

# Sistemas Energéticos

**3º ano 6º semestre**

**Aula 18**



# *Aula 18: Queimadores*

# Tópicos

- *Condicionantes do processo - Ar de combustão*
- *Queimadores a gás*
- *Queimadores com pré-mistura*
- *Queimador do tipo injector*
- *Queimador com mistura parcial*
- *Queimador com mistura externa*
- *Queimador de duas vias*
- *Queimador Turbulento*
- *Queimador com controle de comprimento da chama*
- *Queimador de combustível líquido*
- *Queimador de baixa pressão*
- *Queimador de alta pressão*
- *Queimador misto gás-líquido*



## 18- Queimadores

Um queimador é um equipamento que mediante o processo de combustão, tem por fim realizar a transformação de energia química de um combustível em calor. O combustível pode ser líquido, gasoso ou sólido.

Para além de providenciar o calor num qualquer dispositivo de aquecimento, controla também a temperatura de saída e pressão do dispositivo e é essencial que a queima de combustível seja eficiente para que o consumo seja reduzido.



# 18- Queimadores

Para além destas funções, o queimador tem também um papel preponderante na estabilização de chama, promovendo a:

- Recirculação (interna ou externa) dos gases da chama de modo a aquecer a mistura ar/combustível;
- Turbulência da mistura; e
- Atomização (Pulverização) correcta de combustível.

Por esta última função, por vezes os queimadores são apenas referidos por atomizadores, uma vez que é esta a sua principal característica e também é ela que diferencia os diversos tipos de de queimadores.



# 18- Queimadores



Figura 18.1 Exemplo de um queimador

## ***18.1 - Condicionantes do processo - Ar de combustão***

- **Ar primário** – provê uma percentagem de ar para a combustão, mas, mais importante, controla a quantidade de combustível que pode ser queimado.
- **Ar secundário** – aumenta a eficiência da combustão, promovendo a queima completa do combustível. Os “vazamentos” de ar para dentro de câmaras de combustão provocam a diluição da chama e redução da temperatura dos gases de exaustão, reduzindo a eficiência operativa.



## ***18.1 - Condicionantes do processo - Ar de combustão***

- **Ar de excesso** – ar fornecido à combustão para garantir que cada molécula do combustível seja completamente envolvida por suficiente ar de combustão.
- **Ar de diluição** – não participa directamente da combustão e presta-se basicamente a controlar o fluxo da chaminé e para reduzir a probabilidade de que a humidade presente nos gases de exaustão condense nos sistemas de ventilação. Indirectamente influencia o ar de combustão, a segurança e a eficiência.



# 18.1 - Condicionantes do processo - Ar de combustão

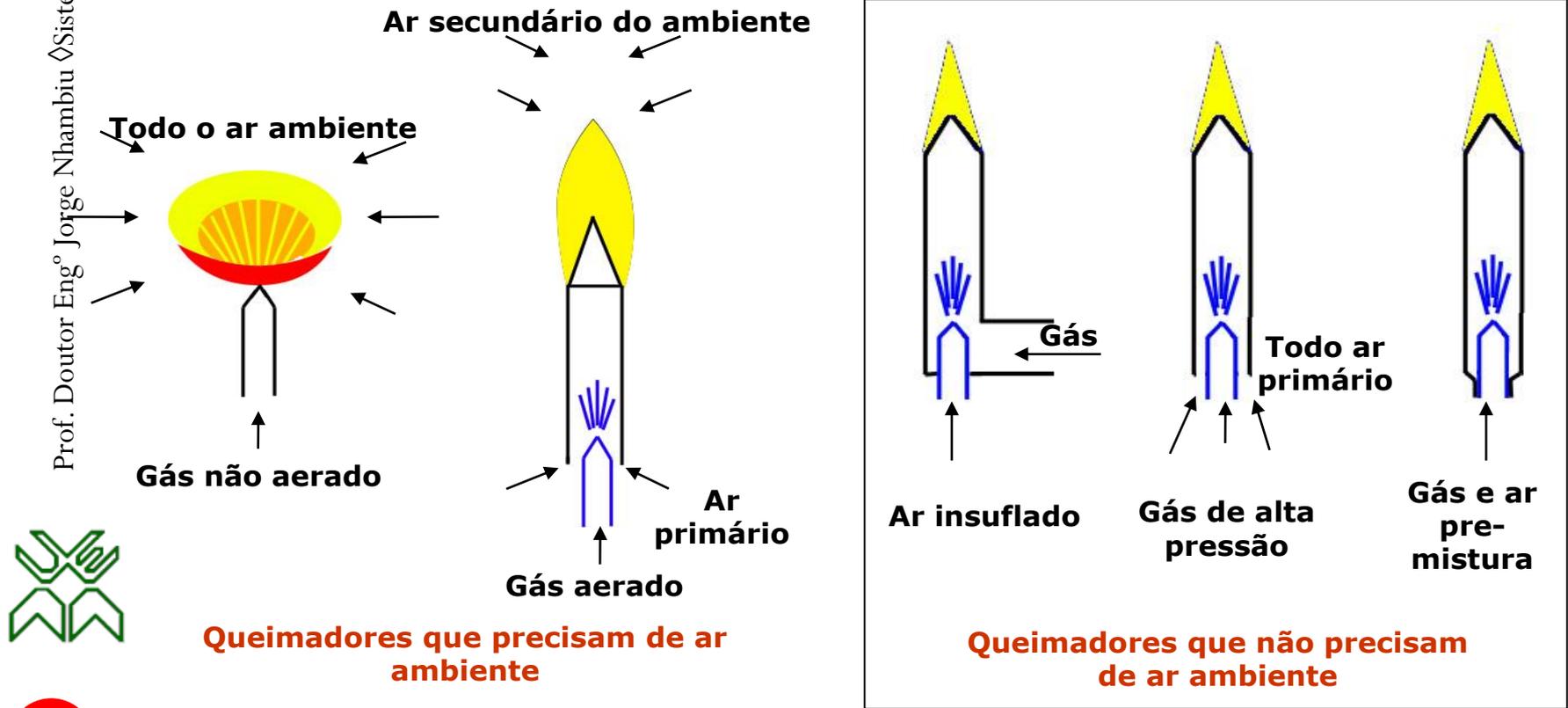


Figura 18.2 Exemplo de queimadores



## ***18.2 - Queimadores a gás***

O propósito principal dos queimadores a gás é o de providenciar condições específicas e económicas favoráveis ao funcionamento da fornalha. Para se alcançar este propósito, o queimador deve assegurar o seguinte:

- Fornecer e misturar o combustível gasoso com o ar nas quantidades requeridas;
- Completar a combustão do combustível dentro do espaço de trabalho;
- A chama formada deve garantir o nível de transferência de calor requerido no espaço de trabalho da fornalha.

## 18.2 - Queimadores a gás

O método principal de classificação dos queimadores a gás é baseado em como se faz a mistura de ar e combustível. Sendo assim eles dividem-se em três grandes grupos:

- com pré-mistura de gás e ar;
- com mistura parcial de gás e ar; e
- queimadores com mistura externa.

O primeiro grupo refere-se aos queimadores nos quais o combustível e o ar são misturados antes de serem injectados pelo queimador.





## ***18.2 - Queimadores a gás***

Uma mistura de combustível pré-misturada é fornecida à zona de combustão da fornalha e o processo de combustão é cinético (chama de pré-combustão) pela sua natureza. Estes queimadores são chamados de mistura interna ou queimadores pré-misturados.

No segundo grupo de queimadores, somente uma parte do ar necessário para a combustão é preliminarmente misturada com o combustível (antes da injeção na fornalha).

## ***18.2 - Queimadores a gás***

Nos queimadores com mistura externa, o processo da mistura realiza-se no local onde ocorre a combustão e assim, a combustão é do tipo de difusão. A combustão de combustível contendo hidrocarbonetos resulta numa chama visível. É por isso que estes queimadores são também chamados queimadores de chama difusiva.



## 18.3 - Queimadores com pré-mistura

Antes de se ir ao particular destes queimadores são de realçar algumas particularidades gerais que determinam o seu mérito e a sua aplicação:

- Com estes queimadores consegue-se uma baixa relação Ar-Combustível, o que garante uma maior temperatura da chama. O facto da mistura se fazer fora da câmara proporciona este evento;
- Pelo mencionado estes queimadores são utilizados para gases de baixo poder calorífico inferior.



Figura 18.3 Queimador com pré-mistura





## 18.3 - Queimadores com pré-mistura

Nas figura apresenta-se um misturador que alimenta vários queimadores e um queimador com o misturador incorporado. O tipo de queimadores com o misturador incorporado é usado para os casos em que o diâmetro do difusor não excede os 75 mm e os outros para difusores com diâmetros superiores.

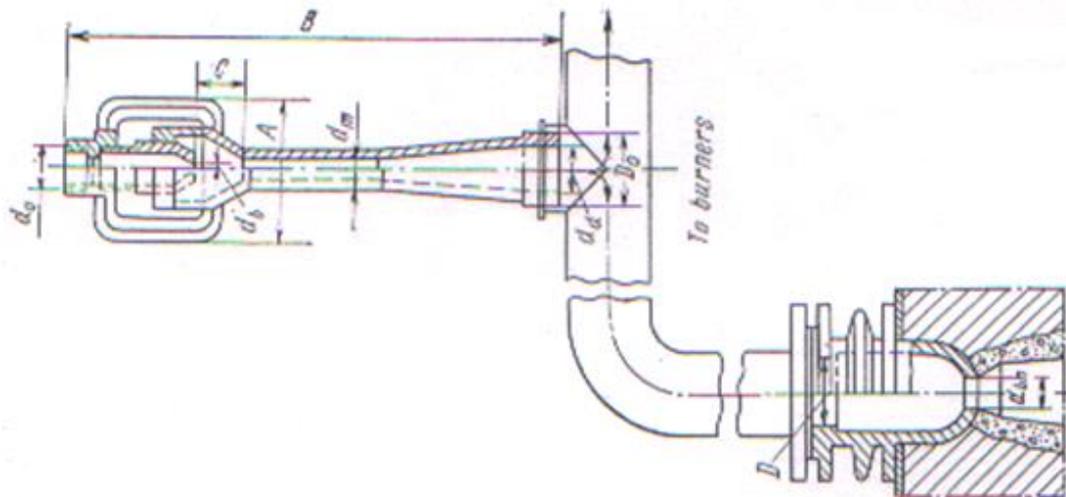


Figura 18.4 Misturador para vários queimadores

## 18.3 - Queimadores com pré-mistura

Para o cálculo da quantidade de ar usa-se a fórmula

$$\dot{m}_{ar} = C_a \cdot d_2^2 \cdot P_1 \cdot 0,12 \sqrt{g / T_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]} \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (18.1)$$

Para o cálculo da quantidade de combustível utiliza-se a expressão:

$$\dot{B} = C_f \cdot d_f^2 \cdot 1,11 \sqrt{G \Delta P} \left[ \frac{kg}{s} \right] \quad (18.2)$$

Onde:

$d_f$  – diâmetro do injetor de combustível

$d_2$  – diâmetro do injetor de ar

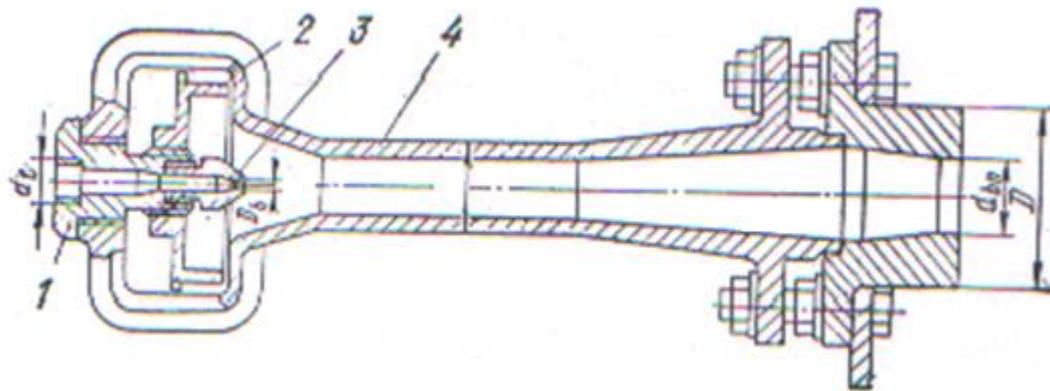
$C_a$  – Coeficiente de descarga do ar  $\sim 0,8$

$C_f$  - Coeficiente de descarga do combustível  $\sim 0,75$

$G$  – Densidade relativa



## 18.3 - Queimadores com pré-mistura



- 1 – conector
- 2 – filtro de ar
- 3 – pulverizador
- 4 – tubo misturador

Figura 18.5 Queimador com misturador incorporado



## 18.3 - Queimadores com pré-mistura

O misturador funciona do seguinte modo: O gás combustível a uma pressão específica é fornecido ao misturador pela conexão do tubo de admissão 1 e quando atinge alta pressão no difusor 3, injecta-se o ar necessário para a combustão.

O ar é succionado da atmosfera circundante para o interior através de um anel existente entre o filtro 2 e o tubo de mistura 4. O gás é misturado com o ar durante ainda a sucção deste , mas a mistura completa consegue-se no tubo de mistura cujo comprimento terá de ser no mínimo igual a sete vezes o seu diâmetro.



## 18.4 - Queimador do tipo injector

Os queimadores do tipo injector, também conhecidos como queimadores de ar ou gás injectores, têm várias vantagens em diferentes aplicações industriais e comerciais: Grande eficiência energética; Combustão limpa; Alta turbulência; Flexibilidade de combustível incluindo (gás natural, propano, gasóleo e outros combustíveis líquidos); Facilidade de controle; Baixa manutenção; e Aplicações versáteis.



Figura 18.5 Queimador do tipo injector



## 18.4 - Queimador do tipo injector

A produtividade e estabilidade dos injectores depende em grande medida da pressão a que o combustível é fornecido:

- Se a pressão for tal que a velocidade do fluído que sai do bico seja menor que a da chama tem-se o retorno e a chama entra no interior do bico;
- Se ela for de modo a que a velocidade do fluído seja maior que a da chama, então a chama irá se interromper;
- Geralmente a velocidade da mistura a saída do queimador  $w_q$  deve estar entre 20 – 50 m/s (a 0°C). A pressão mínima requerida para prevenir o retorno da chama é de 490 N/m<sup>2</sup> para gás do alto forno, 881 N/m<sup>2</sup> para gás natural e 196 N/m<sup>2</sup> para uma mistura de gás do alto forno e de coque PCI = 8350 kJ/m<sup>3</sup>.



## 18.4 - Queimador do tipo injector

A velocidade definitiva da mistura combustível na saída do queimador corresponde a carga térmica no pulverizador do queimador que é dada pela expressão:

$$h_q = 0,278B \cdot PCI / f_q \quad (18.3)$$

Onde:

B – é o fluxo volumétrico de combustível em m<sup>3</sup>/h

f<sub>q</sub> – é a área da secção transversal do bico do queimador

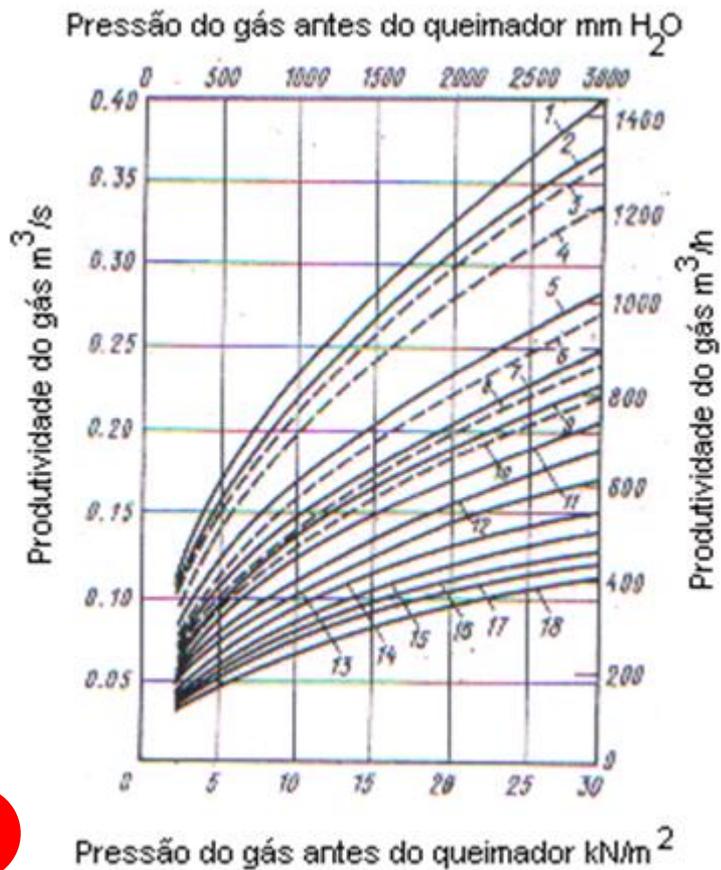
Geralmente h<sub>q</sub> varia entre 8160 e 11650 W/cm<sup>2</sup>

A quantidade de gás em função da produtividade do queimador e a pressão de gás requerida podem ser determinadas pela Tabela 18.1





## Efeito da pressão de admissão do gás no desempenho (Tabela 18.1)



Injector de diâmetro  
 $d_q = 100$  mm com  
excesso de ar  $\alpha = 1,5$   
(temperatura de  
 $t_g = 0^\circ\text{C}$  linhas  
contínuas e  $t_g = 300^\circ\text{C}$   
linhas interrompidas)

Linha	PCI (kJ/m <sup>3</sup> )
1	3750
2	4100
3	3750
4	4100
5,6	5050
7,8	5450
9,10	5850
11	6250
12	6650
13	7100
14	7550
15	7950
16	8400
17	8800
18	9200

## ***18.4 -Queimador do tipo injector***

Alguns tipos de injectores funcionam com gás ou ar pré-aquecidos, que são de especial importância para fornalhas que funcionam com gás de baixo poder calorífico tal como gás do alto-forno, como se apresenta no Slide 20.

É necessário seleccionar correctamente a temperatura de pré-aquecimento do gás e do ar para que haja ignição no misturador. Este tipo de queimadores é usual em fornalhas de grandes dimensões.

A selecção de queimadores para fornalhas particulares de acordo com a sua produtividade é feita de acordo com os gráficos do Slide 22 e com as Tabela 18.2



## 18.4 - Queimador do tipo injectador

(para uso com gás pré-aquecido)

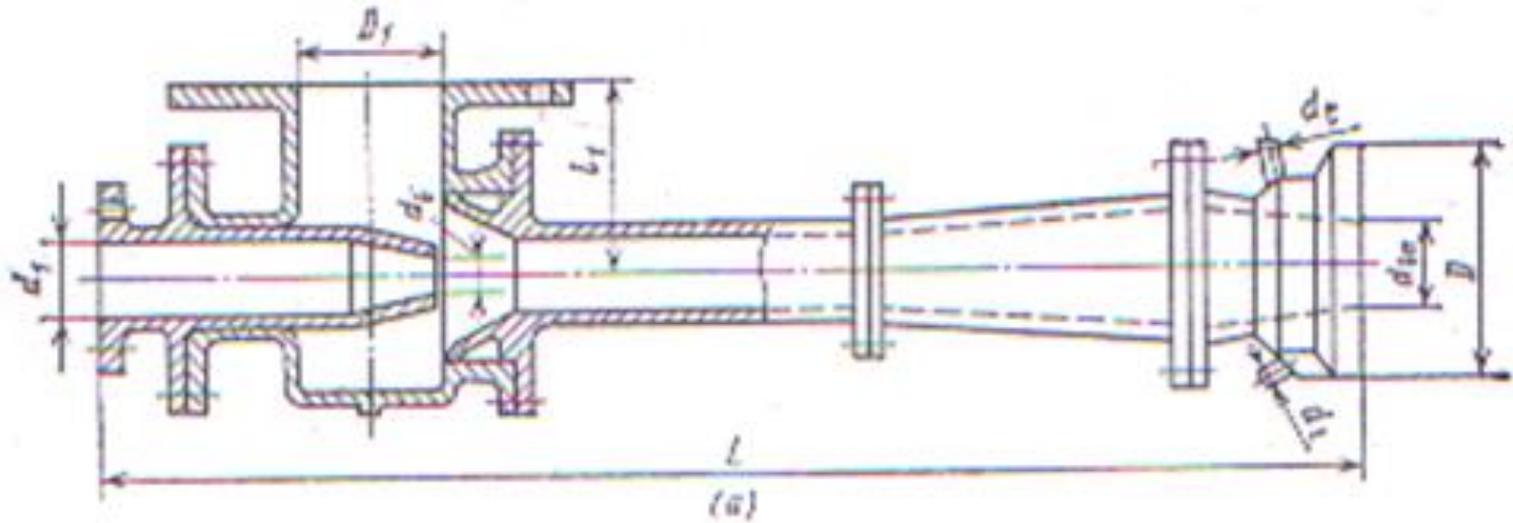


Figura 18.6 Queimadores com pré-aquecimento



# 18.4 - Queimador do tipo injector

(Tabela 18.2)

Curva Nº	PCI	Temperatura °C	
		gás	ar
1	3750	300	600
2	4100	300	600
3	5450	200	500
4	5850	200	500
5	6250	200	500
6	5850	20	500
7	6250	20	500
8	6650	20	500
9	7100	20	500
10	7550	20	500
11	7950	20	500
12	8400	20	500

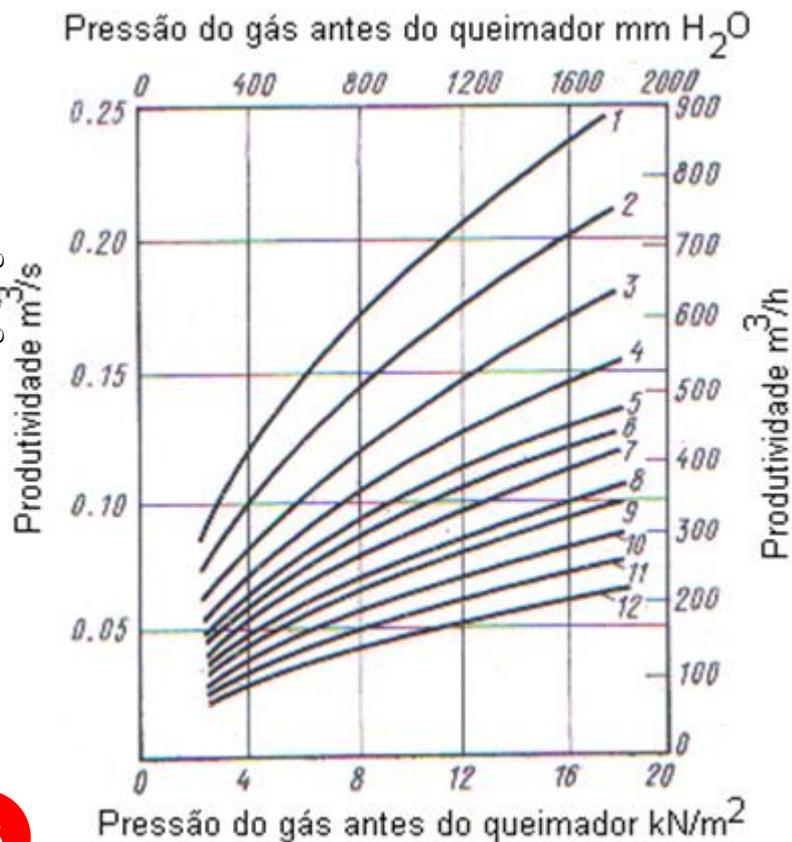


Figura 18.7 Desempenho do injector

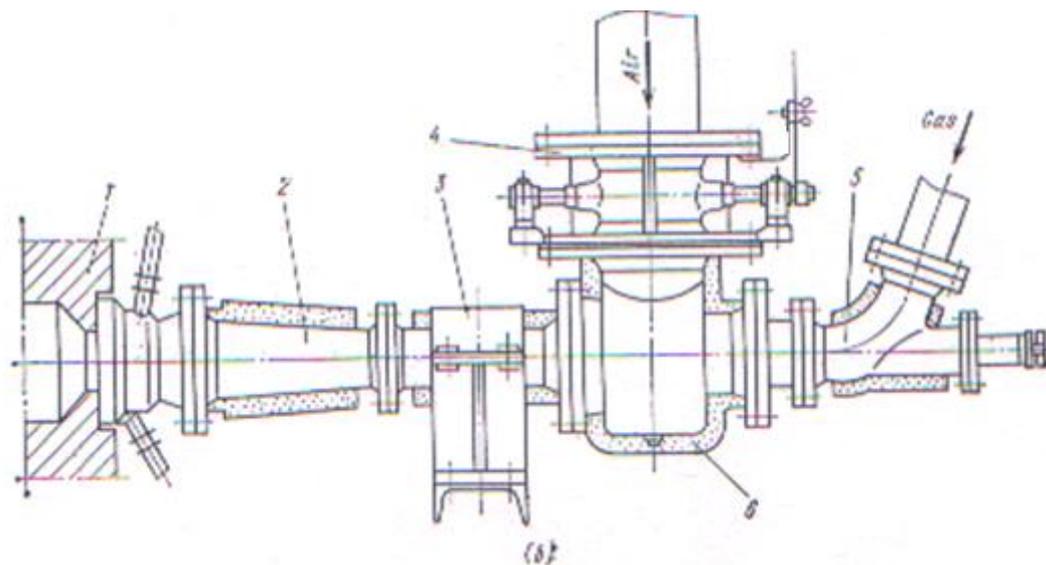


## Dimensões básicas do injector (mm) (Tabela18.3)

$d_q$	D	$D_1$	$d_1$	$d_t$ (")	L	$L_1$	$d_q$	D	$D_1$	$d_1$	$d_t$ (")	L	$L_1$
85	170	125	75	3/8	1035	200	154	410	300	150	3/4	2245	280
75	190	125	75	3/8	1145	200	178	470	350	200	1	2285	350
86	220	200	100	1/2	1360	230	205	490	350	250	1	2915	350
100	260	200	100	1/2	1530	230	235	510	350	250	1	3290	350
116	300	250	125	1/2	1740	250	270	510	450	300	1	3695	460
134	350	300	150	3/4	2000	280	-	-	-	-	-	-	-



## 18.4 - Queimador do tipo injector



- 1 – tunel
- 2 – queimador
- 3 – suporte
- 4 – válvula
- 5 – cotovelo
- 6 - isolamento

Figura 18.8 Queimadores com pré-aquecimento



## Factor de correcção para valores de $d_q$ (mm) (Tabela 18.4)

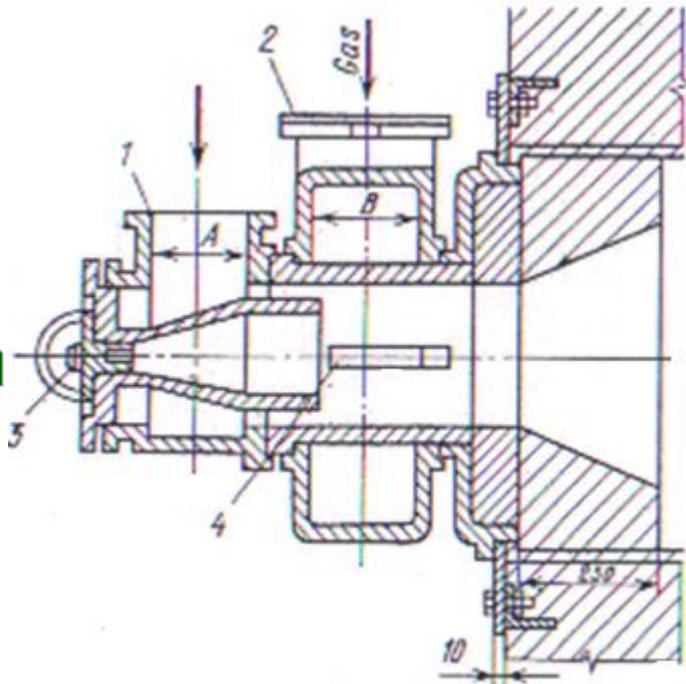
$d_q$	K	$d_q$	K	$d_q$	K	$d_q$	K	$d_q$	K
14	0,0225	28	0,0784	48	0,23	86	0,74	154	2,37
18	0,0324	32	0,102	56	0,314	100	1	178	3,17
21	0,0441	37	0,137	65	0,422	116	1,35	205	4,2
24	0,0576	42	0,176	75	0,562	134	1,8	235	5,52
								270	7,29



## 18.5 - Queimador com mistura parcial



Em certo tipo de fornalhas é necessário formar um tipo de chama intermédio i.e. Pouco luminescente e de comprimento moderado. Isto consegue-se usando queimadores de mistura parcial em que parte do gás mistura-se com o ar no canal de admissão e o restante fora deste.



- 1 – fornecimento de ar
- 2 – fornecimento de gás
- 3 – furo de ignição
- 4 – furos para admissão de ar no canal de gás

Figura 18.9 Queimador com mistura parcial

## 18.6 - Queimador com mistura externa

Estes queimadores funcionam com grande coeficiente de excesso de ar (10 a 15% de excesso) e têm uma chama de grande comprimento. Eles são vantajosos para a combustão de combustíveis com grande poder calorífico.

Eles têm a seguintes desvantagens:

- Precisam de um grande coeficiente de excesso de ar o que resulta em consumos excessivos de combustível;
- Precisam de um ventilador para o fornecimento de ar;
- Precisam de controladores especiais para o controle do fluxo de ar quando varia o de combustível.



# 18.6 - Queimador com mistura externa

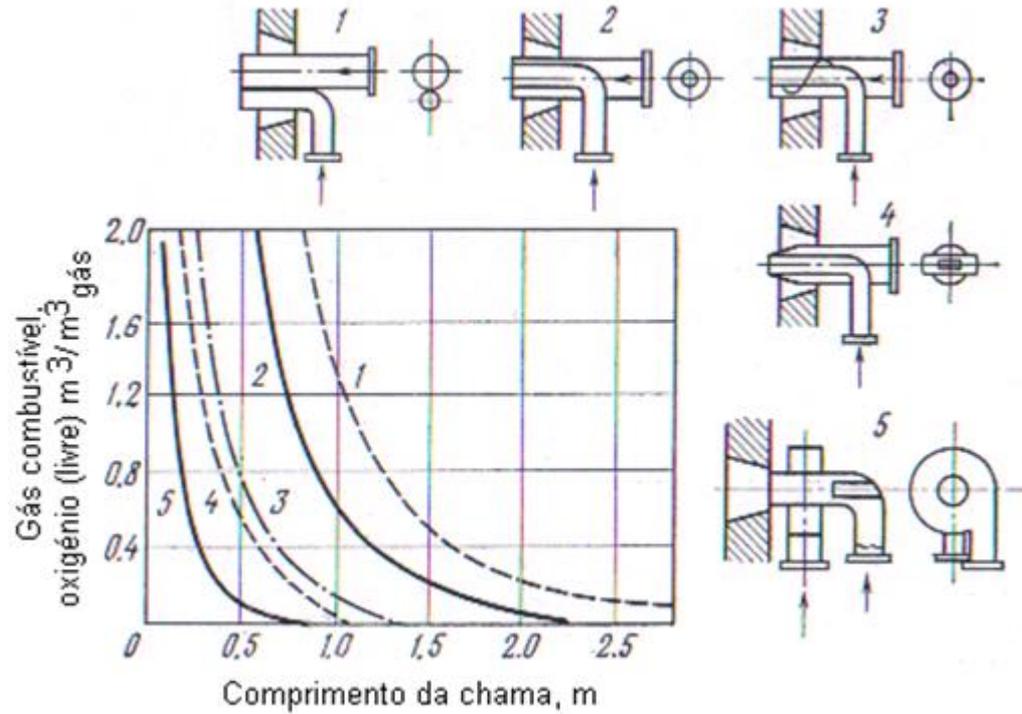


Tabela 18.5 Queimadores com mistura externa



## 18.7 - Queimador de duas vias



Estes queimadores também conhecidos como queimadores de tubo em tubo podem ser operados com uma grande gama de combustíveis a baixa pressão e permite uma grande faixa de controle. A velocidade da mistura na saída do queimador varia entre 10 a 70 m/s a pressão do gás ou ar de 98 a 4900 N/m<sup>2</sup>.

A pressão requerida de gás e ar deve ser em 35 a 45 % maior que a pressão no bico do injector ou na secção anelar do mesmo.

## 18.7 - Queimador de duas vias

É importante seleccionar convenientemente a relação entre as velocidades do gás e do ar na secção transversal. Os valores recomendados por aproximação da razão da área do anulo da passagem do ar e do bico injector para vários combustíveis são as seguintes:

(Tabela 18.6)

Mistura de gás com PCI = 3771 – 5666 kJ/m <sup>3</sup>	1,1
Mistura de gás com PCI = 5666 – 8380 kJ/m <sup>3</sup>	1,9
Gás de coque	7
Gás natural	14



## 18.7 - Queimador de duas vias

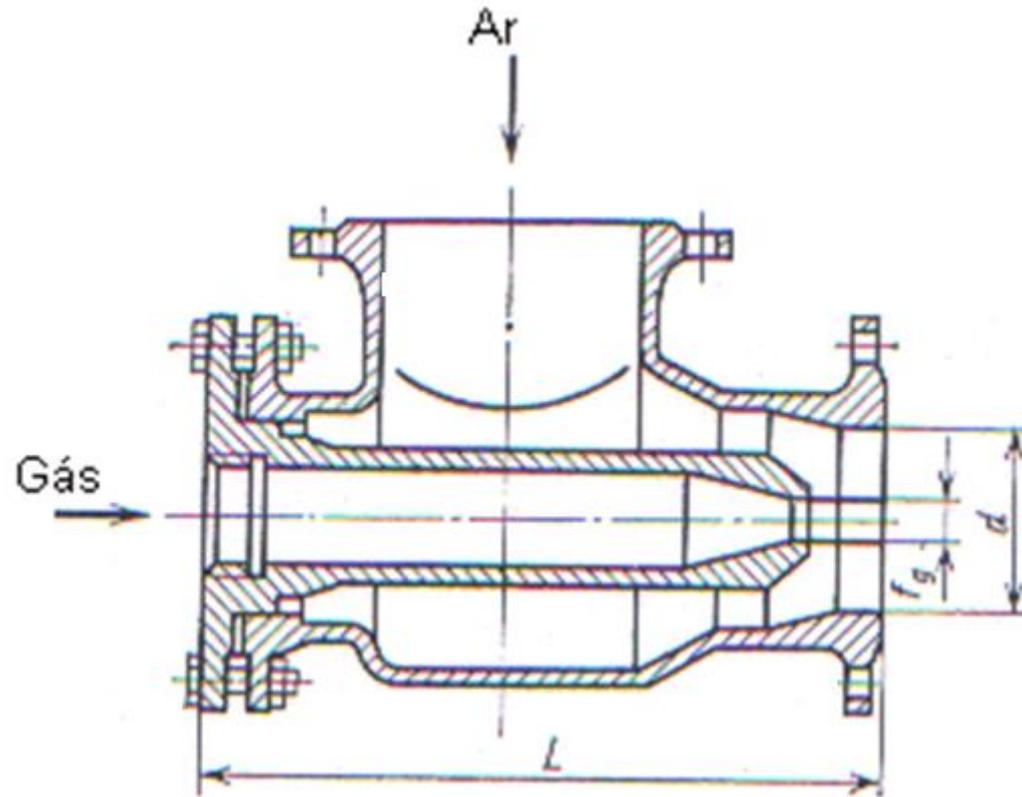


Figura 18.10 Queimador de duas vias



## 18.7 - Queimador de duas vias

Os queimadores de duas vias são calculados do seguinte modo:

- Para um dado PCI de combustível e para um caudais conhecidos de gás e de ar é definida uma velocidade do gás na secção fg (acima de 40 m/s) para determinar a área da secção transversal e o diâmetro do tubo interno
- Procura-se a relação  $f_a/f_g$  para um valor determinado do PCI do combustível. Com  $f_g$  conhecido determina-se  $f_a$  e a secção anelar.



Tabela 18.7 Dimensões Básicas do injector (mm)

$d_q$	D	D <sub>1</sub>	$d_t$ (")	h	h <sub>1</sub>	Massa (kg)	$d_q$	D	D <sub>1</sub>	$d_t$ (")	h	h <sub>1</sub>	Massa (kg)
<b>15</b>	60	25	½	220	195	5,10	<b>65</b>	140	70	¾	700	600	33,5
<b>18</b>	60	30	½	250	225	5,30	<b>75</b>	140	80	¾	800	700	35,2
<b>21</b>	60	30	½	275	250	5,60	<b>86</b>	220	90	1	960	185	58,7
<b>24</b>	80	35	½	300	260	8,80	<b>100</b>	260	100	1	1095	255	81,0
<b>28</b>	80	40	½	335	295	9,00	<b>116</b>	200	115	1¼	1240	290	107,0
<b>32</b>	80	40	½	375	335	9,80	<b>134</b>	350	130	1¼	1420	380	151,0
<b>37</b>	100	45	½	440	385	14,30	<b>154</b>	410	145	1½	1615	435	216,0
<b>42</b>	100	50	½	490	435	14,80	<b>178</b>	470	165	1½	1840	550	240,0
<b>48</b>	120	55	½	545	475	21,00	<b>205</b>	490	190	2	2130	640	342,0
<b>56</b>	120	60	¾	625	555	26,00	<b>235</b>	510	215	2	2400	805	401,0



## 18.8 - Queimador Turbulento

O grande feito deste tipo de queimadores é que o ar é fornecido tangencialmente, relativamente a corrente de combustível, o que provoca um redemoinho garantindo assim uma melhor mistura e nebulização do combustível.

Para queimadores turbulentos do tipo que se apresenta a velocidade da mistura gás-combustível na sua boca varia entre 15-40 m/s; a velocidade da mistura de 40 m/s a pressão do gás e do ar deve estar entre 4,9 a 6,9 kN/m<sup>2</sup>



## 18.8 - Queimador Turbulento

Os queimadores turbulentos oferecem as seguintes vantagens em comparação com os outros:

- Pode operar a relativamente baixas pressões de gás e de ar
- Garante a perfeita mistura de gás e ar à baixa pressão no queimador;
- É de projecção fácil; e
- Pode operar com gás e ar pré-aquecidos.



## 18.8 - Queimador Turbulento

Os queimadores são seleccionados da seguinte forma:

Com um PCI do combustível conhecido e o fluxo do combustível  $B \text{ m}^3/\text{h}$  por queimador, a carga térmica do queimador determina-se pela seguinte expressão:

$$Q = \dot{B} \cdot PCI \quad (18.4)$$

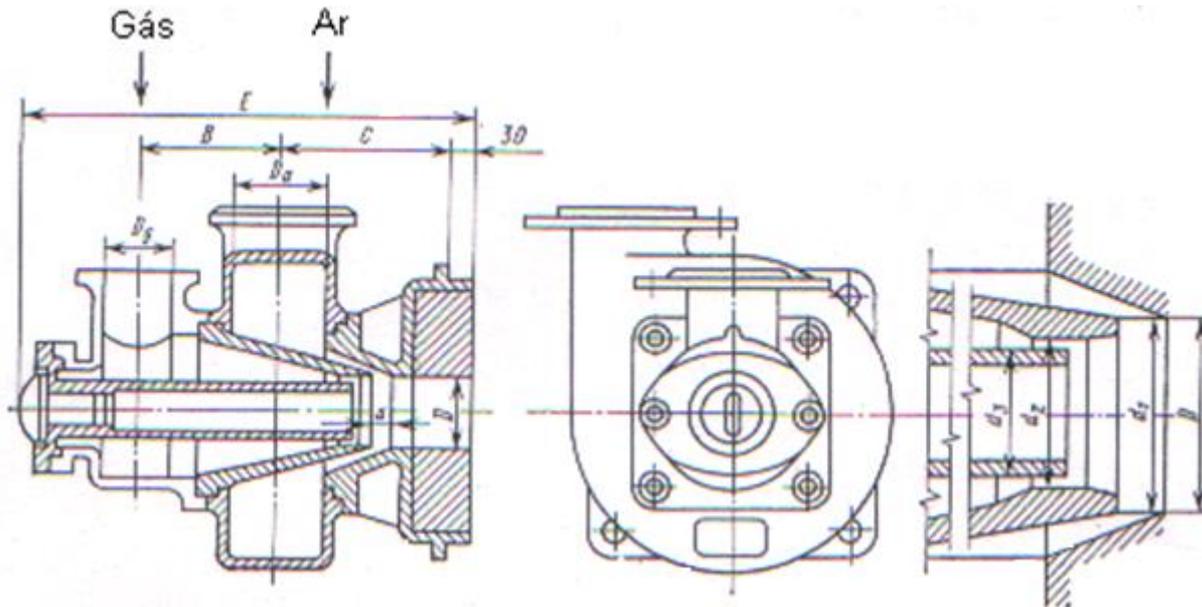


Figura 18.11 Queimador Turbulento



## 18.8 -Queimador Turbulento

Para um dado valor de velocidade à saída do queimador (entre 20-30 m/s) e para a carga térmica já determinada determina-se o valor do diâmetro através do monograma da figura.

Para o diâmetro determinado procura-se as restantes dimensões na tabela.

As pressões requeridas são determinadas das seguintes expressões:

$$p_g = \xi_g h_g \quad (\text{Para o gás}) \quad \xi_g = 0,7 - 0,8$$

$$p_a = \xi_a h_a \quad (\text{Para o ar}) \quad \xi_a = 2,5 - 3$$



# 18.8 - Queimador Turbulento

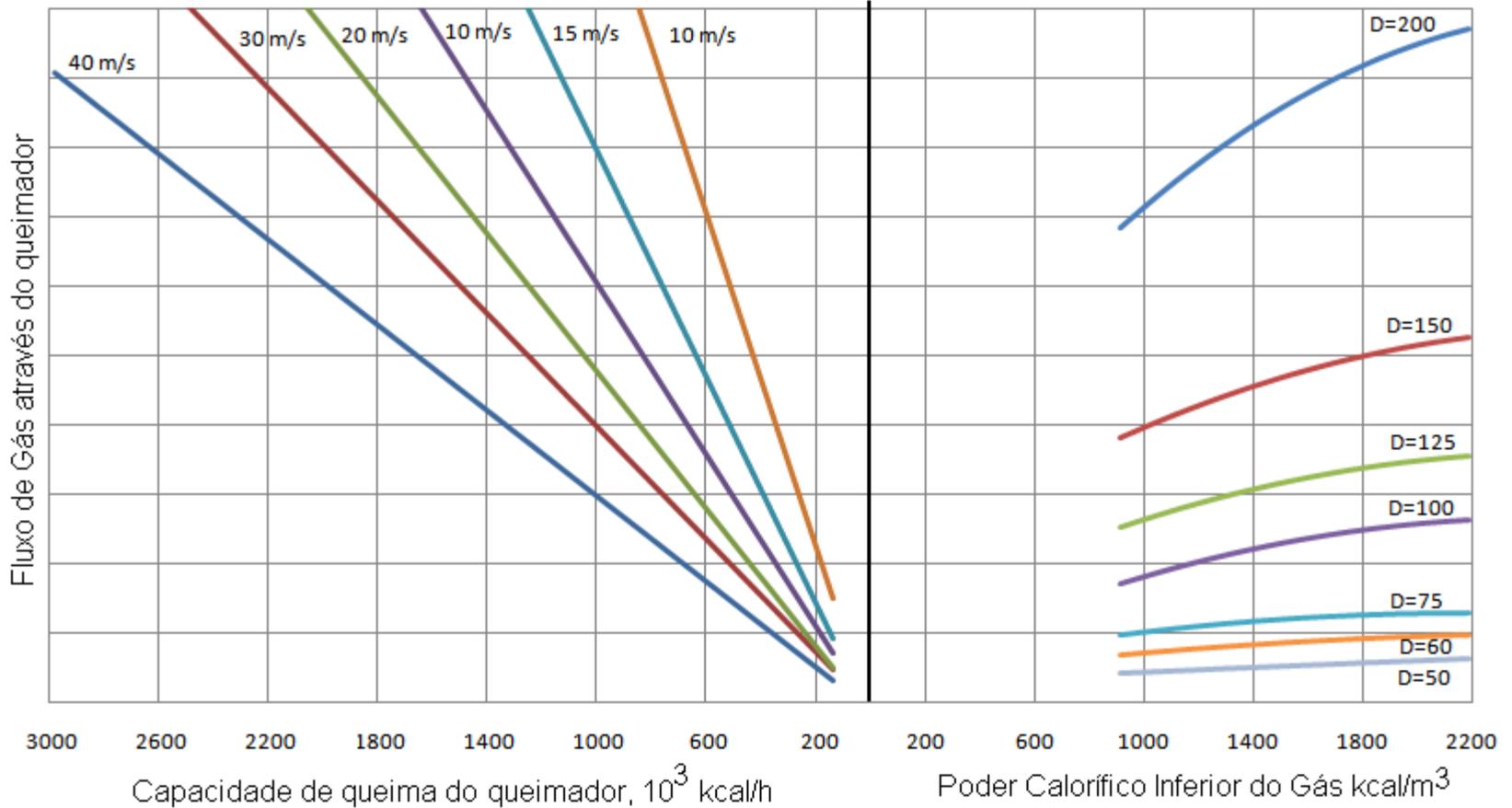


Figura 18.12 Monograma para seleccionar queimadores turbulentos

## Dimensões em (mm) de queimadores turbulentos (Tabela 18.8)

<b>D</b>	<b>D<sub>g</sub></b>	<b>D<sub>a</sub></b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>3</sub></b>	<b>a</b>
<b>Para PCI = 3770 -5870 kJ/m<sup>3</sup></b>									
50	65	65	115	120,5	375	50	40	34	13
60	75	75	125	132,5	405	60	48	40	15
75	100	100	155	155	490	75	60	50	19
100	125	125	185	183,5	570	100	80	68	25
125	150	150	210	213	645	125	100	85	31
150	200	200	260	255	770	150	120	100	38
200	250	250	310	312	910	200	160	135	50
<b>Para PCI = 5870 - 9200 kJ/m<sup>3</sup></b>									
50	50	65	110,5	120,5	365	48	40	35	13
60	65	75	120	132,5	395	57	48	42	15
75	75	100	140,5	155	450	71	60	53	19
100	100	125	170,5	183,5	540	95	80	70	25
125	125	150	200,5	213	615	119	100	88	31
150	150	200	235	255	715	142	120	105	38
200	200	250	285	312	855	190	160	140	50



## 6.9 - Queimador com controle de comprimento da chama

Em alguns tipos de fornalhas o fluxo de combustível varia com o tempo. As variações de cargas térmicas provocam variação na velocidade de injeção de gás e de ar do queimador e daí no comprimento da chama o que resulta numa indesejável variação de temperatura ao longo do comprimento da fornalha, isto evita-se usando queimadores com comprimento de chama controlado.

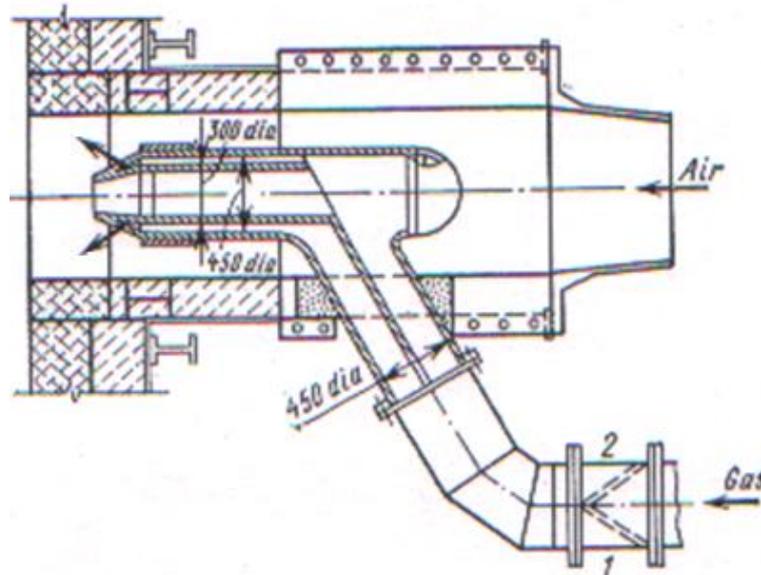


Figura 18.13 Queimadores com controle de comprimento da chama



## 18.9 - Queimador com controle de comprimento da chama

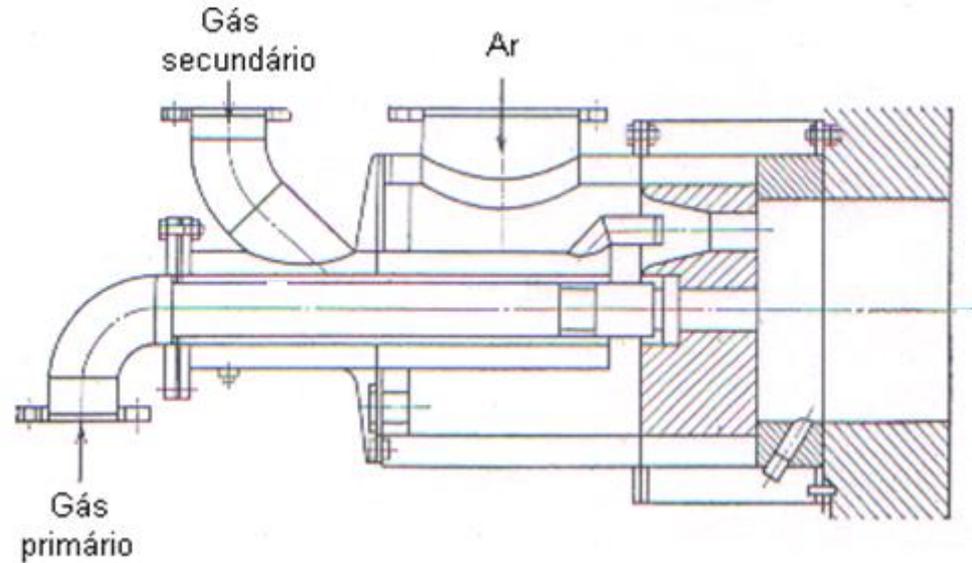


Figura 18.14 Queimadores com controle de comprimento da chama



## 18.10 - Queimador de combustível líquido

Os queimadores de combustível líquido devem cumprir os seguintes requisitos:

- Atomizar o combustível e misturá-lo com o ar;
- Garantir uma combustão estável e formar uma chama ininterrupta de comprimento desejado; e
- Ser de construção simples e de manutenção fácil.

Os queimadores de combustível líquido dividem-se em dois grandes grupos a saber:

- De baixa pressão; e
- De alta pressão.





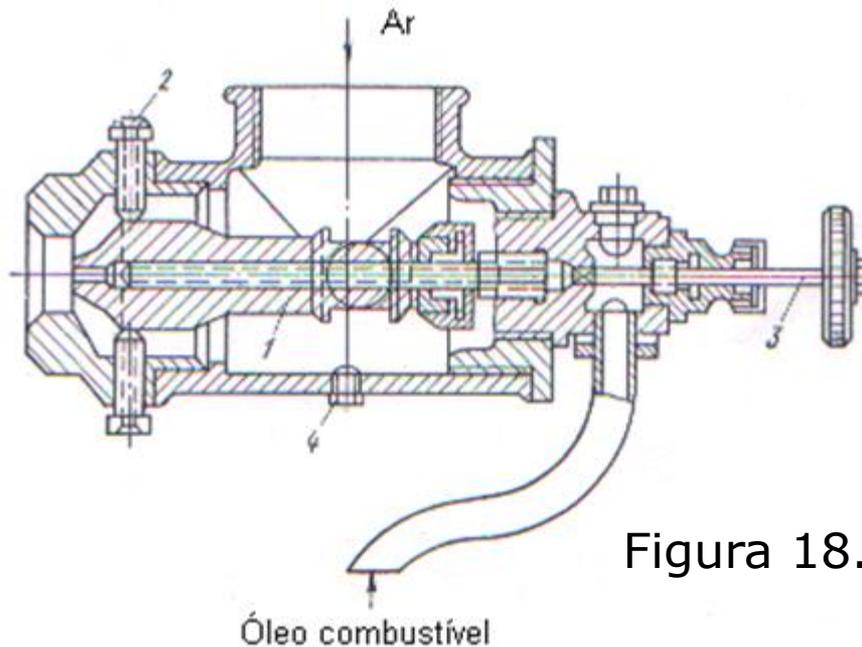
## Características de queimadores a baixa e a alta pressão (Tabela 18.9)

Características	Queimadores de baixa pressão	Queimadores de alta pressão
Atomizador	Ar insuflado	Ar comprimido; vapor
Pressão no Atomizador kN/m <sup>2</sup>	2,94 – 8,82	Faixas : 588 – 784, para ar comprimido e 588 – 1774, para vapor
Percentagem de ar de atomização no total de ar necessário para a combustão	100	7 – 12
Percentagem de ar secundário no total de combustão	0	88 – 93
Última temperatura do ar pré-aquecido, °C	300	Aquecimento do ar secundário não é limitado
Consumo do Atomizador por kg de óleo combustível	—	0,6 – 0,8
Velocidade de Atomizador a saída do queimador, m/s	50 - 80	Geralmente, próxima de 330. Nalguns casos é possível uma velocidade mais alta.
Grau de atomização (diâmetro das gotículas), mm	Próximo de 0,5	0,05

## 18.11 - Queimador de baixa pressão



Os queimadores a baixa pressão têm diversos desenhos. Na figura mostra-se um queimador produzido por Stalproekt, a pressão do óleo combustível antes do queimador varia entre 49,0 e 98,0 kN/m<sup>2</sup>; o atomizador é ar ventilado que pode ser aquecido acima de 300°C, não são admitidas temperaturas superiores que podem decompor o óleo fazendo colar o bico do injector.



1. Tubo de óleo combustível
2. Parafusos de centragem
3. Manípulo para controlar o fluxo do óleo
4. Parafuso de dreno

Figura 18.15 Queimador Stalproekt



## Dimensões básicas e produtividade dos queimadores (Tabela 18.10)

Diâmetro da entrada do ar mm	Produtividade, kg/h, a uma pressão de ar de:		Diâmetros dos bicos, mm		Diâmetro do percurso do óleo mm	Quantidade de massa queimada kg
	2,94 kN/m <sup>2</sup>	6,86 kN/m <sup>2</sup>	Bico de óleo Combustível	Bico de ar		
38	3,5	8	2,5	21	6	4,6
65	11	24	3	40	13	6,9
100	32	57	4	60	21,6	14,8
125	54	82	5	75	25	25,4
150	80	120	5	95	32	40,1
200	135	205	6	135	42	56,0

## 18.11 - Queimador de baixa pressão

O cálculo que se faz nestes queimadores consiste em determinar as secções transversal das secções de saída do ar e do combustível.

Para o combustível tem-se:

$$f_c = A \cdot b / (\mu_c \sqrt{p_c \rho_c}) \quad \text{mm}^2 \quad (18.5)$$

Onde:

A é um coeficiente que é igual a 195,625 se p for medido em N/m<sup>2</sup>

b é o fluxo de combustível em kg/h

p<sub>c</sub> é a pressão do combustível em N/m<sup>2</sup>

μ<sub>c</sub> é o coeficiente de vazão do combustível

ρ<sub>c</sub> é a massa específica em kg/m<sup>3</sup> (950-960)



# 18.11 - Queimador de baixa pressão

Para o ar tem-se:

$$f_a = A' \cdot V_a / (\mu_a \sqrt{p_a \rho_a}) \quad \text{mm}^2 \quad (18.6)$$

Onde:

$A'$  é um coeficiente que é igual a 618,75 se  $p$  for medido em  $\text{N/m}^2$

$V_a$  é o fluxo de ar em  $\text{m}^3/\text{h}$

$p_a$  é a pressão do ar na saída  $\text{N/m}^2$

$\mu_c$  é o coeficiente de vazão do ar 0,7 – 0,8

$\rho_a$  é a massa específica do ar em  $\text{kg/m}^3$



## 18.12 - Queimador de alta pressão

Os queimadores de alta pressão usam ar ou vapor como atomizador. O projecto do queimador depende de se vai usar vapor ou ar.

Estes queimadores geralmente são constituídos por um canal (1) para o óleo combustível de secção constante, um tubo para o ar ou vapor (2) que se movimenta para variar a secção e uma contra porca para fixar o tubo de variação do caudal de ar ou vapor.



# 18.12 - Queimador de alta pressão

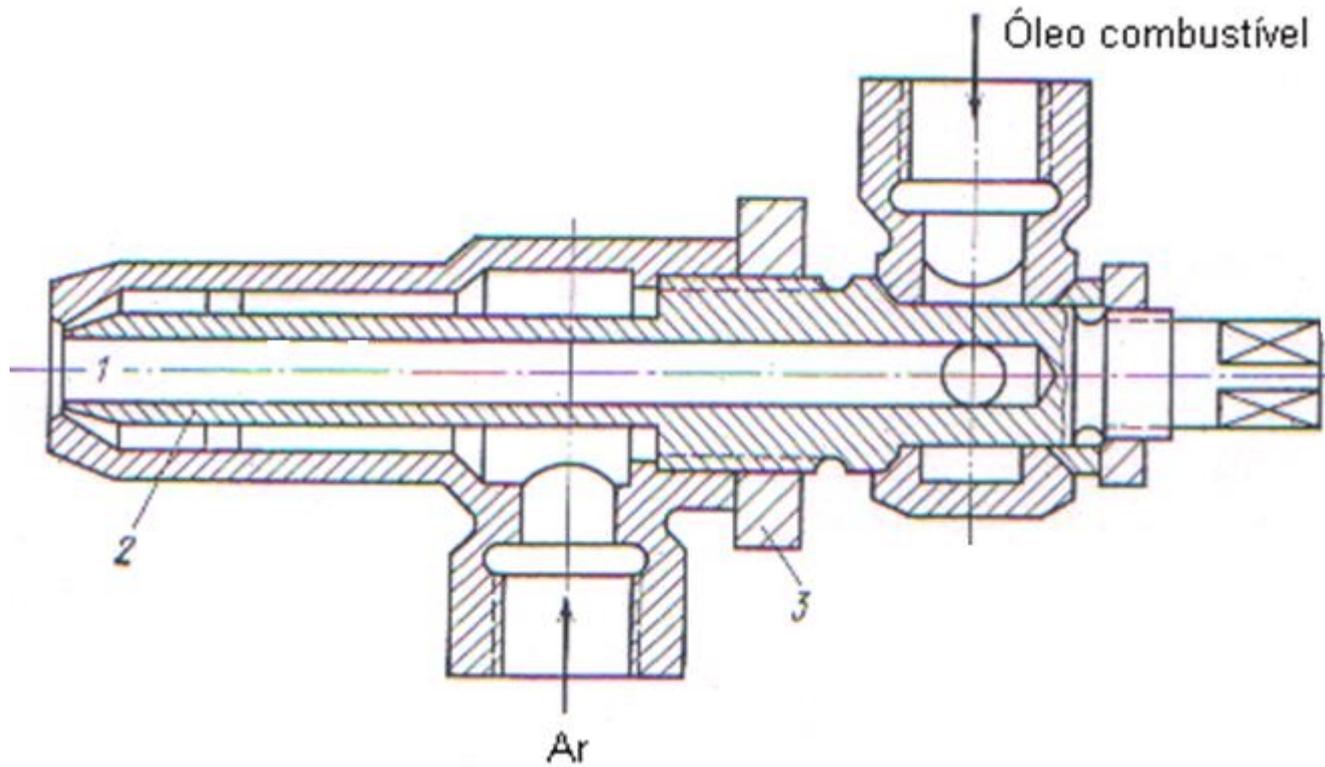


Figura 18.16 Queimador de alta pressão

# 18.12 - Queimador de alta pressão

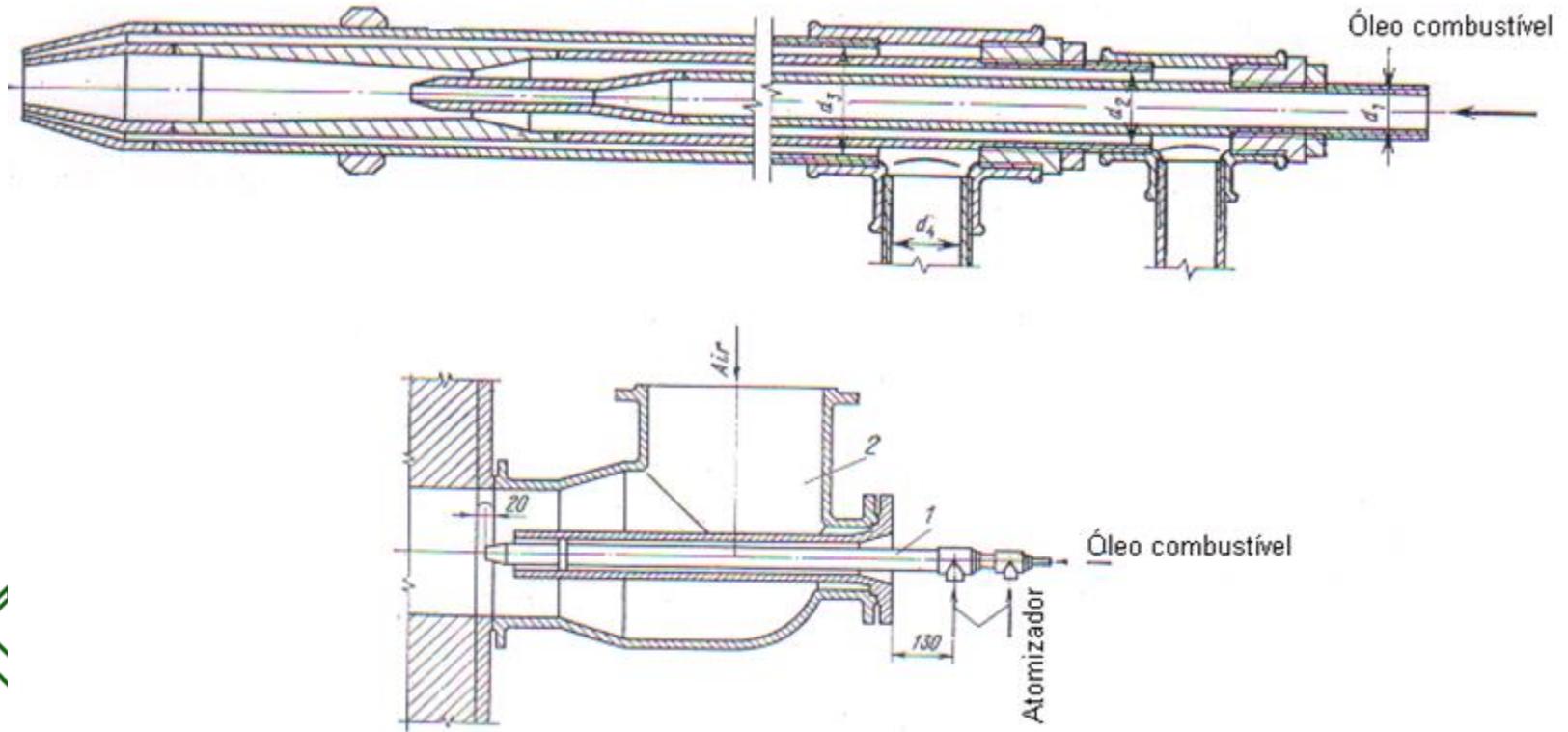


Figura 18.17 Queimador de alta pressão

## Dimensões básicas e produtividade dos queimadores Shukhov (Tabela 18.11)

Nº do queimador	Diâmetros de saída mm		Diâmetro da conduta do óleo, em polegadas	Produtividade kg/h			Quantidade de massa queimada kg
	Para o óleo	Para o ar		I	II	III	
1	2	4,5	3/8	3	7	10	0,7
2	2	5,5	3/8	6	20	30	0,7
3	4	7	½	12	40	60	0,8
4	5	8	½	19	60	90	0,8
5	6	9	½	27	80	120	0,8
6	7	10	½	38	100	150	0,8
7	8	11	½	50	130	180	0,8
8	10	13	¾	70	180	240	1,5
9	13	16	¾	125	250	320	1,5
10	16	20	¾	200	350	400	1,5



## 6.12.1 - Dimensões básicas e produtividade dos queimadores Shukhov



- I – Para combustível acima de  $4,9 \text{ kN/m}^2$ ;
- II – Para combustível a partir de  $58,8 \text{ kN/m}^2$  e pressão do ar abaixo de  $294,2$  a  $490,3 \text{ kN/m}^2$ ; e
- III – Para combustível com pressão entre  $196$  à  $245 \text{ kN/m}^2$  ou pressão do ar acima de  $490 \text{ kN/m}^2$ .

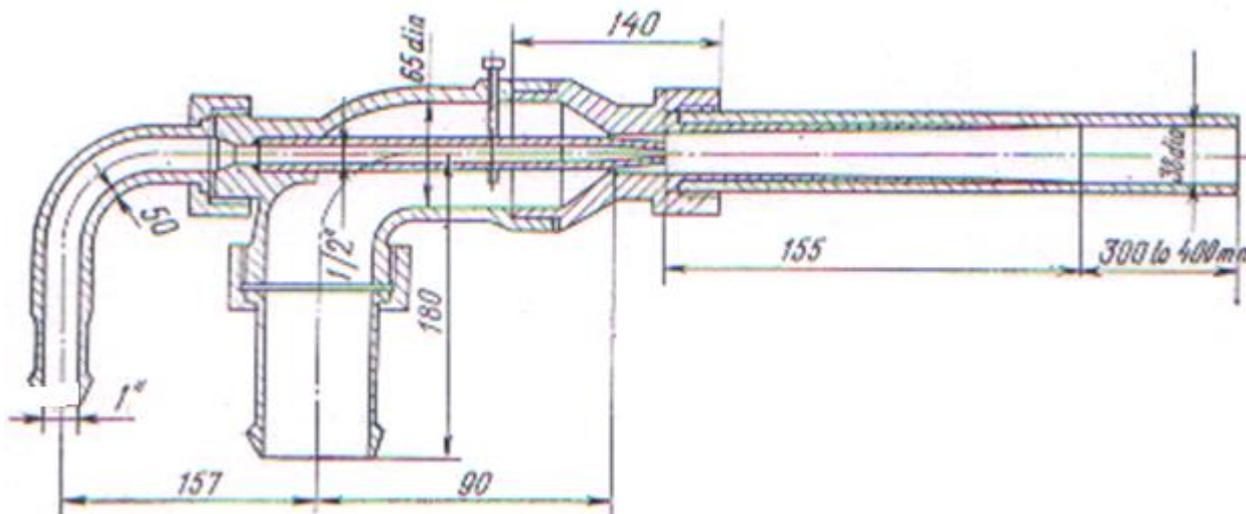


Figura 18.18 Queimador de alta pressão

## 18.13- Queimador misto gás-líquido

Na prática há casos em que o combustível usado pode ser substituído ou um tipo de combustível ou poder ser queimado em simultâneo com outro (um combustível gasoso ser adicionado a um óleo combustível). É esta a razão da utilização dos queimadores mistos. O atomizador costuma ser ar comprimido sob pressão de  $0,45 \text{ MN/m}^2$  e podem consumir acima de  $1200 \text{ kg}$  de óleo combustível e  $1000 \text{ m}^3$  de gás natural.

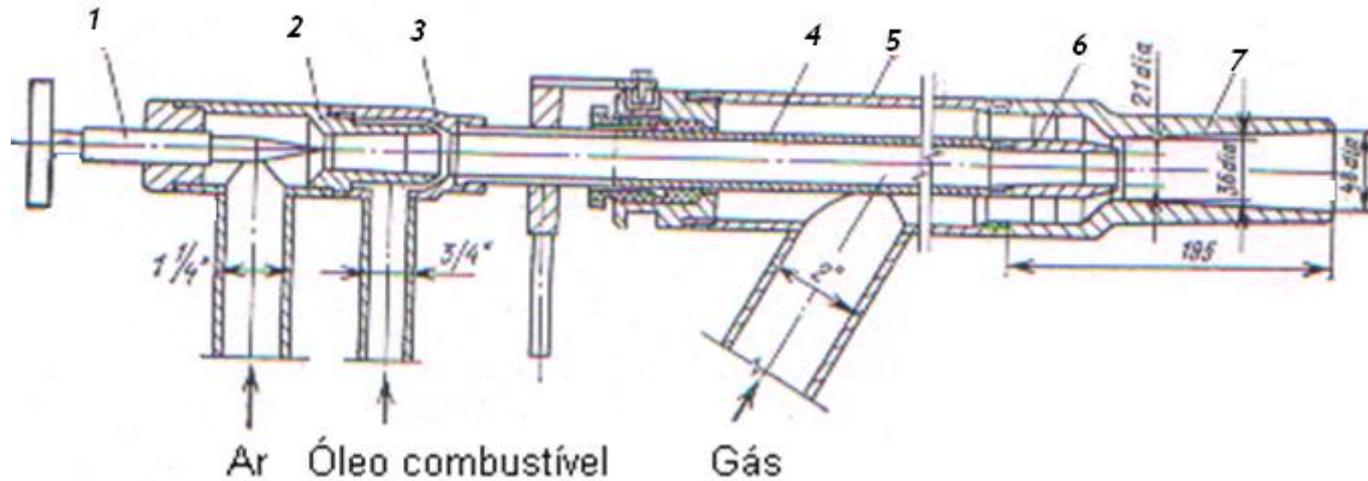


Figura 18.19 Queimador misto gás-líquido



# 18.14 Queimador compacto



Figura 18.20 Queimador compacto

# 18.14 Queimador compacto

- Levantamento de dados da fornalha e uso requerido
  - capacidade e eficiência da caldeira ou capacidade de combustão desejada
  - contrapressão da fornalha
  - combustível/combustíveis que serão usados
  - pressão de entrada do combustível para o queimador
  - método de regulação da capacidade do queimador



# 18.14 Queimador compacto

Calcula-se a capacidade do queimador de:

$$C_{queim} = \frac{P}{\eta_f} [kW] \quad (18.6)$$

- $C_{queim}$  - Capacidade do queimador [kW]
- $P$  - Capacidade da fornalha [kW]
- $\eta_t$  – Rendimento térmico da fornalha



# 18.14 Queimador compacto

Consumo de combustível do queimador a combustível gasoso.

$$\dot{B}_{comb} = \frac{C_{queim} \cdot 3,6}{Q_i} \left[ \frac{m^3 N}{h} \right] \quad (18.7)$$

Onde:

$B_{comb}$  - Fluxo de gás necessário [ $m^3N/h$ ]

$C_{queim}$  - Capacidade do queimador [kW]

$Q_i$  - Poder calorífico do gás [ $MJ/m^3N$ ].

Consumo de combustível do queimador a combustível líquido

$$\dot{B}_{comb} = \frac{C_{queim} \cdot 3,6}{Q_i} \left[ \frac{kg}{h} \right] \quad (18.8)$$

Onde:

$B_{comb}$  - Fluxo de combustível líquido necessário [ $kg/h$ ]

$C_{queim}$  - Capacidade do queimador [kW]

$Q_i$  - Poder calorífico do gás [ $MJ/kg$ ].



## 18.14 Queimador compacto

A resistência que a fornalha oferece à passagem dos gases de combustão é variável, segundo o modelo da mesma.

Nas fornalhas de fundição, esta resistência não costuma superar os 3 mm.c.a.. Esta resistência pode ser vencida pela tiragem natural da chaminé, e então diz-se que é uma fornalha em "depressão".

Para valores maiores de perdas de carga, consideram-se que são fornalhas ligeiramente pressurizadas (de 4 a 10 mm.c.a.) e para valores superiores, de resistência à passagem dos fumos, já se consideram fornalhas propriamente pressurizadas.

Para vencer estas resistências há que empregar queimadores pressurizados capazes de fornecer a suficiente pressão, com a finalidade de evacuar os gases procedentes da combustão até à base da chaminé.

Por conseguinte, os queimadores devem ser seleccionados de acordo com a sua correspondente curva característica de pressão-potência (caudal de combustível).



# 18.14 Queimador compacto

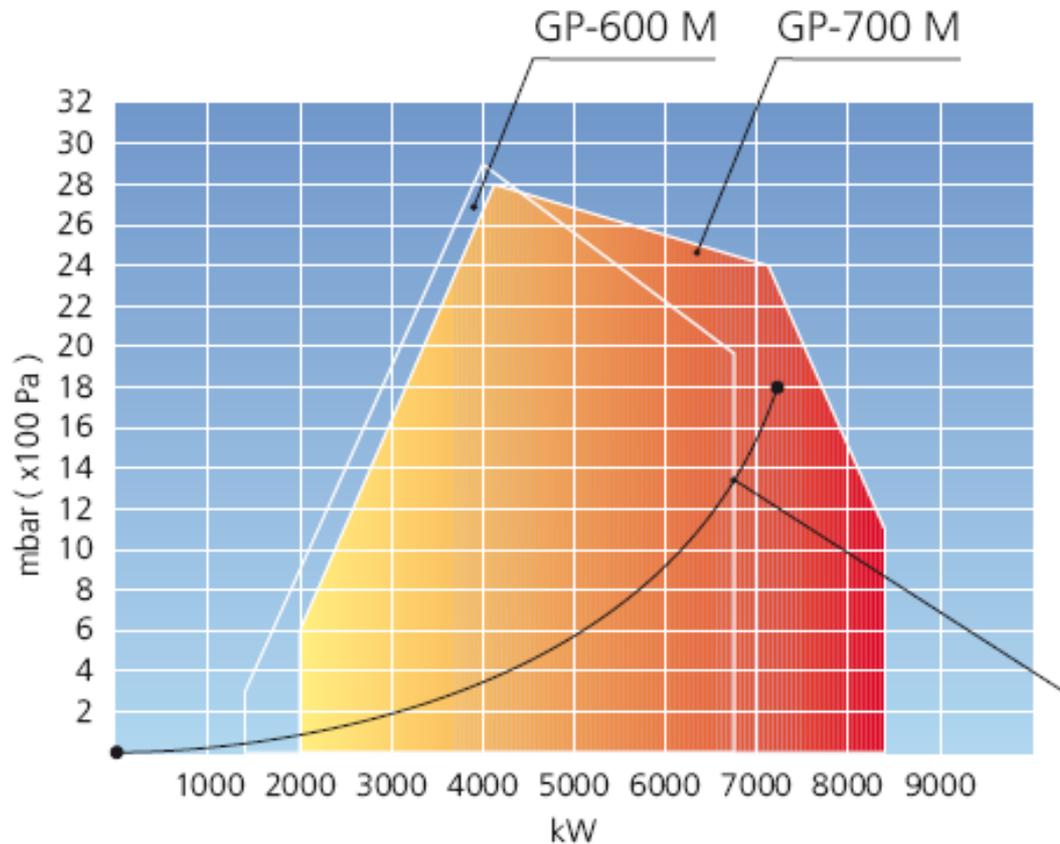


Gráfico de perda de pressão da caldeira em função da capacidade do queimador

Figura 18.21 Gráfico de capacidade versus contrapressão



## 18.14 Queimador compacto

Os gráficos indicam a faixa de operação do queimador.

Por exemplo, para a contrapressão de 18 mbar de uma fornalha cuja capacidade do queimador é de 7.220 kW vê-se que o ponto se localiza dentro da área de capacidade/contrapressão do queimador modelo GP-700 M. Portanto, a localização do ponto representativo da capacidade/contrapressão do queimador é o indicativo da capacidade adequada do queimador.

Pode-se seleccionar o tamanho ideal do queimador observando-se a localização do ponto, que deverá estar preferencialmente o mais próximo possível da borda direita do gráfico.



## 18.14 Queimador compacto

Escolha da válvula para queimadores a gás e duo-combustível:

Usa-se a tabela de seleção de válvula de gás pra escolher uma válvula suficientemente grande. Observe-se que os valores apresentados na tabela de seleção são aplicáveis quando a contrapressão da caldeira é de 0 mbar. Ou seja, o tamanho da válvula dependerá do valor obtido ao subtrair-se o valor de contrapressão da caldeira do valor da pressão de entrada de gás. Os limites mostrados na tabela referem-se ao uso de gás natural.

Por exemplo, quando o valor da pressão de entrada de gás é de 100 mbar, a contrapressão da caldeira de 18 mbar, a capacidade requerida do queimador de 7.220 kW então, a pressão efectiva é de  $100 \text{ mbar} - 18 \text{ mbar} = 82 \text{ mbar}$ .

Por exemplo, para queimadores modelo GP-700 M deve-se escolher uma válvula compatível com um queimador de capacidade mínima de 7.220 kW e pressão de entrada do gás de 82 mbar. Ou seja, válvula tipo DN 100.



# 18.14 Queimador compacto

Notas a ter em conta:

- Certificar-se que as dimensões externas do queimador, principalmente do bocal da chama, sejam adequadas para o uso desejado. O comprimento do bocal da chama instalado deverá estar no mesmo nível que a parede da fornalha ou cerca de 10 a 20 mm dentro da mesma (vide Corte transversal na Figura 18.23).
- Verificar as dimensões da chama na tabela correspondente (vide Figura 18.24) e certifica-se que a chama não toca as paredes da fornalha.
- Lembre-se de escolher os acessórios: regulador da pressão do gás, bomba de óleo, termostatos/pressostatos da fornalha.



# 18.14 Queimador compacto

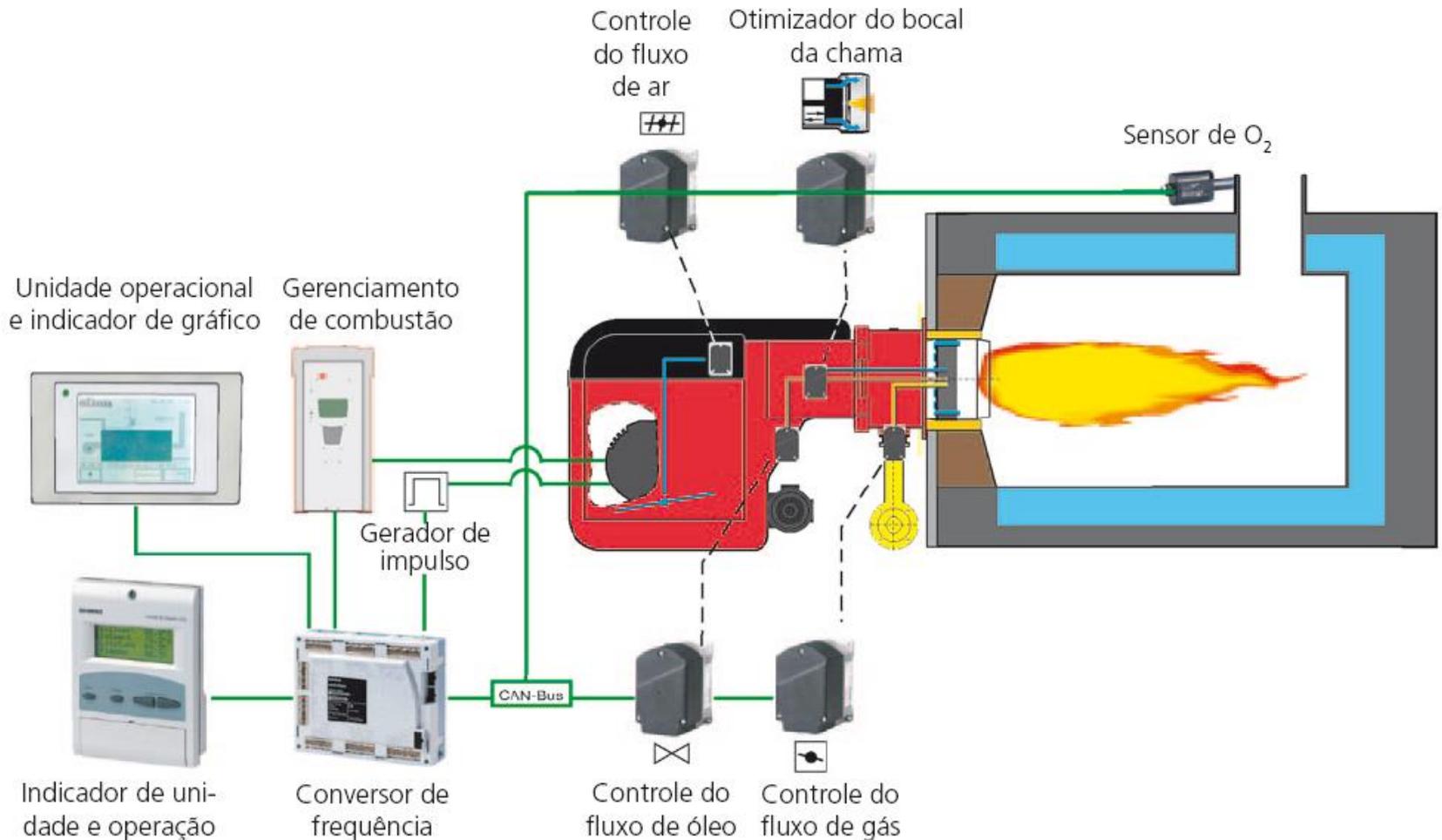


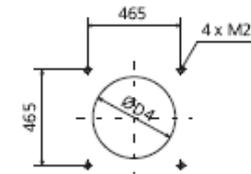
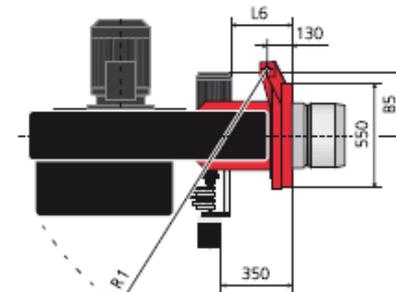
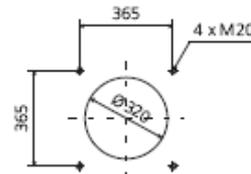
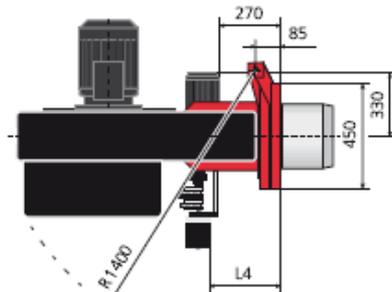
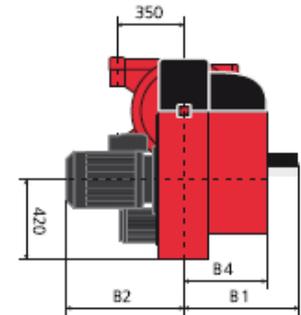
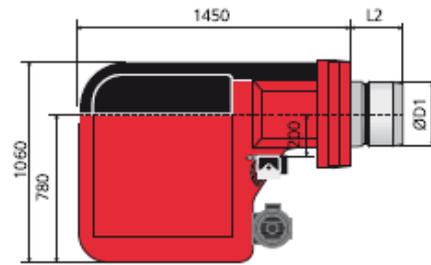
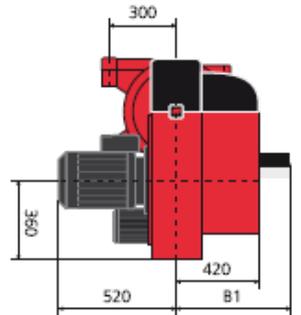
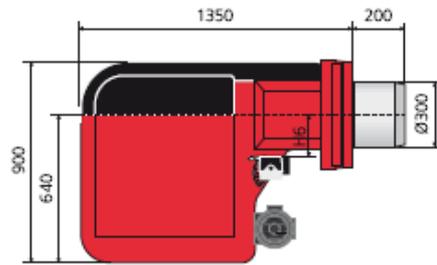
Figura 18.22 esquema geral de uma instalação de queimador

# 18.14 Queimador compacto

Tabela 18.12 Dimensões de gabarito de um queimador compacto

**KP-300 M...-300 M-II**

**KP-400 M-I...-700 M-II**



**QUEIMADOR**

KP-300 M

KP-300 M-II

**QUEIMADOR**

KP-400 M-I

KP-500 M

KP-600 M

KP-700 M

KP-700 M-I

KP-700 M-II

**L4**

330

330

**H6**

170

170

**B1**

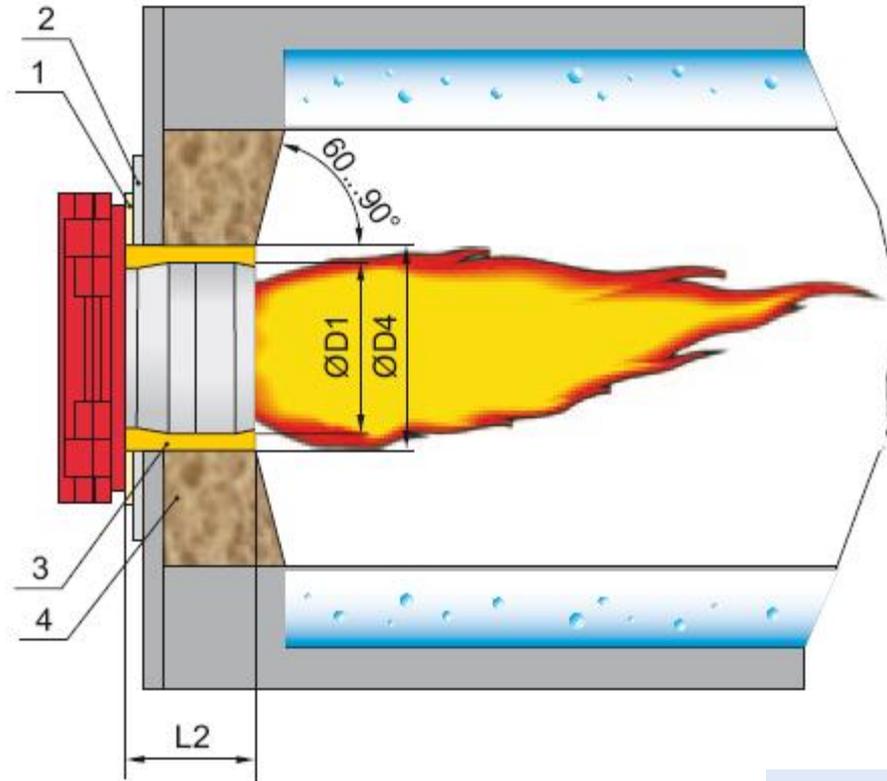
570

570

QUEIMADOR	L2	L6	B1	B2	B4	B5	Ø D1	Ø D4	R1
KP-400 M-I	264	280	590	630	440	330	340	400	1450
KP-500 M	264	280	590	630	440	330	340	400	1450
KP-600 M	285	280	590	630	440	330	370	430	1450
KP-700 M	338	250	640	730	490	360	395	455	1550
KP-700 M-I	338	250	640	780	490	360	395	455	1550
KP-700 M-II	338	250	640	780	490	360	395	455	1550

# 18.14 Queimador compacto

Figura 18.23 Corte transversal em figura da alvenaria



- 1 Junta de vedação
  - 2 Painel de montagem
  - 3 Fibra cerâmica ou equivalente
  - 4 Alvenaria
- ØD1, ØD4, L2 Vide diagrama de dimensões do queimador



# 18.14 Queimador compacto

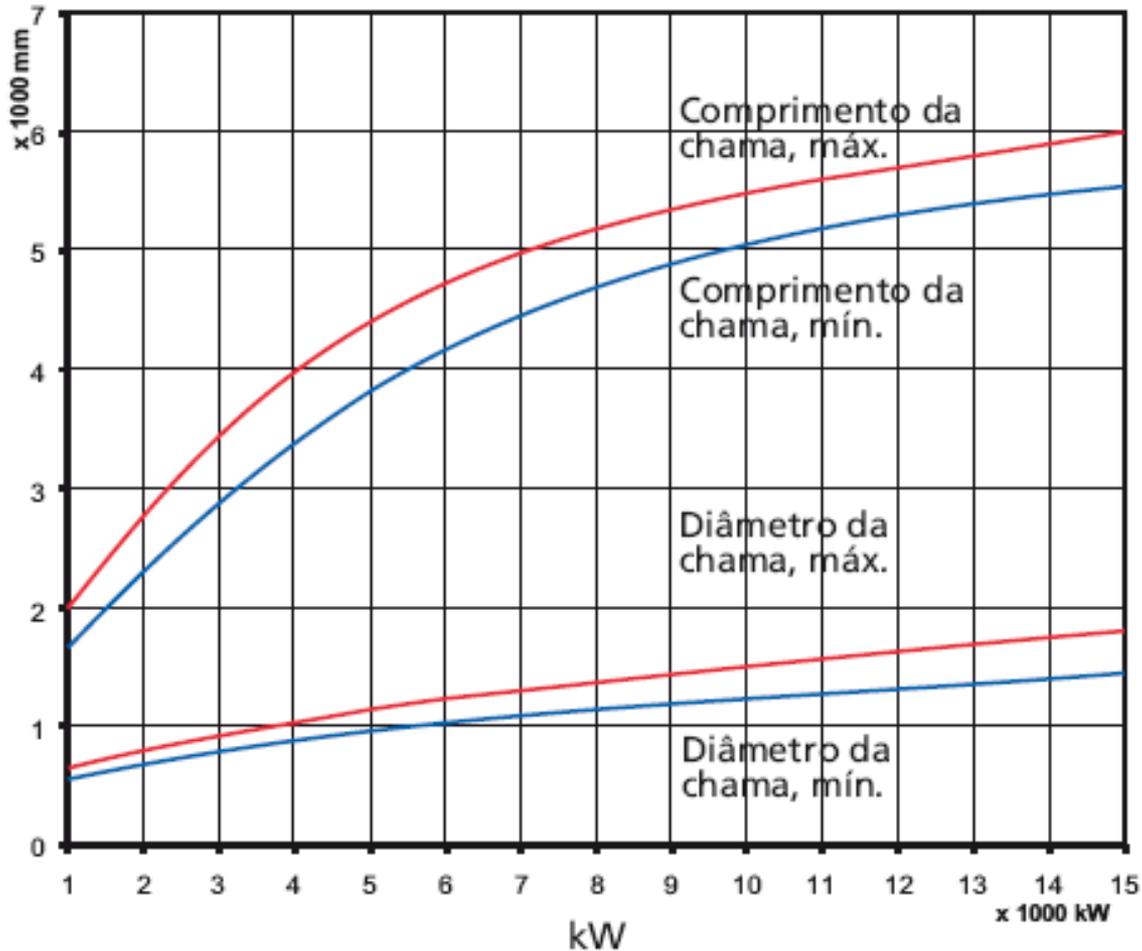
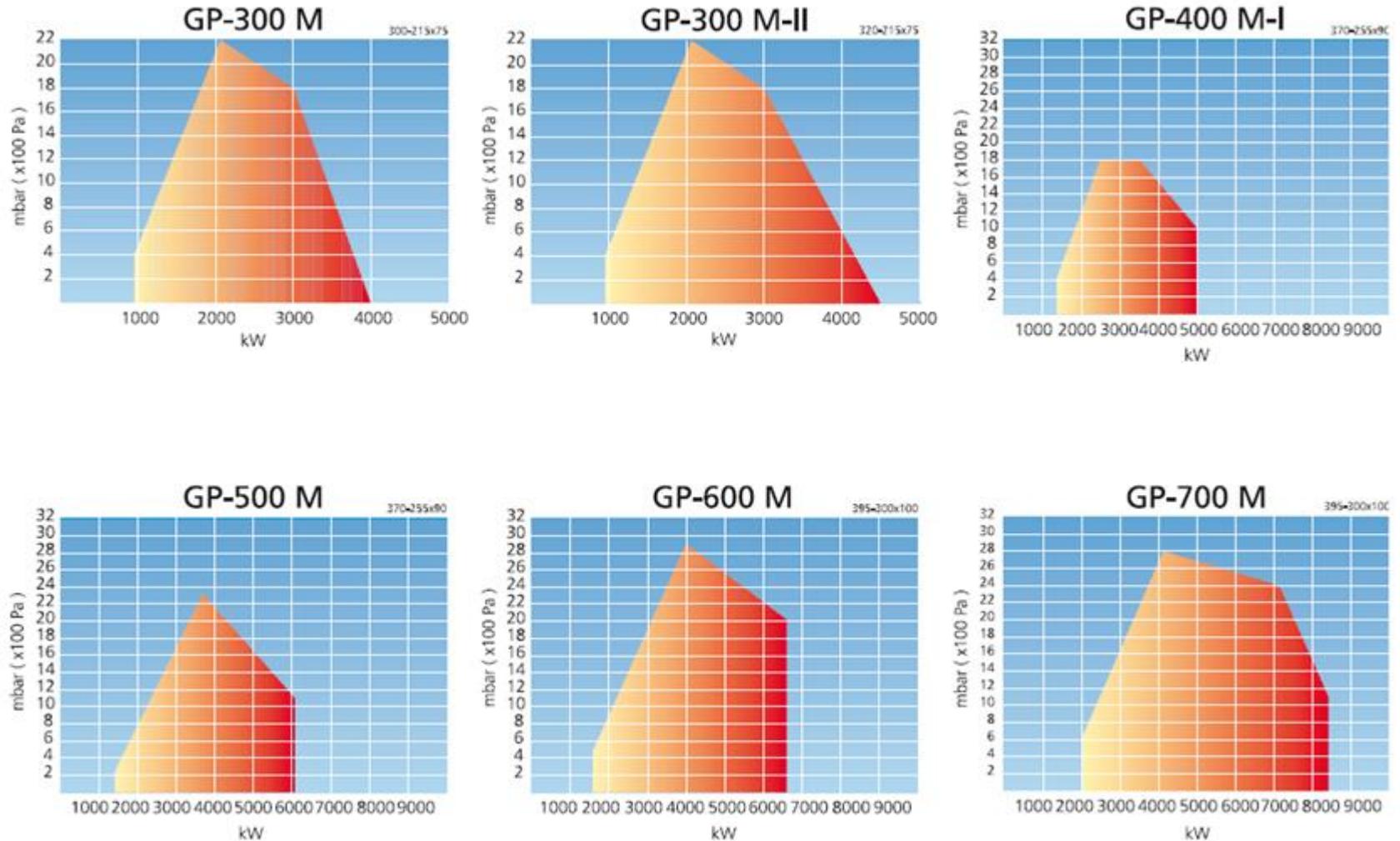


Figura 18.24 Características da chama em função da potência do queimador



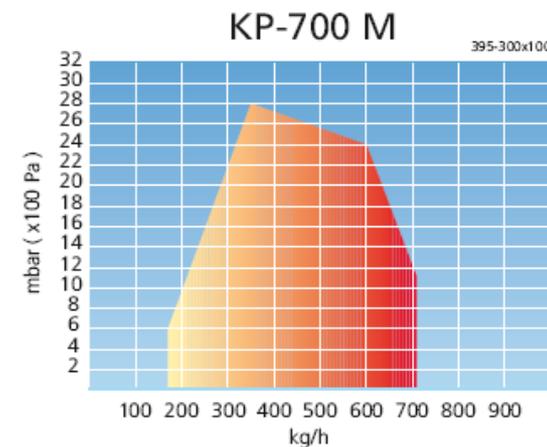
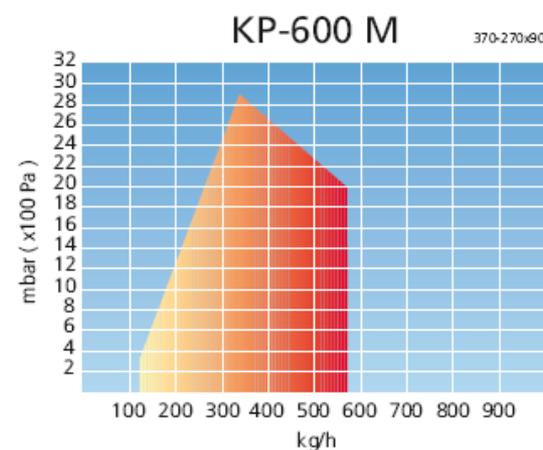
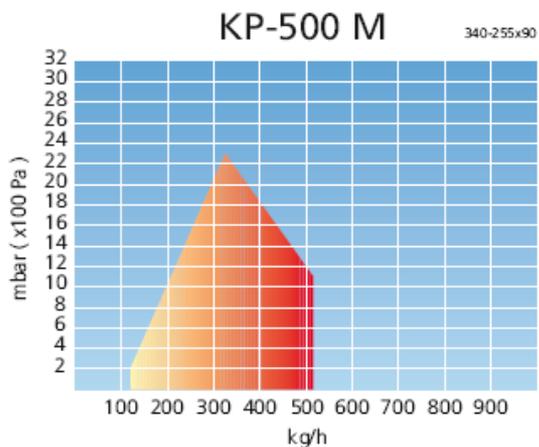
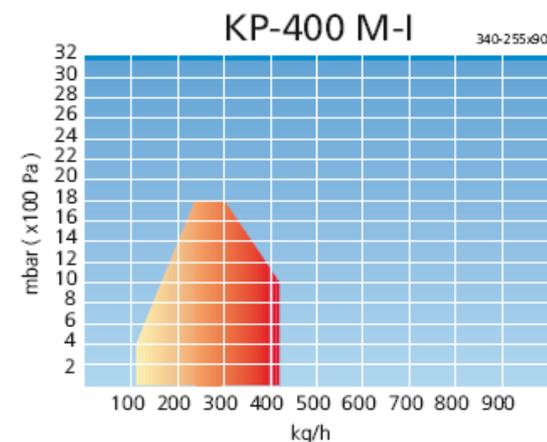
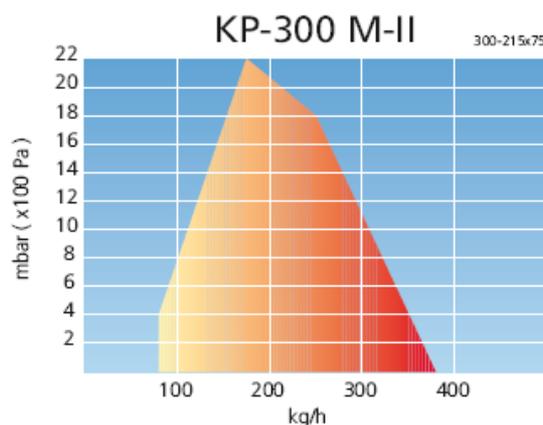
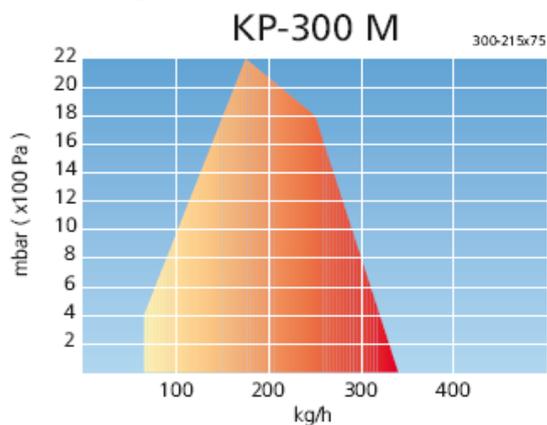
# 18.14 Queimador compacto

Figura 18.25 Gráficos de capacidade/contrapressão para queimadores à gás



# 18.14 Queimador compacto

Figura 18.26 Gráficos de capacidade/contrapressão para queimadores à combustível líquido



# 18.14 Queimador compacto

**Tabela 18.13 Tabela de seleção de válvula de gás - QUEIMADORES SÉRIE 300**

QUEIMADOR	VÁLVULA DE GÁS		CAPACIDADE MÁX. DO QUEIMADOR kW *)					BOCAL DA CHAMA
			PRESSÃO NA ENTRADA DO GÁS mbar					
	TAMANHO DN	TIPO **)	20	30	50	100	150	
GP/GKP/GRP-300 M	50	DMV-D		1720	2220	3150	3850	300
GRP-300 M-II	50	DMV-D		1730	2230	3160	3870	320
GP/GKP/GRP-300 M	65	DMV	2090	2560	3300	4000	4000	300
GRP-300 M-II	65	DMV	2090	2560	3310	4500	4500	320
GP/GKP/GRP-300 M	80	DMV	2820	3460	4000	4000	4000	300
GRP-300 M-II	80	DMV	2840	3480	4490	4500	4500	320
GP/GKP/GRP-300 M	100	DMV	3100	3800	4000	4000	4000	300
GRP-300 M-II	100	DMV	3370	4130	4500	4500	4500	320
GP/GKP/GRP-300 M	125	DMV	3710	4000	4000	4000	4000	300
GRP-300 M-II	125	DMV	3840	4500	4500	4500	4500	320



# 18.14 Queimador compacto

**Tabela 18.14 Tabela de seleção de válvula de gás - QUEIMADORES SÉRIE**

**400...700**

QUEIMADOR	VÁLVULA DE GÁS	CAPACIDADE MÁX. DO QUEIMADOR kW *)						BOCAL DA CHAMA
		PRESSÃO NA ENTRADA DO GÁS mbar						
	TAMANHO DN	TIPO **)	20	30	50	100	150	
GP/GKP/GRP-400 M-I	50	DMV-D			2260	3200	3920	370
	65	DMV		2630	3390	4790	5000	370
	80	DMV	3050	3730	4820	5000	5000	370
	100	DMV	3810	4670	5000	5000	5000	370
	125	DMV	4780	5000	5000	5000	5000	370
GP/GKP/GRP-500 M	65	DMV			3390	4790	5870	370
	80	DMV	3050	3730	4820	6070	6070	370
	100	DMV	3810	4670	6070	6070	6070	370
	125	DMV	4780	5860	6070	6070	6070	370
GP/GKP/GRP-600 M	65	DMV			3430	4850	5940	395
	80	DMV	3110	3810	4900	6750	6750	395
	100	DMV	3900	4780	6170	6750	6750	395
	125	DMV	4960	6080	6750	6750	6750	395
GP/GKP/GRP-700 M	80	DMV		3810	4920	6960	8400	395
	100	DMV	3900	4780	6170	8400	8400	395
	125	DMV	4960	6080	7840	8400	8400	395



# 18.14 Queimador compacto

**Tabela 18.14 Tabela de seleção de válvula de gás - QUEIMADORES SÉRIE 400...700**

QUEIMADOR	VÁLVULA DE GÁS	CAPACIDADE MÁX. DO QUEIMADOR kW *)						BOCAL DA CHAMA
		PRESSÃO NA ENTRADA DO GÁS mbar						
	TAMANHO DN	TIPO **)	20	30	50	100	150	
GP/GKP-700 M-I	80	DMV			4920	6960	8530	395
	100	DMV		4780	6170	8730	9000	395
	125	DMV	4960	6080	7840	9000	9000	395
GP/GKP/GRP-700 M-II	80	DMV			5020	7100	8700	395
	100	DMV		4940	6370	9010	9500	395
	125	DMV	5080	6620	8030	9500	9500	395

**Importante!** Se a pressão de entrada do gás for inferior a 20 mbar ou se o gás a utilizar não for um dos previamente mencionados, será necessário efetuar uma avaliação a parte.  
 \*) As capacidades máximas apresentadas na tabela são obtidas quando a contrapressão da caldeira for 0.

Gás natural  $1 \text{ m}^3\text{N/h} = 10 \text{ kW}$

\*\*\*) ou tipo correspondente

Pressão de entrada do gás (Pmax) no queimador 500 mbar ao usar válvula DMV(D)

