

# Índice

<b>Prefácio.....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>VII</b>
<b>Prefácio à 4ª Edição.....</b>	<b>IX</b>
<b>Índice .....</b>	<b>XI</b>
<b>Glossário de Símbolos e Termos .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>Capítulo 1. MOTORES – CLASSIFICAÇÃO E PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. NOÇÃO DE MÁQUINA TÉRMICA.....	2
1.2.1. Classificação dos Motores.....	4
1.3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM MOTOR.....	5
1.4. MOTOR DE IGNIÇÃO COMANDADA.....	7
1.5. MOTOR DE IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO (DIESEL).....	8
1.6. DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO.....	9
1.7. MOTOR A 2 TEMPOS.....	12
1.8. MOTOR ROTATIVO WANKEL.....	13
<b>Capítulo 2. HISTÓRIA DAS MÁQUINAS TÉRMICAS .....</b>	<b>17</b>
2.1. PRIMÓRDIOS.....	17
2.1.1. Motores a Ar.....	18
2.1.2. Motores a Água (Oxi-hidrogénio).....	19
2.1.3. Motores de Combustão Interna Atmosféricos.....	19
2.1.4. Motores com Compressão Prévia.....	22

2.1.5.	Desenvolvimento dos Sistemas Auxiliares.....	24
2.1.6.	Motores Diesel.....	25
2.2.	EVOLUÇÃO DO MOTOR CLÁSSICO.....	26
2.2.1.	Motor de Ignição Comandada.....	26
2.2.1.1.	Taxa de compressão (TC).....	27
2.2.1.2.	Relação curso/diâmetro (C/D).....	28
2.2.1.3.	Relação peso/potência.....	28
2.2.1.4.	Cilindrada.....	29
2.2.1.5.	Preparação da mistura ar-gasolina.....	29
2.2.1.6.	Outras áreas de evolução.....	30
2.2.1.7.	Desenvolvimento dos Range Extenders.....	30
2.2.2.	Motor Diesel.....	32
2.2.2.1.	Câmaras de combustão.....	32
2.2.2.2.	Sistemas de injeção.....	33
2.2.2.3.	Catalisadores e filtros de partículas.....	33
2.2.2.4.	Eliminação dos NOx.....	33
2.2.2.5.	Outras áreas de evolução.....	34

<b>Capítulo 3. ANÁLISE TEÓRICA DE CICLOS.....</b>	<b>35</b>
3.1. RENDIMENTO DOS CICLOS TEÓRICOS.....	36
3.2. CICLO TEÓRICO A VOLUME CONSTANTE (OTTO).....	37
3.2.1. Ciclo a Carga Parcial no Motor de Injeção Direta.....	39
3.2.2. Ciclo a Carga Parcial e Mistura Estequiométrica (com Bombagem).....	40
3.3. CICLO TEÓRICO A PRESSÃO CONSTANTE (DIESEL).....	41
3.4. CICLO TEÓRICO A PRESSÃO LIMITADA (MISTO OU DUAL).....	44
3.4.1. Ciclo em Carga Parcial.....	45
3.5. CICLO TEÓRICO A VOLUME CONSTANTE SOBRE-EXPANDIDO (MILLER).....	48
3.5.1. Ciclo de Miller com $\epsilon_{ret}$ Fixa.....	49
3.5.2. Ciclo de Miller com $\epsilon_g$ Fixa.....	50
3.6. CICLO TEÓRICO A VOLUME CONSTANTE E EXPANSÃO TOTAL (ATKINSON).....	51
3.6.1. Ciclo em Carga Parcial.....	53
3.7. COMPARAÇÃO ENTRE OS CICLOS EM CARGA PARCIAL.....	54
3.8. CICLOS COM SOBREALIMENTAÇÃO.....	56
3.8.1. Ciclo de Otto Sobrealimentado.....	56
3.8.2. Sobrealimentação de Outros Ciclos.....	59
3.9. MODELAÇÃO DO CICLO REAL.....	59
3.10. CICLO DE CARNOT.....	61
3.11. CICLO DE TURBINAS DE GÁS (Joule-Brayton).....	61

<b>Capítulo 4. PARÂMETROS DE FUNCIONAMENTO.....</b>	<b>65</b>
4.1. PARÂMETROS BÁSICOS DOS MOTORES.....	66
4.1.1. Binário, Potência, Rendimento e Consumo Específico.....	66
4.1.2. Parâmetros Geométricos.....	67

4.2. OUTROS PARÂMETROS.....	68
4.2.1. Relação Ar-Combustível, Excesso de Ar e Riqueza da Mistura.....	68
4.2.2. Grandezas Importantes.....	69
4.2.2.1. Pressão média efetiva.....	69
4.2.2.2. Velocidade média do pistão.....	70
4.2.2.3. Potência específica aerial.....	70
4.2.3. Comparação entre Motores.....	71
4.2.3.1. Teoria da semelhança.....	72
4.2.4. Rendimentos e Eficiências.....	73
4.2.4.1. Rendimento de combustão.....	73
4.2.4.2. Rendimento adiabático.....	74
4.2.4.3. Rendimento teórico.....	74
4.2.4.4. Rendimento relativo às propriedades dos fluidos.....	74
4.2.4.5. Rendimento inerente.....	74
4.2.4.6. Eficiência de bombagem.....	75
4.2.4.7. Rendimento mecânico.....	75
4.2.4.8. Rendimento total.....	75
4.2.4.9. Eficiência volumétrica.....	76
4.2.5. Fórmula da Potência Efetiva.....	77
4.3. CICLO INDICADO.....	78
4.3.1. Pressão Média Indicada e de Atrito.....	79
4.4. CURVAS CARACTERÍSTICAS DO MOTOR.....	80
4.4.1. Curva do Binário.....	81
4.4.2. Curva da Potência.....	81
4.4.3. Curva do Consumo Específico.....	82
4.4.4. Diagrama do Desempenho.....	83
4.4.5. Fatores de Correção para Potência e Eficiência Volumétrica.....	84
4.4.6. Carga Parcial.....	85
4.4.7. Estabilidade do Motor.....	86
4.4.8. Desempenho dos Veículos Função do Binário e Potência dos Motores.....	87
4.5. O MOTOR A 2 TEMPOS.....	88
4.5.1. Taxa de Compressão.....	89
4.5.2. Eficiências de Enchimento.....	89
4.6. MOTORES DE COMPETIÇÃO.....	91
4.6.1. Motores em Formula 1.....	91
4.6.2. Corridas de Arranque ("Drag Races").....	95

## **Capítulo 5. DESCRIÇÃO DOS MOTORES..... 97**

5.1. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA ALTERNATIVOS.....	98
5.1.1. Estrutura do Motor.....	98
5.1.2. Bloco de Cilindros, Culassa e Cáster.....	101
5.1.2.1. Bloco de cilindros.....	102
5.1.2.2. Cabeça do motor ou culassa.....	103
5.1.2.3. Cáster do óleo.....	104

5.1.3.	Sistema Biela-Manivela.....	105
5.1.3.1.	Pistão.....	105
5.1.3.2.	Segmentos.....	108
5.1.3.3.	Biela.....	109
5.1.3.4.	Cambota.....	111
5.1.3.5.	Motores multicilíndricos.....	112
5.1.3.6.	Variação da taxa de compressão.....	114
5.1.4.	Sistema de Distribuição.....	115
5.1.4.1.	Árvore de cames.....	116
5.1.4.2.	Válvulas.....	118
5.1.4.3.	Variação da abertura das válvulas e da geometria da admissão.....	122
5.1.4.4.	Sistemas não convencionais de controlo da distribuição.....	126
5.1.5.	Sistema de Arrefecimento.....	126
5.1.5.1.	Arrefecimento a ar.....	127
5.1.5.2.	Circulação líquida por termossifão.....	128
5.1.5.3.	Circulação líquida forçada.....	129
5.1.6.	Lubrificação.....	131
5.1.6.1.	Sistema de chapinagem.....	131
5.1.6.2.	Sistema por pressão e chapinagem.....	132
5.1.6.3.	Sistema por pressão de óleo.....	132
5.1.6.4.	Sistema sob pressão a cárter seco.....	133
5.1.6.5.	Bombas de óleo.....	133
5.1.6.6.	Filtros de óleo.....	134
5.1.6.7.	Tipos de óleo.....	135
5.2.	MOTORES DE IGNIÇÃO COMANDADA.....	135
5.2.1.	Carburadores.....	136
5.2.1.1.	Combustíveis.....	136
5.2.1.2.	Princípio de funcionamento do carburador.....	137
5.2.1.3.	Correção da mistura.....	139
5.2.2.	Sistema de Injeção.....	143
5.2.2.1.	Princípio de funcionamento.....	145
5.2.2.2.	Injeção mecânica.....	146
5.2.2.3.	Injeção eletrónica analógica.....	148
5.2.2.4.	Injeção eletrónica digital.....	150
5.2.2.5.	Injeção monoponto.....	152
5.2.2.6.	Carburadores eletrónicos.....	154
5.2.2.7.	Injeção direta.....	154
5.2.3.	Sistema de Ignição.....	156
5.2.3.1.	Sistema de bateria convencional.....	156
5.2.3.2.	Ignição eletrónica analógica.....	158
5.2.3.3.	Ignição eletrónica digital.....	159
5.2.3.4.	A vela.....	161
5.3.	MOTORES DE IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO.....	162
5.3.1.	Sistemas de Injeção.....	164
5.3.2.	Componentes dos Sistemas Tradicionais.....	167

5.3.2.1.	Bomba de Injeção.....	167
5.3.2.2.	Injetores.....	169
5.3.2.3.	Outros sistemas.....	170
5.3.3.	Componentes dos Sistemas "Common-rail".....	171
5.3.3.1.	Bombas de alta e baixa pressão.....	172
5.3.3.2.	Injetores.....	173
5.4.	MOTORES A 2 TEMPOS.....	174
5.4.1.	Tipos de Lavagem.....	175
5.4.1.1.	Lavagem transversal.....	175
5.4.1.2.	Lavagem em laço.....	176
5.4.1.3.	Lavagem unidirecional.....	176
5.4.2.	Compressão de Cárter.....	177
5.4.2.1.	Válvula rotativa.....	179
5.4.2.2.	Lamelas.....	180
5.4.3.	Outras Geometrias e Componentes.....	181
5.4.3.1.	Alteração do eixo do cilindro.....	181
5.4.3.2.	Motores com válvulas de tília.....	181
5.4.3.3.	Válvula de escape.....	182
5.4.3.4.	Escape.....	183
5.4.3.5.	Carburadores.....	184
5.4.3.6.	Injeção de combustível.....	185
5.4.3.7.	Catalisador.....	186
5.5.	SOBREALIMENTAÇÃO.....	186
5.5.1.	Tipos de Compressores.....	187
5.5.2.	Compressor Comprex.....	190
5.5.3.	Compressão do Ar.....	191
5.5.4.	O Turbo-Compressor.....	193
5.5.5.	Motores de Ignição Controlada (4 Tempos).....	194
5.5.6.	Motores de Ignição por Compressão (4 Tempos).....	196
5.6.	SENSORES USADOS NOS MOTORES.....	196
5.6.1.	Velocidade do Motor e Posição da Cambota.....	197
5.6.2.	Pressão do Coletor de Admissão.....	197
5.6.3.	Caudal de Ar.....	198
5.6.4.	Posição da Borboleta do Acelerador.....	198
5.6.5.	Concentração de Oxigénio (Sonda $\lambda$ ).....	199
5.6.6.	Temperatura.....	200
5.6.7.	"Knock" (Sensor de Detonação).....	200
5.6.8.	Outros.....	200
5.7.	UTILIZAÇÃO DOS MOTORES.....	201
5.7.1.	Motores de Automóveis.....	201
5.7.2.	"Range Extenders".....	202
5.7.3.	Motores de Motociclos.....	204
5.7.4.	Motores de Aviões.....	205
5.7.5.	Motores Estacionários.....	207
5.7.6.	Outras Aplicações.....	208

5.8. TURBINAS E FOGUETES .....	210
5.8.1. Tipos de Turbinas .....	213
5.8.2. Descrição das Turbinas.....	214
5.8.3. Tipos de Foguetes.....	218
5.8.3.1. Foguetes de combustível sólido.....	219
5.8.3.2. Foguetes de combustível líquido.....	220
<b>Capítulo 6. TERMODINÂMICA DA COMBUSTÃO .....</b>	<b>221</b>
6.1. AR E COMBUSTÍVEIS.....	221
6.2. REAÇÃO ENTRE O COMBUSTÍVEL E O AR.....	222
6.2.1. Coeficiente de Excesso de Ar .....	222
6.2.2. Poder Calorífico do Combustível .....	223
6.2.3. Poder Calorífico da Mistura.....	224
6.3. CÁLCULOS EM COMBUSTÃO .....	226
6.3.1. Cálculo da Quantidade de Ar.....	227
6.3.2. Cálculo dos Produtos de Combustão.....	227
6.3.3. Combustão Incompleta .....	229
6.3.4. Dissociação .....	231
<b>Capítulo 7. COMBUSTÍVEIS E LUBRIFICANTES .....</b>	<b>233</b>
7.1. ESTRUTURA DOS COMBUSTÍVEIS.....	235
7.1.1. Parafinas (Alcanos).....	235
7.1.2. Oleofinas (Alquenos).....	236
7.1.3. Naftalenos (Cicloalcanos) .....	236
7.1.4. Aromáticos .....	236
7.2. PROPRIEDADES DOS COMBUSTÍVEIS.....	237
7.2.1. Estequiometria da Combustão.....	237
7.2.2. Pressão de Vapor de Reid e Temperatura de Ebulição.....	237
7.2.3. Calor Latente de Vaporização.....	238
7.2.4. "Flash Point".....	239
7.2.5. Limites de Flamabilidade.....	239
7.2.6. Temperatura de Auto-Ignição.....	240
7.2.7. Temperatura Adiabática de Chama .....	240
7.2.8. Poder Calorífico.....	242
7.2.9. Produção de $CO_2$ .....	242
7.3. GASOLINA.....	243
7.3.1. Índice de Octano.....	243
7.4. GASÓLEO.....	245
7.5. OUTROS COMBUSTÍVEIS .....	247
7.5.1. Combustíveis Gasosos .....	248
7.5.1.1. Gases de petróleo liquefeitos (GPL - LPG) .....	250
7.5.1.2. Gás natural .....	251

7.5.1.3.	Hidrogénio .....	252
7.5.2.	Álcoois, Éteres e outros Oxigenados .....	253
7.5.2.1.	Álcoois.....	254
7.5.2.2.	Éteres.....	255
7.5.2.3.	Ácidos gordos (gorduras).....	255
7.5.2.4.	Ésteres (biodiesel).....	256
7.5.2.5.	Estequiometria da combustão dos álcoois.....	258
7.5.2.6.	Pressão de vapor dos álcoois.....	259
7.5.2.7.	Calor latente de vaporização dos álcoois.....	260
7.5.2.8.	Solubilidade dos álcoois.....	261
7.5.2.9.	"Flash point" dos álcoois.....	261
7.5.2.10.	Índice de octano ( <i>IO</i> ) dos álcoois.....	261
7.5.2.11.	Pré-ignição dos álcoois.....	262
7.5.2.12.	Potencial de emissão de poluentes dos álcoois .....	262
7.5.2.13.	Reformação do metanol .....	263
7.5.2.14.	Corrosão com os álcoois.....	264
7.5.2.15.	Segurança com o uso dos álcoois.....	264
7.5.2.16.	DME (éter dimetílico).....	265
7.5.2.17.	Nitrometano.....	266
7.5.2.18.	Biodiesel .....	267
7.5.3.	Combustíveis Inulgares .....	269
7.5.3.1.	Acetileno e amoníaco.....	269
7.5.3.2.	Combustíveis que forneçam mais potência .....	269
7.5.4.	Combustíveis Sintéticos .....	270
7.5.5.	Carvão (Emulsão - "Slurry").....	270
7.5.6.	Óxido Nitroso .....	271
7.6.	ÓLEOS LUBRIFICANTES .....	272
7.6.1.	Testes e Propriedades dos Óleos .....	272
7.6.2.	Óleos Sintéticos.....	274
7.6.3.	Classificação dos Óleos Lubrificantes para Motores .....	275
7.6.4.	Outras Propriedades.....	278
7.7.	PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	279
7.7.1.	Biodiesel .....	279
7.7.2.	Bioetanol .....	280

## Capítulo 8. COMBUSTÃO NOS MOTORES .....283

8.1.	COMBUSTÃO NOS MOTORES DE IGNIÇÃO COMANDADA ( <i>IC</i> ) .....	283
8.1.1.	Caracterização da Combustão Normal.....	284
8.2.	PARÂMETROS DA COMBUSTÃO NOS MOTORES DE <i>IC</i> .....	288
8.2.1.	Turbulência.....	288
8.2.2.	Taxa de Compressão.....	290
8.2.3.	Avanço da Ignição.....	291
8.2.4.	Qualidade da Faísca.....	292

8.2.5.	Riqueza da Mistura.....	292
8.2.6.	Nível de Preparação da Mistura.....	292
8.2.7.	Carga e Velocidade do Motor.....	293
8.2.8.	Temperatura, Pressão e Humidade do Ar.....	294
8.2.9.	Características do Combustível.....	294
8.3.	CÂMARAS DE COMBUSTÃO DOS MOTORES DE IC.....	295
8.3.1.	Câmara em "L" e em "T" (de Válvulas Laterais).....	296
8.3.2.	Câmara de Turbulência ou de "Ricardo".....	297
8.3.3.	Câmara em Banheira.....	297
8.3.4.	Câmara em Cunha ou Triangular.....	298
8.3.5.	Câmara Hemisférica.....	298
8.3.6.	Câmara Trapezoidal ou "Sem Câmara".....	299
8.3.7.	Câmara no Pistão.....	299
8.3.8.	Câmara de 4 Válvulas "Telhado de Alpendre" ("Pent-Roof").....	300
8.3.9.	Câmara de 4 Válvulas Radiais.....	301
8.3.10.	Câmaras com mais de 4 Válvulas.....	301
8.4.	COMBUSTÃO ANORMAL.....	302
8.4.1.	Pré-ignição (Ignição à Superfície).....	303
8.4.2.	Auto-Ignição.....	304
8.4.3.	"Knock" (Grilar).....	304
8.4.3.1.	Detonação.....	309
8.4.4.	Parâmetros Relativos ao "Knock".....	309
8.4.4.1.	Avanço da ignição.....	309
8.4.4.2.	Combustível.....	309
8.4.4.3.	Taxa de compressão.....	310
8.4.4.4.	Turbulência.....	310
8.4.4.5.	Carga imposta.....	310
8.4.4.6.	Riqueza da mistura.....	310
8.4.4.7.	Velocidade do motor.....	310
8.4.4.8.	Temperatura e pressão de admissão.....	310
8.4.4.9.	Temperatura do motor.....	311
8.4.4.10.	Câmara de combustão.....	311
8.4.4.11.	Preparação da mistura.....	311
8.4.4.12.	Recirculação de gases de escape (EGR).....	311
8.4.5.	Índice de Octano.....	311
8.4.5.1.	Outras condições que originam alterações no IO requerido por um motor.....	313
8.4.5.2.	Combustíveis.....	313
8.4.6.	"Rateres" ("Backfire").....	314
8.5.	COMBUSTÃO NOS MOTORES DE IGNIÇÃO POR COMPRESSÃO (IPC).....	315
8.5.1.	Características da Combustão.....	315
8.5.2.	Preparação da Mistura.....	316
8.5.3.	Tipo de Combustão.....	317
8.5.4.	Combustíveis.....	318



8.5.5.	As Fases da Combustão nos Motores de <i>IPC</i> .....	318
8.5.5.1.	Atraso da inflamação.....	318
8.5.5.2.	Combustão detonante ou explosiva.....	320
8.5.5.3.	Combustão controlada ou progressiva.....	320
8.5.5.4.	Combustão por difusão.....	321
8.6.	PARÂMETROS DA COMBUSTÃO NOS MOTORES DE <i>IPC</i> .....	321
8.6.1.	Sistema de Injeção.....	322
8.6.1.1.	Atomização.....	323
8.6.1.2.	Penetração do "spray".....	324
8.6.1.3.	Distribuição de tamanhos das gotas.....	324
8.6.1.4.	Avanço da injeção.....	325
8.6.1.5.	Carga ou quantidade de massa injetada.....	325
8.6.2.	Turbulência.....	325
8.6.3.	Taxa de Compressão.....	326
8.6.4.	Combustíveis.....	326
8.6.5.	Outros Parâmetros.....	327
8.6.5.1.	Pressão e temperatura de admissão.....	327
8.6.5.2.	Sobrealimentação.....	327
8.6.5.3.	Velocidade do motor.....	327
8.6.6.	Câmaras de Combustão dos Motores de <i>IPC</i> .....	328
8.6.6.1.	Câmaras de injeção direta.....	328
8.6.6.2.	Câmaras de injeção indireta.....	329
8.7.	VARIABILIDADE DA COMBUSTÃO.....	330
8.7.1.	Valores Experimentais de $VAR_{pmi}$ .....	331
8.8.	MOTORES COM DIFERENTES PROCESSOS DE COMBUSTÃO.....	332
8.8.1.	Motores de Carga Estratificada.....	333
8.8.1.1.	Motor Honda CVCC.....	334
8.8.1.2.	Injeção direta.....	334
8.8.2.	CAI ("Controlled Auto Ignition").....	335
8.8.3.	Motores <i>HCCI</i> ("Homogeneous Charge Compression Ignition").....	337
8.8.4.	Motores "Dual-Fuel" (com 2 Tipos de Combustível).....	340
<b>Capítulo 9.</b>	<b>PRODUÇÃO E ELIMINAÇÃO DE POLUENTES.....</b>	<b>343</b>
9.1.	INTRODUÇÃO.....	343
9.2.	LEGISLAÇÃO EUROPEIA.....	346
9.2.1.	Dados Históricos.....	347
9.2.2.	Legislação Europeia Atual (Automóveis).....	348
9.2.3.	Legislação Europeia Atual (Pesados).....	351
9.3.	POLUENTES.....	352
9.3.1.	Proveniência dos Poluentes.....	352
9.3.1.1.	Motores de ignição comandada.....	352
9.3.1.2.	Motores de ignição por compressão.....	354
9.3.1.3.	Fontes de poluentes na Europa.....	354

9.3.2. Toxicidade dos Poluentes .....	355
9.4. MECANISMO DE FORMAÇÃO DE POLUENTES.....	356
9.4.1. Óxidos de Azoto.....	357
9.4.2. Monóxido de Carbono .....	359
9.4.3. Hidrocarbonetos Não Queimados .....	360
9.4.4. Partículas ou Fumo.....	361
9.5. SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA .....	362
9.5.1. Soluções Iniciais .....	362
9.5.1.1. Legislação Federal dos Estados Unidos .....	362
9.5.2. Motores de Carga Estratificada.....	363
9.5.3. Catalisador de Triplo Efeito, Sonda $\lambda$ , "Closed-Loop" e Injeção Eletrônica .....	365
9.5.3.1. Reações no catalisador .....	367
9.5.4. Motores de Queima Pobre.....	367
9.5.5. Motores Diesel.....	368
9.5.5.1. Catalisadores de oxidação.....	370
9.5.5.2. Redução seletiva de NOx.....	370
9.5.5.3. Adsorção de NOx.....	371
9.5.5.4. EGR (recirculação dos gases de escape).....	371
9.5.5.5. Conteúdo de enxofre do combustível.....	372
9.5.5.6. Número de válvulas .....	372
9.5.5.7. Turbulência.....	373
9.5.5.8. Avanço da injeção .....	373
9.5.5.9. Pressão de injeção.....	373
9.5.5.10. Componentes .....	373
9.5.5.11. Turbo-compressores e "inter-coolers" .....	374
9.5.5.12. Filtros de partículas .....	374
9.5.5.13. Sistemas de injeção .....	375
9.6. MOTORES A 2 TEMPOS.....	375
9.7. "ON-BOARD DIAGNOSTICS" – OBD.....	377
9.7.1. OBD I e OBD II.....	377
9.7.2. Funcionamento.....	378
9.7.3. Códigos.....	380
9.7.4. Análise ao Catalisador.....	381
9.8. SÍNTESE.....	381
<b>Capítulo 10. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO E CÁLCULO .....</b>	<b>383</b>
10.1. RENDIMENTOS.....	383
10.1.1. Rendimento de Combustão .....	384
10.1.1.1. Dissociação.....	386
10.1.1.2. Preparação da mistura.....	386
10.1.1.3. Turbulência.....	386
10.1.1.4. Modelo de libertação de calor .....	387
10.1.1.5. Cálculo da taxa de libertação de calor.....	389
10.1.2. Rendimento Adiabático .....	390

10.1.2.1.	Transferência de calor para as paredes da câmara de combustão.....	390
10.1.2.2.	Motorés adiabáticos.....	391
10.1.2.3.	Influência das condições de funcionamento.....	392
10.1.3.	Rendimento Teórico.....	393
10.1.4.	Rendimento Relativo às Propriedades dos Fluidos.....	394
10.1.4.1.	Riqueza da mistura.....	395
10.1.4.2.	Capacidade calorífica específica do ar.....	395
10.1.4.3.	Propriedades dos gases intervenientes.....	397
10.1.5.	Rendimento Inerente.....	398
10.1.5.1.	Cálculo da transferência de calor num motor.....	400
10.1.5.2.	Calor (latente) da vaporização do combustível.....	403
10.1.6.	Eficiência de Bombagem.....	403
10.1.6.1.	Passagem nas válvulas.....	404
10.1.6.2.	Número de Mach.....	405
10.1.6.3.	Pressão média de bombagem.....	407
10.1.6.4.	Gases residuais.....	408
10.1.6.5.	Passagem na válvula limitadora do ar (acelerador).....	408
10.1.7.	Rendimento Mecânico.....	409
10.1.7.1.	Pistão, segmentos e cilindro.....	411
10.1.7.2.	Chumaceiras.....	414
10.1.7.3.	Sistema de distribuição.....	416
10.1.7.4.	Acessórios.....	418
10.1.7.5.	Atrito total.....	419
10.1.7.6.	Medição das perdas de atrito.....	420
10.1.8.	Eficiência Volumétrica.....	420
10.1.8.1.	Modelos de cálculo dos fluxos de gás no motor.....	422
10.1.8.2.	Efeito de sintonia e inercial dos gases de admissão e escape.....	422
10.1.8.3.	Cálculo do escape do motor a 2 tempos.....	424
10.1.8.4.	Calor latente de vaporização do combustível.....	426
10.1.8.5.	Temperatura do motor.....	427
10.2.	BALANÇO DE ENERGIA DO MOTOR.....	427
10.3.	CÁLCULO DA ENERGIA DESCARREGADA NOS GASES DE ESCAPE.....	428
10.4.	CÁLCULO DA RIQUEZA DA MISTURA.....	430
10.4.1.	Métodos de Cálculo.....	431
10.4.1.1.	Shell-Thornton I.....	431
10.4.1.2.	Shell-Thornton II.....	432
10.4.1.3.	Equação de Spindt.....	432
10.4.2.	Riqueza da Mistura ( $\phi$ ) e Coeficiente de Excesso de Ar ( $\lambda$ ).....	432
10.5.	CONTROLO DO MOTOR.....	434
10.5.1.	O Sistema de Injeção.....	434
10.5.1.1.	Medição do caudal de ar.....	434
10.5.1.2.	Injeção da gasolina.....	438
10.5.2.	Ignição.....	444
10.5.3.	"Ralenti".....	445
10.5.4.	Tempo de Resposta.....	445

<b>Capítulo 11. TESTE DE MOTORES.....</b>	<b>447</b>
11.1. INTRODUÇÃO.....	447
11.2. TIPOS DE DINAMÓMETROS.....	448
11.2.1. Dinamómetros de Inércia.....	450
11.2.2. Dinamómetros Hidráulicos.....	450
11.2.3. Dinamómetros Elétricos.....	451
11.2.4. Dinamómetros de Fricção.....	451
11.2.5. Comparação entre Dinamómetros.....	452
11.3. O LABORATÓRIO DE TESTE.....	455
11.4. CARGA TÉRMICA RETIRADA NA VENTILAÇÃO.....	455
11.4.1. Convecção e Radiação do Motor.....	456
11.4.2. Convecção e Radiação do Escape.....	456
11.4.3. Perdas no Dinamómetro.....	456
11.4.4. Perdas nas Tubagens de Água Quente.....	456
11.5. FORNECIMENTO DE COMBUSTÍVEL, ÓLEO, ÁGUA, AR E RETIRAGEM DE GASES QUEIMADOS E SUAS MEDIÇÕES.....	457
11.5.1. Fornecimento de Combustível.....	458
11.5.2. Água de Arrefecimento.....	459
11.5.3. Ar de Combustão.....	462
11.5.4. Gases de Escape.....	462
<b>Bibliografia.....</b>	<b>463</b>
<b>Índice Remissivo.....</b>	<b>473</b>