

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE PESQUISA

GERÊNCIA DE PESQUISAS DE AR E RUÍDO

CLIENTE: COMPANHIA DE PROMOÇÃO DE PESQUISAS CIENTÍFICA
E TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO - PROMOCET

CONTRATO Nº 401.051

ANÁLISE COMPARATIVA DE EMISSÕES DE UM
MOTOR DIESEL OPERANDO A ETANOL ADITI-
VADO E UM MOTOR DE IGNIÇÃO POR FAÍSCA
OPERANDO A ETANOL HIDRATADO

53

DEZEMBRO/84

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo

Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira Garcez
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05459-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

CX2

CETESB - BIBLIOTECA	
CLASS.	
AUTOR	
TOMBO	41119

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por finalidade apresentar os resultados obtidos na análise das emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxido de nitrogênio e dióxido de carbono do motor do ciclo diesel movido à etanol hidratado aditivado comparando-se com o motor do ciclo Otto movido à etanol hidratado (sem qualquer aditivo).

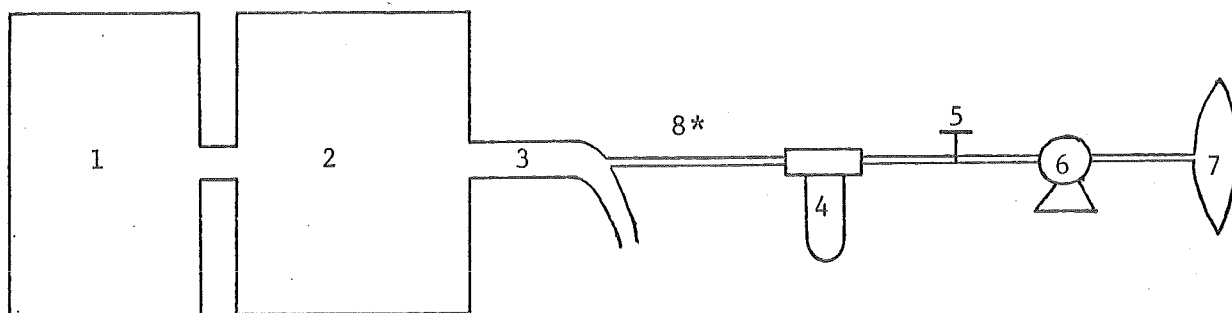
Foi utilizado para ensaio o Laboratório de Motores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, onde os ensaios foram realizados num dinamômetro de motor Schenck usando-se o "método dos 13 pontos".

2 - METODOLOGIA

Para se desenvolver este trabalho foi necessário fazer estudo preliminar sobre a degradação das emissões nos sacos de coleta porque os ensaios seriam realizados no IPT e as análises na CETESB. O tempo de percurso entre o IPT e CETESB é em média de 15 minutos. Para tanto foram ensaiados veículos a álcool no laboratório da CETESB os gases foram armazenados num saco de tedlar e analisados de 5 em 5 minutos até 1 hora, após a coleta dos gases, foram analisados as emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, dióxido de carbono e óxido de nitrogênio, verificou-se que houve uma pequena degradação nas emissões de óxido de nitrogênio entorno de 3% durante 20 minutos, que corresponde ao tempo de coleta e transporte do saco de tedlar do IPT para a CETESB, enquanto que os outros poluentes não sofreram alterações apreciáveis.

Para coletar as amostras foi necessário desenvolver um método de coleta para se ter uma amostragem sem perda das emissões dos poluentes devido à temperatura de saída dos gases de escape. A figura 1 mostra o esquema de coleta dos gases de escape do motor.

FIGURA 1



- 1 - Dinamômetro
- 2 - Motor
- 3 - Escapamento
- 4 - Filtro de Ar
- 5 - Controlador de Fluxo
- 6 - Bomba
- 7 - Saco de Tedlar
- 8 - Local de Colocação do Impinger

A coleta dos gases foi feita através de um ponto na saída do escape do motor, foi medida a vazão através de um medidor tipo "Wet Test", para coletar a amostra utilizou-se uma bomba de diafragma acoplada entre o sistema de saída do escape e o saco de tedlar.

O saco de coleta de tedlar durante a amostragem foi envolto num pano para evitar problemas de reações fotoquímicas durante o trajeto do IPT à CETESB.

Foram utilizados dois sacos de amostragem um para ar ambiente e outro para gás de escape que foi diluído com ar ambiente.

Após a coleta dos gases no saco foram transportados para a CETESB onde foram analisados. Para analisar as emissões dos poluentes utilizou-se a bancada de analisadores do sistema CVS, com os seguintes detectores:

- Infra vermelho não dispersivo (NDIR) para monóxido e dióxido de carbono

- Ionização de chama (FID) para hidrocarbonetos totais
- Luminescência química (LQ) para óxidos de nitrogênio.

Em estudos feitos anteriormente, verificamos que a resposta do detector de ionização de chama (FID) para etanol 98% P.A. vaporizado em ar zero (sintético) em concentrações conhecidas é exatamente a metade da concentração de etanol em ppmC, quando o FID é calibrado com propano (procedimento normal). Tendo em vista que a composição da emissão de "hidrocarbonetos" (HC) de motores a álcool é composta, principalmente de etanol, a leitura do instrumento deveria ser corrigida por um fator de multiplicação ainda desconhecido (próximo de 2).

Finalmente, para o cálculo das concentrações reais dos poluentes no cano de escapamento do motor, utilizamos o procedimento prescrito na Norma NBR-6601 que, partindo das concentrações dos poluentes nos gases diluídos e no ar ambiente utilizado na diluição, determina a razão de diluição e as concentrações dos poluentes nos gases de escapamento antes da diluição.

A simulação da carga do motor seguiu as prescrições do "método dos 13 pontos", estabelecido no Code of Federal Regulations - U.S.A. para o ensaio de emissões de motores pesados, cujos regimes estão tabelados a seguir.

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

MÉTODO DO 13 PONTOS

PONTO NÚMERO	ROTAÇÃO	CARGA %
1	Marcha Lenta	0
2	rpm de Torque Máximo	2
3	rpm de Torque Máximo	25
4	rpm de Torque Máximo	50
5	rpm de Torque Máximo	75
6	rpm de Torque Máximo	100
7	Marcha Lenta	0
8	rpm de Potência Máxima	100
9	rpm de Potência Máxima	75
10	rpm de Potência Máxima	50
11	rpm de Potência Máxima	25
12	rpm de Potência Máxima	2
13	Marcha Lenta	0

3 - MOTORES ENSAIADOS

Motor Diesel

Mercedes Benz - OM - 352

Número de Cilindros - 6

Disposição dos Cilindros - vertical

Ciclo de Funcionamento - injeção direta 4 tempos

Cilindrada Total (cm³) - 5.675

Razão de Compressão - 17:1

Rotação da Marcha Lenta - 600/min (rpm)

Motor Otto

General Motors - 292 CID

Número de Cilindros - 4

Carburador duplo Wercabrãs

Razão de Compressão - 9,5:1

Rotação de Marcha Lenta - 650/min. (rpm)

4 - COMBUSTÍVEL UTILIZADO

a) Motor do Ciclo Diesel

O combustível foi preparado de acordo com a prescrição abaixo:

- Preparação do combustível por 100 litros

Primeira Mistura

- Álcool Hidratado - 93,5 litros

- Aditivo Alcoolita - 4,5 litros

Segunda Mistura

- Álcool Hidratado - 1 litro

- Óleo de Mamona - 1 litro

Preparar as duas misturas separadamente e adicionar a Segunda Mistura na Primeira até que o combustível fique homogêneo.

b) Motor do Ciclo Otto

- Álcool Hidratado - 96% GL

5 - RESULTADOS

Os resultados dos ensaios estão apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 1 - Ciclo Diesel - Ar de Diluição

Tabela 2 - Ciclo Diesel - Gás de Exaustão

Tabela 3 - Ciclo Otto - Ar de Diluição

Tabela 4 - Ciclo Otto - Gás de Exaustão

Tabela 5 - Concentração Real do Motor do Ciclo Diesel, Calculada de Acordo com a Norma NBR-6601

Tabela 6 - Concentração Real do Motor do Ciclo Otto, Calculada de Acordo com a Norma NBR-6601

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO REAL DO MOTOR DO CICLO DIESEL, CALCULADA DE ACORDO COM A NORMA NBR-6601

PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CO ₂ %	000,398	000,485	001,160	001,778	001,741	002,657	000,287	001,974	001,506	001,110	000,774	000,542	000,302
CO (ppm)	172,618	212,897	169,975	092,999	062,854	580,864	114,305	252,067	059,587	095,024	166,427	169,604	101,876
HC (ppm)	155,625	184,109	141,777	071,725	058,513	060,042	100,297	057,670	049,982	069,870	121,082	140,945	104,123
NO _x (ppm)	026,272	029,339	065,505	092,985	093,988	105,126	021,861	080,593	085,657	070,942	050,790	031,917	025,646
NO (ppm)	017,004	016,561	037,070	055,955	065,756	070,650	013,054	061,367	063,200	053,882	036,900	021,680	018,680

TABELA 6 - CONCENTRAÇÃO REAL DO MOTOR DE CICLO OTTO, CALCULADA DE ACORDO COM A NORMA NBR-6601

PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CO	3598,465	253,367	219,356	190,081	1163,286	564,583	4437,104	807,329	1045,141	275,765	232,949	192,986	2987,182
%													
CO ₂ (ppm)	0002,048	001,876	001,738	001,785	0002,016	002,291	0001,888	002,717	0002,328	002,103	002,057	002,147	0002,040
HC (ppm)	0334,177	019,807	040,091	047,512	0034,629	026,692	0358,572	032,054	0009,313	022,141	011,722	013,669	0301,333
NO _x (ppm)	0004,441	016,200	058,500	099,680	0081,780	133,258	0003,719	141,452	0097,920	084,664	013,492	028,754	0004,889
NO (ppm)	0004,561	014,520	049,700	076,380	0067,680	090,180	0003,899	091,740	0075,180	065,620	064,680	026,733	0005,000
	*						*						*

* Não devem ser considerados, pois a leitura real está sendo a de NO_x que foi reduzido a NO

TABELA I - AR DE DILUIÇÃO - CICLO DIESEL

LETRAS	AMOSTRAS POLUENTES	1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	12a	13
		1	CO ₂	0,040	0,040	0,030	0,045	0,050	0,050	0,040	0,040	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	62,500	87,500	87,500	100,000	75,000	62,500	112,500	62,500	75,000	62,500	75,000	62,500
	HC	9,900	8,400	10,500	16,200	14,700	14,400	8,100	13,500	9,300	13,800	14,100	13,500	21,000	8,400	12,000
	NO _x	0,100	0,400	0,600	0,400	0,600	0,000	0,100	0,700	0,200	0,300	0,700	0,200	0,500	1,200	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	CO ₂	0,040	0,040	0,030	0,045	0,050	0,050	0,040	0,045	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,045	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	75,000	87,500	100,000	100,000	87,500	75,000	112,500	62,500	75,000	50,000	75,000	62,500
	HC	9,600	8,400	10,500	16,200	14,400	14,700	7,800	13,500	9,300	12,900	13,800	13,500	20,700	8,400	11,700
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	0,100	0,200	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,200	0,100	0,000	0,100	0,000	0,000	0,100	0,000
3	CO ₂	0,040	0,040	0,030	0,040	0,050	0,050	0,040	0,040	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,040	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	75,000	87,500	87,500	100,000	87,500	62,500	112,500	75,000	75,000	62,500	75,000	62,500
	HC	9,600	8,400	10,500	16,200	14,400	14,400	7,800	13,500	9,300	12,900	13,800	13,500	20,700	8,400	11,700
	NO _x	0,100	0,400	0,600	0,300	0,600	0,300	0,100	0,700	0,200	0,200	0,700	0,400	0,400	1,100	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CO ₂	0,040	0,040	0,025	0,045	0,050	0,050	0,040	0,045	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,040	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	75,000	87,500	100,000	100,000	87,500	75,000	112,500	75,000	75,000	62,500	87,500	62,500
	HC	9,600	8,400	10,500	16,200	14,400	14,400	7,800	13,500	9,300	12,900	13,800	13,500	20,700	8,100	11,700
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	0,100	0,100	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,200	0,100	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
5	CO ₂	0,040	0,040	0,025	0,045	0,050	0,050	0,040	0,045	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,040	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	75,000	87,500	100,000	100,000	87,500	75,000	112,500	75,000	75,000	50,000	75,000	62,500
	HC	9,600	8,400	10,500	16,200	14,400	14,400	7,800	13,500	9,300	12,900	13,800	13,500	20,700	8,100	11,700
	NO _x	0,200	0,400	0,500	0,200	0,600	0,300	0,100	0,700	0,200	0,200	0,600	0,400	0,500	1,000	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	CO ₂	0,045	0,040	0,030	0,045	0,050	0,050	0,040	0,045	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,040	
	CO	75,000	62,500	87,500	75,000	87,500	100,000	100,000	87,500	75,000	112,500	75,000	75,000	62,500	75,000	
	HC	9,600	8,400	10,500	16,200	14,400	14,400	7,800	13,500	9,300	12,900	13,800	13,500	20,700	8,100	
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	NO	0,100	0,200	0,100	0,100	0,300	0,000	0,000	0,300	0,100	0,000	0,200	0,000	0,000	0,100	
7	CO ₂		0,040	0,030		0,050	0,050		0,045	0,035	0,035	0,050				
	CO		62,500	87,500		87,500	100,000		87,500		112,500	75,000				
	HC		8,400	10,500		14,400	14,400		13,500		12,900	13,800				
	NO _x		0,400	0,500		0,600	0,300		0,700		0,300	0,800				
	NO		-	-		-	-		-		-	-				
8	CO ₂			0,025		0,050					0,035	0,050				
	CO			87,500		87,500					112,500	75,000				
	HC			10,500		14,400					12,600	13,800				
	NO _x			-		-					-	-				
	NO			0,100		0,000					0,000	0,200				
9	CO ₂															
	CO															
	HC															
	NO _x															
	NO															
10	CO ₂															
	CO															
	HC															
	NO _x															
	NO															
X	CO ₂	0,041	0,040	0,028	0,044	0,050	0,050	0,040	0,044	0,040	0,035	0,050	0,040	0,040	0,041	0,040
	CO	75,000	62,500	87,500	77,917	87,500	96,429	100,000	85,714	70,833	112,500	71,875	75,000	58,333	77,083	62,500
	HC	9,650	8,400	10,500	16,200	14,438	14,443	7,850	13,500	9,300	12,975	13,838	13,500	20,750	8,250	11,760
	NO _x	0,133	0,400	0,550	0,300	0,600	0,225	0,100	0,700	0,200	0,250	0,750	0,333	0,467	1,100	0,200
	NO	0,100	0,167	0,100	0,100	0,075	0,000	0,000	0,233	0,100	0,000	0,175	0,000	0,000	0,067	0,000

OBSERVAÇÃO: Concentração: CO₂ (%), CO (ppm), HC (ppm), NO_x (ppm) e NO (ppm)

TABELA II - GASES DE EXAUSTÃO DE UM DIESEL EM CICLO DIESEL

LETURAS	AMOSTRAS POLUENTES	1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	12a	13
		1	CO ₂	0,450	0,520	1,185	1,810	1,790	2,740	2,220	0,330	2,000	1,540	1,155	0,820	0,580
	CO	250,000	262,500	237,500	150,000	137,500	662,500	587,500	187,500	300,000	150,000	137,500	225,000	225,000	250,000	162,500
	HC	169,500	192,000	153,300	85,500	67,600	72,600	59,700	113,400	66,000	61,200	81,900	133,500	161,700	164,400	113,400
	NO _x	28,000	29,700	66,800	93,600	94,500	108,600	95,000	22,500	81,300	86,400	72,600	51,500	32,000	33,600	25,400
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	CO ₂	0,450	0,525	1,190	1,815	1,790	2,740	2,230	0,330	2,010	1,540	1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO	250,000	275,000	250,000	150,000	137,500	662,500	600,000	187,500	312,500	162,500	225,000	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC	169,200	192,600	151,800	85,500	70,500	72,600	59,400	113,400	65,400	61,500	82,200	133,200	159,900	164,100	114,900
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	17,500	16,900	38,000	57,000	67,500	73,200	70,300	13,300	62,500	64,000	55,200	37,400	21,600	23,000	19,000
3	CO ₂	0,445	0,525	1,190	1,815	1,790	2,740	2,230	0,330	2,010	1,540	1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO	250,000	262,500	250,000	150,000	137,500	662,500	600,000	200,000	312,500	162,500	162,500	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC	170,100	192,900	151,800	85,500	70,800	72,300	59,400	113,400	65,700	61,500	82,500	133,500	160,500	165,300	115,500
	NO _x	23,400	29,600	66,000	93,600	94,800	106,200	94,500	22,500	81,000	86,100	71,900	51,000	32,000	33,000	25,600
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CO ₂	0,440	0,525	1,190	1,820	1,790	2,710	2,230	0,330	2,010	1,540	1,155	0,810	0,580	0,595	0,340
	CO	250,000	275,000	250,000	150,000	137,500	662,500	600,000	200,000	312,500	162,500	162,500	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC	165,600	193,200	151,800	85,500	71,100	71,700	59,400	113,400	65,400	61,500	82,200	133,500	160,500	165,300	115,500
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	17,100	16,700	37,400	56,700	66,600	71,700	69,400	13,300	61,900	63,400	54,500	37,000	21,900	22,500	18,800
5	CO ₂	0,435	0,525	1,190	1,810	1,790	2,710	2,220	0,330	2,010	1,540	1,155	0,810	0,580	0,595	0,340
	CO	237,500	275,000	250,000	150,000	137,500	662,500	587,500	200,000	312,500	162,500	162,500	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC	163,200	192,900	151,800	85,500	71,100	71,700	59,100	113,400	65,400	61,500	82,500	133,500	160,800	165,600	115,800
	NO _x	27,600	29,900	66,000	93,000	95,700	105,700	93,000	22,500	81,000	85,800	71,500	51,000	32,600	33,000	25,800
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	CO ₂	0,430	0,525	1,190	1,815	1,790	2,680	2,220	0,330	2,010	1,535	1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO	237,500	275,000	250,000	162,500	137,500	650,000	600,000	200,000	312,500	150,000	162,500	262,500	225,000	300,000	162,500
	HC	162,300	192,900	151,500	85,500	71,100	70,800	59,400	113,400	65,400	61,200	82,500	133,500	160,500	165,300	115,800
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	16,700	16,500	37,300	55,800	66,000	70,200	68,000	13,300	61,100	62,800	53,800	31,000	21,800	22,500	18,600
7	CO ₂	0,410	0,520	1,185	1,815	1,780	2,660	2,220	0,330	2,010	1,530	1,155	0,810	0,580	0,590	0,350
	CO	237,500	275,000	250,000	162,500	137,500	650,000	600,000	200,000	312,500	162,500	162,500	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC	154,800	192,000	150,300	85,500	71,100	70,200	59,400	113,400	65,400	60,900	82,500	133,800	160,800	165,600	116,100
	NO _x	26,600	29,700	66,000	93,300	93,600	104,400	93,000	22,800	80,500	85,000	71,100	51,000	32,500	33,000	26,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	CO ₂		0,520	1,180	1,815	1,780	2,640	2,220	0,330	2,000	1,530	1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO		275,000	250,000	162,500	137,500	650,000	600,000	200,000	312,500	150,000	162,500	262,500	225,000	250,000	162,500
	HC		191,700	150,000	85,500	71,100	69,900	59,400	113,400	65,100	61,200	82,500	134,100	160,500	165,600	116,100
	NO _x		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO		16,700	36,800	55,500	64,500	67,500	67,000	13,300	60,300	62,600	53,400	36,500	21,600	22,400	18,500
9	CO ₂		0,520	1,180	1,815	1,770	2,640	2,220	0,330	2,000		1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO		275,000	250,000	150,000	137,500	637,500	600,000	200,000	312,500		162,500	225,000	225,000	262,500	162,500
	HC		190,800	150,000	85,500	70,800	67,300	59,400	113,400	65,400		82,500	134,100	160,800	165,600	116,100
	NO _x		29,700	65,200	92,700	93,900	102,000	92,000	22,400	80,000		71,000	51,000	32,700	33,000	26,200
	NO		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
10	CO ₂		0,520	1,175	1,815	1,770		2,220	0,330			1,155	0,810	0,580	0,590	0,340
	CO		275,000	250,000	162,500	137,500		600,000	200,000			162,500	262,500	225,000	262,500	162,500
	HC		190,200	150,000	85,500	71,100		59,400	113,100			82,500	133,800	160,500	165,600	116,100
	NO _x		-	-	-	-		-	-			-	-	-	-	-
	NO		16,800	36,300	55,200	64,500		67,000	13,200			53,300	36,600	21,500	22,400	18,500
X	CO ₂	0,437	0,523	1,185	1,815	1,784	2,696	2,223	0,330	2,007	1,537	1,155	0,811	0,580	0,591	0,341
	CO	244,700	272,500	248,750	155,000	137,500	655,560	597,500	197,500	311,110	157,810	160,000	236,250	225,000	263,750	162,500
	HC	164,900	192,120	151,230	85,500	70,810	71,240	59,400	113,400	65,422	61,310	82,360	133,650	160,650	165,240	115,530
	NO _x	26,300	29,720	66,000	93,240	94,500	105,300	91,500	22,540	80,760	85,875	71,620	51,100	32,360	33,120	25,840
	NO	17,100	16,720	37,160	56,040	65,820	70,650	68,350	13,280	61,450	63,200	54,040	36,500	21,660	22,560	18,680
RAZÃO DE DILUIÇÃO = Rd		25,703	21,573	10,029	6,660	6,807	1,131	5,368	34,022	6,008	7,880	10,418	14,467	19,860	19,380	33,310

OBSERVAÇÃO: Concentração: CO₂ (%), CO (ppm), HC (ppm), NO_x (ppm) e NO (ppm)

TABELA III - AR DE DILUIÇÃO - CICLO OTTO

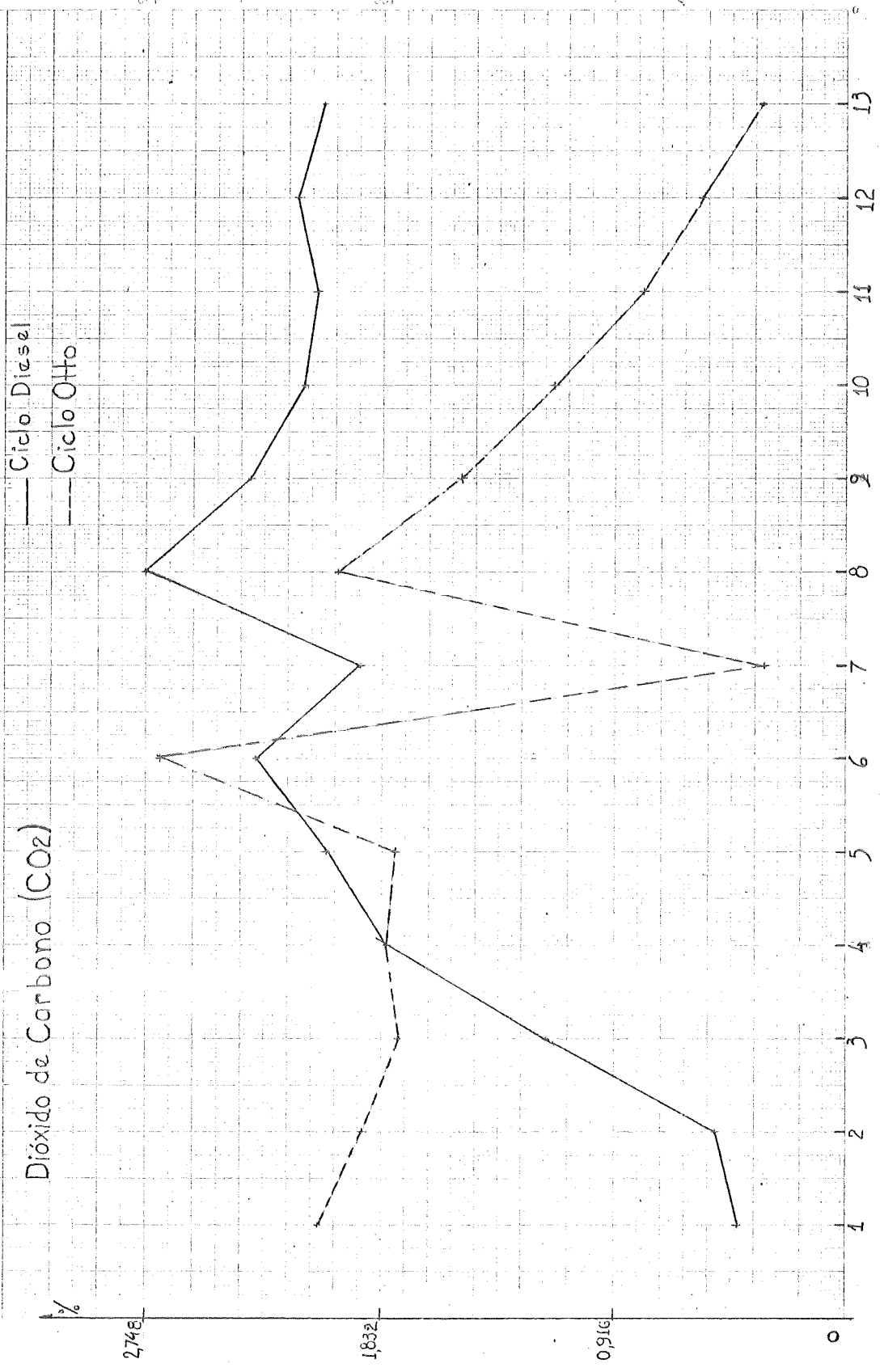
LEITURAS	ANOSTRAS		AR DE DILUIÇÃO												
	POLUENTES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	CO	100,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	100,000	100,000
	CO ₂	0,040	0,040	0,045	0,045	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	7,000	19,000	8,100	6,000	16,500	8,700	8,000	16,000	9,000	9,000	9,000	8,000	8,000	8,000
	NO _x	0,600	0,000	0,000	0,600	0,000	0,300	0,300	0,600	0,000	2,400	0,300	0,300	0,300	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	CO	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	100,000	100,000
	CO ₂	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	6,000	18,000	8,100	5,000	16,200	6,900	7,000	11,000	9,000	9,000	7,000	6,000	6,000	6,000
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	CO	125,000	75,000	-	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	100,000	125,000
	CO ₂	0,040	0,040	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	6,000	18,000	-	5,000	16,200	6,300	7,000	10,000	9,000	8,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	NO _x	0,600	0,000	-	0,300	0,000	0,300	0,300	0,300	0,000	2,400	0,300	0,300	0,300	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CO	125,000	75,000	-	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	100,000	125,000
	CO ₂	0,040	0,040	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	6,000	18,000	-	5,000	16,200	6,300	7,000	9,000	9,000	8,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	0,300	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	CO	125,000	75,000	-	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	-	-	125,000
	CO ₂	0,040	0,040	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	6,000	18,000	-	5,000	16,200	6,300	7,000	8,000	9,000	8,000	6,000	-	-	6,000
	NO _x	0,600	0,000	-	0,300	0,000	0,300	0,300	0,300	0,000	2,400	0,300	-	-	0,200
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	CO	125,000	75,000	-	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	-	-	125,000
	CO ₂	0,040	0,040	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	-	-	0,040
	HC	6,000	18,000	-	5,000	16,200	6,000	7,000	8,000	9,000	8,000	6,000	-	-	6,000
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	0,300	0,000	-	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	-	-	0,000
7	CO	125,000	-	-	-	-	-	100,000	-	-	-	-	-	-	-
	CO ₂	0,040	-	-	-	-	-	0,040	-	-	-	-	-	-	-
	HC	6,000	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	-	-	-	-	-	-	0,300	-	-	-	-	-	-	-
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	CO	-	-	-	-	-	-	100,000	-	-	-	-	-	-	-
	CO ₂	-	-	-	-	-	-	0,040	-	-	-	-	-	-	-
	HC	-	-	-	-	-	-	7,000	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	-	-	-	-	-	-	0,300	-	-	-	-	-	-	-
9	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	HC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO _x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	CO	117,860	79,170	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	75,000	100,000	75,000	75,000	100,000	100,000	116,667
	CO ₂	0,040	0,040	0,043	0,041	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
	HC	6,170	18,170	8,100	5,167	16,250	6,750	7,125	10,333	9,000	8,333	6,500	6,500	6,333	6,333
	NO _x	0,600	0,000	0,000	0,400	0,000	0,300	0,300	0,400	0,000	2,400	0,300	0,300	0,300	0,200
	NO	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

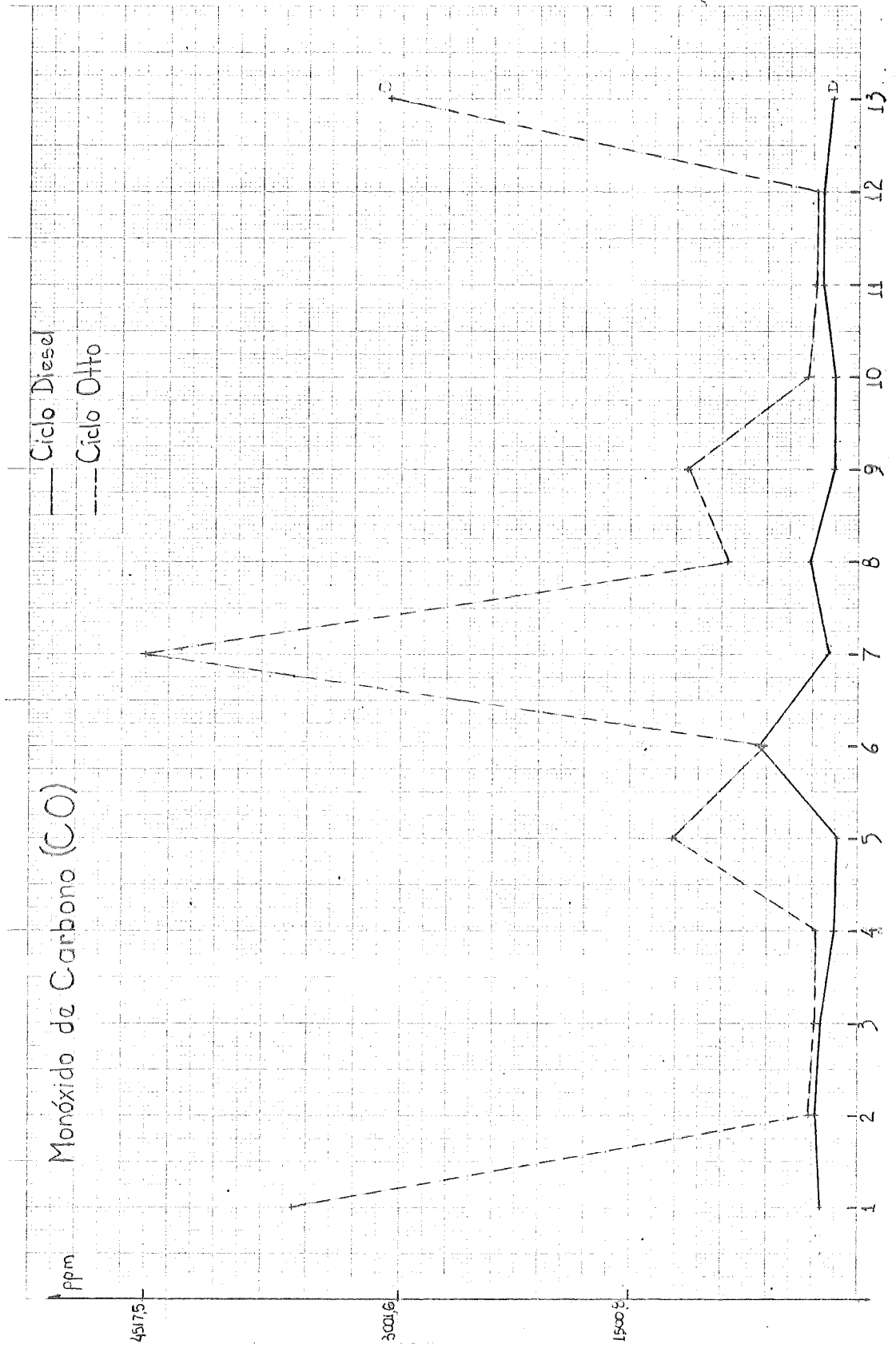
OBSERVAÇÃO : Concentração: CO₂ (%), CO (ppm), HC (ppm), NO_x (ppm) e NO (ppm)

TABELA IV - GASES DE EXAUSTÃO DILUIDOS EM AR - CICLO OTTO

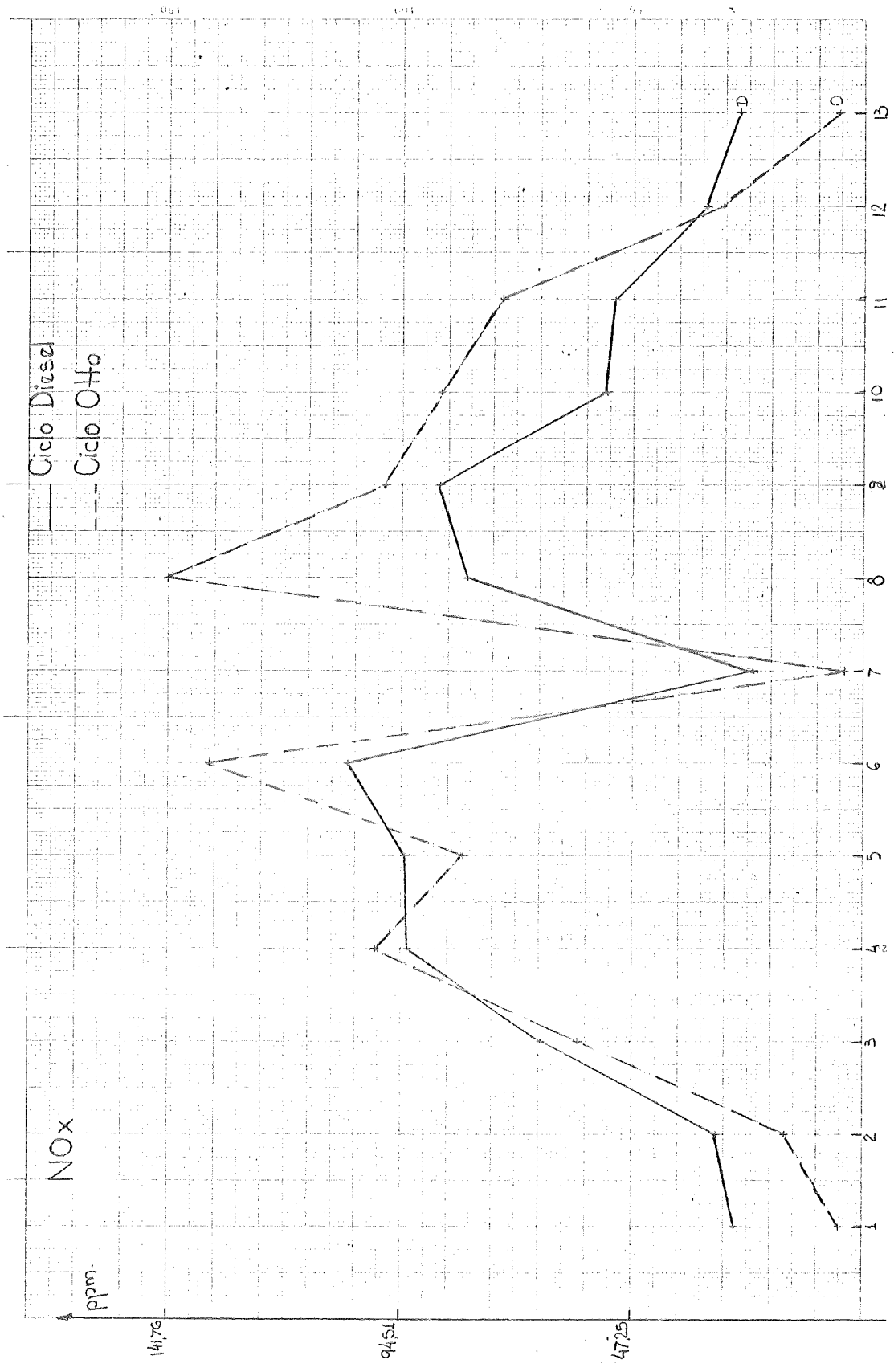
LEITURAS	AMOSTRAS POLUENTES	GASES DE EXAUSTÃO DILUIDOS EM AR												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	CO	3675,000	300,000	275,000	275,000	1225,000	625,000	4525,000	850,000	1125,000	325,000	275,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,770	1,820	2,050	2,330	1,920	2,730	2,350	2,130	2,090	2,180	2,070
	HC	341,000	35,000	47,000	51,000	48,000	31,800	363,000	39,000	15,000	29,000	18,000	19,000	308,000
	NO _x	5,700	17,100	58,500	96,900	81,100	132,300	3,600	140,700	97,800	85,500	73,800	29,200	4,800
	NO													
2	CO	3700,000	325,000	287,500	275,000	1225,000	625,000	4525,000	850,000	1125,000	325,000	300,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,780	1,820	2,050	2,320	1,930	2,750	2,350	2,130	2,090	2,180	2,070
	HC	339,000	35,000	47,000	52,000	48,000	31,800	364,000	39,000	16,000	29,000	17,000	19,000	307,000
	NO _x	4,800	14,700	50,100	77,700	69,600	93,000	3,900	93,000	78,600	66,000	64,800	27,000	5,000
	NO													
3	CO	3700,000	325,000	287,500	275,000	1225,000	625,000	4500,000	875,000	1125,000	350,000	300,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,780	1,820	2,050	2,320	1,920	2,750	2,350	2,140	2,090	2,180	2,070
	HC	339,000	35,000	47,000	52,000	48,000	32,100	365,000	40,000	16,000	29,000	17,000	19,000	306,000
	NO _x	4,800	15,600	58,500	101,400	82,500	133,500	3,600	142,200	99,900	85,500	75,000	29,000	5,100
	NO													
4	CO	3700,000	325,000	287,500	275,000	1225,000	625,000	4525,000	875,000	1125,000	325,000	275,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,770	1,820	2,050	2,320	1,930	2,750	2,400	2,130	2,090	2,180	2,070
	HC	340,000	35,000	47,000	52,000	48,000	32,100	365,000	40,000	16,000	29,000	17,000	19,000	306,000
	NO _x	4,800	14,700	49,500	77,400	68,700	91,200	3,900	91,800	75,600	67,500	64,800	26,600	5,000
	NO													
5	CO	3700,000	325,000	275,000	275,000	1225,000	625,000	4525,000	875,000	1125,000	350,000	300,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,770	1,820	2,050	2,320	1,920	2,750	2,350	2,140	2,090	2,180	2,070
	HC	340,000	35,000	47,000	52,000	48,000	32,100	365,000	40,000	17,000	29,000	17,000	19,000	306,000
	NO _x	4,800	15,900	58,500	101,100	81,600	133,800	3,600	142,500	97,800	88,500	73,500	28,800	5,100
	NO													
6	CO	3700,000	325,000	287,500	275,000	1225,000	625,000	4525,000	850,000	1125,000	325,000	300,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,770	1,820	2,050	2,320	1,920	2,750	2,400	2,140	2,090	2,180	2,070
	HC	340,000	35,000	47,000	52,000	48,000	32,100	365,000	40,000	17,000	29,000	17,000	19,000	306,000
	NO _x	4,800	14,400	49,500	76,800	67,800	90,300	3,100	90,900	75,000	65,400	64,200	26,600	5,000
	NO													
7	CO	3700,000	325,000		275,000	1225,000	625,000	4525,000	875,000	1125,000	350,000	300,000		3075,000
	CO ₂	2,080	1,910		1,820	2,050	2,320	1,920	2,750	2,350	2,140	2,090		2,070
	HC	340,000	35,000		52,000	48,000	32,100	365,000	40,000	17,000	29,000	17,000		306,000
	NO _x	4,800	15,600		100,200	81,300	135,300	3,600	141,900	97,200	88,500	73,500		5,100
	NO													
8	CO	3700,000	325,000		275,000	1225,000	625,000	4525,000	850,000	1125,000	325,000	300,000		3075,000
	CO ₂	2,080	1,910		1,820	2,050	2,320	1,920	2,750	2,350	2,130	2,090		2,070
	HC	339,000	35,000		52,000	48,000	32,400	365,000	40,000	17,000	29,000	17,000		306,000
	NO _x	4,800	14,400		75,600	66,600	88,800	3,900	93,000	73,800	69,300	64,800		5,000
	NO													
9	CO	3675,000	300,000		275,000	1225,000	625,000	4500,000	875,000	1125,000	350,000	300,000		3075,000
	CO ₂	2,080	1,910		1,820	2,050	2,330	1,920	2,750	2,350	2,140	2,090		2,070
	HC	337,000	35,000		52,000	48,000	32,400	365,000	41,000	17,000	29,000	17,000		306,000
	NO _x	4,500	16,800		100,500	80,400	132,600	3,600	142,200	96,900	85,200	72,900		5,100
	NO													
10	CO	3675,000	325,000		275,000	1225,000	625,000	4500,000	875,000	1125,000	350,000	300,000		3075,000
	CO ₂	2,080	1,910		1,820	2,040	2,330	1,910	2,750	2,350	2,140	2,090		2,070
	HC	336,000	35,000		52,000	48,000	32,400	361,000	41,000	17,000	29,000	17,000		304,000
	NO _x	4,800	14,400		74,400	65,700	87,600	3,900	90,000	72,900	64,500	64,800		5,000
	NO													
x̄	CO	3692,500	320,000	283,330	275,000	1225,000	625,000	4517,500	865,000	1125,000	337,500	295,000	275,000	3075,000
	CO ₂	2,080	1,910	1,773	1,820	2,049	2,323	1,920	2,748	2,360	2,136	2,090	2,180	2,070
	HC	339,100	35,100	47,000	51,900	48,000	32,130	364,300	40,000	16,500	29,000	17,100	19,000	306,100
	NO _x	4,920	16,200	58,500	100,020	81,780	133,500	3,960	141,760	97,920	86,640	73,740	29,000	5,040
	NO	4,800	14,520	49,700	76,380	67,680	90,180	4,140	91,740	75,180	65,620	64,660	26,733	5,000
RAZÃO DE DILUIÇÃO - RD		4,947	6,315	6,802	6,631	5,645	5,143	5,101	4,328	4,965	5,654	5,792	5,560	4,044

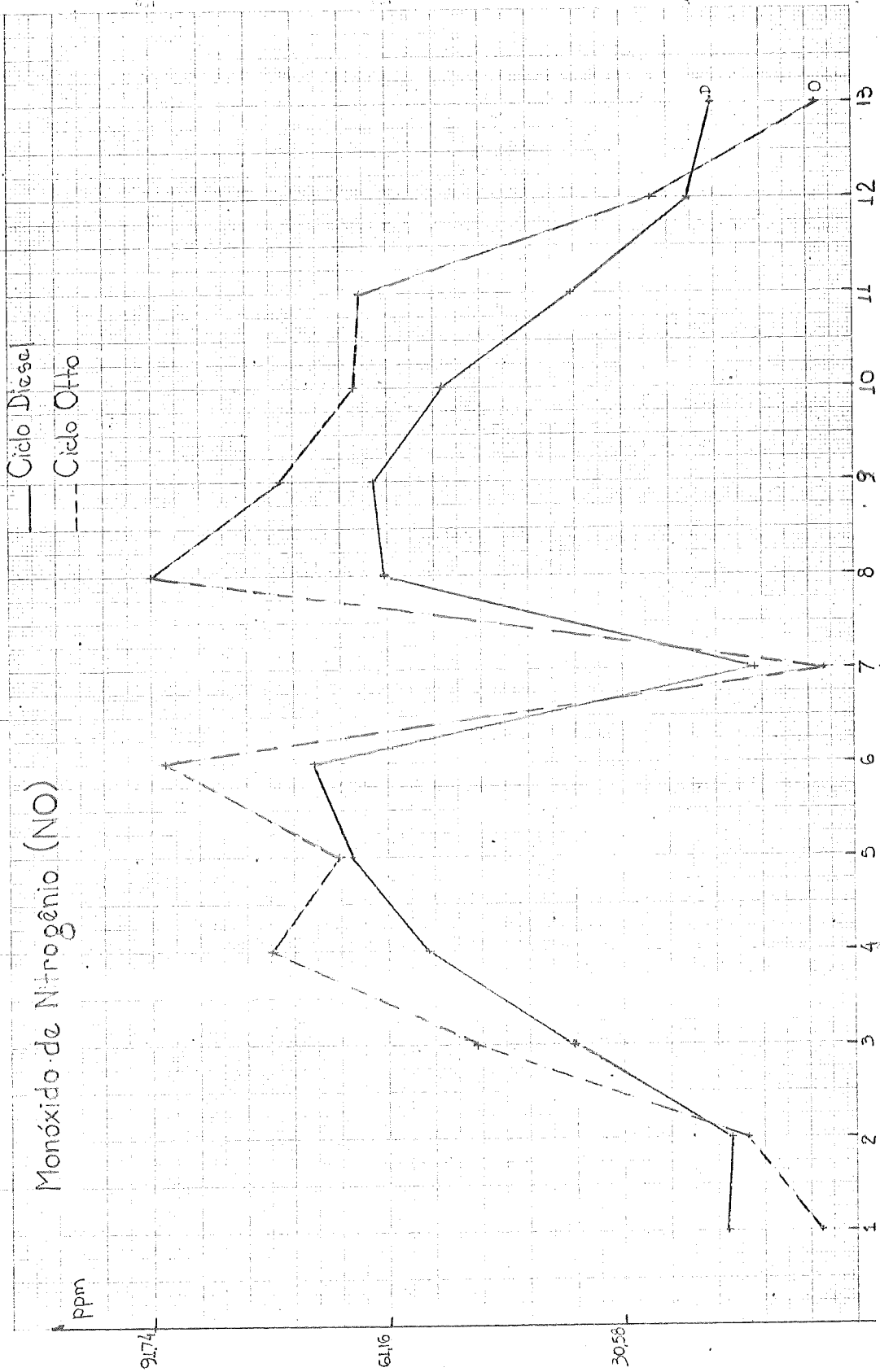
OBSERVAÇÃO: Concentração: CO₂ (%), CO (ppm), HC (ppm), NO_x (ppm) e NO (ppm)



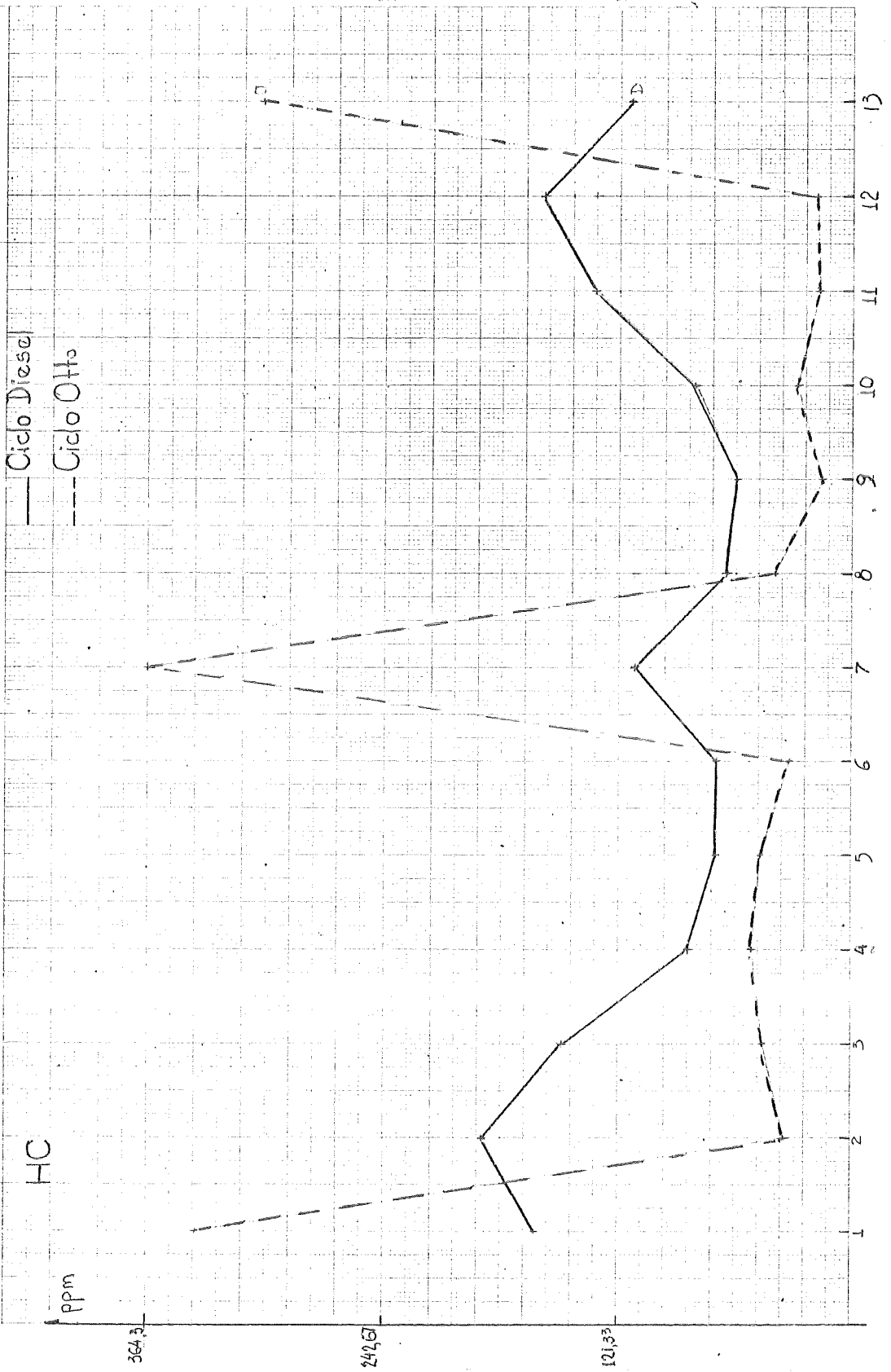


Ref. Formulario A/d





Rob. Fernando Al.



100

O ciclo de treze pontos foi realizado uma vez e cada amostra de gás foi analisada diversas vezes sendo, os fatores de diluição R_d , calculados pelo balanço de carbono conforme NBR-6601. Os pontos "6" e "12" foram reensaiados para confirmação, sendo os resultados apresentados como "6a" e "12a" respectivamente, tendo sido tomados os primeiros (6 e 12) como válidos para efeitos de cálculo e concentrações.

Embora não estivesse previsto no contrato nº 401.051. firmado entre a CETESB e a PROMOCET, a CETESB realizou as medidas de todos os gases para uma melhor ilustração da pesquisa e, principalmente, para confirmar as medidas de concentrações e razões de diluição através de métodos diferentes. Neste aspecto, pôde-se observar que as medições de "hidrocarbonetos" (HC) pelos métodos FID (CETESB) e NDIR (IPT) produziram valores absolutos bastante diferentes. Isto se deve ao fato de ambos equipamentos não serem calibrados para gases contendo etanol, porém as comparações relativas entre resultados obtidos pelo mesmo método são coerentes e, portanto, válidos para uma avaliação comparativa entre os dois motores, como comentado nos capítulos 2 e 6 deste relatório.

6 - CONCLUSÃO

Com base nas experiências realizadas, calculamos as diferenças percentuais entre os motores Diesel e Otto (com base no motor diesel), conforme apresentado na tabela 7. Em termos gerais podemos concluir que:

- a) - As emissões de monóxido de carbono são maiores no Ciclo Otto do que no Ciclo Diesel.
- b) - As emissões de hidrocarbonetos são menores no Ciclo Otto exceto nos pontos de marcha lenta (1,7,13).
- c) - As emissões de óxido de nitrogênio (NO_x) nos pontos de rotação nominal de potência máxima são maiores

TABELA 7 - DIFERENÇA ENTRE OS VALORES DE CONCENTRAÇÃO (CORRIGIDA) EM PORCENTAGEM

PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CO ₂	04,150	02,870	00,500	00,004	00,160	-00,140	05,580	00,380	00,550	01,100	01,660	02,960	05,760
%													
CO (ppm)	19,850	00,190	00,290	01,040	17,510	-00,030	37,820	02,200	03,150	01,900	00,400	00,140	28,320
HC (ppm)	01,150	-00,890	-00,720	-00,340	-00,410	-00,560	05,220	-00,440	-00,810	-00,68	-00,900	-00,900	01,890
NO _x (ppm)	-00,830	-00,450	-00,110	00,070	-00,130	00,270	-00,830	00,750	00,140	00,190	00,450	-00,100	-00,810
NO (ppm)	-00,940	-00,120	00,340	00,360	00,030	00,280	-00,920	00,490	00,190	00,220	00,750	00,230	-00,950

no Ciclo Otto, enquanto que na rotação de máximo torque não há uma diferença significativa nas emissões dos dois motores ensaiados.

- d) - As emissões de óxido nítrico (NO) são maiores no Ciclo Otto que no Ciclo Diesel exceto nos pontos de marcha lenta (1,7,3).
- e) - As emissões de dióxido de carbono do motor do Ciclo Otto são maiores que no motor de Ciclo Diesel.

Os resultados e conclusões são representativos para estes tipos de motores e para o aditivo utilizado nas proporções indicadas no item 4 deste relatório.

Convém salientar que estes resultados foram obtidos em apenas dois motores, um de cada tipo devendo, por isso, serem tomados como uma primeira indicação das suas características.

Além disso, as medidas de hidrocarbonetos feitas pelo detector de ionização de chama (FID) calibrado com propano, não devem ser tomadas em seus valores absolutos por indicarem apenas a metade das quantidades reais de etanol não queimado. Entretanto estas medidas podem ser utilizadas comparativamente entre si com boa exatidão, visto que ambos os motores queimam etanol.

ENGº ALFREDO SILVIO CASTELLI
REG. 01.0663-9 CREA Nº 53.489/D

DE ACORDO

ENGº GABRIEL MURGEL BRANCO
Gerência de Pesquisas
de Ar e Ruído
REG. 01.1360-3
CREA Nº 34.328/D

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

Entrada: 18/01/2013
Indicação: DOAÇÃO E TTL
Aquisição:
Preço:
Tombado em: 18/01/2013