esperada durante o ensaio.

9.3.9.4. Secador de amostras

Um secador de amostras deve remover a água, que, de outro modo, poderia interferir com a medição dos NO_x .

9.3.9.4.1. Eficiência do secador de amostras

No caso de analisadores CLD em base seca, deve demonstrar-se que, para a mais elevada concentração de vapor de água H_m esperada (ver ponto 9.3.9.2.2), o secador de amostras mantém a humidade do CLD a ≤ 5 g de água/kg de ar seco (ou cerca de 0,008 % de H_2O), o que corresponde a 100 % de humidade relativa a 3,9 °C e 101,3 kPa. Esta característica da humidade é igualmente equivalente a cerca de 25 % de humidade relativa a 25 °C e 101,3 kPa. Este controlo pode ser efectuado através da medição da temperatura à saída de um desumidificador térmico, ou mediante a medição da humidade imediatamente a montante do CLD. Pode medir-se a humidade à saída do CLD, desde que o único caudal a atravessar o CLD seja o do desumidificador.

9.3.9.4.2. Penetração de NO_2 no secador de amostras

A água que fica num secador de amostras mal concebido pode remover o NO_2 da amostra. Se um secador de amostras for utilizado em combinação com um analisador NDUV sem um conversor NO_2/NO a montante, poderia remover o NO_2 da amostra antes da medição dos NO_x .

O secador de amostras deve permitir a medição de, pelo menos, 95 % do NO_2 total na concentração máxima esperada do NO_2 .

9.3.10. Amostragem para emissões gasosas brutas, se aplicável

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, mas suficientemente próximo do motor, de modo a assegurar uma temperatura dos gases de escape de, no mínimo, 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, para assegurar que a amostra é 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 recomendável combinar os colectores a montante da sonda de recolha de amostras. Caso tal não seja prático, é admissível obter uma amostra do grupo com o nível de emissões CO_2 mais elevado. Para o cálculo das emissões de escape, deve ser utilizado o caudal mássico total dos gases de escape.

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

9.3.11. Amostragem para emissões gasosas diluídas, se aplicável

O tubo de escape entre o motor e o sistema de diluição do caudal total deve cumprir o disposto no apêndice 3. Devem instalar-se a(s) sonda(s) de recolha de amostras das emissões gasosas no túnel de diluição, num ponto em que o diluente e os gases de escape estejam bem misturados, e próximo da sonda de recolha de partículas.

A recolha de amostras pode geralmente ser executada de duas formas:

- as emissões são recolhidas num saco de recolha de amostras durante o ciclo e medidas após a finalização do ensaio; para os HC, o saco de recolha de amostras deve ser aquecido a 464 ± 11 K (191 ± 11 °C) e, para os NO_x , a temperatura do saco deve ser superior à temperatura do ponto de orvalho;
- as emissões são recolhidas em contínuo e integradas ao longo do ciclo.

As concentrações de fundo devem ser determinadas a montante do túnel de diluição, nos termos das alíneas a) ou b), e ser subtraídas da concentração das emissões, de acordo com o ponto 8.5.2.3.2.

9.4. Sistemas de recolha de amostras e de medição de partículas

9.4.1. Características gerais

Para determinar a massa das partículas, são necessários um sistema de recolha de amostras e de diluição de partículas, um filtro 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. O sistema de amostragem de partículas deve ser concebido de forma a assegurar uma amostra representativa das partículas, proporcional ao caudal mássico dos gases de escape.

9.4.2. Requisitos gerais do sistema de diluição

A determinação das partículas exige a diluição da amostra com ar ambiente filtrado, ar de síntese ou azoto (o diluente). O sistema de diluição deve ser instalado do seguinte modo:

- a) eliminar completamente a condensação de água nos sistemas de diluição e de recolha de amostras;
- b) manter a temperatura dos gases de escape diluídos entre 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) n.º 20 cm situados a montante ou a jusante do(s) suporte(s) de filtro(s);
- c) a temperatura do diluente deve situar-se entre 293 K e 325 K (20 °C e 52 °C) na proximidade imediata da entrada do túnel de diluição;
- d) a razão mínima de diluição deve situar-se entre 5:1 e 7:1 e, pelo menos, 2:1 para a fase de diluição primária baseada no caudal máximo dos gases de escape do motor;
- e) para um sistema de diluição do caudal parcial, o tempo de permanência no sistema, desde o ponto de introdução do diluente até ao(s) suporte(s) de filtro(s), deve situar-se entre 0,5 e 5 segundos;
- f) para um sistema de diluição do caudal total, o tempo de permanência global no sistema, desde o ponto de introdução do diluente até ao(s) suporte(s) de filtro(s), deve situar-se entre 1 e 5 segundos, e o tempo de permanência no sistema de diluição secundária, se for utilizado, desde o ponto de introdução do diluente secundário até ao(s) suporte(s) de filtro(s), deve ser de, pelo menos, 0,5 segundos.

É permitida a desumidificação do diluente antes de este entrar no sistema de diluição, o que é especialmente útil se a humidade do diluente for elevada.

9.4.3. Recolha de amostras de partículas

9.4.3.1. Sistema de diluição do caudal parcial

A sonda de recolha de amostras de partículas deve ser instalada muito perto da sonda de recolha de amostras de emissões gasosas, mas a uma distância suficiente para não causar interferências. Por conseguinte, as disposições relativas à instalação, constantes do ponto 9.3.10, são igualmente aplicáveis à recolha de amostras de partículas. A conduta de recolha de amostras deve ser conforme ao disposto no apêndice 3.

No caso de um motor multcilindros com um colector de escape ramificado, a entrada da sonda deve estar localizada suficientemente longe, a jusante, para assegurar que a amostra é representativa das emissões médias de escape de todos os cilindros. Nos motores multcilindros com grupos distintos de colectores, por exemplo nos motores em "V", é recomendável combinar os colectores a montante da sonda de recolha de amostras. Caso tal não seja prático, é admissível obter uma amostra do grupo com o nível de emissões de partículas mais elevado. Para o cálculo das emissões de escape, deve ser utilizado o caudal mássico total dos gases de escape do colector.

9.4.3.2. Sistema de diluição do caudal total

A sonda de recolha de amostras de partículas deve ser instalada muito perto da sonda de recolha de amostras de emissões gasosas, mas a uma distância suficiente para não causar interferências no túnel de diluição. Por conseguinte, as disposições relativas à instalação, constantes do ponto 9.3.11, são igualmente aplicáveis à recolha de amostras de partículas. A conduta de recolha de amostras deve ser conforme ao disposto no apêndice 3.

9.4.4. Filtros de recolha de amostras de partículas

Durante a sequência de ensaio, os gases de escape diluídos devem ser amostrados por meio de um filtro que cumpra os requisitos previstos nos pontos 9.4.4.1 a 9.4.4.3.

9.4.4.1. Características dos filtros

Independentemente do tipo de filtro, este deve possuir um coeficiente de retenção de partículas de DOP (ftalato de dioctilo) de 0,3 µm de, pelo menos, 99 %. O material filtrante deve ser:

- a) fibra de vidro revestida de fluorocarbono (PTFE), ou
- b) membrana de fluorocarbono (PTFE).

9.4.4.2. Dimensão dos filtros

O filtro deve ser circular, com um diâmetro nominal de 47 mm (tolerância de $46,50 \pm 0,6$ mm) e um diâmetro exposto (diâmetro de mancha do filtro) de, pelo menos, 38 mm.

9.4.4.3. Velocidade nominal através do filtro

A velocidade nominal através do filtro deve situar-se entre 0,90 e 1,00 m/s, com menos de 5 % dos valores de caudal registados a exceder esta gama. Se a massa total de PM no filtro exceder 400 µg, a velocidade nominal através do filtro pode ser reduzida para 0,50 m/s. A velocidade nominal deve ser calculada, dividindo o caudal volumétrico da amostra à pressão a montante do filtro e à temperatura da superfície do filtro pela superfície exposta do filtro.

9.4.5. Características da câmara de pesagem e da balança analítica

O ambiente da câmara (ou sala) deve estar isento de quaisquer contaminantes ambientes (tais como poeira, aerossol ou material semivolátil) que possam contaminar os filtros de partículas. A câmara de pesagem deve respeitar as características exigidas durante, pelo menos, 60 min. antes da pesagem dos filtros.

9.4.5.1. 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 $295 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$) durante todo o período de condicionamento e pesagem dos filtros. A humidade deve ser mantida a um ponto de orvalho de $282,5 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$).

Se os ambientes de estabilização e de pesagem forem separados, a temperatura do ambiente de estabilização deve ser mantida dentro do intervalo de tolerância de $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$), mas o requisito relativo ao ponto de orvalho permanece em $282,5 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$).

A humidade e a temperatura ambiente devem ser registadas.

9.4.5.2. Pesagem dos filtros de referência

Devem ser pesados, pelo menos, dois filtros de referência não utilizados no prazo de 12 horas, mas, de preferência, em simultâneo com as pesagens do filtro de recolha de amostras. Esses filtros devem ser do mesmo material que os filtros de recolha de amostras. A correcção de flutuabilidade deve ser aplicada às pesagens.

Se o peso de algum filtro de referência variar entre pesagens dos filtros de recolha de amostras em mais de 10 µg, todos os filtros de recolha de amostras devem ser descartados, repetindo-se o ensaio de emissões.

Os filtros de referência devem ser substituídos periodicamente com base nas boas práticas de engenharia, pelo menos, uma vez por ano.

9.4.5.3. Balança analítica

A balança analítica utilizada para determinar o peso dos filtros deve obedecer aos critérios de verificação da linearidade previstos no ponto 9.2, quadro 7. Isto implica uma precisão (desvio-padrão) de, pelo menos, 2 µg e uma resolução de, pelo menos, 1 µg (1 algarismo = 1 µg).

Para garantir a pesagem exacta dos filtros, recomenda-se que a balança seja:

- a) instalada numa plataforma de isolamento do ruído e vibração externos,
- b) protegida contra correntes de convecção por meio de um pára-vento antiestático que esteja electricamente ligado à terra.

9.4.5.4. Eliminação dos efeitos da electricidade estática

O filtro deve ser neutralizado antes da pesagem, por exemplo, através de um neutralizador de polónio ou um dispositivo igualmente eficaz. Se for utilizado um filtro de membrana PTFE, deve ser medida a electricidade estática, recomendando-se que esta seja neutra a $\pm 2,0$ V.

A carga de electricidade estática deve ser reduzida ao mínimo junto da balança, designadamente através das seguintes medidas:

- a) a balança deve estar electricamente ligada à terra;
- b) devem ser utilizadas pinças de aço inoxidável, se as amostras de partículas forem manipuladas manualmente;
- c) as pinças devem estar ligadas à terra por uma correia, ou o operador deve usar uma pulseira de ligação à terra de forma que a pulseira e a balança tenham a mesma ligação à terra. As pulseiras de ligação à terra devem estar munidas de uma resistência adequada para proteger os operadores contra choques eléctricos acidentais.

9.4.5.5. Características adicionais

Todas as peças do sistema de diluição e do sistema de recolha de amostras, desde o tubo de escape até ao suporte dos filtros, que estejam em contacto com gases de escape brutos ou 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 com componentes dos gases de escape e devem ser ligadas à terra para impedir efeitos electrostáticos.

9.4.5.6. Calibração dos aparelhos de medição de caudais

Cada medidor de caudais utilizado num sistema de recolha de amostras de partículas e de diluição do caudal parcial do fluxo deve ser sujeito à verificação da linearidade, conforme o ponto 9.2.1, tantas vezes quantas as necessárias a fim de cumprir os requisitos de exactidão do presente gtr. No que se refere aos valores de referência do caudal, deve ser utilizado um medidor de caudais exacto, com base nas normas internacionais e/ou nacionais. Para a calibração da medição do caudal diferencial, ver o ponto 9.4.6.2.

9.4.6. Disposições especiais para sistemas de diluição do caudal parcial

O sistema de diluição do caudal parcial tem de ser concebido para extrair uma amostra proporcional dos gases de escape brutos da corrente de gases de escape do motor, respondendo assim às variações no caudal da corrente dos gases de escape. Para o efeito, é essencial que a razão de diluição ou o quociente de amostragem r_d ou r_s sejam determinados, de modo a cumprir os requisitos de exactidão indicados no ponto 9.4.6.2.

9.4.6.1. Tempo de resposta do sistema

Para a regulação de um sistema de diluição do caudal parcial, é necessária uma resposta rápida do sistema. O tempo de transformação para o sistema deve ser determinado segundo o procedimento descrito no ponto 9.4.6.6. Se o tempo de transformação combinado da medição do caudal de escape (ver ponto 8.3.1.2) e do sistema do caudal parcial for $\leq 0,3$ s, deve aplicar-se a regulação em linha. Se o tempo de transformação exceder 0,3 s, deve aplicar-se a regulação antecipada, baseada num ensaio pré-registado. Neste caso, o tempo de subida combinado deve ser ≤ 1 s e o tempo de reacção combinado ≤ 10 s.

A resposta total do sistema deve ser concebida para assegurar uma amostra representativa das partículas, $q_{mp,i}$, proporcional ao caudal mássico do escape. Para determinar a proporcionalidade, deve efectuar-se uma análise de regressão de $q_{mp,i}$ em relação a $q_{mew,i}$ a uma taxa de aquisição de dados mínima de 5 Hz, respeitando os seguintes critérios:

- o coeficiente de determinação r^2 da regressão linear entre $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ não deve ser inferior a 0,95;
- o erro-padrão da estimativa de $q_{mp,i}$ em $q_{mew,i}$ não deve exceder 5 % do máximo de q_{mp} ;
- a ordenada na origem de q_{mp} na recta de regressão não deve exceder ± 2 % do máximo de q_{mp} .

A regulação prévia é necessária se os tempos de transformação combinados do sistema de partículas $t_{50,P}$, e do sinal do caudal mássico dos gases de escape, $t_{50,F}$, forem $> 0,3$ s. Neste caso, deve efectuar-se um pré-ensaio e o sinal do caudal mássico dos gases de escape ser utilizado para regular o caudal da amostra admitida no sistema de partículas. Obtém-se uma regulação correcta do sistema de diluição parcial, se o traço do tempo de $q_{mew,pre}$ do pré-ensaio, que controla q_{mp} , for desviado por um tempo de antecipação de $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Para estabelecer a correlação entre $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$, utilizam-se os dados obtidos durante o ensaio real, com o $q_{mew,i}$ alinhado em função do tempo por $t_{50,F}$ relativo a $q_{mp,i}$ (não há contribuição de $t_{50,P}$ para o alinhamento temporal). Noutros termos, a deslocação temporal entre q_{mew} e q_{mp} é a diferença dos seus tempos de transformação, determinados no ponto 9.4.6.6.

9.4.6.2. Características da medição do caudal diferencial

No que diz respeito aos sistemas de diluição do caudal parcial, a exactidão do caudal da amostra q_{mp} é de especial importância, se não for medido directamente, mas determinado por medição diferencial do caudal:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (83)$$

Neste caso, o erro máximo da diferença deve ser tal que a exactidão de q_{mp} seja de ± 5 % quando a razão de diluição for inferior a 15. O cálculo pode ser feito com base no valor médio quadrático dos erros de cada instrumento.

Podem ser obtidas exactidões aceitáveis para o q_{mp} através de qualquer um dos seguintes métodos:

- As exactidões absolutas de q_{mdew} e q_{mdw} são $\pm 0,2$ %, o que garante uma exactidão de $q_{mp} \leq 5$ % com uma razão de diluição de 15. Todavia, ocorrerão erros maiores com razões de diluição mais elevadas;

- b) A calibração de q_{mdw} relativamente a q_{mdew} é efectuada de modo a obter as mesmas precisões para q_{mp} que as obtidas na alínea a). Para mais informações ver ponto 9.4.6.2;
- c) Determina-se indirectamente a exactidão de q_{mp} a partir da exactidão da razão de diluição, conforme determinada por um gás marcador, por exemplo, o CO_2 . São necessárias exactidões para o q_{mp} equivalentes às obtidas pelo método da alínea a);
- d) As exactidões absolutas de q_{mdew} e q_{mdw} situam-se a $\pm 2\%$ da escala completa, o erro máximo da diferença entre q_{mdew} e q_{mdw} situa-se em $0,2\%$, e o erro de linearidade está a $\pm 0,2\%$ do valor mais elevado de q_{mdew} observado durante o ensaio.

9.4.6.3. Calibração da medição do caudal diferencial

O medidor de caudais ou os aparelhos de medição de caudais são calibrados de acordo com um dos seguintes procedimentos, de modo que o caudal da sonda q_{mp} para o túnel obedeça aos requisitos de exactidão do ponto 9.4.6.2:

- a) O medidor de caudais para o q_{mdw} deve estar ligado em série ao medidor de caudais para o q_{mdew} , sendo a diferença entre os dois medidores calibrada em, pelo menos, 5 pontos de regulação com valores de caudal igualmente espaçados entre o valor mais baixo de q_{mdw} utilizado durante o ensaio e o valor de q_{mdew} utilizado durante o ensaio. O túnel de diluição pode ser posto em derivação;
- b) Deve ligar-se em série um medidor de caudais calibrado ao medidor de caudais para q_{mdew} e verificar-se a exactidão em relação ao valor utilizado para o ensaio. Deve ligar-se em série o medidor de caudais calibrado ao medidor de caudais para q_{mdw} e verificar-se a exactidão em relação ao valor utilizado para o ensaio para, pelo menos, 5 pontos correspondentes a uma razão de diluição compreendida entre 3 e 50, relativamente ao q_{mdew} utilizado durante o ensaio;
- c) O tubo de transferência TT deve ser desligado do escape, devendo ligar-se um aparelho de medição de caudais calibrado, com uma gama apropriada para medir q_{mp} , ao tubo de transferência; q_{mdew} deve ser regulado para o valor utilizado no ensaio e q_{mdw} deve ser regulado sequencialmente para, pelo menos, 5 valores correspondentes a relações de diluição entre 3 e 50. Em alternativa, pode existir um percurso de calibração especial do caudal em que o túnel seja colocado em derivação, mas o caudal do ar total e de diluição através dos aparelhos de medição correspondentes seja o mesmo que no ensaio real;
- d) Introduce-se um gás marcador no tubo de transferência TT. Esse gás marcador pode ser um componente dos gases de escape, como o CO_2 ou o NO_x . Após diluição no túnel, mede-se a quantidade do gás marcador em relação a cinco razões de diluição compreendidas entre 3 e 50. A exactidão do caudal da amostra deve ser determinada a partir da relação de diluição r_d :

$$q_{mp} = q_{mdew} - r_d \quad (84)$$

Devem ter-se em consideração as exactidões dos analisadores de gás para garantir a exactidão de q_{mp} .

9.4.6.4. Verificação do caudal de carbono

Recomenda-se vivamente uma verificação do caudal de carbono que utilize os gases de escape reais para detectar problemas de medição e de controlo e verificar o funcionamento correcto do sistema de caudal parcial. A verificação do caudal de carbono deve ser efectuada, pelo menos, quando se instala um novo motor ou quando se muda algum elemento significativo na configuração da célula de ensaio.

Deve fazer-se funcionar o motor à carga e à velocidade de binário máximos ou a qualquer outra velocidade estabilizada que produza 5% ou mais de CO_2 . O sistema de recolha de amostras de caudal parcial deve funcionar com um factor de diluição de cerca de 15 para 1.

Se for efectuada uma verificação do caudal de carbono, deve ser aplicado o procedimento indicado no apêndice 5. Os caudais de carbono devem ser calculados conforme as equações 80 a 82 do apêndice 5. Todos os caudais de carbono devem concordar a 3% .

9.4.6.5. Verificação prévia ao ensaio

Duas horas antes da realização do ensaio, deve efectuar-se uma verificação prévia ao ensaio, do seguinte modo:

Deve verificar-se a exactidão dos medidores de caudais pelo mesmo método que o utilizado para a calibração (ver ponto 9.4.6.2) para, pelo menos, dois pontos, incluindo valores do caudal de q_{mdw} que correspondam a razões de diluição compreendidas entre 5 e 15 para o valor de q_{mdew} utilizado durante o ensaio.

Caso se possa demonstrar, através de registos do método de calibração descrito no ponto 9.4.6.2, que a calibração dos medidores de caudais é estável durante um período de tempo maior, a verificação prévia ao ensaio pode ser omitida.

9.4.6.6. Determinação do tempo de transformação

As regulações do sistema para a avaliação do tempo de transformação são exactamente as mesmas que durante a medição do ensaio. Deve determinar-se o tempo de transformação através do seguinte método.

Instala-se em série com a sonda, e estreitamente ligado a esta, um medidor de caudais de referência independente e com uma gama de medição adequada ao caudal da sonda. Este medidor de caudais deve ter um tempo de transformação inferior a 100 ms para a dimensão do patamar do caudal utilizado na medição do tempo de resposta, com uma restrição do caudal suficientemente baixa para não afectar o rendimento dinâmico do sistema de diluição do caudal parcial e tendo em conta as boas práticas de engenharia.

Faz-se variar o patamar do caudal dos gases de escape (ou o caudal de ar, se o caudal dos gases de escape estiver a ser calculado) do sistema de diluição do caudal parcial, desde um valor baixo até, pelo menos, 90 % do caudal máximo de escape. O iniciador para a variação de patamar deve ser o mesmo que o utilizado para dar início ao controlo antecipado no ensaio real. Registam-se o estímulo do patamar do caudal dos gases de escape e a resposta do medidor de caudais a uma frequência de amostragem de, pelo menos, 10 Hz.

A partir desses dados, determina-se o tempo de transformação para o sistema de diluição do fluxo parcial, isto é, o tempo que decorre desde o início do estímulo do patamar até ao ponto correspondente a 50 % da resposta do medidor de caudais. Do mesmo modo, devem ser determinados os tempos de transformação do sinal de q_{mp} do sistema de diluição do caudal parcial e do sinal de $q_{mew,i}$ do medidor de caudais de gases de escape. Esses sinais são utilizados em verificações de regressão realizadas após cada ensaio (ver ponto 9.4.6.1).

Repete-se o cálculo, pelo menos, para 5 estímulos de subida e de descida, procedendo-se depois ao cálculo da média dos resultados. O tempo de transformação interna (< 100 ms) do medidor de caudais de referência deve ser subtraído deste valor. Este é o valor “antecipado” do sistema de diluição do caudal parcial, que deve ser aplicado de acordo com o ponto 9.4.6.1.

9.5. Calibração do sistema CVS

9.5.1. Generalidades

Deve calibrar-se o sistema CVS utilizando um medidor de caudais exacto e um dispositivo limitador de caudal. Deve medir-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 utilizar-se vários tipos de medidores de caudais, como, por exemplo, venturi calibrado, medidor laminar calibrado ou medidor com turbina calibrado.

9.5.2. Calibração da bomba volumétrica (PDP)

Devem medir-se simultaneamente todos os parâmetros relacionados com a bomba, juntamente com os parâmetros relacionados com um venturi de calibração, que é ligado em série com a bomba. Pode, então, traçar-se a curva do caudal calculado (expresso em m^3/s à entrada da bomba, à pressão e temperatura absolutas) em relação a uma função de correlação correspondente ao valor de uma dada combinação de parâmetros da bomba. Deve determinar-se 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 executar-se uma operação de calibração para cada velocidade utilizada.

Deve manter-se a estabilidade da temperatura durante a calibração.

Devem manter-se as fugas em todas as ligações e tubagens entre o venturi de calibração e a bomba CVS a valores inferiores a 0,3 % do ponto mais baixo de escoamento (restrição mais elevada e velocidade de rotação PDP mais baixa).

9.5.2.1. Análise dos dados

Deve calcular-se o caudal de ar (q_{vCVS}) em cada posição de restrição (mínimo 6 posições) em m^3/s a partir dos valores de medição do medidor de caudais, segundo o método prescrito pelo fabricante. Deve converter-se então o caudal de ar em caudal da bomba (V_0) em m^3/rot à temperatura e à pressão absolutas à entrada da bomba como segue:

$$V_0 = \frac{q_{vCVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (85)$$

em que:

q_{vCVS} é o caudal de ar em condições normais (101,3 kPa, 273 K), m^3/s ;

T é a temperatura à entrada da bomba, em K;

p_p é a pressão absoluta à entrada da bomba, em kPa;

n é a velocidade de rotação da bomba, em rot/s .

Para compensar a interacção das variações de pressão na bomba e da taxa de escorregamento da mesma, deve calcular-se a função de correlação (X_0) entre a velocidade de rotação da bomba, a diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba e a pressão absoluta à saída da bomba do seguinte modo:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (86)$$

em que:

Δp_p é a diferença de pressão entre a entrada e a saída da bomba, em kPa;

p_p é a pressão absoluta à saída da bomba, em kPa.

Deve executar-se um ajustamento linear pelo método dos mínimos quadrados para obter a equação de calibração como segue:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (87)$$

D_0 e m são as constantes da ordenada na origem e do declive, respectivamente, que descrevem as rectas 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 aproximadamente 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 indicar uma alteração da taxa de escorregamento.

9.5.3. Calibração do venturi de escoamento crítico (CFV)

A calibração do CFV é baseada na equação de caudal de um venturi de escoamento crítico. O caudal de gás é função da pressão e da temperatura à entrada do venturi.

Para determinar a gama de escoamento crítico, deve traçar-se uma curva de K_v em função da pressão à entrada do venturi. Para um escoamento crítico (bloqueado), K_v terá um valor sensivelmente constante. Quando a pressão diminui (e a depressão aumenta), o venturi desbloqueia-se e K_v diminui, o que indica que o CFV está a funcionar fora da gama admissível.

9.5.3.1. Análise dos dados

Deve calcular-se o caudal de ar (q_{vCVS}) em cada posição de restrição (mínimo 8 posições) em m^3/s a partir dos valores de medição do medidor de caudais, segundo o método prescrito pelo fabricante. Deve calcular-se o coeficiente de calibração a partir dos dados de calibração para cada posição como segue:

$$K_v = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{p_p} \quad (88)$$

em que:

q_{vCVS} é o caudal de ar em condições normais (101,3 kPa, 273 K), em m^3/s

T é a temperatura à entrada do venturi, em K

p_p é a pressão absoluta à entrada do venturi, em kPa

Devem calcular-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 .

9.5.4. Calibração do venturi subsónico (SSV)

A calibração do SSV baseia-se na equação de caudal para um venturi subsónico. O caudal de gás é função da pressão e temperatura à entrada, da queda de pressão entre a entrada e a garganta do SSV, conforme se indica na equação 43 (ver ponto 8.5.1.4).

9.5.4.1. Análise dos dados

Deve calcular-se o caudal de ar (Q_{SSV}) em cada posição de restrição (mínimo 16 posições) em m^3/s a partir dos valores de medição do medidor de caudais, segundo o método prescrito pelo fabricante. Deve calcular-se o coeficiente de descarga a partir dos dados de calibração para cada regulação do seguinte modo:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times p_p \times \sqrt{\left[\frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (89)$$

em que:

Q_{SSV} é o caudal de ar em condições normais (101,3 kPa, 273 K), em m^3/s

T é a temperatura à entrada do venturi, em K

d_v é o diâmetro da garganta do SSV, em m

r_p é a relação da pressão estática na garganta do SSV com a pressão estática absoluta à entrada = $1 - \frac{\Delta p}{p_p}$

r_D é a razão entre o diâmetro da garganta do SSV, d_v , e o diâmetro interno do tubo de entrada D .

Para determinar a gama do caudal subsónico, deve traçar-se C_d enquanto função do número de Reynolds Re , na garganta do SSV. Deve calcular-se o número de Reynolds na garganta do SSV com a seguinte equação:

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu} \quad (90)$$

com

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (91)$$

em que:

A_1 é igual a 25,55152 em unidades SI de $\left(\frac{1}{m^3}\right)\left(\frac{\text{min}}{s}\right)\left(\frac{mm}{m}\right)$

Q_{SSV} é o caudal de ar em condições normais (101,3 kPa, 273 K), em m^3/s

d_v é o diâmetro da garganta do SSV, em m

μ é a viscosidade absoluta ou dinâmica do gás, em kg/ms

b é $1,458 \times 10^6$ (constante empírica), em kg/ms $K^{0,5}$

S é 110,4 (constante empírica), em K

Visto que Q_{SSV} é um dos valores da equação Re , os cálculos devem começar com um valor inicial aleatório para Q_{SSV} ou C_d do venturi de calibração e ser repetidos até que o valor de Q_{SSV} convirja. O método de convergência deve ter uma exactidão de, no mínimo, 0,1 % de ponto.

Os valores calculados de C_d para um mínimo de 16 pontos na região de caudal subsónico retirados da equação de ajustamento da curva de calibração devem ter uma tolerância de $\pm 0,5$ % do C_d medido para cada ponto de calibração.

9.5.5. Controlo do sistema total

Deve determinar-se a exactidão total do sistema de recolha de amostras CVS e do sistema de análise pela introdução de uma massa conhecida de gás poluente no sistema, enquanto este estiver a funcionar normalmente. Deve efectuar-se a análise e calcular-se a massa do poluente de acordo com o ponto 8.5.2.4, excepto no caso do propano, em que se utiliza um factor u de 0,000472 em vez de 0,000480 para os HC. Deve utilizar-se uma das duas técnicas a seguir descritas.

9.5.5.1. Medição com um orifício de escoamento crítico

Introduz-se uma quantidade conhecida de gás puro (monóxido de carbono ou propano) no sistema CVS através de um orifício de escoamento crítico calibrado. Se a pressão à entrada for suficientemente elevada, o caudal, que é ajustado através do orifício de escoamento crítico, é independente da pressão à saída do orifício (escoamento crítico). Faz-se funcionar o sistema CVS como para um ensaio normal de determinação das emissões de escape durante 5 a 10 minutos. Analisa-se uma amostra do gás com o equipamento habitual (saco de recolha de amostras ou método de integração), calculando-se a massa do gás.

A massa assim determinada deve estar a ± 3 % do valor conhecido da massa do gás injectado.

9.5.5.2. Medição por meio de uma técnica gravimétrica

Determina-se a massa de um pequeno cilindro cheio de monóxido de carbono ou propano com uma precisão de $\pm 0,01$ g. Faz-se funcionar o sistema CVS durante cerca de 5 a 10 minutos como num ensaio de emissões de escape normal, enquanto é injectado monóxido de carbono ou propano no sistema. Determina-se a quantidade de gás puro introduzido no sistema por pesagem diferencial. Analisa-se a amostra de gás com o equipamento habitual (saco de recolha de amostras ou método de integração), calculando-se a massa do gás.

A massa assim determinada deve estar a ± 3 % do valor conhecido da massa do gás injectado.

APÊNDICE 1

PROGRAMA DO DINAMÓMETRO PARA O ENSAIO WHTC

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0,0	0,0	50	0,0	13,1	99	35,6	25,2
2	0,0	0,0	51	13,1	30,1	100	36,1	24,8
3	0,0	0,0	52	26,3	25,5	101	36,3	24,0
4	0,0	0,0	53	35,0	32,2	102	36,2	23,6
5	0,0	0,0	54	41,7	14,3	103	36,2	23,5
6	0,0	0,0	55	42,2	0,0	104	36,8	22,7
7	1,5	8,9	56	42,8	11,6	105	37,2	20,9
8	15,8	30,9	57	51,0	20,9	106	37,0	19,2
9	27,4	1,3	58	60,0	9,6	107	36,3	18,4
10	32,6	0,7	59	49,4	0,0	108	35,4	17,6
11	34,8	1,2	60	38,9	16,6	109	35,2	14,9
12	36,2	7,4	61	43,4	30,8	110	35,4	9,9
13	37,1	6,2	62	49,4	14,2	111	35,5	4,3
14	37,9	10,2	63	40,5	0,0	112	35,2	6,6
15	39,6	12,3	64	31,5	43,5	113	34,9	10,0
16	42,3	12,5	65	36,6	78,2	114	34,7	25,1
17	45,3	12,6	66	40,8	67,6	115	34,4	29,3
18	48,6	6,0	67	44,7	59,1	116	34,5	20,7
19	40,8	0,0	68	48,3	52,0	117	35,2	16,6
20	33,0	16,3	69	51,9	63,8	118	35,8	16,2
21	42,5	27,4	70	54,7	27,9	119	35,6	20,3
22	49,3	26,7	71	55,3	18,3	120	35,3	22,5
23	54,0	18,0	72	55,1	16,3	121	35,3	23,4
24	57,1	12,9	73	54,8	11,1	122	34,7	11,9
25	58,9	8,6	74	54,7	11,5	123	45,5	0,0
26	59,3	6,0	75	54,8	17,5	124	56,3	m
27	59,0	4,9	76	55,6	18,0	125	46,2	m
28	57,9	m	77	57,0	14,1	126	50,1	0,0
29	55,7	m	78	58,1	7,0	127	54,0	m
30	52,1	m	79	43,3	0,0	128	40,5	m
31	46,4	m	80	28,5	25,0	129	27,0	m
32	38,6	m	81	30,4	47,8	130	13,5	m
33	29,0	m	82	32,1	39,2	131	0,0	0,0
34	20,8	m	83	32,7	39,3	132	0,0	0,0
35	16,9	m	84	32,4	17,3	133	0,0	0,0
36	16,9	42,5	85	31,6	11,4	134	0,0	0,0
37	18,8	38,4	86	31,1	10,2	135	0,0	0,0
38	20,7	32,9	87	31,1	19,5	136	0,0	0,0
39	21,0	0,0	88	31,4	22,5	137	0,0	0,0
40	19,1	0,0	89	31,6	22,9	138	0,0	0,0
41	13,7	0,0	90	31,6	24,3	139	0,0	0,0
42	2,2	0,0	91	31,9	26,9	140	0,0	0,0
43	0,0	0,0	92	32,4	30,6	141	0,0	0,0
44	0,0	0,0	93	32,8	32,7	142	0,0	4,9
45	0,0	0,0	94	33,7	32,5	143	0,0	7,3
46	0,0	0,0	95	34,4	29,5	144	4,4	28,7
47	0,0	0,0	96	34,3	26,5	145	11,1	26,4
48	0,0	0,0	97	34,4	24,7	146	15,0	9,4
49	0,0	0,0	98	35,0	24,9	147	15,9	0,0

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
148	15,3	0,0	201	0,0	0,0	254	9,4	13,6
149	14,2	0,0	202	0,0	0,0	255	22,2	16,9
150	13,2	0,0	203	0,0	0,0	256	33,0	53,5
151	11,6	0,0	204	0,0	0,0	257	43,7	22,1
152	8,4	0,0	205	0,0	0,0	258	39,8	0,0
153	5,4	0,0	206	0,0	0,0	259	36,0	45,7
154	4,3	5,6	207	0,0	0,0	260	47,6	75,9
155	5,8	24,4	208	0,0	0,0	261	61,2	70,4
156	9,7	20,7	209	0,0	0,0	262	72,3	70,4
157	13,6	21,1	210	0,0	0,0	263	76,0	m
158	15,6	21,5	211	0,0	0,0	264	74,3	m
159	16,5	21,9	212	0,0	0,0	265	68,5	m
160	18,0	22,3	213	0,0	0,0	266	61,0	m
161	21,1	46,9	214	0,0	0,0	267	56,0	m
162	25,2	33,6	215	0,0	0,0	268	54,0	m
163	28,1	16,6	216	0,0	0,0	269	53,0	m
164	28,8	7,0	217	0,0	0,0	270	50,8	m
165	27,5	5,0	218	0,0	0,0	271	46,8	m
166	23,1	3,0	219	0,0	0,0	272	41,7	m
167	16,9	1,9	220	0,0	0,0	273	35,9	m
168	12,2	2,6	221	0,0	0,0	274	29,2	m
169	9,9	3,2	222	0,0	0,0	275	20,7	m
170	9,1	4,0	223	0,0	0,0	276	10,1	m
171	8,8	3,8	224	0,0	0,0	277	0,0	m
172	8,5	12,2	225	0,0	0,0	278	0,0	0,0
173	8,2	29,4	226	0,0	0,0	279	0,0	0,0
174	9,6	20,1	227	0,0	0,0	280	0,0	0,0
175	14,7	16,3	228	0,0	0,0	281	0,0	0,0
176	24,5	8,7	229	0,0	0,0	282	0,0	0,0
177	39,4	3,3	230	0,0	0,0	283	0,0	0,0
178	39,0	2,9	231	0,0	0,0	284	0,0	0,0
179	38,5	5,9	232	0,0	0,0	285	0,0	0,0
180	42,4	8,0	233	0,0	0,0	286	0,0	0,0
181	38,2	6,0	234	0,0	0,0	287	0,0	0,0
182	41,4	3,8	235	0,0	0,0	288	0,0	0,0
183	44,6	5,4	236	0,0	0,0	289	0,0	0,0
184	38,8	8,2	237	0,0	0,0	290	0,0	0,0
185	37,5	8,9	238	0,0	0,0	291	0,0	0,0
186	35,4	7,3	239	0,0	0,0	292	0,0	0,0
187	28,4	7,0	240	0,0	0,0	293	0,0	0,0
188	14,8	7,0	241	0,0	0,0	294	0,0	0,0
189	0,0	5,9	242	0,0	0,0	295	0,0	0,0
190	0,0	0,0	243	0,0	0,0	296	0,0	0,0
191	0,0	0,0	244	0,0	0,0	297	0,0	0,0
192	0,0	0,0	245	0,0	0,0	298	0,0	0,0
193	0,0	0,0	246	0,0	0,0	299	0,0	0,0
194	0,0	0,0	247	0,0	0,0	300	0,0	0,0
195	0,0	0,0	248	0,0	0,0	301	0,0	0,0
196	0,0	0,0	249	0,0	0,0	302	0,0	0,0
197	0,0	0,0	250	0,0	0,0	303	0,0	0,0
198	0,0	0,0	251	0,0	0,0	304	0,0	0,0
199	0,0	0,0	252	0,0	0,0	305	0,0	0,0
200	0,0	0,0	253	0,0	31,6	306	0,0	0,0

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
307	0,0	0,0	360	38,8	0,0	413	53,1	m
308	0,0	0,0	361	30,0	37,0	414	51,8	m
309	0,0	0,0	362	37,0	63,6	415	50,3	m
310	0,0	0,0	363	45,5	90,8	416	48,4	m
311	0,0	0,0	364	54,5	40,9	417	45,9	m
312	0,0	0,0	365	45,9	0,0	418	43,1	m
313	0,0	0,0	366	37,2	47,5	419	40,1	m
314	0,0	0,0	367	44,5	84,4	420	37,4	m
315	0,0	0,0	368	51,7	32,4	421	35,1	m
316	0,0	0,0	369	58,1	15,2	422	32,8	m
317	0,0	0,0	370	45,9	0,0	423	45,3	0,0
318	0,0	0,0	371	33,6	35,8	424	57,8	m
319	0,0	0,0	372	36,9	67,0	425	50,6	m
320	0,0	0,0	373	40,2	84,7	426	41,6	m
321	0,0	0,0	374	43,4	84,3	427	47,9	0,0
322	0,0	0,0	375	45,7	84,3	428	54,2	m
323	0,0	0,0	376	46,5	m	429	48,1	m
324	4,5	41,0	377	46,1	m	430	47,0	31,3
325	17,2	38,9	378	43,9	m	431	49,0	38,3
326	30,1	36,8	379	39,3	m	432	52,0	40,1
327	41,0	34,7	380	47,0	m	433	53,3	14,5
328	50,0	32,6	381	54,6	m	434	52,6	0,8
329	51,4	0,1	382	62,0	m	435	49,8	m
330	47,8	m	383	52,0	m	436	51,0	18,6
331	40,2	m	384	43,0	m	437	56,9	38,9
332	32,0	m	385	33,9	m	438	67,2	45,0
333	24,4	m	386	28,4	m	439	78,6	21,5
334	16,8	m	387	25,5	m	440	65,5	0,0
335	8,1	m	388	24,6	11,0	441	52,4	31,3
336	0,0	m	389	25,2	14,7	442	56,4	60,1
337	0,0	0,0	390	28,6	28,4	443	59,7	29,2
338	0,0	0,0	391	35,5	65,0	444	45,1	0,0
339	0,0	0,0	392	43,8	75,3	445	30,6	4,2
340	0,0	0,0	393	51,2	34,2	446	30,9	8,4
341	0,0	0,0	394	40,7	0,0	447	30,5	4,3
342	0,0	0,0	395	30,3	45,4	448	44,6	0,0
343	0,0	0,0	396	34,2	83,1	449	58,8	m
344	0,0	0,0	397	37,6	85,3	450	55,1	m
345	0,0	0,0	398	40,8	87,5	451	50,6	m
346	0,0	0,0	399	44,8	89,7	452	45,3	m
347	0,0	0,0	400	50,6	91,9	453	39,3	m
348	0,0	0,0	401	57,6	94,1	454	49,1	0,0
349	0,0	0,0	402	64,6	44,6	455	58,8	m
350	0,0	0,0	403	51,6	0,0	456	50,7	m
351	0,0	0,0	404	38,7	37,4	457	42,4	m
352	0,0	0,0	405	42,4	70,3	458	44,1	0,0
353	0,0	0,0	406	46,5	89,1	459	45,7	m
354	0,0	0,5	407	50,6	93,9	460	32,5	m
355	0,0	4,9	408	53,8	33,0	461	20,7	m
356	9,2	61,3	409	55,5	20,3	462	10,0	m
357	22,4	40,4	410	55,8	5,2	463	0,0	0,0
358	36,5	50,1	411	55,4	m	464	0,0	1,5
359	47,7	21,0	412	54,4	m	465	0,9	41,1

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
466	7,0	46,3	519	30,4	25,1	572	40,7	39,7
467	12,8	48,5	520	32,6	60,5	573	43,8	37,1
468	17,0	50,7	521	35,4	72,7	574	48,1	39,1
469	20,9	52,9	522	38,4	88,2	575	52,0	22,0
470	26,7	55,0	523	41,0	65,1	576	54,7	13,2
471	35,5	57,2	524	42,9	25,6	577	56,4	13,2
472	46,9	23,8	525	44,2	15,8	578	57,5	6,6
473	44,5	0,0	526	44,9	2,9	579	42,6	0,0
474	42,1	45,7	527	45,1	m	580	27,7	10,9
475	55,6	77,4	528	44,8	m	581	28,5	21,3
476	68,8	100,0	529	43,9	m	582	29,2	23,9
477	81,7	47,9	530	42,4	m	583	29,5	15,2
478	71,2	0,0	531	40,2	m	584	29,7	8,8
479	60,7	38,3	532	37,1	m	585	30,4	20,8
480	68,8	72,7	533	47,0	0,0	586	31,9	22,9
481	75,0	m	534	57,0	m	587	34,3	61,4
482	61,3	m	535	45,1	m	588	37,2	76,6
483	53,5	m	536	32,6	m	589	40,1	27,5
484	45,9	58,0	537	46,8	0,0	590	42,3	25,4
485	48,1	80,0	538	61,5	m	591	43,5	32,0
486	49,4	97,9	539	56,7	m	592	43,8	6,0
487	49,7	m	540	46,9	m	593	43,5	m
488	48,7	m	541	37,5	m	594	42,8	m
489	45,5	m	542	30,3	m	595	41,7	m
490	40,4	m	543	27,3	32,3	596	40,4	m
491	49,7	0,0	544	30,8	60,3	597	39,3	m
492	59,0	m	545	41,2	62,3	598	38,9	12,9
493	48,9	m	546	36,0	0,0	599	39,0	18,4
494	40,0	m	547	30,8	32,3	600	39,7	39,2
495	33,5	m	548	33,9	60,3	601	41,4	60,0
496	30,0	m	549	34,6	38,4	602	43,7	54,5
497	29,1	12,0	550	37,0	16,6	603	46,2	64,2
498	29,3	40,4	551	42,7	62,3	604	48,8	73,3
499	30,4	29,3	552	50,4	28,1	605	51,0	82,3
500	32,2	15,4	553	40,1	0,0	606	52,1	0,0
501	33,9	15,8	554	29,9	8,0	607	52,0	m
502	35,3	14,9	555	32,5	15,0	608	50,9	m
503	36,4	15,1	556	34,6	63,1	609	49,4	m
504	38,0	15,3	557	36,7	58,0	610	47,8	m
505	40,3	50,9	558	39,4	52,9	611	46,6	m
506	43,0	39,7	559	42,8	47,8	612	47,3	35,3
507	45,5	20,6	560	46,8	42,7	613	49,2	74,1
508	47,3	20,6	561	50,7	27,5	614	51,1	95,2
509	48,8	22,1	562	53,4	20,7	615	51,7	m
510	50,1	22,1	563	54,2	13,1	616	50,8	m
511	51,4	42,4	564	54,2	0,4	617	47,3	m
512	52,5	31,9	565	53,4	0,0	618	41,8	m
513	53,7	21,6	566	51,4	m	619	36,4	m
514	55,1	11,6	567	48,7	m	620	30,9	m
515	56,8	5,7	568	45,6	m	621	25,5	37,1
516	42,4	0,0	569	42,4	m	622	33,8	38,4
517	27,9	8,2	570	40,4	m	623	42,1	m
518	29,0	15,9	571	39,8	5,8	624	34,1	m

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
625	33,0	37,1	678	81,8	78,2	731	0,0	0,0
626	36,4	38,4	679	84,1	39,0	732	0,0	0,0
627	43,3	17,1	680	69,6	0,0	733	0,0	0,0
628	35,7	0,0	681	55,0	25,2	734	0,0	0,0
629	28,1	11,6	682	55,8	49,9	735	0,0	0,0
630	36,5	19,2	683	56,7	46,4	736	0,0	0,0
631	45,2	8,3	684	57,6	76,3	737	0,0	0,0
632	36,5	0,0	685	58,4	92,7	738	0,0	0,0
633	27,9	32,6	686	59,3	99,9	739	0,0	0,0
634	31,5	59,6	687	60,1	95,0	740	0,0	0,0
635	34,4	65,2	688	61,0	46,7	741	0,0	0,0
636	37,0	59,6	689	46,6	0,0	742	0,0	0,0
637	39,0	49,0	690	32,3	34,6	743	0,0	0,0
638	40,2	m	691	32,7	68,6	744	0,0	0,0
639	39,8	m	692	32,6	67,0	745	0,0	0,0
640	36,0	m	693	31,3	m	746	0,0	0,0
641	29,7	m	694	28,1	m	747	0,0	0,0
642	21,5	m	695	43,0	0,0	748	0,0	0,0
643	14,1	m	696	58,0	m	749	0,0	0,0
644	0,0	0,0	697	58,9	m	750	0,0	0,0
645	0,0	0,0	698	49,4	m	751	0,0	0,0
646	0,0	0,0	699	41,5	m	752	0,0	0,0
647	0,0	0,0	700	48,4	0,0	753	0,0	0,0
648	0,0	0,0	701	55,3	m	754	0,0	0,0
649	0,0	0,0	702	41,8	m	755	0,0	0,0
650	0,0	0,0	703	31,6	m	756	0,0	0,0
651	0,0	0,0	704	24,6	m	757	0,0	0,0
652	0,0	0,0	705	15,2	m	758	0,0	0,0
653	0,0	0,0	706	7,0	m	759	0,0	0,0
654	0,0	0,0	707	0,0	0,0	760	0,0	0,0
655	0,0	0,0	708	0,0	0,0	761	0,0	0,0
656	0,0	3,4	709	0,0	0,0	762	0,0	0,0
657	1,4	22,0	710	0,0	0,0	763	0,0	0,0
658	10,1	45,3	711	0,0	0,0	764	0,0	0,0
659	21,5	10,0	712	0,0	0,0	765	0,0	0,0
660	32,2	0,0	713	0,0	0,0	766	0,0	0,0
661	42,3	46,0	714	0,0	0,0	767	0,0	0,0
662	57,1	74,1	715	0,0	0,0	768	0,0	0,0
663	72,1	34,2	716	0,0	0,0	769	0,0	0,0
664	66,9	0,0	717	0,0	0,0	770	0,0	0,0
665	60,4	41,8	718	0,0	0,0	771	0,0	22,0
666	69,1	79,0	719	0,0	0,0	772	4,5	25,8
667	77,1	38,3	720	0,0	0,0	773	15,5	42,8
668	63,1	0,0	721	0,0	0,0	774	30,5	46,8
669	49,1	47,9	722	0,0	0,0	775	45,5	29,3
670	53,4	91,3	723	0,0	0,0	776	49,2	13,6
671	57,5	85,7	724	0,0	0,0	777	39,5	0,0
672	61,5	89,2	725	0,0	0,0	778	29,7	15,1
673	65,5	85,9	726	0,0	0,0	779	34,8	26,9
674	69,5	89,5	727	0,0	0,0	780	40,0	13,6
675	73,1	75,5	728	0,0	0,0	781	42,2	m
676	76,2	73,6	729	0,0	0,0	782	42,1	m
677	79,1	75,6	730	0,0	0,0	783	40,8	m

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
784	37,7	37,6	837	44,5	m	890	26,6	m
785	47,0	35,0	838	40,9	m	891	20,0	m
786	48,8	33,4	839	38,1	m	892	13,3	m
787	41,7	m	840	37,2	42,7	893	6,7	m
788	27,7	m	841	37,5	70,8	894	0,0	0,0
789	17,2	m	842	39,1	48,6	895	0,0	0,0
790	14,0	37,6	843	41,3	0,1	896	0,0	0,0
791	18,4	25,0	844	42,3	m	897	0,0	0,0
792	27,6	17,7	845	42,0	m	898	0,0	0,0
793	39,8	6,8	846	40,8	m	899	0,0	0,0
794	34,3	0,0	847	38,6	m	900	0,0	0,0
795	28,7	26,5	848	35,5	m	901	0,0	5,8
796	41,5	40,9	849	32,1	m	902	2,5	27,9
797	53,7	17,5	850	29,6	m	903	12,4	29,0
798	42,4	0,0	851	28,8	39,9	904	19,4	30,1
799	31,2	27,3	852	29,2	52,9	905	29,3	31,2
800	32,3	53,2	853	30,9	76,1	906	37,1	10,4
801	34,5	60,6	854	34,3	76,5	907	40,6	4,9
802	37,6	68,0	855	38,3	75,5	908	35,8	0,0
803	41,2	75,4	856	42,5	74,8	909	30,9	7,6
804	45,8	82,8	857	46,6	74,2	910	35,4	13,8
805	52,3	38,2	858	50,7	76,2	911	36,5	11,1
806	42,5	0,0	859	54,8	75,1	912	40,8	48,5
807	32,6	30,5	860	58,7	36,3	913	49,8	3,7
808	35,0	57,9	861	45,2	0,0	914	41,2	0,0
809	36,0	77,3	862	31,8	37,2	915	32,7	29,7
810	37,1	96,8	863	33,8	71,2	916	39,4	52,1
811	39,6	80,8	864	35,5	46,4	917	48,8	22,7
812	43,4	78,3	865	36,6	33,6	918	41,6	0,0
813	47,2	73,4	866	37,2	20,0	919	34,5	46,6
814	49,6	66,9	867	37,2	m	920	39,7	84,4
815	50,2	62,0	868	37,0	m	921	44,7	83,2
816	50,2	57,7	869	36,6	m	922	49,5	78,9
817	50,6	62,1	870	36,0	m	923	52,3	83,8
818	52,3	62,9	871	35,4	m	924	53,4	77,7
819	54,8	37,5	872	34,7	m	925	52,1	69,6
820	57,0	18,3	873	34,1	m	926	47,9	63,6
821	42,3	0,0	874	33,6	m	927	46,4	55,2
822	27,6	29,1	875	33,3	m	928	46,5	53,6
823	28,4	57,0	876	33,1	m	929	46,4	62,3
824	29,1	51,8	877	32,7	m	930	46,1	58,2
825	29,6	35,3	878	31,4	m	931	46,2	61,8
826	29,7	33,3	879	45,0	0,0	932	47,3	62,3
827	29,8	17,7	880	58,5	m	933	49,3	57,1
828	29,5	m	881	53,7	m	934	52,6	58,1
829	28,9	m	882	47,5	m	935	56,3	56,0
830	43,0	0,0	883	40,6	m	936	59,9	27,2
831	57,1	m	884	34,1	m	937	45,8	0,0
832	57,7	m	885	45,3	0,0	938	31,8	28,8
833	56,0	m	886	56,4	m	939	32,7	56,5
834	53,8	m	887	51,0	m	940	33,4	62,8
835	51,2	m	888	44,5	m	941	34,6	68,2
836	48,1	m	889	36,4	m	942	35,8	68,6

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
943	38,6	65,0	996	53,5	m	1049	28,2	15,7
944	42,3	61,9	997	47,8	m	1050	29,2	30,5
945	44,1	65,3	998	41,9	m	1051	31,1	52,6
946	45,3	63,2	999	35,9	m	1052	33,4	60,7
947	46,5	30,6	1000	44,3	0,0	1053	35,0	61,4
948	46,7	11,1	1001	52,6	m	1054	35,3	18,2
949	45,9	16,1	1002	43,4	m	1055	35,2	14,9
950	45,6	21,8	1003	50,6	0,0	1056	34,9	11,7
951	45,9	24,2	1004	57,8	m	1057	34,5	12,9
952	46,5	24,7	1005	51,6	m	1058	34,1	15,5
953	46,7	24,7	1006	44,8	m	1059	33,5	m
954	46,8	28,2	1007	48,6	0,0	1060	31,8	m
955	47,2	31,2	1008	52,4	m	1061	30,1	m
956	47,6	29,6	1009	45,4	m	1062	29,6	10,3
957	48,2	31,2	1010	37,2	m	1063	30,0	26,5
958	48,6	33,5	1011	26,3	m	1064	31,0	18,8
959	48,8	m	1012	17,9	m	1065	31,5	26,5
960	47,6	m	1013	16,2	1,9	1066	31,7	m
961	46,3	m	1014	17,8	7,5	1067	31,5	m
962	45,2	m	1015	25,2	18,0	1068	30,6	m
963	43,5	m	1016	39,7	6,5	1069	30,0	m
964	41,4	m	1017	38,6	0,0	1070	30,0	m
965	40,3	m	1018	37,4	5,4	1071	29,4	m
966	39,4	m	1019	43,4	9,7	1072	44,3	0,0
967	38,0	m	1020	46,9	15,7	1073	59,2	m
968	36,3	m	1021	52,5	13,1	1074	58,3	m
969	35,3	5,8	1022	56,2	6,3	1075	57,1	m
970	35,4	30,2	1023	44,0	0,0	1076	55,4	m
971	36,6	55,6	1024	31,8	20,9	1077	53,5	m
972	38,6	48,5	1025	38,7	36,3	1078	51,5	m
973	39,9	41,8	1026	47,7	47,5	1079	49,7	m
974	40,3	38,2	1027	54,5	22,0	1080	47,9	m
975	40,8	35,0	1028	41,3	0,0	1081	46,4	m
976	41,9	32,4	1029	28,1	26,8	1082	45,5	m
977	43,2	26,4	1030	31,6	49,2	1083	45,2	m
978	43,5	m	1031	34,5	39,5	1084	44,3	m
979	42,9	m	1032	36,4	24,0	1085	43,6	m
980	41,5	m	1033	36,7	m	1086	43,1	m
981	40,9	m	1034	35,5	m	1087	42,5	25,6
982	40,5	m	1035	33,8	m	1088	43,3	25,7
983	39,5	m	1036	33,7	19,8	1089	46,3	24,0
984	38,3	m	1037	35,3	35,1	1090	47,8	20,6
985	36,9	m	1038	38,0	33,9	1091	47,2	3,8
986	35,4	m	1039	40,1	34,5	1092	45,6	4,4
987	34,5	m	1040	42,2	40,4	1093	44,6	4,1
988	33,9	m	1041	45,2	44,0	1094	44,1	m
989	32,6	m	1042	48,3	35,9	1095	42,9	m
990	30,9	m	1043	50,1	29,6	1096	40,9	m
991	29,9	m	1044	52,3	38,5	1097	39,2	m
992	29,2	m	1045	55,3	57,7	1098	37,0	m
993	44,1	0,0	1046	57,0	50,7	1099	35,1	2,0
994	59,1	m	1047	57,7	25,2	1100	35,6	43,3
995	56,8	m	1048	42,9	0,0	1101	38,7	47,6

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1102	41,3	40,4	1155	0,0	0,0	1208	44,9	0,0
1103	42,6	45,7	1156	0,0	0,0	1209	34,9	47,4
1104	43,9	43,3	1157	0,0	0,0	1210	42,7	82,7
1105	46,9	41,2	1158	0,0	0,0	1211	52,0	81,2
1106	52,4	40,1	1159	0,0	0,0	1212	61,8	82,7
1107	56,3	39,3	1160	0,0	0,0	1213	71,3	39,1
1108	57,4	25,5	1161	0,0	0,0	1214	58,1	0,0
1109	57,2	25,4	1162	0,0	0,0	1215	44,9	42,5
1110	57,0	25,4	1163	0,0	0,0	1216	46,3	83,3
1111	56,8	25,3	1164	0,0	0,0	1217	46,8	74,1
1112	56,3	25,3	1165	0,0	0,0	1218	48,1	75,7
1113	55,6	25,2	1166	0,0	0,0	1219	50,5	75,8
1114	56,2	25,2	1167	0,0	0,0	1220	53,6	76,7
1115	58,0	12,4	1168	0,0	0,0	1221	56,9	77,1
1116	43,4	0,0	1169	0,0	0,0	1222	60,2	78,7
1117	28,8	26,2	1170	0,0	0,0	1223	63,7	78,0
1118	30,9	49,9	1171	0,0	0,0	1224	67,2	79,6
1119	32,3	40,5	1172	0,0	0,0	1225	70,7	80,9
1120	32,5	12,4	1173	0,0	0,0	1226	74,1	81,1
1121	32,4	12,2	1174	0,0	0,0	1227	77,5	83,6
1122	32,1	6,4	1175	0,0	0,0	1228	80,8	85,6
1123	31,0	12,4	1176	0,0	0,0	1229	84,1	81,6
1124	30,1	18,5	1177	0,0	0,0	1230	87,4	88,3
1125	30,4	35,6	1178	0,0	0,0	1231	90,5	91,9
1126	31,2	30,1	1179	0,0	0,0	1232	93,5	94,1
1127	31,5	30,8	1180	0,0	0,0	1233	96,8	96,6
1128	31,5	26,9	1181	0,0	0,0	1234	100,0	m
1129	31,7	33,9	1182	0,0	0,0	1235	96,0	m
1130	32,0	29,9	1183	0,0	0,0	1236	81,9	m
1131	32,1	m	1184	0,0	0,0	1237	68,1	m
1132	31,4	m	1185	0,0	0,0	1238	58,1	84,7
1133	30,3	m	1186	0,0	0,0	1239	58,5	85,4
1134	29,8	m	1187	0,0	0,0	1240	59,5	85,6
1135	44,3	0,0	1188	0,0	0,0	1241	61,0	86,6
1136	58,9	m	1189	0,0	0,0	1242	62,6	86,8
1137	52,1	m	1190	0,0	0,0	1243	64,1	87,6
1138	44,1	m	1191	0,0	0,0	1244	65,4	87,5
1139	51,7	0,0	1192	0,0	0,0	1245	66,7	87,8
1140	59,2	m	1193	0,0	0,0	1246	68,1	43,5
1141	47,2	m	1194	0,0	0,0	1247	55,2	0,0
1142	35,1	0,0	1195	0,0	0,0	1248	42,3	37,2
1143	23,1	m	1196	0,0	20,4	1249	43,0	73,6
1144	13,1	m	1197	12,6	41,2	1250	43,5	65,1
1145	5,0	m	1198	27,3	20,4	1251	43,8	53,1
1146	0,0	0,0	1199	40,4	7,6	1252	43,9	54,6
1147	0,0	0,0	1200	46,1	m	1253	43,9	41,2
1148	0,0	0,0	1201	44,6	m	1254	43,8	34,8
1149	0,0	0,0	1202	42,7	14,7	1255	43,6	30,3
1150	0,0	0,0	1203	42,9	7,3	1256	43,3	21,9
1151	0,0	0,0	1204	36,1	0,0	1257	42,8	19,9
1152	0,0	0,0	1205	29,3	15,0	1258	42,3	m
1153	0,0	0,0	1206	43,8	22,6	1259	41,4	m
1154	0,0	0,0	1207	54,9	9,9	1260	40,2	m

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1261	38,7	m	1314	51,0	100,0	1367	29,9	m
1262	37,1	m	1315	51,9	100,0	1368	28,7	m
1263	35,6	m	1316	52,6	100,0	1369	29,0	58,6
1264	34,2	m	1317	52,8	32,4	1370	29,7	88,5
1265	32,9	m	1318	47,7	0,0	1371	31,0	86,3
1266	31,8	m	1319	42,6	27,4	1372	31,8	43,4
1267	30,7	m	1320	42,1	53,5	1373	31,7	m
1268	29,6	m	1321	41,8	44,5	1374	29,9	m
1269	40,4	0,0	1322	41,4	41,1	1375	40,2	0,0
1270	51,2	m	1323	41,0	21,0	1376	50,4	m
1271	49,6	m	1324	40,3	0,0	1377	47,9	m
1272	48,0	m	1325	39,3	1,0	1378	45,0	m
1273	46,4	m	1326	38,3	15,2	1379	43,0	m
1274	45,0	m	1327	37,6	57,8	1380	40,6	m
1275	43,6	m	1328	37,3	73,2	1381	55,5	0,0
1276	42,3	m	1329	37,3	59,8	1382	70,4	41,7
1277	41,0	m	1330	37,4	52,2	1383	73,4	83,2
1278	39,6	m	1331	37,4	16,9	1384	74,0	83,7
1279	38,3	m	1332	37,1	34,3	1385	74,9	41,7
1280	37,1	m	1333	36,7	51,9	1386	60,0	0,0
1281	35,9	m	1334	36,2	25,3	1387	45,1	41,6
1282	34,6	m	1335	35,6	m	1388	47,7	84,2
1283	33,0	m	1336	34,6	m	1389	50,4	50,2
1284	31,1	m	1337	33,2	m	1390	53,0	26,1
1285	29,2	m	1338	31,6	m	1391	59,5	0,0
1286	43,3	0,0	1339	30,1	m	1392	66,2	38,4
1287	57,4	32,8	1340	28,8	m	1393	66,4	76,7
1288	59,9	65,4	1341	28,0	29,5	1394	67,6	100,0
1289	61,9	76,1	1342	28,6	100,0	1395	68,4	76,6
1290	65,6	73,7	1343	28,8	97,3	1396	68,2	47,2
1291	69,9	79,3	1344	28,8	73,4	1397	69,0	81,4
1292	74,1	81,3	1345	29,6	56,9	1398	69,7	40,6
1293	78,3	83,2	1346	30,3	91,7	1399	54,7	0,0
1294	82,6	86,0	1347	31,0	90,5	1400	39,8	19,9
1295	87,0	89,5	1348	31,8	81,7	1401	36,3	40,0
1296	91,2	90,8	1349	32,6	79,5	1402	36,7	59,4
1297	95,3	45,9	1350	33,5	86,9	1403	36,6	77,5
1298	81,0	0,0	1351	34,6	100,0	1404	36,8	94,3
1299	66,6	38,2	1352	35,6	78,7	1405	36,8	100,0
1300	67,9	75,5	1353	36,4	50,5	1406	36,4	100,0
1301	68,4	80,5	1354	37,0	57,0	1407	36,3	79,7
1302	69,0	85,5	1355	37,3	69,1	1408	36,7	49,5
1303	70,0	85,2	1356	37,6	49,5	1409	36,6	39,3
1304	71,6	85,9	1357	37,8	44,4	1410	37,3	62,8
1305	73,3	86,2	1358	37,8	43,4	1411	38,1	73,4
1306	74,8	86,5	1359	37,8	34,8	1412	39,0	72,9
1307	76,3	42,9	1360	37,6	24,0	1413	40,2	72,0
1308	63,3	0,0	1361	37,2	m	1414	41,5	71,2
1309	50,4	21,2	1362	36,3	m	1415	42,9	77,3
1310	50,6	42,3	1363	35,1	m	1416	44,4	76,6
1311	50,6	53,7	1364	33,7	m	1417	45,4	43,1
1312	50,4	90,1	1365	32,4	m	1418	45,3	53,9
1313	50,5	97,1	1366	31,1	m	1419	45,1	64,8

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1420	46,5	74,2	1473	50,4	83,4	1526	48,8	23,0
1421	47,7	75,2	1474	51,4	90,6	1527	49,1	67,9
1422	48,1	75,5	1475	52,3	93,8	1528	49,4	73,7
1423	48,6	75,8	1476	53,3	94,0	1529	49,8	75,0
1424	48,9	76,3	1477	54,2	94,1	1530	50,4	75,8
1425	49,9	75,5	1478	54,9	94,3	1531	51,4	73,9
1426	50,4	75,2	1479	55,7	94,6	1532	52,3	72,2
1427	51,1	74,6	1480	56,1	94,9	1533	53,3	71,2
1428	51,9	75,0	1481	56,3	86,2	1534	54,6	71,2
1429	52,7	37,2	1482	56,2	64,1	1535	55,4	68,7
1430	41,6	0,0	1483	56,0	46,1	1536	56,7	67,0
1431	30,4	36,6	1484	56,2	33,4	1537	57,2	64,6
1432	30,5	73,2	1485	56,5	23,6	1538	57,3	61,9
1433	30,3	81,6	1486	56,3	18,6	1539	57,0	59,5
1434	30,4	89,3	1487	55,7	16,2	1540	56,7	57,0
1435	31,5	90,4	1488	56,0	15,9	1541	56,7	69,8
1436	32,7	88,5	1489	55,9	21,8	1542	56,8	58,5
1437	33,7	97,2	1490	55,8	20,9	1543	56,8	47,2
1438	35,2	99,7	1491	55,4	18,4	1544	57,0	38,5
1439	36,3	98,8	1492	55,7	25,1	1545	57,0	32,8
1440	37,7	100,0	1493	56,0	27,7	1546	56,8	30,2
1441	39,2	100,0	1494	55,8	22,4	1547	57,0	27,0
1442	40,9	100,0	1495	56,1	20,0	1548	56,9	26,2
1443	42,4	99,5	1496	55,7	17,4	1549	56,7	26,2
1444	43,8	98,7	1497	55,9	20,9	1550	57,0	26,6
1445	45,4	97,3	1498	56,0	22,9	1551	56,7	27,8
1446	47,0	96,6	1499	56,0	21,1	1552	56,7	29,7
1447	47,8	96,2	1500	55,1	19,2	1553	56,8	32,1
1448	48,8	96,3	1501	55,6	24,2	1554	56,5	34,9
1449	50,5	95,1	1502	55,4	25,6	1555	56,6	34,9
1450	51,0	95,9	1503	55,7	24,7	1556	56,3	35,8
1451	52,0	94,3	1504	55,9	24,0	1557	56,6	36,6
1452	52,6	94,6	1505	55,4	23,5	1558	56,2	37,6
1453	53,0	65,5	1506	55,7	30,9	1559	56,6	38,2
1454	53,2	0,0	1507	55,4	42,5	1560	56,2	37,9
1455	53,2	m	1508	55,3	25,8	1561	56,6	37,5
1456	52,6	m	1509	55,4	1,3	1562	56,4	36,7
1457	52,1	m	1510	55,0	m	1563	56,5	34,8
1458	51,8	m	1511	54,4	m	1564	56,5	35,8
1459	51,3	m	1512	54,2	m	1565	56,5	36,2
1460	50,7	m	1513	53,5	m	1566	56,5	36,7
1461	50,7	m	1514	52,4	m	1567	56,7	37,8
1462	49,8	m	1515	51,8	m	1568	56,7	37,8
1463	49,4	m	1516	50,7	m	1569	56,6	36,6
1464	49,3	m	1517	49,9	m	1570	56,8	36,1
1465	49,1	m	1518	49,1	m	1571	56,5	36,8
1466	49,1	m	1519	47,7	m	1572	56,9	35,9
1467	49,1	8,3	1520	47,3	m	1573	56,7	35,0
1468	48,9	16,8	1521	46,9	m	1574	56,5	36,0
1469	48,8	21,3	1522	46,9	m	1575	56,4	36,5
1470	49,1	22,1	1523	47,2	m	1576	56,5	38,0
1471	49,4	26,3	1524	47,8	m	1577	56,5	39,9
1472	49,8	39,2	1525	48,2	0,0	1578	56,4	42,1

Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado	Tempo	Velocidade normalizada	Binário normalizado
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1579	56,5	47,0	1632	56,7	44,9	1685	57,5	25,9
1580	56,4	48,0	1633	56,6	45,2	1686	57,5	20,7
1581	56,1	49,1	1634	56,8	46,0	1687	57,6	16,4
1582	56,4	48,9	1635	56,5	46,6	1688	57,6	12,4
1583	56,4	48,2	1636	56,6	48,3	1689	57,6	8,9
1584	56,5	48,3	1637	56,4	48,6	1690	57,5	8,0
1585	56,5	47,9	1638	56,6	50,3	1691	57,5	5,8
1586	56,6	46,8	1639	56,3	51,9	1692	57,3	5,8
1587	56,6	46,2	1640	56,5	54,1	1693	57,6	5,5
1588	56,5	44,4	1641	56,3	54,9	1694	57,3	4,5
1589	56,8	42,9	1642	56,4	55,0	1695	57,2	3,2
1590	56,5	42,8	1643	56,4	56,2	1696	57,2	3,1
1591	56,7	43,2	1644	56,2	58,6	1697	57,3	4,9
1592	56,5	42,8	1645	56,2	59,1	1698	57,3	4,2
1593	56,9	42,2	1646	56,2	62,5	1699	56,9	5,5
1594	56,5	43,1	1647	56,4	62,8	1700	57,1	5,1
1595	56,5	42,9	1648	56,0	64,7	1701	57,0	5,2
1596	56,7	42,7	1649	56,4	65,6	1702	56,9	5,5
1597	56,6	41,5	1650	56,2	67,7	1703	56,6	5,4
1598	56,9	41,8	1651	55,9	68,9	1704	57,1	6,1
1599	56,6	41,9	1652	56,1	68,9	1705	56,7	5,7
1600	56,7	42,6	1653	55,8	69,5	1706	56,8	5,8
1601	56,7	42,6	1654	56,0	69,8	1707	57,0	6,1
1602	56,7	41,5	1655	56,2	69,3	1708	56,7	5,9
1603	56,7	42,2	1656	56,2	69,8	1709	57,0	6,6
1604	56,5	42,2	1657	56,4	69,2	1710	56,9	6,4
1605	56,8	41,9	1658	56,3	68,7	1711	56,7	6,7
1606	56,5	42,0	1659	56,2	69,4	1712	56,9	6,9
1607	56,7	42,1	1660	56,2	69,5	1713	56,8	5,6
1608	56,4	41,9	1661	56,2	70,0	1714	56,6	5,1
1609	56,7	42,9	1662	56,4	69,7	1715	56,6	6,5
1610	56,7	41,8	1663	56,2	70,2	1716	56,5	10,0
1611	56,7	41,9	1664	56,4	70,5	1717	56,6	12,4
1612	56,8	42,0	1665	56,1	70,5	1718	56,5	14,5
1613	56,7	41,5	1666	56,5	69,7	1719	56,6	16,3
1614	56,6	41,9	1667	56,2	69,3	1720	56,3	18,1
1615	56,8	41,6	1668	56,5	70,9	1721	56,6	20,7
1616	56,6	41,6	1669	56,4	70,8	1722	56,1	22,6
1617	56,9	42,0	1670	56,3	71,1	1723	56,3	25,8
1618	56,7	40,7	1671	56,4	71,0	1724	56,4	27,7
1619	56,7	39,3	1672	56,7	68,6	1725	56,0	29,7
1620	56,5	41,4	1673	56,8	68,6	1726	56,1	32,6
1621	56,4	44,9	1674	56,6	68,0	1727	55,9	34,9
1622	56,8	45,2	1675	56,8	65,1	1728	55,9	36,4
1623	56,6	43,6	1676	56,9	60,9	1729	56,0	39,2
1624	56,8	42,2	1677	57,1	57,4	1730	55,9	41,4
1625	56,5	42,3	1678	57,1	54,3	1731	55,5	44,2
1626	56,5	44,4	1679	57,0	48,6	1732	55,9	46,4
1627	56,9	45,1	1680	57,4	44,1	1733	55,8	48,3
1628	56,4	45,0	1681	57,4	40,2	1734	55,6	49,1
1629	56,7	46,3	1682	57,6	36,9	1735	55,8	49,3
1630	56,7	45,5	1683	57,5	34,2	1736	55,9	47,7
1631	56,8	45,0	1684	57,4	31,1	1737	55,9	47,4

APÊNDICE 2

COMBUSTÍVEL DE REFERÊNCIA PARA MOTORES DIESEL

Parâmetro	Unidade	Limites ⁽¹⁾		Método de ensaio ⁽⁵⁾
		Mínimo	Máximo	
Índice de cetano		52	54	ISO 5165
Densidade a 15 °C	kg/m ³	833	837	ISO 3675
Destilação:				
— 50 % vol.	°C	245		ISO 3405
— 95 % vol.	°C	345	350	
— ponto de ebulição final	°C		370	
Ponto de inflamação	°C	55		ISO 2719
Ponto de obstrução do filtro a frio	°C		– 5	EN 116
Viscosidade cinemática a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	ISO 3104
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	% m/m	2,0	6,0	EN 12916
Resíduo carbonoso Conradson no resíduo de destilação (10 %)	% m/m		0,2	ISO 10370
Teor de cinzas	% m/m		0,01	EN-ISO 6245
Teor de água	% m/m		0,02	EN-ISO 12937
Teor de enxofre	mg/kg		10	EN-ISO 14596
Corrosão do cobre a 50 °C			1	EN-ISO 2160
Poder lubrificante (ensaio HFRR em 60 °C)	µm		400	CEC F-06-A-96
Índice de neutralização	mg KOH/g		0,02	
Estabilidade à oxidação @ 110 °C ⁽²⁾ ⁽³⁾	h	20		EN 14112
FAME ⁽⁴⁾	% v/v	4,5	5,5	EN 14078

(1) Os valores indicados na especificação 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 combustíveis deve, no entanto, tentar obter um valor zero, quando o valor máximo determinado for de 2R, e um valor médio, no caso de serem indicados os limites máximo e mínimo. Se for necessário determinar se um combustível cumpre, ou não, os requisitos das especificações, devem aplicar-se a norma ISO 4259.

(2) Embora a estabilidade à oxidação seja controlada, é provável que o prazo de validade do produto seja limitado. Recomenda-se a consulta do fornecedor sobre as condições de armazenamento e o prazo de validade.

(3) A estabilidade à oxidação pode ser demonstrada pela norma EN-ISO 12205 ou EN 14112. Este requisito deve ser revisto com base nas avaliações do CEN/TC19 sobre os rendimentos de estabilidade à oxidação e os limites de ensaio.

(4) Qualidade FAME em conformidade com a norma EN 14214 (ASTM D 6751).

(5) Aplica-se a versão mais recente do respectivo método de ensaio.

APÊNDICE 3

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

A.3.1. O presente apêndice contém os requisitos fundamentais e as descrições gerais dos sistemas de recolha de amostras e de análise para a medição das emissões gasosas e de partículas. Dado que várias configurações podem produzir resultados equivalentes, não é necessário respeitar rigorosamente as figuras do presente apêndice. Podem ser utilizados componentes tais como instrumentos, válvulas, solenóides, bombas, reguladores de caudais e comutadores para obter outras informações e coordenar as funções dos sistemas de componentes. Podem ser excluídos outros componentes que não sejam necessários para manter a exactidão de alguns sistemas, se a sua exclusão se basear nas boas práticas de engenharia.

A.3.1.1. Sistema de análise

A.3.1.2. Descrição do sistema de análise

Descreve-se seguidamente um sistema de análise para a determinação das emissões gasosas dos gases de escape brutos (figura 9) ou diluídos (figura 10), baseado na utilização de:

- a) um analisador HFID ou FID, para a medição dos hidrocarbonetos;
- b) analisadores NDIR, para a medição do monóxido de carbono e do dióxido de carbono;
- c) um analisador HCLD ou CLD, para a medição dos óxidos de azoto.

A amostra para todos os componentes deve ser colhida com uma única sonda de amostragem e repartida em seguida pelos diferentes analisadores. Facultativamente, podem ser utilizadas duas sondas de amostragem instaladas na proximidade imediata uma da outra. Deve velar-se por que nenhum componente dos gases de escape (incluindo a água e o ácido sulfúrico) se condense inadvertidamente em qualquer ponto do sistema de análise.

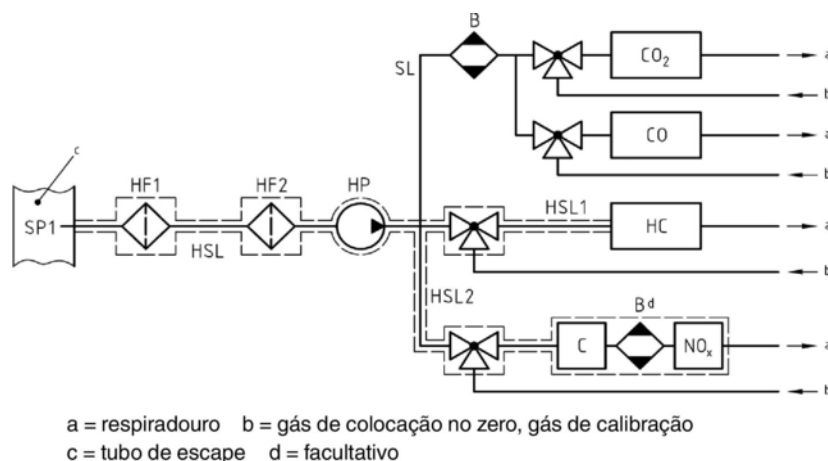


Figura 9

Diagrama do sistema de análise dos gases de escape brutos para o CO, o CO₂, os NO_x, e os HC

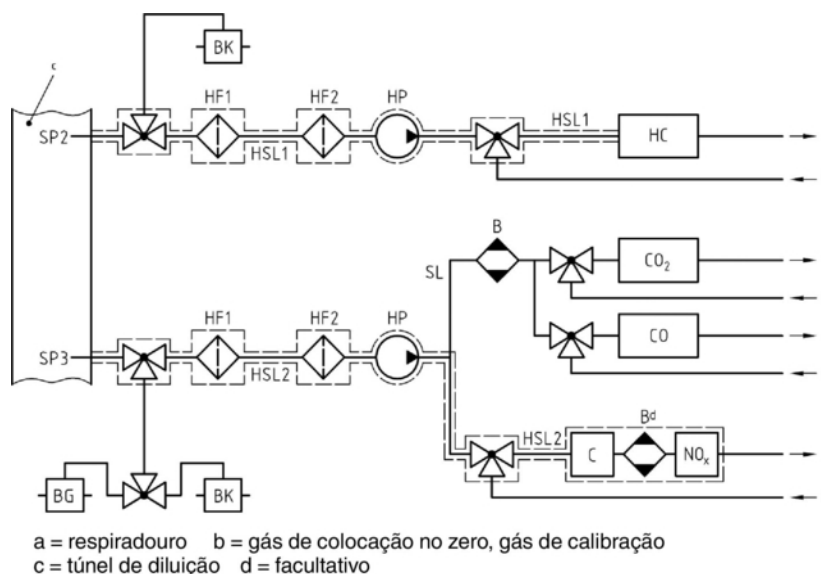


Figura 10

Diagrama do sistema de análise dos gases de escape diluídos para o CO, o CO₂, os NO_x e os HC

A.3.1.3. Componentes das figuras 9 e 10

EP: Tubo de escape

SP1: Sonda de recolha de amostras de gases de escape brutos (apenas figura 9)

Recomenda-se uma sonda de aço inoxidável rectilínea, fechada na extremidade e com vários orifícios. O diâmetro interno não deve ser maior do que o diâmetro interno da conduta de recolha de amostras. 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 amostrar 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 de amostras.

SP2: Sonda de recolha de amostras de HC nos gases de escape diluídos (figura 10 apenas)

A sonda deve:

- ser, por definição, constituída pela primeira secção, com um comprimento compreendido entre 254 mm e 762 mm, da conduta de recolha de amostras aquecida HSL1;
- ter um diâmetro interno mínimo de 5 mm,
- ser instalada no túnel de diluição DT (figura 15) num ponto em que o diluente e os gases de escape estejam bem misturados (isto é, aproximadamente a uma distância de 10 diâmetros 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 forma a aumentar a temperatura do fluxo de gás até $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) na saída da sonda, ou até $385\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($112\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) para os motores de ignição comandada;
- não ser aquecida, em caso de medição FID (a frio).

SP3: Sonda de recolha de amostras de CO, CO₂ e NO_x nos gases de escape diluídos (apenas figura 10)

A sonda deve:

- a) estar no mesmo plano que a sonda SP2;
- b) estar suficientemente afastada (radialmente) de outras sondas e da parede do túnel, de modo a não sofrer a influência de quaisquer ondas ou turbilhões;
- c) ser aquecida e isolada ao longo de todo o seu comprimento até uma temperatura mínima de 328 K (55 °C), para evitar a condensação de água.

HF1: Pré-filtro aquecido (facultativo)

A temperatura deve ser a mesma que a da conduta HSL1.

HF2: Filtro aquecido

O filtro deve extrair quaisquer partículas sólidas da amostra de gases antes da entrada do analisador. A temperatura deve ser a mesma que a da conduta HSL1. O filtro deve ser mudado quando necessário.

HSL1: Conduta de recolha de amostras aquecida

A conduta de recolha de amostras serve de passagem à amostra de gases recolhidos desde a sonda única até ao(s) ponto(s) de separação e ao analisador de HC.

A conduta de recolha de amostras deve:

- a) ter um diâmetro interno mínimo de 4 mm e máximo de 13,5 mm;
- b) ser de aço inoxidável ou de PTFE;
- c) ser mantida a uma temperatura de parede de 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C), medida em cada uma das secções aquecidas controladas separadamente, se a temperatura dos gases de escape na sonda de recolha de amostras for igual ou inferior a 463 K (190 °C);
- d) ser mantida a uma temperatura de parede superior a 453 K (180 °C), se a temperatura dos gases de escape na sonda de recolha de amostras for superior a 463 K (190 °C);
- e) manter a temperatura dos gases a 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C) imediatamente antes do filtro aquecido HF2 e do HFID.

HSL2 Conduta de recolha de amostras de NO_x, aquecida

A conduta de recolha de amostras deve:

- a) ser mantida a uma temperatura de parede de 328 K a 473 K (55 °C a 200 °C) até ao conversor, para a medição em base seca, e até ao analisador, para a medição em base húmida;
- b) ser de aço inoxidável ou de PTFE.

HP: Bomba de recolha de amostras aquecida

A bomba deve ser aquecida até à temperatura da conduta HSL.

SL: Conduta de recolha de amostras de CO e CO₂

A conduta deve ser de aço inoxidável ou PTFE. Pode ser aquecida, ou não.

HC Analisador HFID

Detector aquecido de ionização por chama (HFID) ou detector de ionização por chama (FID) para a determinação dos hidrocarbonetos. A temperatura do HFID deve ser mantida entre 453 K e 473 K (180 °C e 200 °C).

CO e CO₂ Analisador NDIR

Analisadores NDIR para a determinação do monóxido de carbono e do dióxido de carbono (facultativo, na determinação da razão de diluição para medição de partículas).

NO_x Analisador CLD ou analisador NDUV

Analisador CLD, HCLD ou NDUV para a determinação dos óxidos de azoto. Se for utilizado um HCLD, este analisador deve ser mantido a uma temperatura compreendida entre 328 K e 473 K (55 °C e 200 °C).

B Secador de amostras (facultativo, na medição de NO)

Para arrefecer e condensar a água contida na amostra de gases de escape. É facultativo, se o analisador não estiver sujeito à interferência do vapor de água, conforme o ponto 9.3.9.2.2. Se a água for removida por condensação, a temperatura ou o ponto de orvalho dos gases amostrados deve ser monitorizada, quer dentro do coletor de água, quer a jusante. A temperatura ou o ponto de orvalho dos gases amostrados não deve exceder 280 K (7 °C). Não são admitidos excipientes químicos para a remoção da água da amostra.

BK: Saco dos elementos de fundo (facultativo; apenas figura 10)

Este saco serve para a medição das concentrações de fundo.

BG: Saco de recolha de amostras (facultativo; apenas figura 10)

Este saco serve para a medição das concentrações das amostras.

A.3.1.4. Separador de hidrocarbonetos não metânicos (NMC)

O separador oxida todos os hidrocarbonetos com excepção do CH₄ em CO₂ e H₂O, de modo tal que, ao fazer passar a amostra através dos NMC, apenas o CH₄ é detectado pelo HFID. Para além do sistema habitual de recolha de amostras de HC (ver figuras 9 e 10), deve ser instalado um segundo sistema equipado com um separador, em conformidade com a figura 11. Isto permite a medição simultânea da totalidade dos HC, CH₄ e dos NMHC.

Deve regular-se o separador a uma temperatura igual ou superior a 600 K (327 °C) antes do ensaio em relação ao seu efeito catalisador sobre o CH₄ e o C₂H₆ a valores de H₂O representativos das condições da corrente de gases de escape. O ponto de orvalho e o nível de O₂ da amostra da corrente de gases de escape devem ser conhecidos. A resposta relativa do FID ao CH₄ e ao C₂H₆ deve ser determinada conforme o ponto 9.3.8.

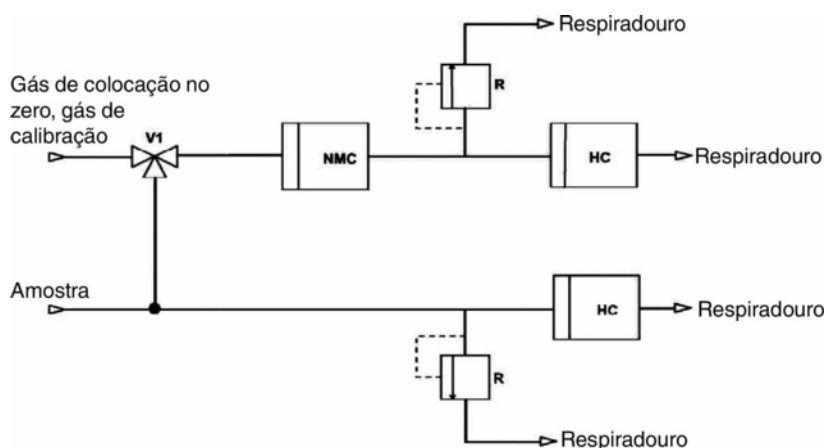


Figura 11

Diagrama da análise do metano com o NMC

A.3.1.5. Componentes da figura 11

NMC: Separador de hidrocarbonetos não metânicos

Para oxidar todos os hidrocarbonetos com excepção do metano.

HC

Detector aquecido de ionização por chama (HFID) ou detector de ionização por chama (FID) para a medição das concentrações de HC e de CH₄. A temperatura do HFID deve ser mantida entre 453 K e 473 K (180 °C e 200 °C).

V1: Válvula selectora

Para seleccionar o gás de colocação no zero e o gás de calibração.

R: Regulador de pressão

Para regular a pressão na conduta de recolha de amostras e o caudal para o HFID.

A.3.2. Sistema de diluição e de recolha de amostras de partículas

A.3.2.1. Descrição do sistema de diluição do caudal parcial

O sistema de diluição apresentado baseia-se na diluição de uma parte da corrente de gases de escape. A separação dessa corrente e o processo de diluição que se lhe segue podem ser efectuados por diferentes tipos de sistemas de diluição. Para a subsequente recolha das partículas, pode fazer-se passar para o sistema de recolha de amostras de partículas a totalidade dos gases de escape diluídos ou apenas uma porção destes. 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 fraccionada. O cálculo do factor de diluição depende do tipo de sistema utilizado.

No sistema de recolha total apresentado na figura 12, 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 que passa através do túnel é ajustado com o regulador de caudais FC2 e a bomba de recolha de amostras (P) do sistema de recolha de amostras de partículas (ver figura 16). O caudal de diluente é regulado pelo regulador de caudal FC1, que pode utilizar q_{mew} ou q_{maw} e q_{mf} 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 diluente. O caudal do diluente é medido com o medidor de caudais FM1 e o caudal total com o medidor FM3 do sistema de recolha de amostras de partículas (ver figura 16). A razão de diluição é calculada a partir desses dois caudais.

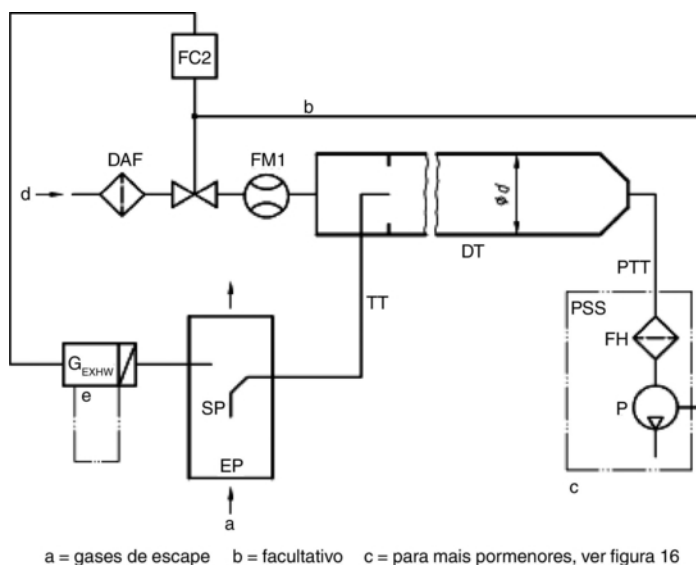


Figura 12

Diagrama do sistema de diluição do caudal parcial (recolha total)

No sistema de recolha fraccionada apresentado na figura 13, 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 que passa através do túnel é ajustado com o regulador de caudais FC1 ligado ao caudal do diluente ou à ventoinha de aspiração que actua sobre o caudal total do túnel. O regulador de caudais FC1 pode utilizar q_{mew} ou q_{maw} e q_{mf} como sinais de comando, para se obter a separação dos gases de escape desejada. O caudal da amostra que chega ao DT é a diferença entre o caudal total e o caudal do diluente. O caudal do diluente 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 destes dois caudais. A partir do DT, recolhe-se uma amostra de partículas com o sistema de recolha de amostras de partículas (ver figura 16).

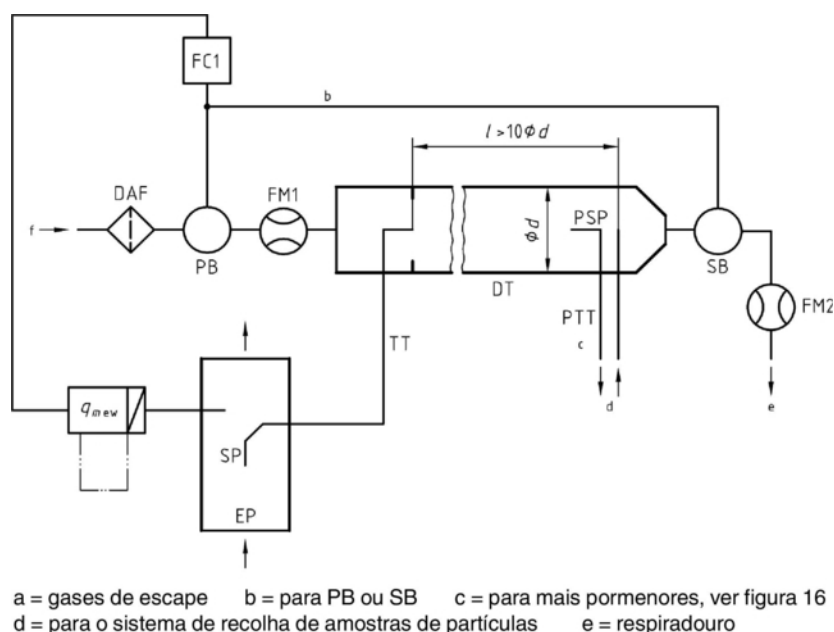


Figura 13

Diagrama do sistema de diluição do caudal parcial (recolha fraccionada)

A.3.2.2. Componentes das figuras 12 e 13

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 pode também ser isolado. Recomenda-se a utilização de um tubo rectilíneo com um comprimento igual a 6 diâmetros do tubo a montante e a 3 diâmetros a jusante da ponta da sonda.

SP Sonda de recolha de amostras

Pode ser utilizada qualquer uma das seguintes sondas:

- tubo aberto virado para montante e situado no eixo do tubo de escape;
- tubo aberto virado para jusante e situado no eixo do tubo de escape;

- c) sonda com orifícios múltiplos descrita em SP no ponto A.3.1.3;
- d) sonda de chapéu virada para montante e situada no eixo do tubo de escape, conforme a figura 14.

O diâmetro interno mínimo da ponta da sonda deve ser de 4 mm. A razão mínima entre os diâmetros do tubo de escape e da sonda deve ser de 4.

Se se utilizar uma sonda do tipo a), deve ser instalado, imediatamente a montante do suporte do filtro, um separador por inércia (ciclone ou impactor) com um ponto de corte de 50 % entre 2,5 µm e 10 µm.

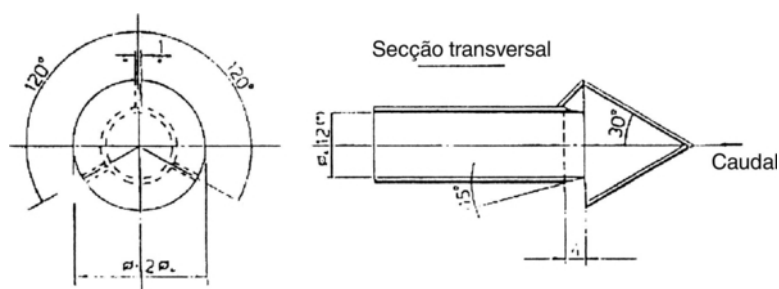


Figura 14

Diagrama da sonda de chapéu

TT: Tubo de transferência dos gases de escape

O tubo de transferência deve ser tão curto quanto possível, mas:

- a) o seu comprimento não deve exceder 0,26 m, se estiver isolado em 80 % do seu comprimento total, medido entre a extremidade da sonda e a fase de diluição;

ou

- b) o seu comprimento não deve exceder 1 m, se for aquecido a 150 °C em 90 % do seu comprimento total, medido entre a extremidade da sonda e a fase de diluição.

Deve ter um diâmetro igual ou superior ao da sonda, mas não superior a 25 mm, e ter o ponto de saída no eixo do túnel de diluição e virado para jusante.

No caso a), o tubo deve ser isolado com material com uma condutividade térmica máxima de 0,05 W/mK, devendo a espessura radial do isolamento corresponder ao diâmetro da sonda.

FC1 Regulador de caudais

Deve ser utilizado um regulador de caudais para regular o caudal de diluição que passa através da ventoinha de pressão PB e/ou da ventoinha de aspiração SB. Pode ser ligado aos sinais do sensor para o caudal dos gases de escape, conforme o ponto 8.4.1. O regulador de caudais pode ser instalado a montante ou a jusante da respectiva ventoinha. Quando se utiliza ar pressurizado, o FC1 controla directamente o caudal de ar.

FM1 Medidor de caudais

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal do diluente. O FM1 é facultativo, se a ventoinha de pressão PB for calibrada para medir o caudal.

DAF Filtro para gás diluente

O diluente (ar ambiente, ar de síntese ou azoto) deve ser filtrado com um filtro de partículas de elevada eficiência (HEPA), com uma eficiência de recolha inicial mínima de 99,97 %, conforme a norma EN 1822-1 (classe de filtro H14 ou superior), ASTM F 1471-93 ou norma equivalente.

FM2 Medidor de caudais (recolha fraccionada, apenas figura 13)

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal dos gases de escape diluídos. O FM2 é facultativo, se a ventoinha de aspiração SB for calibrada para medir o caudal.

PB Ventoinha de pressão (recolha fraccionada, apenas figura 13)

Para regular o caudal do diluente, a ventoinha PB pode ser ligada aos reguladores de caudal FC1 ou FC2. A ventoinha PB não é necessária quando se utilizar uma válvula de borboleta. A ventoinha PB pode ser utilizada para medir o caudal de diluente, se calibrada.

SB Ventoinha de aspiração (recolha fraccionada, apenas figura 13)

A ventoinha SB pode ser utilizada para medir o caudal dos gases de escape diluídos, se calibrada.

DT Túnel de diluição (caudal parcial)

O túnel de diluição:

- a) deve ter um comprimento suficiente para permitir a mistura completa dos gases de escape e do diluente em condições de caudal turbulento (número de Reynolds, Re , superior a 4 000, em que Re se baseia no diâmetro interno do túnel de diluição) no caso de um sistema de recolha fraccionada de amostras, o que significa que não é exigida uma mistura completa no caso de um sistema de recolha de amostras total;
- b) deve ser fabricado em aço inoxidável;
- c) pode ser aquecido a uma temperatura de parede que não ultrapasse 325 K (52 °C);
- d) pode ser isolado.

PSP Sonda de recolha de amostras de partículas (recolha fraccionada, apenas figura 13)

A sonda de recolha de amostras de partículas é a secção principal do tubo de transferência de partículas PTT (ver ponto A.3.2.6) e

- a) deve ser instalada virada para montante, num ponto em que o diluente e os gases de escape estejam bem misturados, isto é, no eixo do túnel de diluição DT, a uma distância de cerca de 10 diâmetros de túnel a jusante do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição;
- b) deve ter um diâmetro interno mínimo de 8 mm;
- c) pode ser aquecida até se obter uma temperatura de parede não superior a 325 K (52 °C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do diluente, desde que a temperatura do diluente não exceda 325 K (52 °C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- d) pode ser isolada.

A.3.2.3. Descrição do sistema de diluição do caudal total

A figura 15 descreve um sistema de diluição do caudal total dos gases de escape brutos no túnel de diluição DT, de acordo com o princípio da amostragem a volume constante (CVS).

O caudal dos gases de escape diluídos deve ser medido com uma bomba volumétrica (PDP), com um venturi de escoamento crítico (CFV), ou com um venturi subsónico (SSV). Pode ser utilizado um permutador de calor (HE) ou um dispositivo electrónico de compensação de caudais (EFC) para a recolha proporcional de amostras 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.

Para a recolha subsequente das partículas, faz-se passar uma amostra dos gases de escape diluídos para o sistema de recolha de amostras de partículas com diluição dupla (ver figura 17). Embora seja, em parte, um sistema de diluição, o sistema de diluição dupla pode ser considerado uma variante de um sistema de recolha de amostras de partículas, dado que partilha a maioria das peças com um sistema normal de recolha de amostras de partículas.

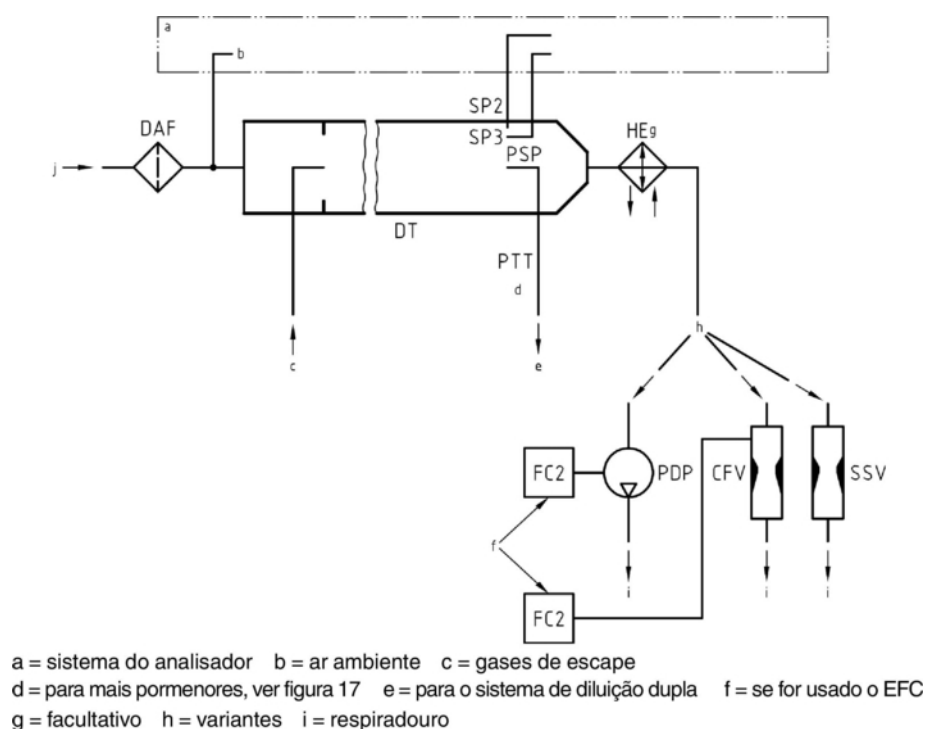


Figura 15

Diagrama do sistema de diluição do caudal total (CVS)

A.3.2.4. Componentes da figura 15

EP: Tubo de escape

O comprimento do tubo de escape, desde a saída do colectores 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 for superior a 4 m, toda a tubagem 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 este for utilizado. A espessura radial do isolamento deve ser, no mínimo, de 25 mm. A condutividade térmica do material de isolamento deve ter um valor não superior a 0,1 W/mK, medido a 673 K. 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 caudal total dos gases de escape diluídos a partir do número das rotações da bomba e do seu curso. A contrapressão no sistema de escape não deve ser artificialmente reduzida pela PDP ou pelo sistema de admissão de diluente. A contrapressão estática do escape, medida com o sistema da PDP a funcionar, deve manter-se a $\pm 1,5$ kPa da pressão estática medida sem ligação à PDP, a uma velocidade e uma carga do motor idênticas. A temperatura da mistura de gases imediatamente a montante da PDP deve estar a ± 6 K da temperatura média de funcionamento observada durante o ensaio, quando não for utilizada compensação do caudal (EFC). Esta compensação só pode ser utilizada, se a temperatura à entrada da PDP não exceder 323 K (50 °C).

CFV: Venturi de escoamento crítico

O CFV mede o caudal total dos gases de escape diluídos, mantendo o caudal 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 uma velocidade e uma carga do motor idênticas. A temperatura da mistura de gases imediatamente a montante do CFV deve estar a ± 11 K da temperatura média de funcionamento observada durante o ensaio, quando não for utilizada compensação do caudal (EFC).

SSV: Venturi subsónico

O SSV mede o caudal total dos gases de escape diluídos, mediante a utilização da função de caudal de gás de um venturi subsónico, segundo a pressão e a temperatura à entrada e a queda de pressão entre a entrada e a garganta do venturi. A contrapressão estática do escape, medida com o sistema SSV a funcionar, deve manter-se a $\pm 1,5$ kPa da pressão estática medida sem ligação ao SSV, a uma velocidade e uma carga do motor idênticas. A temperatura da mistura de gases imediatamente a montante do SSV deve estar a ± 11 K da temperatura média de funcionamento observada durante o ensaio, quando não for utilizada compensação do caudal (EFC).

HE: Permutador de calor (facultativo)

O permutador de calor deve ter uma capacidade suficiente para manter a temperatura dentro dos limites exigidos acima. Se for utilizada uma EFC, o permutador de calor não é necessário.

EFC: Compensação electrónica do caudal (facultativo)

Se a temperatura à entrada da PDP, do CFV ou do SSV não for mantida dentro dos limites acima indicados, é necessário um sistema de compensação do caudal para efectuar a medição contínua do caudal e regular a recolha proporcional de amostras no sistema de diluição dupla. Para esse efeito, utilizam-se os sinais dos caudais medidos continuamente para manter a proporcionalidade do caudal das amostras através dos filtros de partículas do sistema de diluição dupla (ver figura 17) a $\pm 2,5$ %.

DT: Túnel de diluição (caudal total)

O túnel de diluição:

- (a) deve ter um diâmetro suficientemente pequeno para provocar escoamentos turbulentos (número de Reynolds, Re , superior a 4 000, em que Re se baseia no diâmetro interno do túnel de diluição) e um comprimento suficiente para assegurar uma mistura completa dos gases de escape e do diluente;
- b) pode ser isolado;
- c) pode ser aquecido até a uma temperatura de parede suficiente para eliminar a condensação de água.

Os gases de escape do motor devem ser dirigidos a jusante, no ponto em que são introduzidos no túnel de diluição, e bem misturados. Pode utilizar-se um orifício de mistura.

Se se utilizar um sistema de diluição dupla, transfere-se uma amostra do túnel de diluição para o túnel de diluição secundária, onde é novamente diluída, fazendo-a depois passar pelos filtros de recolha de amostras (figura 17). O sistema de diluição secundária deve fornecer uma quantidade suficiente de diluente secundário para manter a corrente de gases de escape duplamente diluída a uma temperatura entre 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) imediatamente antes do filtro de partículas.

DAF: Filtro para gás diluente

O diluente (ar ambiente, ar de síntese ou azoto) deve ser filtrado com um filtro de partículas de elevada eficiência (HEPA) com uma eficiência inicial mínima de recolha de 99,97 %, conforme a norma EN 1822-1 (classe de filtro H14 ou superior), ASTM F 1471-93 ou norma equivalente.

PSP: Sonda de recolha de amostras de partículas

A sonda é o primeiro elemento do tubo de transferência de partículas PTT, e:

- a) deve ser instalada virada para montante, num ponto em que o diluente e os gases de escape estejam bem misturados, isto é, no eixo do túnel de diluição DT dos sistemas de diluição, a uma distância de cerca de 10 diâmetros de túnel a jusante do ponto em que os gases de escape entram no túnel de diluição;
- b) deve ter um diâmetro interno mínimo de 8 mm;
- c) pode ser aquecida até se obter uma temperatura de parede não superior a 325 K (52 °C) por aquecimento directo ou por pré-aquecimento do diluente, desde que a temperatura do diluente não exceda 325 K (52 °C) antes da introdução dos gases de escape no túnel de diluição;
- d) pode ser isolada.

A.3.2.5. Descrição do sistema de recolha de amostras de partículas

As figuras 16 e 17 descrevem o sistema de recolha de amostras de partículas necessário à recolha das partículas em filtros designados para esse efeito. No caso da diluição do caudal parcial com recolha total, que consiste em fazer passar a totalidade da amostra dos gases de escape diluídos através dos filtros, os sistemas de diluição e de recolha de amostras formam usualmente uma só unidade (ver figura 12). No caso da diluição do caudal parcial com recolha fraccionada ou de diluição do caudal total, que consiste em fazer passar através dos filtros apenas uma parte dos gases de escape diluídos, os sistemas de diluição e de recolha de amostras formam usualmente unidades diferentes.

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, retira-se uma amostra dos gases de escape diluídos do túnel de diluição DT mediante a sonda de recolha de amostras de partículas PSP e o tubo de transferência de partículas PTT através da bomba de recolha de amostras P, conforme indicado na figura 16. Faz-se passar a amostra através do(s) suporte(s) de filtros FH que contém(êm) os filtros de recolha de amostras de partículas. O caudal da amostra é regulado pelo regulador de caudais FC3.

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal total, deve utilizar-se um sistema de recolha de amostras de partículas de diluição dupla, conforme indicado na figura 17. Transfere-se uma amostra dos gases de escape diluídos do túnel de diluição DT, 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, em que é novamente diluída. Faz-se, depois, passar a amostra através do(s) suporte(s) de filtros FH que contém(êm) os filtros de recolha de amostras de partículas. O caudal do diluente 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 15), o caudal total dos gases de escape diluídos é utilizado como sinal de comando para o FC3.

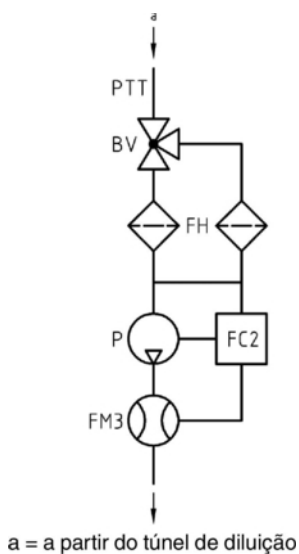


Figura 16

Diagrama do sistema de recolha de amostras de partículas

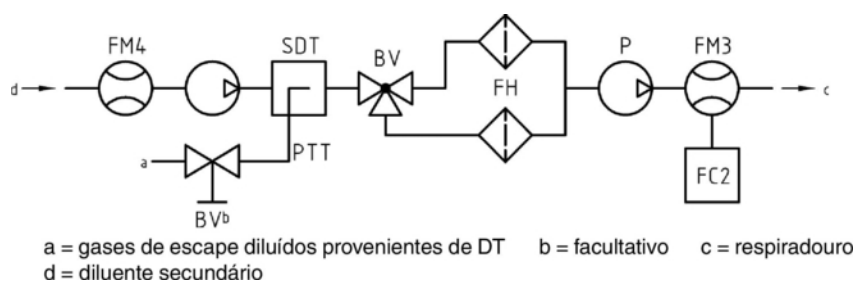


Figura 17

Diagrama do sistema de recolha de amostras de partículas com diluição dupla

A.3.2.6. Componentes das figuras 16 (apenas sistema de caudal parcial) e 17 (apenas sistema de caudal total)

PTT Tubo de transferência de partículas

O tubo de transferência:

- a) deve ser inerte em relação às partículas;
- b) pode ser aquecido a uma temperatura de parede que não ultrapasse 325 K (52 °C);
- c) pode ser isolado.

SDT: Túnel de diluição secundária (apenas figura 17)

O túnel de diluição secundária:

- a) deve ter um comprimento e diâmetro suficientes para cumprir os requisitos do ponto 9.4.2, alínea f) relativos ao tempo de permanência;
- b) pode ser aquecido a uma temperatura de parede que não ultrapasse 325 K (52 °C);
- c) pode ser isolado.

FH: Suporte do filtro

O suporte do filtro:

- a) deve formar um cone divergente de 12,5° (a partir do centro) na secção de transição entre o diâmetro da conduta de transferência e o diâmetro exposto da face do filtro;
- b) pode ser aquecido a uma temperatura de parede que não ultrapasse 325 K (52 °C);
- c) pode ser isolado.

Os trocadores de filtros múltiplos (trocadores automáticos) são permitidos, desde que não haja interação entre os filtros de recolha de amostras.

Os filtros de membrana PTFE devem estar instalados numa cassette específica dentro do suporte do filtro.

Pode ser instalado, imediatamente a montante do suporte do filtro, um pré-classificador por inércia com um ponto de corte de 50 % entre 2,5 µm e 10 µm, se for usada uma sonda de recolha de amostras de tubo aberto virada para montante.

P: Bomba de amostragem

FC2: Regulador de caudais

Deve utilizar-se um regulador de caudais para controlar o caudal de recolha de amostras de partículas.

FM3: Medidor de caudais

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal de amostras de partículas que passa através do filtro de partículas. Pode ser instalado a montante ou a jusante da bomba de amostragem P.

FM4: Medidor de caudais

Contador de gás ou outro aparelho adequado para medir o caudal do diluente secundário que passa através do filtro de partículas.

BV: Válvula de esfera (facultativa)

A válvula de esfera deve ter um diâmetro interno não inferior ao diâmetro interno do tubo de transferência de partículas PTT e um tempo de comutação inferior a 0,5 s.

APÊNDICE 4

ESTATÍSTICAS

A.4.1. Valor médio e desvio-padrão

O valor médio aritmético calcula-se do seguinte modo:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (92)$$

O desvio-padrão calcula-se do seguinte modo:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (93)$$

A.4.2. Análise de regressão

O declive da recta de regressão calcula-se do seguinte modo:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (94)$$

A ordenada na origem da recta de regressão calcula-se do seguinte modo:

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x}) \quad (95)$$

O erro-padrão da estimativa (SEE) calcula-se do seguinte modo:

$$SEE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}}{n - 2} \quad (96)$$

O coeficiente de determinação calcula-se do seguinte modo:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (97)$$

A.4.3. Determinação da equivalência entre sistemas

A determinação da equivalência entre sistemas em conformidade com o ponto 5.1.1 deve basear-se num estudo de correlação de 7 pares de amostras (ou mais), entre o sistema candidato e um dos sistemas de referência aceites pelo presente anexo, mediante utilização do(s) ciclo(s) de ensaios adequado(s). Os critérios de equivalência a aplicar são o teste F e o teste t de Student bicaudal (*two-sided*).

Este método estatístico examina a hipótese de o desvio-padrão da amostra e o valor médio da amostra para um tipo de emissões medidas com o sistema candidato não diferirem do desvio-padrão e do valor médio da amostra dessas emissões medidas com o sistema de referência. A hipótese deve ser testada com base num nível de significância de 10 % dos valores de F e t . Os valores críticos de F e t para 7 a 10 pares de amostras são apresentados no quadro 9. Se os valores F e t calculados segundo a equação abaixo forem superiores aos valores críticos de F e t , o sistema candidato não é equivalente.

Deve ser adoptado o seguinte procedimento. Os índices R e C remetem para o sistema de referência e para o sistema candidato, respectivamente:

a) Realizam-se, pelo menos, 7 ensaios com os sistemas candidato e de referência, de preferência funcionando em paralelo; o número de ensaios é indicado como n_R e n_C .

b) Calculam-se os valores médios \bar{x}_R e \bar{x}_C e os desvios-padrão s_R e s_C .

c) Calcula-se o valor F do seguinte modo:

$$F = \frac{s_{\text{major}}^2}{s_{\text{minor}}^2} \quad (98)$$

(o maior dos dois desvios-padrão s_R ou s_C tem de estar no numerador).

d) Calcula-se o valor t do seguinte modo:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{s_C^2 / n_C + s_R^2 / n_R}} \quad (99)$$

e) Comparam-se os valores F e t calculados com os valores críticos F e t correspondentes ao número respectivo de ensaios indicados no quadro 9. Se forem seleccionadas amostras maiores, consultam-se as tabelas estatísticas para um nível de significância de 10 % (90 % de confiança).

f) Determinam-se os graus de liberdade (df) como segue:

$$\text{para o teste } F: \quad df1 = n_R - 1, \quad df2 = n_C - 1 \quad (100)$$

$$\text{para o teste } t: \quad df = (n_C + n_R - 2) / 2 \quad (101)$$

g) Determina-se a equivalência do seguinte modo:

i) se $F < F_{\text{crit}}$ e $t < t_{\text{crit}}$, o sistema candidato é equivalente ao sistema de referência do presente anexo;

ii) se $F \geq F_{\text{crit}}$ ou $t \geq t_{\text{crit}}$, o sistema candidato é diferente do sistema de referência do presente anexo.

Quadro 9

Valores de F e t para as dimensões das amostras seleccionadas

Dimensão da amostra	Teste F		Teste t	
	df	F_{crit}	df	t_{crit}
7	6,6	3,055	6	1,943
8	7,7	2,785	7	1,895
9	8,8	2,589	8	1,860
10	9,9	2,440	9	1,833

APÊNDICE 5

VERIFICAÇÃO DO CAUDAL DE CARBONO

A.5.1. Introdução

Todo o carbono existente no escape, à excepção de uma pequena parte, provém do combustível e a sua quase totalidade, excluindo-se apenas uma ínfima parte, ocorre nos gases de escape sob a forma de CO₂. Esta é a justificação para um controlo do sistema de verificação que se baseia nas medições de CO₂.

O caudal de carbono nos sistemas de medição de gases de escape é determinado com base no caudal de combustível. O caudal de carbono em vários pontos de recolha dos sistemas de recolha de amostras de emissões e de partículas é determinado com base nas concentrações de CO₂ e nos caudais de gás nesses mesmos pontos.

Por conseguinte, o motor constitui uma fonte identificada de caudal de carbono e, observando o mesmo caudal de carbono no tubo de escape e à saída do sistema de recolha de amostras de partículas de fluxo parcial, verifica-se a estanquicidade e a exactidão da medição do caudal. Este controlo tem a vantagem de os componentes funcionarem em condições de ensaio reais do motor relativamente à temperatura e ao caudal.

A figura 18 mostra os pontos de amostragem em que o caudal de carbono deve ser verificado. As equações específicas aplicáveis aos caudais de carbono em cada um dos pontos de amostragem são indicadas mais adiante.

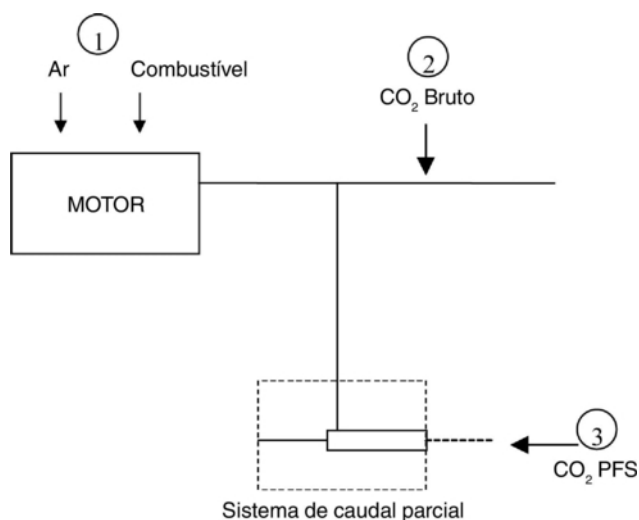


Figura 18

Pontos de medição para verificação do caudal de carbono

A.5.2. Caudal de carbono que entra no motor (ponto 1)

O caudal mássico de carbono que entra no motor para um combustível CH_aO_e calcula-se da seguinte forma:

$$q_{mCf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\varepsilon} \times q_{mf} \quad (102)$$

em que:

q_{mf} é o caudal mássico do combustível, em kg/s.

A.5.3. Caudal de carbono no tubo de escape (ponto 2)

O caudal mássico de carbono no tubo de escape do motor deve ser determinado a partir da concentração de CO₂ bruto e do caudal mássico dos gases de escape:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_e} \quad (103)$$

em que:

$c_{CO_2,r}$ é a concentração, em base húmida, do CO₂ nos gases de escape brutos, em %;

$c_{CO_2,a}$ é a concentração, em base húmida, do CO₂ no ar ambiente, em %;

q_{mew} é o caudal mássico dos gases de escape em base húmida, em kg/s;

M_e é a massa molar dos gases de escape, em g/mol.

Se o CO₂ for medido em base seca, os valores devem ser convertidos para valores em base húmida, conforme o ponto 8.1.

A.5.4. Caudal de carbono no sistema de diluição (ponto 3)

Se se utilizar um sistema de diluição do caudal parcial, a razão da separação deve igualmente ser tida em conta. O caudal mássico de carbono deve ser determinado a partir da concentração do CO₂ diluído, do caudal mássico dos gases de escape e do caudal da amostra:

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO_2,d} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (104)$$

em que:

$c_{CO_2,d}$ é a concentração, em base húmida, do CO₂ nos gases de escape diluídos à saída do túnel de diluição, em %;

$c_{CO_2,a}$ é a concentração, em base húmida, do CO₂ no ar ambiente, em %;

q_{mew} é o caudal mássico dos gases de escape em base húmida, em kg/s;

q_{mp} é o caudal da amostra dos gases de escape que entra no sistema de diluição do caudal parcial, em kg/s;

M_e é a massa molar dos gases de escape, em g/mol.

Se o CO₂ for medido em base seca, os valores devem ser convertidos para valores em base húmida, conforme o ponto 8.1.

A.5.5. Cálculo da massa molar dos gases de escape

A massa molar dos gases de escape deve ser calculada de acordo com a equação 41 (ver ponto 8.4.2.4)

Alternativamente, podem ser utilizadas as seguintes massas molares de gás de escape:

M_e (diesel) = 28,9 g/mol

M_e (LPG) = 28,6 g/mol

M_e (NG) = 28,3 g/mol

APÊNDICE 6

EXEMPLO DO MÉTODO DE CÁLCULO

A.6.1. Procedimento de desnormalização de velocidade e binário

Como exemplo, desnormaliza-se o seguinte ponto de ensaio:

% velocidade = 43 %

% binário = 82 %

Dados os seguintes valores:

n_{lo} = 1 015 min⁻¹

n_{hi} = 2 200 min⁻¹

n_{pref} = 1 300 min⁻¹

n_{idle} = 600 min⁻¹

Obtém-se:

$$\begin{aligned} \text{velocidade real} &= \frac{43 \times (0,45 \times 1015 + 0,45 \times 1300 + 0,1 \times 2200 - 600) \times 2,0327}{100} + 600 \\ &= 1\,178 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

Com o binário máximo de 700 Nm observado na curva do mapeamento a 1 178 min⁻¹

$$\text{Binário real} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

A.6.2. Dados de base para os cálculos estequiométricos:

Massa atómica do hidrogénio	1,00794 g/átomo
Massa atómica do carbono	12,011 g/átomo
Massa atómica do enxofre	32,065 g/átomo
Massa atómica do azoto	14,0067 g/átomo
Massa atómica do oxigénio	15,9994 g/átomo
Massa atómica do árgon	39,9 g/átomo
Massa molar da água	18,01534 g/mol
Massa molar do dióxido de carbono	44,01 g/mol
Massa molar do monóxido de carbono	28,011 g/mol
Massa molar do oxigénio	31,9988 g/mol
Massa molar do azoto	28,011 g/mol
Massa molar do óxido de azoto	30,008 g/mol
Massa molar do dióxido de azoto	46,01 g/mol
Massa molar do dióxido de enxofre	64,066 g/mol
Massa molar do ar seco	28,965 g/mol

Partindo do princípio de que não existem efeitos de compressibilidade, todos os gases a ter em conta no processo de admissão/combustão/escape do motor podem ser considerados ideais e, por conseguinte, quaisquer cálculos volumétricos devem basear-se num volume molar de 22,414 l/mol de acordo com a hipótese de Avogadro.

A.6.3. Emissões gasosas (combustível diesel)

Os dados de medição de um dado ponto do ciclo de ensaio (frequência de amostragem de dados de 1 Hz) para o cálculo das emissões mássicas instantâneas são apresentados em seguida. 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 equivalente propano (C3) e tem de ser multiplicada por 3 para se transformar em equivalente C1. O método de cálculo é idêntico para os outros pontos do ciclo.

Para maior clareza, são apresentados, no exemplo de cálculo, os resultados intermédios arredondados dos diferentes passos. Convém sublinhar que, para o cálculo real, não é permitido arredondar os resultados intermédios (ver ponto 8).

$T_{a,i}$ (K)	$H_{a,i}$ (g/kg)	W_{act} kWh	$q_{mew,i}$ (kg/s)	$q_{maw,i}$ (kg/s)	$q_{mf,i}$ (kg/s)	$c_{HC,i}$ (ppm)	$c_{CO,i}$ (ppm)	$c_{NOx,i}$ (ppm)
295	8,0	40	0,155	0,150	0,005	10	40	500

Considera-se a seguinte composição de combustível:

Componente	Razão molar	% massa
H	$\alpha = 1,8529$	$w_{ALF} = 13,45$
C	$\beta = 1,0000$	$w_{BET} = 86,50$
S	$\gamma = 0,0002$	$w_{GAM} = 0,050$
N	$\delta = 0,0000$	$w_{DEL} = 0,000$
O	$\varepsilon = 0,0000$	$w_{EPS} = 0,000$

Passo 1: Correção em base seca/em base húmida (ponto 8.1):

Equação (16): $k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$

$$\text{Equação (13): } k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

$$\begin{aligned} \text{Equação (12): } c_{CO,i} \text{ (wet)} &= 40 \times 0,9331 &= 37,3 \text{ ppm} \\ c_{NOx,i} \text{ (wet)} &= 500 \times 0,9331 &= 466,6 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Passo 2: Correção quanto à humidade e temperatura dos NO_x (ponto 8.2.1):

$$\text{Equação (23): } k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1000} + 0,832 = 0,9576$$

Passo 3: Cálculo das emissões instantâneas de cada ponto do ciclo (ponto 8.4.2.4):

$$\begin{aligned} \text{Equação (36): } m_{HC,i} &= 10 \times 3 \times 0,155 &= 4,650 \\ m_{CO,i} &= 37,3 \times 0,155 &= 5,782 \\ m_{NOx,i} &= 466,6 \times 0,9576 \times 0,155 &= 69,26 \end{aligned}$$

Passo 4: Cálculo das emissões mássicas durante o ciclo por integração dos valores de emissões instantâneas e dos valores de u do quadro 5 (ponto 8.4.2.4):

Aplica-se a seguinte equação para o ciclo WHTC (1 800 s) e as mesmas emissões em cada ponto do ciclo.

$$\begin{aligned}
 \text{Equação (36): } m_{\text{HC}} &= 0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650 &= 4,01 \text{ g/test} \\
 m_{\text{CO}} &= 0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782 &= 10,05 \text{ g/test} \\
 m_{\text{NOx}} &= 0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26 &= 197,72 \text{ g/test}
 \end{aligned}$$

Passo 5: Cálculo das emissões específicas (ponto 8.6.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Equação (69): } e_{\text{HC}} &= 4,01 / 40 &= 0,10 \text{ g/kWh} \\
 e_{\text{CO}} &= 10,05 / 40 &= 0,25 \text{ g/kWh} \\
 e_{\text{NOx}} &= 197,72 / 40 &= 4,94 \text{ g/kWh}
 \end{aligned}$$

A.6.4. Emissões de partículas (combustível diesel)

$P_{b,b}$ (kPa)	$P_{b,a}$ (kPa)	W_{act} (kWh)	$q_{\text{mew},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mf},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mdw},i}$ (kg/s)	$q_{\text{mdew},i}$ (kg/s)	$m_{\text{uncor},b}$ (mg)	$m_{\text{uncor},a}$ (mg)	m_{sep} (kg)
99	100	40	0,155	0,005	0,0015	0,0020	90,0000	91,7000	1,515

Passo 1: Cálculo de m_{edf} (ponto 8.4.3.2.2):

$$\begin{aligned}
 \text{Equação (48): } r_{d,i} &= \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)} &= 4 \\
 \text{Equação (47): } q_{\text{medf},i} &= 0,155 \times 4 &= 0,620 \text{ kg/s} \\
 \text{Equação (46): } m_{\text{edf}} &= \sum_{i=1}^{1800} 0,620 &= 1,116 \text{ kg/ensaio}
 \end{aligned}$$

Passo 2: Correção de flutuabilidade da massa de partículas (ponto 8.3)

Antes do ensaio:

$$\begin{aligned}
 \text{Equação (26): } \rho_{a,b} &= \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295} &= 1,164 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Equação (25): } m_{f,T} &= 90,0000 \times \frac{(1 - 1,164 / 8000)}{(1 - 1,164 / 2300)} &= 90,0325 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

Depois do ensaio:

$$\begin{aligned}
 \text{Equação (26): } \rho_{a,a} &= \frac{100 \times 28,836}{8,3144 \times 295} &= 1,176 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Equação (25): } m_{f,G} &= 91,7000 \times \frac{(1 - 1,176 / 8000)}{(1 - 1,176 / 2300)} &= 91,7334 \text{ mg} \\
 \text{Equação (27): } m_p &= 91,7334 \text{ mg} - 90,0325 \text{ mg} &= 1,7009 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

Passo 3: Cálculo das emissões mássicas das partículas (ponto 8.4.3.2.2):

$$\text{Equação (45): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7009 \times 1116}{1,515 \times 1000} = 1,253 \text{ g/test}$$

Passo 4: Cálculo das emissões específicas (ponto 8.6.3):

$$\text{Equação (69): } e_{\text{PM}} = 1,253 / 40 = 0,031 \text{ g/kWh}$$

APÊNDICE 7

INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS AUXILIARES E EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE EMISSÕES

Número	Dispositivos auxiliares	Instalados para o ensaio de emissões
1	Sistema de admissão	
	Colector de admissão	Sim
	Sistema de controlo das emissões do cárter	Sim
	Dispositivos de controlo para o sistema de indução dupla do colector de admissão	Sim
	Caudalímetro de ar	Sim
	Conduta de admissão de ar	Sim, ou célula de ensaio
	Filtro de ar	Sim, ou célula de ensaio
	Silencioso da admissão	Sim, ou célula de ensaio
	Dispositivo de limitação da velocidade	Sim
2	Dispositivo de aquecimento por indução do colector de admissão	Sim, se possível, a instalar nas condições mais favoráveis
3	Sistema de escape	
	Colector do escape	Sim
	Tubos de ligação	Sim
	Silenciador	Sim
	Tubo de saída	Sim
	Travão de escape	Não, ou completamente aberto
	Dispositivo de sobrealimentação	Sim
4	Bomba de alimentação de combustível	Sim
5	Equipamento para motores a gás	
	Sistema de controlo electrónico, caudalímetro de ar, etc.	Sim
	Redutor de pressão	Sim
	Evaporador	Sim
	Misturador	Sim
6	Equipamento de injeção de combustível	
	Pré-filtro	Sim
	Filtro	Sim
	Bomba	Sim
	Tubo de alta pressão	Sim
	Injector	Sim
	Válvula de admissão de ar	Sim
	Sistema de controlo electrónico, sensores, etc.	Sim
	Regulador/sistema de controlo	Sim
	Batente automático de plena carga da cremalheira, dependendo das condições atmosféricas	Sim
7	Equipamento de arrefecimento por líquido	
	Radiador	Não
	Ventoinha	Não
	Carenagem da ventoinha	Não
	Bomba de água	Sim
	Termostato	Sim, pode estar fixado completamente aberto

Número	Dispositivos auxiliares	Instalados para o ensaio de emissões
8	Arrefecimento por ar	
	Carenagem	Não
	Ventoinha ou insuflador	Não
	Dispositivo de regulação da temperatura	Não
9	Equipamento eléctrico	
	Gerador	Não
	Bobina ou bobinas	Sim
	Cablagem	Sim
	Sistema de controlo electrónico	Sim
10	Equipamento de sobrealimentação	
	Compressor accionado directamente pelo motor e/ou pelos gases de escape	Sim
	Sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação	Sim, ou sistema de célula de ensaio
	Bomba ou ventoinha de refrigeração (accionada pelo motor)	Não
	Dispositivo de controlo do caudal do líquido de refrigeração	Sim
11	Dispositivo antipoluição (sistema de pós-tratamento dos gases de escape)	Sim
12	Equipamento de arranque	Sim, ou sistema de célula de ensaio
13	Bomba de óleo lubrificante	Sim»

Alterar Anexo 9B

O título passa a ter a seguinte redacção:

«REQUISITOS TÉCNICOS PARA SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO A BORDO (OBD)»

O ponto 1 passa a ter a seguinte redacção:

«1. APLICABILIDADE

O presente anexo aplica-se aos motores diesel ou aos motores a gás (GN ou GPL) para montagem em veículos rodoviários, excluindo os motores bicompostível ou com “duplo combustível”.

Nota: O anexo 9B aplica-se em vez do anexo 9A por decisão das Partes Contratantes, desde que também seja aplicado o anexo 4B. No entanto, caso uma Parte Contratante decida aplicar o presente anexo, alguns requisitos do anexo 9A podem ainda continuar a aplicar-se a pedido explícito dessa Parte Contratante, desde que esses requisitos não estejam em contradição com as especificações do presente anexo.»

O ponto 3.35. passa a ter a seguinte redacção:

«3.35. Por “ciclo de aquecimento”, entende-se um período de funcionamento do motor suficiente para que a temperatura do líquido de arrefecimento aumente, pelo menos, 22 K (22 °C / 40 °F) em relação à temperatura no momento do arranque do motor e atinja uma temperatura mínima de 333 K (60 °C / 140 °F) (2).»

O ponto 3.36. passa a ter a seguinte redacção:

«3.36. Abreviaturas

CV	Ventilação do cárter
DOC	Catalisador de oxidação para motores diesel
DPF	Filtro de partículas para motores diesel, ou colector de partículas, nomeadamente filtro catalítico ou de regeneração contínua (CRT)
DTC	Código de anomalia de diagnóstico
EGR	Recirculação dos gases de escape
HC	Hidrocarboneto
LNT	Filtro de NO _x de mistura pobre (ou absorvedor de NO _x)
GPL	Gás de petróleo liquefeito
MECS	Estratégia antipoluição no caso de anomalias de funcionamento
GN	Gás natural
NO _x	Óxidos de Azoto
OTL	Valores-limite dos OBD
PM	Partículas
SCR	Redução catalítica selectiva
SW	Limpa-ecrãs
TFF	Monitorização da inoperacionalidade total
VGT	Turbocompressor de geometria variável
VVT	Sistema variável de regulação das válvulas»

Ponto 4. Não se aplica à versão portuguesa: «4. REQUISITOS GERAIS No contexto do presente anexo, o sistema OBD deve ser capaz de detectar anomalias, assinalar a sua ocorrência por meio de um indicador ...» O ponto 4.3 passa a ter a seguinte redacção:

«4.3. Disposições aplicáveis ao registo das informações relativas ao sistema OBD

Ao ser detectada uma anomalia ...

Quando uma anomalia confirmada e activa deixar de ser detectada pelo sistema durante uma sequência de funcionamento completa, é registada como previamente activa no início da sequência de funcionamento seguinte, conservando esse estatuto até ser apagada por um analisador ou apagada da memória do computador nos termos do ponto 4.4.»

Ponto 4.7.1.2, alínea l). Não se aplica à versão portuguesa.

O ponto 5.2.3 passa a ter a seguinte redacção:

«5.2.3. Baixo nível de combustível

Os fabricantes podem requerer autorização para desactivar os monitores que sejam afectados no caso de haver baixo nível / baixa pressão de combustível ou nenhum combustível (p. ex., diagnóstico de uma anomalia no sistema de alimentação ou de falhas no estabelecimento do contacto) do seguinte modo:

	DIESEL	GÁS	
		GN	GPL
a) O nível de combustível tido em conta para efeitos dessa desactivação não deve exceder 100 litros ou 20 % da capacidade nominal do reservatório, conforme o que for menor.	X		X
b) A baixa pressão do combustível no reservatório tida em conta para efeitos dessa desactivação não deve exceder 20 % da pressão nominal de combustível no reservatório.		X»	

Aditar um novo ponto 5.2.8 com a seguinte redacção:

«5.2.8. Reabastecimento

Após um reabastecimento, o fabricante de um veículo abastecido com gás pode desactivar temporariamente o sistema OBD, quando o sistema tiver de se adaptar ao reconhecimento pela ECU de uma alteração na qualidade e composição do combustível.

O sistema OBD deve ser reactivado logo que o novo combustível seja reconhecido e os parâmetros do motor estejam novamente regulados. Esta desactivação deve ser limitada a um máximo de 10 minutos.»

O ponto 6 passa a ter a seguinte redacção: [aditamento de uma alínea d)]:

«6. DISPOSIÇÕES EM MATÉRIA DE DEMONSTRAÇÃO

...

d) Procedimento de selecção do combustível de referência no caso de um motor a gás Ponto 6.1.1, alínea a). Não se aplica à versão portuguesa.»

O ponto 6.3 passa a ter a seguinte redacção:

«6.3. Justificação do rendimento do sistema OBD

O fabricante deve ...

Adiante, enumeram-se os requisitos relativos à demonstração do rendimento do sistema OBD, incluindo os requisitos relativos aos ensaios. O número de ensaios deve ser igual a quatro vezes o número de famílias de motores considerados no âmbito da família OBD-emissões, mas não deve ser inferior a 8.

Os monitores seleccionados devem reflectir os tipos diferentes de monitores mencionados no ponto 4.2. (ou seja, monitorização dos valores-limite das emissões, monitorização do rendimento, monitorização da inoperacionalidade total ou monitorização dos componentes) de forma equilibrada. Os monitores seleccionados devem reflectir também as diferentes rubricas constantes do apêndice 3 do presente anexo de forma equilibrada.»

O ponto 6.3.2 passa a ter a seguinte redacção (corrigir também a nota de rodapé 10):

«6.3.2. Admissibilidade de um componente (ou sistema) deteriorado

Este ponto é aplicável aos casos em que a anomalia seleccionada para um ensaio de justificação OBD é monitorizada em função das emissões de escape ⁽¹⁰⁾ (monitorização dos valores-limite das emissões — ver ponto 4.2) e em que o fabricante deve justificar, através de um ensaio de emissões, a admissibilidade desse componente deteriorado.

⁽¹⁰⁾ Numa fase posterior, estas disposições serão alargadas a outros monitores.»

Inserir um novo ponto 6.5 com a seguinte redacção:

«6.5. Procedimento de selecção do combustível de referência no caso de um motor a gás

A justificação do rendimento do sistema OBD e a classificação das anomalias devem ser efectuadas através da utilização de um dos combustíveis de referência mencionados no anexo 5 com o qual o motor foi concebido para funcionar.

A selecção deste combustível de referência é feita pela entidade homologadora, que deve dar ao laboratório de ensaio o tempo suficiente para fornecer o combustível de referência seleccionado.»

O ponto 7.2 passa a ter a seguinte redacção:

«7.2. Ensaio aplicáveis

No contexto do presente anexo:

- a) o ciclo de ensaios de emissões é o ciclo de ensaios utilizado para a medição das emissões regulamentadas ao estabelecer a admissibilidade de um componente ou sistema deteriorado,
- b) o ciclo de ensaios OBD é o ciclo de ensaios utilizado para demonstrar a capacidade dos monitores OBD para detectar anomalias.»

O ponto 7.2.2 passa a ter a seguinte redacção (supressão da expressão «harmonizado a nível mundial»):

«7.2.2. Ciclo de ensaios OBD

O ciclo de ensaios OBD, previsto no presente anexo, constitui a parte do ciclo WHTC efectuada a quente, tal como descrito no anexo 4B.

A pedido do fabricante e após o acordo da entidade homologadora, pode ser utilizado um ciclo de ensaios OBD alternativo (por exemplo, a parte do ciclo WHTC efectuada a frio) para um determinado monitor. O pedido deve ser acompanhado de documentação (elementos técnicos, simulações, resultados de ensaios, etc.) que demonstrem que:

- a) o ciclo de ensaios solicitado é adequado para justificar que a monitorização ocorre em condições reais de condução; e,
- b) a parte do ciclo WHTC efectuada a quente revela ser menos adequada à monitorização em causa (por exemplo, monitorização do consumo de combustível).»

O ponto 8.1.3 passa a ter a seguinte redacção:

«8.1.3. Documentação relativa à família OBD-emissões

...

Além disso, o fabricante deve fornecer uma lista de todos os dados de entrada e de saída, bem como o protocolo de comunicação utilizado por cada uma das famílias OBD- emissões».

No anexo 9B, apêndice 2, correcção do primeiro ponto, passando este a ter a seguinte redacção:

«O presente apêndice visa ilustrar os requisitos estabelecidos nos pontos 4.3 e 4.6.5 do presente anexo.»

O anexo 9B, apêndice 3, passa a ter a seguinte redacção (inserção de uma nova rubrica 15):

«REQUISITOS DE MONITORIZAÇÃO

As rubricas do presente apêndice enumeram os sistemas ou componentes sujeitos a monitorização pelo sistema OBD, nos termos do ponto 4.2. Salvo disposição em contrário, os requisitos aplicam-se tanto a motores diesel como a motores a gás.

RUBRICA 1

MONITORIZAÇÃO DE COMPONENTES ELÉTRICOS/ELECTRÓNICOS

Os componentes eléctricos/electrónicos utilizados para controlar ou monitorizar os sistemas de controlo de emissões descritos no presente apêndice estão sujeitos à “Monitorização de componentes” nos termos do disposto no ponto 4.2 do presente anexo. Estão incluídos (lista não exaustiva) sensores de pressão, sensores de temperatura, sensores de gases de escape e sensores de oxigénio (caso existam), sensores de detonação, injecor(es) de combustível no escape ou injecor(es) de reagente, queimadores de pós-combustão ou elementos de aquecimento, velas de pré-aquecimento e aquecedores do ar de admissão.

Sempre que exista um circuito de controlo por retroalimentação, o sistema OBD deve monitorizar a capacidade do sistema para manter esse controlo tal como projectado (por exemplo, o sistema exerce esse controlo num intervalo de tempo especificado pelo fabricante, não é capaz de exercer esse controlo ou utiliza todas as tolerâncias permitidas pelo fabricante) - monitorização dos componentes.

Nota: Estas disposições aplicam-se a todos os componentes eléctricos e/ou electrónicos, ainda que pertençam a alguns monitores descritos nas outras rubricas do presente apêndice.

RUBRICA 2

SISTEMA DPF

No caso de motores equipados com um sistema DPF, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Substrato DPF: presença de substrato DPF – monitorização da inoperacionalidade total;
- b) Rendimento do DPF: obstrução do DPF – total inoperacionalidade;
- c) Rendimento do DPF: processos de filtração e regeneração (p. ex., acumulação de partículas durante o processo de filtração e remoção de partículas durante um processo de regeneração forçada) – monitorização do rendimento (por exemplo, avaliação das propriedades mensuráveis do DPF tais como a contrapressão ou a pressão diferencial, o que poderá não ser suficiente para detectar todos os defeitos susceptíveis de reduzir o rendimento do filtro).

RUBRICA 3

MONITORIZAÇÃO DA REDUÇÃO CATALÍTICA SELECTIVA (SCR)

Para efeitos desta rubrica, SCR significa redução catalítica selectiva ou outro dispositivo catalisador de NO_x de mistura pobre. No caso de motores equipados com um sistema SCR, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Sistema de injeção de reagente activo/intrusivo: a capacidade do sistema para regular correctamente a injeção de reagente, quer se trate de uma injeção no escape ou nos cilindros - monitorização do rendimento;
- b) Reagente activo/intrusivo: a disponibilidade de reagente a bordo e consumo adequado do reagente, se este não for o combustível (p. ex., ureia) – monitorização do rendimento;
- c) Reagente activo/intrusivo: na medida do possível, a qualidade do reagente, se este não for o combustível (p. ex., ureia) – monitorização do rendimento;
- d) Eficiência de conversão do catalisador SCR: a monitorização da capacidade do catalisador SCR para converter os valores-limite de emissões NO_x.

RUBRICA 4

COLECTOR DE NO_x DE MISTURA POBRE (LNT OU ADSORVEDOR DE NO_x)

No caso de motores equipados com um sistema LNT, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Capacidade LNT: a capacidade de um sistema LNT para adsorver/armazenar e converter NO_x – monitorização do rendimento;
- b) Sistema de injeção de reagente activo/intrusivo LNT: a capacidade do sistema para regular correctamente a injeção de reagente, quer se trate de uma injeção no escape ou nos cilindros – monitorização do rendimento.

RUBRICA 5

MONITORIZAÇÃO DOS CATALISADORES DE OXIDAÇÃO (INCL. CATALISADOR DE OXIDAÇÃO DIESEL – DOC)

Esta rubrica aplica-se a catalisadores de oxidação que sejam distintos de outros sistemas de pós-tratamento. Os catalisadores que façam parte de um sistema de pós-tratamento são abrangidos por outra rubrica adequada do presente apêndice.

No caso de motores equipados com um catalisador de oxidação, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Eficiência da conversão dos HC: a capacidade dos catalisadores de oxidação para converter os HC a montante de outros dispositivos de pós-tratamento - monitorização da inoperacionalidade total;
- b) Eficiência da conversão dos HC: a capacidade dos catalisadores de oxidação para converter os HC a jusante de outros dispositivos de pós-tratamento - monitorização da inoperacionalidade total.

RUBRICA 6

MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DOS GASES DE ESCAPE (EGR)

No caso de motores equipados com um sistema EGR, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

	DIESEL	GÁS
a1) Caudal EGR baixo/elevado: a capacidade de o sistema EGR manter o caudal EGR prescrito, detectando tanto o caudal insuficiente como o caudal excessivo — monitorização dos valores-limite de emissão;	X	
a2) Caudal EGR baixo/elevado: a a capacidade de o sistema EGR manter o caudal EGR prescrito, detectando tanto o caudal insuficiente como o caudal excessivo — monitorização do rendimento; (este requisito de monitorização deverá ser objecto de um exame mais aprofundado)		X
b) Resposta lenta do dispositivo de accionamento EGR: a capacidade de o sistema EGR alcançar o caudal prescrito num dado intervalo de tempo após o accionamento, determinado pelo fabricante - monitorização do rendimento;	X	X
c) Rendimento do banho de arrefecimento do sistema EGR: a capacidade de o sistema de arrefecimento EGR alcançar os resultados prescritos pelo fabricante em matéria de arrefecimento — monitorização do rendimento.	X	X

RUBRICA 7

MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

No caso de motores equipados com um sistema de combustível, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

	DIESEL	GÁS
a) Controlo da pressão do sistema de combustível: a capacidade de o sistema de combustível alcançar a pressão de combustível prescrita em circuito fechado – monitorização do rendimento;	X	
b) Controlo da pressão do sistema de combustível: a capacidade de o sistema de combustível alcançar a pressão de combustível prescrita em circuito fechado, no caso de sistemas que permitam o controlo da pressão independentemente de outros parâmetros – monitorização do rendimento;	X	
c) Regulação da injeção de combustível: a capacidade de o sistema de combustível alcançar a regulação de combustível prescrita pelo menos num dos eventos de injeção, no caso de o motor estar equipado com os sensores adequados – monitorização do rendimento.	X	
d) Sistema de injeção de combustível: a capacidade para manter a relação ar/combustível pretendida (incl., mas não limitada a, características de auto-adaptação) – monitorização do rendimento.		X

RUBRICA 8

SISTEMA DE CONTROLO DA ADMISSÃO DE AR E DA PRESSÃO/SOBREPRESSÃO NO TURBOCOMPRESSOR

No caso de motores devidamente equipados, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos do sistema de controlo da admissão de ar e da pressão/sobrepressão do turbocompressor:

	DIESEL	GÁS
a1) Turbo com pressão insuficiente/excessiva: a capacidade de o sistema do turbocompressor manter a sobrepressão prescrita, detectando tanto a “sobrepressão insuficiente” como a “sobrepressão excessiva” – monitorização dos valores-limite de emissão.	X	
a2) Turbo com pressão insuficiente/excessiva: a capacidade de o sistema do turbocompressor manter a sobrepressão prescrita, detectando tanto a “sobrepressão insuficiente” como a “sobrepressão excessiva” – monitorização do rendimento. (este requisito de monitorização deverá ser objecto de um exame mais aprofundado).		X
b) Resposta lenta da turbina de geometria variável (VGT): a capacidade de o sistema VGT alcançar a geometria prescrita num intervalo de tempo determinado pelo fabricante – monitorização do rendimento.	X	X
c) Arrefecedor do ar de sobrealimentação: o rendimento do sistema de arrefecimento do ar de sobrealimentação – inoperacionalidade total.	X	X

RUBRICA 9

SISTEMA VARIÁVEL DE REGULAÇÃO DE VÁLVULAS (VVT)

No caso de motores equipados com um sistema variável de regulação de válvulas (VVT), o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Erro no objectivo VVT: a capacidade de o sistema VVT alcançar a regulação de válvulas prescrita - monitorização do rendimento.
- b) Resposta lenta VVT: a capacidade de o sistema VVT alcançar a regulação de válvulas prescrita num intervalo de tempo determinado pelo fabricante, no seguimento da monitorização do rendimento da regulação.

RUBRICA 10

DETECÇÃO DE FALHAS DE IGNIÇÃO

	DIESEL	GÁS
a) Não há prescrições.	X	
b) As falhas de ignição podem causar danos no catalisador (por exemplo, mediante a monitorização de uma certa percentagem de falhas de ignição num certo lapso de tempo) – monitorização do rendimento. (este requisito de monitorização deverá ser objecto de um exame mais aprofundado juntamente com as rubricas 6 e 8).		X

RUBRICA 11

MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO DO CÁRTER

Não há prescrições.

RUBRICA 12

MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO DO MOTOR

O sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos do sistema de arrefecimento do motor a fim de garantir um funcionamento adequado:

- a) Temperatura do líquido de arrefecimento do motor (termóstato): os fabricantes de termóstatos bloqueados em posição aberta não precisam de monitorizar o termóstato se a avaria não afectar outros monitores OBD – inoperacionalidade total.

Os fabricantes não precisam de monitorizar a temperatura do líquido de arrefecimento do motor nem o sensor de temperatura do líquido de arrefecimento do motor, se a temperatura ou o sensor em causa não forem utilizados para efeitos de controlo em circuito fechado de quaisquer sistemas de controlo de emissões e/ou não desactivarem nenhum outro monitor.

Os fabricantes têm o direito de suspender ou retardar o monitor o tempo necessário para atingir a temperatura de activação do controlo em circuito fechado, se as condições do motor forem susceptíveis de falsear os resultados do diagnóstico (por exemplo, se o motor funcionar em marcha lenta sem carga durante mais de 50 % a 75 % do tempo de aquecimento previsto).

RUBRICA 13

MONITORIZAÇÃO DOS SENSORES DE GASES DE ESCAPE E DE OXIGÉNIO

O sistema OBD deve monitorizar:

	DIESEL	GÁS
a) No caso de motores que disponham deste equipamento, os componentes eléctricos dos sensores de gases de escape para garantir um funcionamento adequado de acordo com a rubrica 1 do presente apêndice – monitorização dos componentes.	X	X
b) Os sensores de oxigénio primários e secundários (controlo do combustível). Estes sensores são considerados como sensores de gases de escape cujo correcto funcionamento convém monitorizar de acordo com a rubrica 1 do presente apêndice – monitorização dos componentes.		X

RUBRICA 14

MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DA MARCHA LENTA SEM CARGA

O sistema OBD deve monitorizar os componentes eléctricos dos sistemas de controlo da marcha lenta sem carga para garantir um funcionamento adequado de acordo com a rubrica 1 do presente apêndice.

RUBRICA 15

CATALISADOR DE TRÊS VIAS

No caso de motores equipados com um catalisador de três vias, o sistema OBD deve monitorizar os seguintes elementos a fim de garantir um funcionamento adequado:

	DIESEL	GÁS
a) Eficiência de conversão do catalisador de três vias: a capacidade de o catalisador converter os NO _x e o CO – monitorização do rendimento.		X»

O anexo 9B, apêndice 4, passa a ter a seguinte redacção:

«Relatório de conformidade técnica

Este relatório ...

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE FINAL

A documentação e o sistema OBD/família OBD-emissões devem cumprir os requisitos do seguinte regulamento:

Regulamento ... / versão ... / data de aplicação ... / tipo de combustível ...

...»

No anexo 9B, apêndice 4, rubrica 4, ponto 1.1, no quadro, linha «Informação sobre o ensaio», em vez de «combustível de ensaio» deve ler-se «combustível de referência».

O anexo 9B, apêndice 5, quadro 3, passa a ter a seguinte redacção:

«Quadro 3

Informações facultativas se utilizadas pelos dispositivos anti-poluição ou o sistema OBD para activar ou desactivar quaisquer informações OBD

	Trama retida	Fluxo de dados
Nível de combustível ou pressão do combustível no reservatório (conforme o caso)	X	X
Temperatura do óleo do motor	X	X
Velocidade do veículo	X	X
Estado do sistema de adaptação da qualidade do combustível (activo/não activo) no caso de motores a gás		X
Tensão do sistema informático de controlo do motor (microprocessador principal)	X	X»

O anexo 9B, apêndice 5, quadro 4, passa a ter a seguinte redacção:

«Quadro 4

Informações facultativas, no caso de o motor estar equipado para as recolher ou medir

	Trama retida	Fluxo de dados
Valor absoluto da válvula de borboleta ...	X	X
...		
Sinal da sonda de oxigénio		X
Sinal da sonda de oxigénio secundária (quando montada)		X
Sinal do sensor de NO _x		X»

É aditado um novo anexo 9C com a seguinte redacção:

«ANEXO 9C

Requisitos técnicos para avaliar o rendimento em serviço dos sistemas de diagnóstico a bordo (OBD)

1. APLICABILIDADE

Na sua versão actual, o presente anexo aplica-se apenas a veículos rodoviários equipados com um motor diesel.

2. (Reservado)

3. DEFINIÇÕES

3.1. “Rácio de rendimento em serviço”

O rácio de rendimento em serviço (IUPR) de um monitor específico m do sistema OBD é: $IUPR_m = \text{Numerador}_m / \text{Denominador}_m$

3.2. “Numerador”

O numerador de um monitor específico m (numerador_m) é um contador que indica o número de vezes em que um veículo funcionou reunindo todas as condições necessárias à monitorização específica destinada a detectar uma anomalia.

3.3. “Denominador”

O denominador de um monitor específico m (denominador_m) é um contador que indica o número de ocorrências de condução do veículo, tendo em conta as condições próprias desse monitor específico.

3.4. “Denominador geral”

O denominador geral é um contador que indica o número de vezes em que um veículo funcionou, tendo em conta as condições gerais.

3.5. “Contador de ciclos de ignição”

O contador de ciclos de ignição é um contador que indica o número de arranques do motor realizados pelo veículo.

3.6. “Arranque do motor”

Um arranque do motor consiste na ignição ligada, arranque e início da combustão, e está concluído quando a velocidade do motor atinge os 150 min^{-1} abaixo da velocidade normal em marcha lenta sem carga, após aquecimento do motor.

3.7. “Ciclo de condução”

Um ciclo de condução significa uma sequência que consiste no arranque do motor, num período de funcionamento, na paragem do motor e no tempo decorrido até ao próximo arranque.

3.8. Abreviaturas

IUPR Rácio de rendimento em serviço

$IUPR_m$ Rácio de rendimento em serviço de um monitor específico m

4. REQUISITOS GERAIS

O sistema OBD deve ter capacidade para seguir e registar dados de rendimento em serviço (ponto 6) dos monitores OBD especificados neste ponto, de armazenar estes dados na memória do computador e de, a pedido, os comunicar para o exterior (ponto 7).

Os dados de rendimento em serviço de um monitor consistem no numerador e no denominador que permitem calcular o IUPR.

4.1. Monitores IUPR

4.1.1. Grupos de monitores

Os fabricantes devem executar algoritmos de *software* no sistema OBD para seguir e comunicar, individualmente, os dados do rendimento em serviço dos grupos de monitores mencionados no apêndice 1 do presente anexo.

Os fabricantes não são instados a executar algoritmos de *software* no sistema OBD para seguir e comunicar, individualmente, os dados do rendimento em serviço dos monitores que funcionam em contínuo, na acepção do ponto 4.2.3 do anexo 9B, se estes monitores já fizeram parte de um dos grupos de monitores mencionados no apêndice 1 do presente anexo.

Os dados do rendimento em serviço dos monitores associados a diferentes condutas de escape ou conjuntos de motores num grupo de monitores devem ser seguidos e registados separadamente, nos termos do ponto 6, e comunicados nos termos do ponto 7.

4.1.2. Monitores múltiplos

Para cada grupo de monitores cujos dados devem ser comunicados nos termos do ponto 4.1.1, o sistema OBD deve, separadamente, seguir os dados do rendimento em serviço, nos termos do ponto 6, para cada um dos monitores específicos que pertencem a esse grupo.

4.2. Limitação da utilização dos dados do rendimento em serviço

Os dados do rendimento em serviço de um único veículo servem para a avaliação estatística do rendimento em serviço do sistema OBD de um grupo maior de veículos.

Contrariamente aos outros dados OBD, os dados do rendimento em serviço não podem ser utilizados para tirar conclusões sobre a adequação de um determinado veículo à circulação rodoviária.

5. REQUISITOS PARA CALCULAR RÁCIOS DE RENDIMENTO EM SERVIÇO

5.1. Cálculo do rácio de rendimento em serviço

Para cada monitor m considerado no presente anexo, o rácio de rendimento em serviço é calculado com a seguinte fórmula:

$$\text{IUPR}_m = \text{Numerador}_m / \text{Denominador}_m$$

em que o Numerador_m e o Denominador_m são aumentados de acordo com as especificações deste ponto.

5.1.1. Requisitos aplicáveis ao rácio, quando este é calculado e armazenado pelo sistema

Cada rácio IUPR_m deve ter um valor mínimo de zero e um valor máximo de 7,99527, com uma resolução de 0,000122 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Este valor corresponde a um valor hexadecimal máximo de 0xFFFF, com uma resolução 0x1.

O rácio de um componente específico deve ser considerado zero, sempre que o numerador correspondente seja igual a zero e o denominador correspondente não seja zero.

O rácio de um componente específico deve ser considerado o valor máximo de 7,99527, se o denominador correspondente for zero ou se o valor real do numerador dividido pelo denominador exceder o valor máximo de 7,99527.

5.2. Requisitos aplicáveis ao aumento do numerador

O numerador não deve ser aumentado mais de uma vez por ciclo de condução.

O numerador de um monitor específico deve ser aumentado no espaço de 10 segundos, apenas se os seguintes critérios forem cumpridos durante um único ciclo de condução:

- a) Cada condição de monitorização necessária para o monitor do componente específico detectar uma anomalia e armazenar um DTC potencial foi cumprida, incluindo os critérios de habilitação, a presença ou a ausência de DTC relacionados, a duração suficiente do tempo de monitorização e a ordem de prioridade dos diagnósticos (por exemplo, o diagnóstico "A" deve ser executado antes do diagnóstico "B");

Nota: Para efeitos de aumento do numerador de um monitor específico, pode não ser suficiente cumprir todas as condições de monitorização necessárias para que esse monitor determine a ausência de anomalia;

- b) No caso dos monitores que, para detectar uma anomalia, necessitam de fases ou ocorrências múltiplas durante um único ciclo de condução, haverá que cumprir todas as condições de monitorização necessárias para a realização de todas as ocorrências;
- c) No caso dos monitores que são utilizados para a identificação de avarias e que funcionam somente depois de ter sido armazenado um DTC potencial, o numerador e o denominador devem ser os mesmos que os do monitor que detecta a anomalia original;
- d) No caso dos monitores que necessitam de um funcionamento intrusivo para pesquisar a presença de uma anomalia, o fabricante pode apresentar à entidade homologadora um método alternativo para aumentar o numerador. Este método alternativo deverá ser equivalente ao que teria permitido aumentar o numerador, em caso de anomalia.

No caso dos monitores que funcionam ou cuja monitorização termina quando o motor é desligado, o numerador deve ser aumentado no espaço de 10 segundos depois de o monitor ter completado a monitorização e com o motor desligado, ou durante os primeiros 10 segundos que se seguem ao arranque do motor no ciclo de condução subsequente.

5.3. Requisitos aplicáveis ao aumento do denominador

5.3.1. Regras gerais que regem o aumento

O denominador deve ser aumentado uma vez por ciclo de condução, se, durante esse ciclo de condução:

- a) o denominador geral for aumentado de acordo com o ponto 5.4,
- b) o denominador não estiver desactivado de acordo com o ponto 5.6, e
- c) se for caso disso, forem cumpridas as regras de aumento adicionais específicas definidas no ponto 5.3.2.

5.3.2. Regras de aumento adicionais específicas de um monitor

5.3.2.1. Denominador específico para o sistema de evaporação (reservado)

5.3.2.2. Denominador específico para o sistema de ar secundário (reservado)

5.3.2.3. Denominador específico para componentes ou sistemas que apenas funcionam com o arranque do motor

Para além dos requisitos do ponto 5.3.1, alíneas a) e b), o(s) denominador(es) para monitores de componentes ou de sistemas que funcionam apenas com o arranque do motor deve(m) ser aumentado(s), se o componente ou a estratégia for comandado em “on” (ligado) durante um período superior ou igual a 10 segundos.

Para determinar esse período de comando em “on”, o sistema OBD pode não incluir a duração do funcionamento intrusivo de algum dos componentes ou estratégias num estágio posterior do mesmo ciclo de condução exclusivamente para efeitos de monitorização.

5.3.2.4. Denominador específico para componentes ou sistemas que não funcionam em contínuo

Para além dos requisitos do ponto 5.3.1, alíneas a) e b), o(s) denominador(es) para monitores de componentes ou de sistemas que não funcionam em contínuo (por exemplo, sistemas variáveis de regulação das válvulas – VVT - ou válvulas EGR) deve(m) ser aumentado(s), se o componente ou sistema for comandado para funcionar (por exemplo, em posição “on”, “aberto”, “fechado” e “bloqueado”) em duas ou mais ocasiões durante o ciclo de condução, ou durante um período cumulativo superior ou igual a 10 segundos, conforme o que for maior.

5.3.2.5. Denominador específico para o DPF (filtro de partículas diesel)

Para além dos requisitos do ponto 5.3.1, alíneas a) e b), o(s) denominador(es) para o DPF deve(m) ser aumentado(s) em pelo menos um ciclo de condução, se o motor tiver funcionado durante, pelo menos, 800 quilómetros acumulados ou, alternativamente, pelo menos, durante 750 minutos desde a última vez em que o denominador foi aumentado.

5.3.2.6. Denominador específico para os catalisadores de oxidação

Para além dos requisitos do ponto 5.3.1, alíneas a) e b), o(s) denominador(es) dos monitores dos catalisadores de oxidação utilizados para a regeneração activa dos filtros de partículas diesel (DPF) deve(m) ser aumentado(s) durante, pelo menos, um ciclo de condução, se um ciclo de regeneração intervier durante um período superior ou igual a 10 segundos.

5.3.2.7. Denominador específico para os híbridos (reservado)

5.4. Requisitos aplicáveis ao aumento do denominador geral

O denominador geral deve ser aumentado no espaço de 10 segundos, apenas se todos os seguintes critérios forem cumpridos durante um único ciclo de condução:

- a) O tempo acumulado desde o início do ciclo de condução é superior ou igual a 600 segundos, embora permanecendo:
 - i) a uma altitude inferior a 2 500 metros acima do nível do mar
 - ii) a uma temperatura ambiente superior ou igual a 266 K (– 7 °C) e
 - iii) a uma temperatura ambiente inferior ou igual a 308 K (35 °C)
- b) O funcionamento acumulado do motor a 1 150 min⁻¹ ou acima desse limite, durante 300 segundos ou mais, nas condições definidas na anterior alínea a); como alternativas para os fabricantes, pode ser utilizado em vez do critério de 1 150 min⁻¹, o funcionamento do motor a uma carga calculada igual ou superior a 15 %, ou o funcionamento do veículo a uma velocidade igual ou superior a 40 km/h;
- c) O funcionamento contínuo do veículo em marcha lenta sem carga (ou seja, pedal do acelerador libertado pelo condutor e velocidade do veículo inferior ou igual a 1,6 km/h, ou velocidade do motor inferior ou igual a 200 min⁻¹ acima do funcionamento normal em marcha lenta sem carga, após aquecimento do motor) durante 30 segundos ou mais, nas condições definidas na alínea a).

5.5. Requisitos aplicáveis ao aumento do contador de ciclos de ignição

O contador de ciclos de ignição deve ser aumentado uma única vez por arranque do motor.

5.6. Desactivação do aumento dos numeradores, dos denominadores e do denominador geral

5.6.1. No espaço de 10 segundos após a detecção de uma anomalia (ou seja, quando se regista um código DTC potencial ou um DTC confirmado e activo), que desactiva um monitor, o sistema OBD deve desactivar os aumentos seguintes do numerador e denominador correspondentes a cada monitor desactivado.

Quando deixa de ser detectada a anomalia (por exemplo, o código DTC potencial é apagado por auto-limpeza (*self-clearing*) ou através de um comando do analisador), o aumento de todos os numeradores e denominadores correspondentes deve recomeçar no espaço de 10 segundos.

5.6.2. No espaço de 10 segundos após o início do funcionamento de uma unidade de tomada de potência (PTO) que desactive um monitor como permitido no ponto 5.2.5 do anexo 9B, o sistema OBD deve desactivar os aumentos seguintes do numerador e denominador correspondentes a cada monitor desactivado.

Quando o funcionamento da PTO terminar, o aumento de todos os numeradores e denominadores correspondentes deve recomeçar no espaço de 10 segundos.

5.6.3. No caso de uma anomalia (ou seja, quando se regista um código DTC potencial ou um DTC confirmado e activo) que impeça que se determine se os critérios para o denominador_m de um monitor m mencionado no ponto 5.3 foram cumpridos ⁽¹⁾, o sistema OBD deve desactivar o aumento seguinte do numerador_m e do denominador_m no espaço de 10 segundos.

O aumento do numerador_m e do denominador_m deve recomeçar no espaço de 10 segundos após o desaparecimento da anomalia (por exemplo, o código pendente foi apagado através da autolimpeza (*self-clearing*) ou através de um comando do analisador).

5.6.4. No caso de uma anomalia (ou seja, quando se regista um código DTC potencial ou um DTC confirmado e activo) que impeça que se determine se os critérios para o denominador geral mencionado no ponto 5.4 foram cumpridos ⁽²⁾, o sistema OBD deve desactivar o aumento seguinte do denominador geral no espaço de 10 segundos.

O aumento do denominador geral deve recomeçar no espaço de 10 segundos após o desaparecimento da anomalia (por exemplo, o código pendente foi apagado através da autolimpeza (*self-clearing*) ou através de um comando do analisador).

O aumento do denominador geral não pode ser desactivado noutras condições.

6. REQUISITOS PARA SEGUIMENTO E REGISTO DE DADOS DE RENDIMENTO EM SERVIÇO

Para cada grupo de monitores constantes do apêndice 1 do presente anexo, o sistema OBD deve, separadamente, seguir numeradores e denominadores para cada um dos monitores específicos constantes do apêndice 3 do anexo 9B e que pertencem a esse grupo.

Deve comunicar apenas o numerador e denominador correspondentes do monitor específico que apresenta a mais baixa relação numérica.

Se dois ou mais monitores específicos tiverem rácios idênticos, o numerador e denominador correspondentes do monitor específico que apresentar o denominador mais alto deve ser comunicado relativamente ao grupo específico de monitores.

⁽¹⁾ por exemplo, velocidade do veículo / velocidade do motor / carga calculada, temperatura ambiente, altitude, funcionamento em marcha lenta sem carga ou período de funcionamento.

⁽²⁾ O fabricante está autorizado a usar um ecrã adicional para diagnóstico a bordo, por exemplo um dispositivo de vídeo montado no painel de instrumentos, para aceder aos dados do rendimento em serviço. Os dispositivos adicionais não estão sujeitos ao disposto no presente anexo.

Para determinar sem desvios a mais baixa relação de um grupo, devem ser tomados em consideração apenas os monitores especificamente mencionados nesse grupo (por exemplo, um sensor NO_x, quando for utilizado para fazer funcionar um dos monitores constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 3 “SCR”, será tomado em consideração no grupo de monitores “sensores de gases de escape” e não no grupo de monitores “SCR”).

O sistema OBD deve igualmente seguir e comunicar o denominador geral e o contador de ciclos de ignição.

Nota: Nos termos do ponto 4.1.1, os fabricantes não são instados a executar algoritmos de *software* no sistema OBD para seguir e comunicar, individualmente, os numeradores e os denominadores dos monitores que funcionam em contínuo.

7. REQUISITOS PARA ARMAZENAMENTO E COMUNICAÇÃO DE DADOS DE RENDIMENTO EM SERVIÇO

A comunicação dos dados de rendimento em serviço constitui um novo caso de utilização e não está incluída nos três casos de utilização existentes, que são dedicados à presença de eventuais anomalias.

7.1. Informações relativas a dados de rendimento em serviço

As informações relativas a dados de rendimento em serviço registadas pelo sistema OBD devem poder ser consultadas a partir do exterior de acordo com o ponto 7.2.

Estas informações permitirão às entidades homologadoras dispor dos dados de rendimento em serviço.

O sistema OBD deve apresentar toda a informação (em função da norma aplicável nos termos do apêndice 6) para que o equipamento de ensaio externo (IUPR) possa assimilar os dados e transmitir ao inspector as informações seguintes:

- a) o número de identificação do veículo (NIV);
- b) o numerador e o denominador de cada grupo de monitores registados pelo sistema de acordo com o ponto 6;
- c) o denominador geral;
- d) o valor do contador de ciclos de ignição;
- e) o total de horas de funcionamento do motor.

Estes dados só podem ser consultados (ou seja, não é possível apagá-los).

7.2. Acesso a dados de rendimento em serviço

O acesso a dados de rendimento em serviço processa-se exclusivamente em conformidade com as normas indicadas no anexo 9B, apêndice 6, bem como com as disposições que se seguem ⁽¹⁾.

O acesso aos dados de rendimento em serviço não deve depender de nenhum código de acesso, nem de outro dispositivo ou método disponível apenas junto do fabricante ou dos seus fornecedores. A interpretação dos dados de rendimento em serviço não deve exigir nenhuma descodificação, excepto se essa informação estiver acessível ao público.

O método de acesso (ou seja, o ponto/nó de acesso) aos dados de rendimento em serviço deve ser o mesmo que o utilizado para aceder à totalidade da informação OBD. Este método deve permitir o acesso a todos os dados de rendimento em serviço exigidos pelo presente anexo.

⁽¹⁾ O fabricante está autorizado a usar um ecrã adicional de diagnóstico a bordo, por exemplo um dispositivo de vídeo montado no painel de instrumentos, para aceder aos dados do rendimento em serviço. Estes dispositivos adicionais não estão sujeitos aos requisitos do presente anexo.

7.3. Re-inicialização dos dados de rendimento em serviço

7.3.1. Reposição em zero

Cada contador deve ser repostado em zero apenas no caso em que se apague a memória de acesso aleatório não-volátil (NVRAM) (por exemplo, episódio de reprogramação). Os contadores não podem ser repostos em zero em quaisquer outras circunstâncias, incluindo quando é recebido um comando de um analisador para limpar os códigos de anomalia.

7.3.2. Reposição em zero, em caso de saturação de memória

Se o numerador ou o denominador de um monitor específico atingir o valor de $65\,535 \pm 2$, ambos os números devem ser divididos por dois antes de voltarem a ser aumentados para evitar problemas de saturação.

Se o contador de ciclos de ignição atingir o valor máximo de $65\,535 \pm 2$, o contador de ciclos de ignição pode ser reiniciado e aumentado para zero durante o ciclo de ignição seguinte, para evitar problemas de saturação.

Se o denominador geral atingir o valor máximo de $65\,535 \pm 2$, o denominador geral pode ser reiniciado e aumentado para zero durante o ciclo de condução seguinte, desde que este cumpra a definição do denominador geral, para evitar problemas de saturação.

APÊNDICE 1

GRUPOS DE MONITORES

Os grupos de monitores considerados no presente anexo são os seguintes:

A. Catalisadores de oxidação

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 5.

B. Sistemas de redução catalítica selectiva (SCR)

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 3.

C. Sensores de gases de escape e sensores de oxigénio

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 13.

D. Sistemas EGR e VVT

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubricas 6 e 9.

E. Sistemas DPF

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 2.

F. Sistema de controlo da pressão do turbocompressor

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 8.

G. Adsorvedor de NO_x

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 4.

H. Catalisador de três vias

Os monitores específicos desse grupo são os constantes do anexo 9B, apêndice 3, rubrica 15.

I. Sistemas de evaporação (reservado)

J. Sistema de ar secundário (reservado)

Um monitor específico deve pertencer apenas a um destes grupos.»

É aditado um novo anexo 10 com a seguinte redacção:

«ANEXO 10

REQUISITOS TÉCNICOS SOBRE EMISSÕES FORA DE CICLO (OCE)

1. APLICABILIDADE

O presente anexo estabelece requisitos, baseados no rendimento, sobre emissões fora de ciclo e proíbe estratégias manipuladoras para veículos pesados e motores de veículos pesados, com a finalidade de alcançar o controlo eficaz das emissões numa gama ampla de condições ambientes de funcionamento de motores encontradas durante o funcionamento normal destes veículos.

2. Reservado ⁽¹⁾.

3. DEFINIÇÕES

3.1. “Estratégia auxiliar em matéria de emissões (AES)”, uma estratégia em matéria de emissões que se torna activa e substitui ou altera uma estratégia de base em matéria de emissões com objectivo(s) específico(s) e em resposta a um conjunto específico de condições ambientes e/ou de funcionamento e apenas continua operacional enquanto essas condições existirem.

3.2. “Estratégia de base em matéria de emissões (BES)”, uma estratégia em matéria de emissões que se mantém activa durante toda a gama operacional de velocidades e cargas do motor, excepto no caso de actuação de uma AES.

3.3. “Estratégia manipuladora”, uma estratégia em matéria de emissões que não cumpre os requisitos de rendimento e uma estratégia de base e/ou de uma estratégia auxiliar em matéria de emissões, tal como especificada no presente anexo.

3.4. “Elemento de projecto”:

- a) sistema do motor;
- b) qualquer sistema de controlo incluindo: *software* para computadores; sistemas de controlo electrónico e sistemas lógicos dos computadores;
- c) qualquer calibração do sistema de controlo; ou
- d) os resultados de qualquer interacção dos sistemas.

3.5. “Estratégia em matéria de emissões”, um elemento ou conjunto de elementos de projecto que está incorporado no projecto global de um sistema de motor ou de um veículo e é utilizado para o controlo de emissões.

3.6. “Sistema de controlo de emissões”, os elementos de projecto e as estratégias em matéria de emissões desenvolvidos ou calibrados para efeitos do controlo de emissões.

3.7. “Família de motores”, um agrupamento, pelo fabricante, de motores definido no gtr, n.º 4 ⁽²⁾.

3.8. “Arranque do motor”, o processo desde o início do arranque do motor até o motor alcançar uma velocidade de 150 min⁻¹ abaixo do normal, em marcha lenta sem carga, após aquecimento do motor (como determinado na posição engatada em veículos equipados com transmissão automática).

⁽¹⁾ A numeração do presente anexo é coerente com a numeração do OCE gtr. No entanto, alguns pontos do OCE gtr não são necessários no presente anexo.

⁽²⁾ Métodos de ensaio para motores de ignição por compressão e motores de ignição comandada alimentados a gás natural (GN) ou a gás de petróleo liquefeito (GPL) no que diz respeito às emissões de poluentes (estabelecidos no registo global em 15 de Novembro de 2006). As referências ao gtr n.º 4 remetem para o documento estabelecido em 15 de Novembro de 2006. As alterações posteriores ao WHDC gtr terão de ser reavaliadas relativamente à sua aplicabilidade ao presente anexo.

- 3.9. “Sistema do motor”, o motor, o sistema de controlo de emissões e a interface de comunicação (*hardware* e mensagens) entre a(s) unidade(s) de controlo electrónico do motor e qualquer outro grupo motopropulsor ou unidade de controlo do veículo.
- 3.10. “Aquecimento do motor”, um período de funcionamento do motor suficiente para que a temperatura do líquido de arrefecimento atinja uma temperatura mínima de 70 °C.
- 3.11. “Regeneração periódica”, o processo de regeneração de um sistema de pós-tratamento dos gases de escape que ocorre periodicamente em menos de 100 horas de funcionamento normal do motor.
- 3.12. “Velocidade nominal”, a velocidade máxima a plena carga admitida pelo regulador, conforme especificada pelo fabricante na documentação comercial e no manual de serviço, ou, na ausência de regulador, a velocidade a que o motor pode atingir a potência máxima, tal como especificado pelo fabricante na documentação comercial e no manual de serviço.
- 3.13. “Emissões regulamentadas”, “gases poluentes”, definidos como o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos e/ou os hidrocarbonetos não metânicos (supondo uma proporção de $\text{CH}_{1,85}$ para o gasóleo, de $\text{CH}_{2,525}$ para o GPL e de $\text{CH}_{2,93}$ para o GN e a “molécula” $\text{CH}_3\text{O}_{0,5}$ para os motores diesel a etanol), o metano (supondo uma proporção de CH_4 para o GN) e os óxidos de azoto, estes últimos expressos em equivalentes de dióxido de azoto (NO_2), e “partículas” (PM), definidas como as matérias recolhidas num meio filtrante com características específicas, após diluição dos gases de escape com ar limpo filtrado até se obter uma temperatura compreendida entre 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C), medida num ponto imediatamente a montante do filtro, tratando-se essencialmente de carbono, de hidrocarbonetos condensados, bem como de sulfatos associados à água.

4. REQUISITOS GERAIS

Todos os sistemas de motor e os elementos de projecto susceptíveis de afectar as emissões dos poluentes regulamentados devem ser concebidos, construídos, montados e instalados de modo a permitir que o motor e o veículo cumpram as disposições do presente anexo.

4.1. Proibição de estratégias manipuladoras

Os sistemas de motor e os veículos não devem ser equipados com uma estratégia manipuladora.

4.2. Requisito harmonizado a nível mundial de limites de emissões a não ultrapassar

O presente anexo exige que os sistemas de motor e os veículos cumpram os valores-limite de emissão WNTE descritos no ponto 5.2. No que se refere aos ensaios em laboratório efectuados de acordo com o ponto 7.4, nenhum resultado de ensaio deve ultrapassar os limites de emissões definidos no ponto 5.2.

5. REQUISITOS DE RENDIMENTO

5.1. Estratégias em matéria de emissões

As estratégias em matéria de emissões devem ser concebidas de modo a permitir que o sistema de motor, em utilização normal, cumpra as disposições do presente anexo. A utilização normal não está limitada às condições de utilização, especificadas no ponto 6.

5.1.1. Requisitos relativos às estratégias de base em matéria de emissões (BES)

Uma BES não deve distinguir entre o funcionamento num ensaio de homologação de tipo ou de certificação e outro tipo de funcionamento, nem proporcionar um nível inferior de controlo de emissões em condições não substancialmente incluídas nos ensaios de homologação ou nos ensaios de certificação aplicáveis.

5.1.2. Requisitos aplicáveis a estratégias auxiliares em matéria de emissões (AES)

Uma AES não deve reduzir a eficácia do controlo de emissões relativa a uma BES em circunstâncias susceptíveis de se verificar durante o funcionamento e a utilização normais do veículo, a não ser que o AES cumpra uma das seguintes excepções específicas:

- a) O seu funcionamento está substancialmente incluído nos ensaios aplicáveis de homologação ou certificação, incluindo o disposto no WNTe, ponto 7;
- b) É activada para efeitos de protecção do motor e/ou do veículo contra danos ou acidentes;
- c) É activada apenas durante o arranque do motor ou o aquecimento, tal como são definidos no presente anexo;
- d) O seu funcionamento é utilizado para compensar uma redução do controlo de um tipo de emissões regulamentadas para manter o controlo de outro tipo de emissões regulamentadas em condições ambientais ou de funcionamento específicas não substancialmente incluídas nos ensaios de homologação ou de certificação. Os efeitos globais de uma AES deste tipo devem ser a compensação de eventuais efeitos de condições ambientais extremas, permitindo um controlo aceitável de todas as emissões regulamentadas.

5.2. Limites harmonizados a nível mundial a não ultrapassar pelas emissões de escape gasosas e de partículas

5.2.1. As emissões de escape não devem exceder os limites de emissão WNTe aplicáveis, definidos no ponto 5.2.2, quando o motor funcionar em conformidade com as condições e procedimentos previstos nos pontos 6 e 7.

5.2.2. Os limites de emissões WNTe aplicáveis são determinados do seguinte modo:

Limite de emissões WNTe = limite de emissões WHTC + componente WNTe

em que:

“Limite de emissões WHTC” é o limite de emissões (EL) com base no qual o motor é homologado nos termos do WHDC gtr; e

“Componente WNTe” é determinado pelas equações 1 a 4 do ponto 5.2.3.

5.2.3. Os componentes WNTe aplicáveis determinam-se com as seguintes equações, quando os EL forem expressos em g/kWh:

Para os NO_x: Componente WNTe = 0,25 × EL + 0,1 (1);

Para os HC: Componente WNTe = 0,15 × EL + 0,07 (2);

Para os CO: Componente WNTe = 0,20 × EL + 0,2 (3);

Para as partículas: Componente WNTe = 0,25 × EL + 0,003 (4).

Quando os EL aplicáveis forem expressos em unidades diferentes de g/kWh, as constantes aditivas nas equações devem ser convertidas de g/kWh para unidades adequadas.

O componente WNTe deve ser arredondado para o número de casas decimais indicado pelo EL aplicável, de acordo com o método de arredondamento da norma ASTM E 29-06.

6. CONDIÇÕES AMBIENTES E DE FUNCIONAMENTO APLICÁVEIS

Os limites de emissões WNTe devem aplicar-se a:

- a) Todas as pressões atmosféricas superiores ou iguais a 82,5 kPa;
- b) Todas as temperaturas inferiores ou iguais à temperatura determinada pela equação 5 à pressão atmosférica especificada:

$$T = -0,4514 \times (101,3 - p_b) + 311 \quad (5)$$

em que:

T é a temperatura do ar ambiente, em K;

p_b é a pressão atmosférica, em kPa;

- c) Todas as temperaturas do líquido de arrefecimento do motor superiores a 343 K (70 °C).

As condições de pressão atmosférica e de temperatura ambientes aplicáveis estão ilustradas na figura 1.

Gama de pressões atmosféricas e de temperaturas WNTe

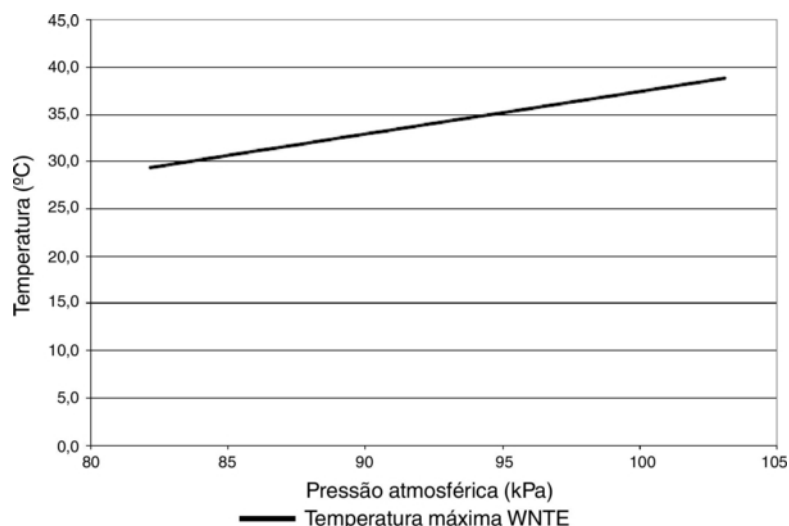


Figura 1:

Ilustração das condições de pressão atmosférica e de temperatura

7. METODOLOGIA HARMONIZADA A NÍVEL MUNDIAL DE NÃO ULTRAPASSAGEM DE LIMITES DE EMISSÕES (WNTe)

7.1. Zona de controlo WNTe

A zona de controlo WNTe consiste na velocidade do motor e nos pontos de carga definidos nos pontos 7.1.1 a 7.1.6. A figura 2 ilustra um exemplo de zona de controlo WNTe.

7.1.1. Gama de velocidades do motor

A zona de controlo WNTe deve incluir todas as velocidades de funcionamento entre a distribuição cumulativa das velocidades do percentil 30 durante o ciclo de ensaio WHTC, incluindo a marcha lenta sem carga, (n_{30}) e a mais alta velocidade em que a potência corresponde a 70 % do seu valor máximo (n_{hi}). A figura 3 apresenta um exemplo da distribuição cumulativa das frequências de velocidade WNTe para um motor específico.

7.1.2. Gama de binários do motor

A zona de controlo WNTe deve incluir todos os pontos de carga do motor com um valor de binário superior ou igual a 30 % do binário máximo desenvolvido pelo motor.

7.1.3. Gama de potências do motor

Sem prejuízo do disposto nos pontos 7.1.1 e 7.1.2, a velocidade e os pontos de carga inferiores a 30 % da potência máxima desenvolvida pelo motor devem ser excluídos da zona de controlo WNTe para todas as emissões.

7.1.4. Aplicação do conceito de família de motores

Em princípio, qualquer motor de uma família com uma curva única de binário/potência tem a sua zona de controlo WNTe individual. Para o ensaio em serviço, deve utilizar-se a zona individual de controlo WNTe do respectivo motor. Para os ensaios de homologação ou de certificação nos termos do conceito de família de motores do WHDC gtr, o fabricante pode eventualmente aplicar uma única zona de controlo WNTe para a família de motores ao abrigo das seguintes disposições:

- Pode ser utilizada uma única gama de velocidades do motor da zona de controlo WNTe; se as velocidades do motor medidas n_{30} e n_{hi} se situarem em $\pm 3\%$ das velocidades do motor declaradas pelo fabricante. Se a tolerância for excedida em relação a qualquer uma das velocidades do motor, utilizam-se as velocidades do motor medidas para determinar a zona de controlo WNTe;
- Pode ser utilizada uma única gama de binário/potência do motor da zona de controlo WNTe, se abranger a gama completa, desde a potência mais elevada à mais baixa da família. Alternativamente, é permitido o agrupamento das potências do motor em diferentes zonas de controlo WNTe.

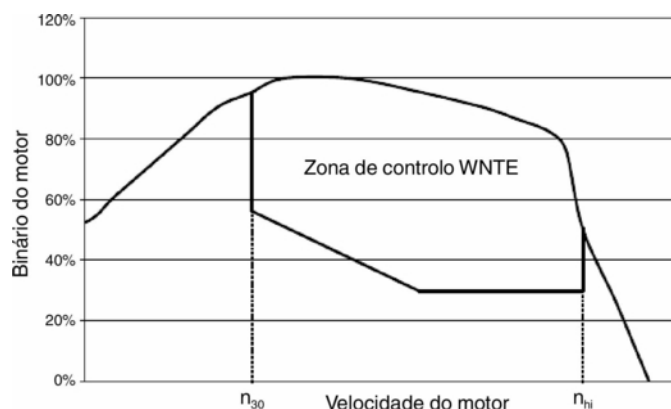


Figura 2:

Exemplo de zona de controlo WNTe

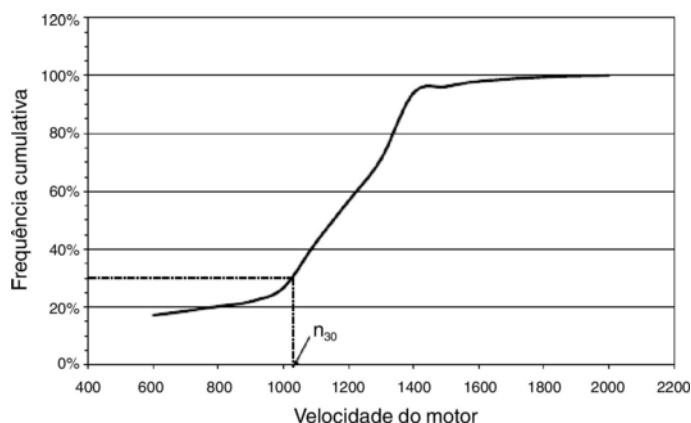


Figura 3:

Exemplo de distribuição cumulativa WNTe das frequências de velocidades

7.1.5. Derrogação ao cumprimento de certos pontos de funcionamento WNTe

O fabricante pode solicitar que a entidade homologadora exclua certos pontos de funcionamento da zona de controlo WNTe definida nos pontos 7.1.1 a 7.1.4 durante a homologação/certificação. A entidade homologadora pode conceder esta derrogação, se o fabricante demonstrar que o motor nunca pode funcionar em tais pontos, quando for utilizado em qualquer combinação de veículos.

7.2. Duração mínima harmonizada de um episódio WNT e frequência de amostragem de dados

7.2.1. Para verificar o cumprimento dos limites de emissões WNTe especificados no ponto 5.2, o motor deve funcionar na zona de controlo WNTe definida no ponto 7.1, e as suas emissões devem ser medidas e integradas durante um período mínimo de 30 segundos. Um episódio WNTe é definido como um único conjunto de emissões integradas durante um lapso de tempo. Por exemplo, se o motor funcionar durante 65 segundos consecutivos na zona de controlo WNTe e em condições ambientes, tal constituiria um único episódio WNTe e poder-se-ia calcular a média das emissões durante todo o período de 65 segundos. No caso de ensaio em laboratório, o lapso de tempo de integração deve ser de 7,5 segundos.

7.2.2. Para os motores equipados com dispositivos de controlo de emissões que incluam uma regeneração periódica, se um episódio de regeneração ocorrer durante o ensaio WNTe, o período de cálculo da média deve ser, pelo menos, tão longo quanto o período entre os episódios de regeneração, multiplicado pelo número de episódios de regeneração completos ocorridos durante o período de amostragem. Este requisito aplica-se apenas aos motores que enviam um sinal electrónico indicando o início do episódio de regeneração.

7.2.3. Um episódio WNTe é uma sequência de dados recolhidos na frequência de, pelo menos, 1 Hz com o motor em funcionamento na zona de controlo WNTe durante o período mínimo do episódio ou um período superior. Deve ser calculada a média dos dados medidos sobre as emissões durante cada episódio WNTe.

7.3. Ensaio em serviço WNTe

Se as disposições do presente anexo forem utilizadas como base para os ensaios em serviço, o motor deve funcionar em condições reais de utilização. Os resultados de ensaio constantes do conjunto completo de dados que cumprem o disposto nos pontos 6, 7.1 e 7.2 devem servir para verificar o cumprimento dos limites de emissões WNTe especificados no ponto 5.2. É evidente que as emissões durante alguns episódios WNTe podem não cumprir os limites de emissões WNTe. Por conseguinte, deveriam ser definidos e aplicados métodos estatísticos para verificar o cumprimento dos limites de acordo com os pontos 7.2 e 7.3.

7.4. Ensaio laboratorial WNTe

Se as disposições do presente anexo forem utilizadas como base para os ensaios em laboratório, deve aplicar-se a disposição seguinte:

7.4.1. As emissões mássicas específicas de poluentes regulamentados devem ser identificadas com base em pontos de ensaio definidos aleatoriamente, distribuídos pela zona de controlo WNTe. Todos os pontos de ensaio devem estar contidos em 3 quadrículas escolhidas aleatoriamente na zona de controlo. A grelha deve comportar 9 quadrículas para motores com uma velocidade nominal inferior a $3\,000\text{ min}^{-1}$ e 12 quadrículas para motores com uma velocidade nominal superior ou igual a $3\,000\text{ min}^{-1}$. As grelhas são definidas como se segue:

- Os limites exteriores da grelha estão alinhados pela zona de controlo WNTe;
- 2 linhas verticais espaçadas a igual distância entre as velocidades do motor n_{30} e n_{hi} para 9 quadrículas, ou 3 linhas verticais espaçadas a igual distância entre as velocidades do motor n_{30} e n_{hi} para 12 quadrículas; e
- 2 linhas espaçadas a igual distância do binário do motor (1/3) em cada linha vertical dentro da zona de controlo WNTe.

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se exemplos de grelhas aplicadas a motores específicos.

- 7.4.2. Cada uma das 3 quadrículas seleccionadas deve incluir 5 pontos de ensaio aleatórios, pelo que devem ser ensaiados um total de 15 pontos aleatórios na zona de controlo WNT. Cada quadrícula deve ser ensaiada sequencialmente; por conseguinte, os 5 pontos de uma quadrícula são ensaiados antes de se passar à quadrícula seguinte. Os pontos de ensaio são combinados num único ciclo em condições estabilizadas com rampas de transição.
- 7.4.3. A ordem em que cada quadrícula é ensaiada e a ordem do ensaio dos pontos na quadrícula são determinadas aleatoriamente. As 3 quadrículas a ensaiar, os 15 pontos de ensaio, a ordem de ensaio das quadrículas e a ordem dos pontos numa quadrícula devem ser seleccionados pela entidade homologadora ou de certificação, utilizando métodos estatísticos reconhecidos de amostragem aleatória.
- 7.4.4. Quando medida durante qualquer ciclo numa quadrícula com 5 pontos de ensaio, a média das emissões mássicas específicas dos poluentes gasosos regulamentados não deve exceder os valores-limite WNT definidos no ponto 5.2.
- 7.4.5. Quando medida durante todo o ciclo de ensaio com 15 pontos, a média das emissões mássicas específicas dos poluentes de partículas regulamentados não deve exceder os valores-limite WNT definidos no ponto 5.2.
- 7.5. Método de ensaio laboratorial
- 7.5.1. Após finalização do ciclo WHSC, o motor deve ser pré-condicionado segundo o modo 9 do WHSC por um período de três minutos. A sequência de ensaio deve começar imediatamente após a conclusão da fase de pré-condicionamento.
- 7.5.2. O motor deve funcionar durante 2 minutos em cada ponto de ensaio aleatório. Este tempo inclui a rampa de transição do ponto estabilizado anterior. As transições entre os pontos de ensaio devem ser lineares em relação à velocidade e à carga do motor e devem durar 20 segundos \pm 1 s.
- 7.5.3. O tempo de ensaio total, desde o início até ao fim, deve ser de 30 minutos. O ensaio de cada conjunto de 5 pontos seleccionados aleatoriamente numa quadrícula deve durar 10 minutos, medidos desde o início da rampa de acesso ao primeiro ponto até ao fim da medição, em condições estabilizadas, no quinto ponto. A figura 5 apresenta a sequência do método de ensaio.
- 7.5.4. O ensaio de laboratório WNT deve satisfazer as estatísticas de validação do ponto 7.7.2 do WHDC gtr.
- 7.5.5. A medição das emissões deve ser realizada em conformidade com o ponto 7.8 do WHDC gtr.
- 7.5.6. O cálculo dos resultados do ensaio deve ser realizado em conformidade com o ponto 8. do WHDC gtr.

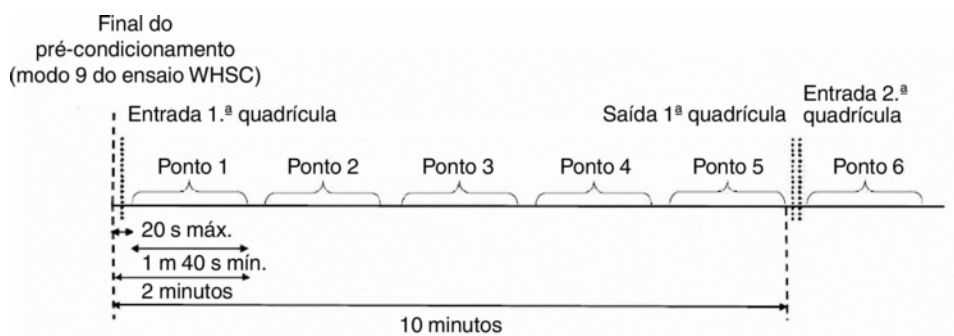
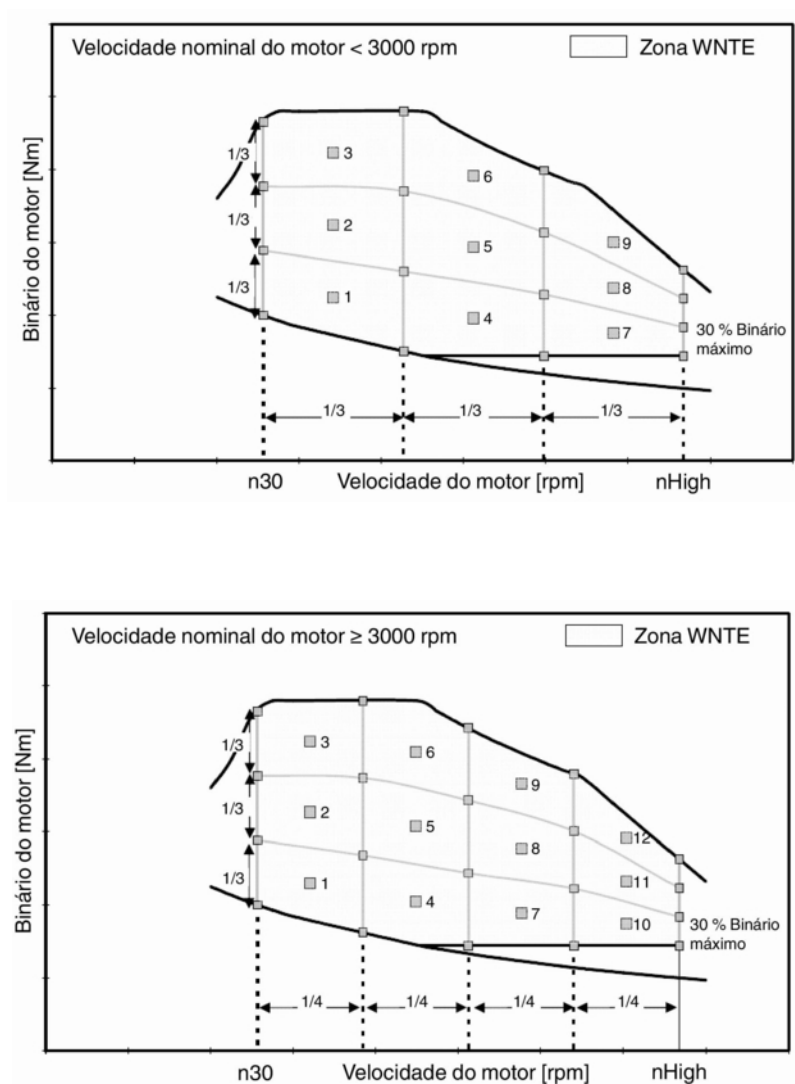


Figura 4:

Exemplo esquemático do início do ciclo de ensaio WNT



7.6. Arredondamentos

Cada resultado final de ensaio é arredondado, numa só vez, ao número de casas decimais indicado pela norma de emissões aplicável WHDC mais um algarismo adicional significativo, em conformidade com a norma ASTM E 29-06. Não é permitido arredondar os valores intermédios para obter o resultado final no que se refere a emissões específicas.

8. DEFICIÊNCIAS WNT

O conceito de uma deficiência é permitir a um motor ou veículo ser certificado como estando conforme a um regulamento, apesar de alguns requisitos específicos, de alcance limitado, não serem inteiramente cumpridos. Uma cláusula de deficiência WNTÉ permitiria a um fabricante solicitar uma isenção dos requisitos WNTÉ em matéria de emissões em certas condições, tais como temperaturas ambiente extremas e/ou condições de funcionamento difíceis em que os veículos não acumulem uma quilometragem significativa.

9. ISENÇÕES WNT

O conceito de isenção WNTÉ é um conjunto de condições técnicas em que não se aplicam os limites de emissões WNTÉ previstos no presente anexo. Uma isenção WNTÉ aplica-se a todos os fabricantes de motores e de veículos.

Pode ser decidido conceder uma isenção WNTÉ, designadamente aquando da introdução de limites de emissões mais rigorosos. Por exemplo, pode ser necessária uma isenção WNTÉ se a entidade homologadora considerar que determinado funcionamento do motor ou do veículo na zona de controlo WNTÉ não permite cumprir os limites de emissões WNTÉ. Em tal caso, a entidade homologadora pode decidir que não é necessário que os fabricantes de motores solicitem a aplicação de uma cláusula de deficiência WNTÉ para esse funcionamento e que convém conceder uma isenção WNTÉ. A entidade homologadora pode definir o âmbito da isenção no que diz respeito aos requisitos WNTÉ, assim como o período de tempo em que a isenção se aplica.

10. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE EM MATÉRIA DE EMISSÕES FORA DE CICLO

Aquando do pedido de homologação ou de certificação, o fabricante deve fornecer uma declaração indicando que a família de motores ou o veículo cumpre os requisitos deste Anexo. Para além desta declaração, o cumprimento dos limites WNTÉ deve ser verificado através de ensaios e procedimentos de certificação adicionais definidos pelas Partes Contratantes.

10.1. Exemplo de declaração de conformidade em matéria de emissões fora de ciclo

Eis um exemplo de uma declaração de conformidade:

“(Nome do fabricante) atesta que os motores desta família de motores cumprem todos os requisitos do presente anexo. (Nome do fabricante) faz esta declaração de boa fé, após ter procedido a uma avaliação técnica adequada do rendimento em matéria de emissões dos motores da referida família de motores relativamente a um conjunto de condições de funcionamento e ambiente.”

10.2. Base para a declaração de conformidade em matéria de emissões fora de ciclo

O fabricante deve conservar nas suas instalações os registos de todos os dados relativos aos ensaios, análises técnicas e outras informações que representam a base para a declaração de conformidade OCE. O fabricante deve facultar tal informação à entidade homologadora ou de certificação, caso esta faça o respectivo pedido.

11. DOCUMENTAÇÃO

A entidade homologadora pode decidir solicitar que o fabricante forneça o dossiê de documentação. Este deverá conter uma descrição de todos os elementos de projecto e de estratégia de controlo de emissões do sistema de motor e os meios através dos quais controla as variáveis de saída, quer se trate de um controlo directo ou indirecto.

As informações devem incluir uma descrição completa da estratégia de controlo de emissões. Poderiam ainda incluir dados sobre o funcionamento de todas as estratégias AES e BES, incluindo uma descrição dos parâmetros que são alterados por qualquer AES e as condições-limite em que funciona a AES, bem como uma indicação quanto às AES e BES susceptíveis de funcionar nas condições dos métodos de ensaio do presente anexo.»
