

Sistemas Energéticos

3º ano 6º semestre

Aula 16



Aula 16: 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*



16- 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.



16- 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.



16- Queimadores



Figura 16.1 Exemplo de um queimador



16.1 -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.



16.1 -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 influência o ar de combustão, a segurança e a eficiência.



16.1 -Condicionantes do processo - Ar de combustão

Ar de combustão num sistema de queima

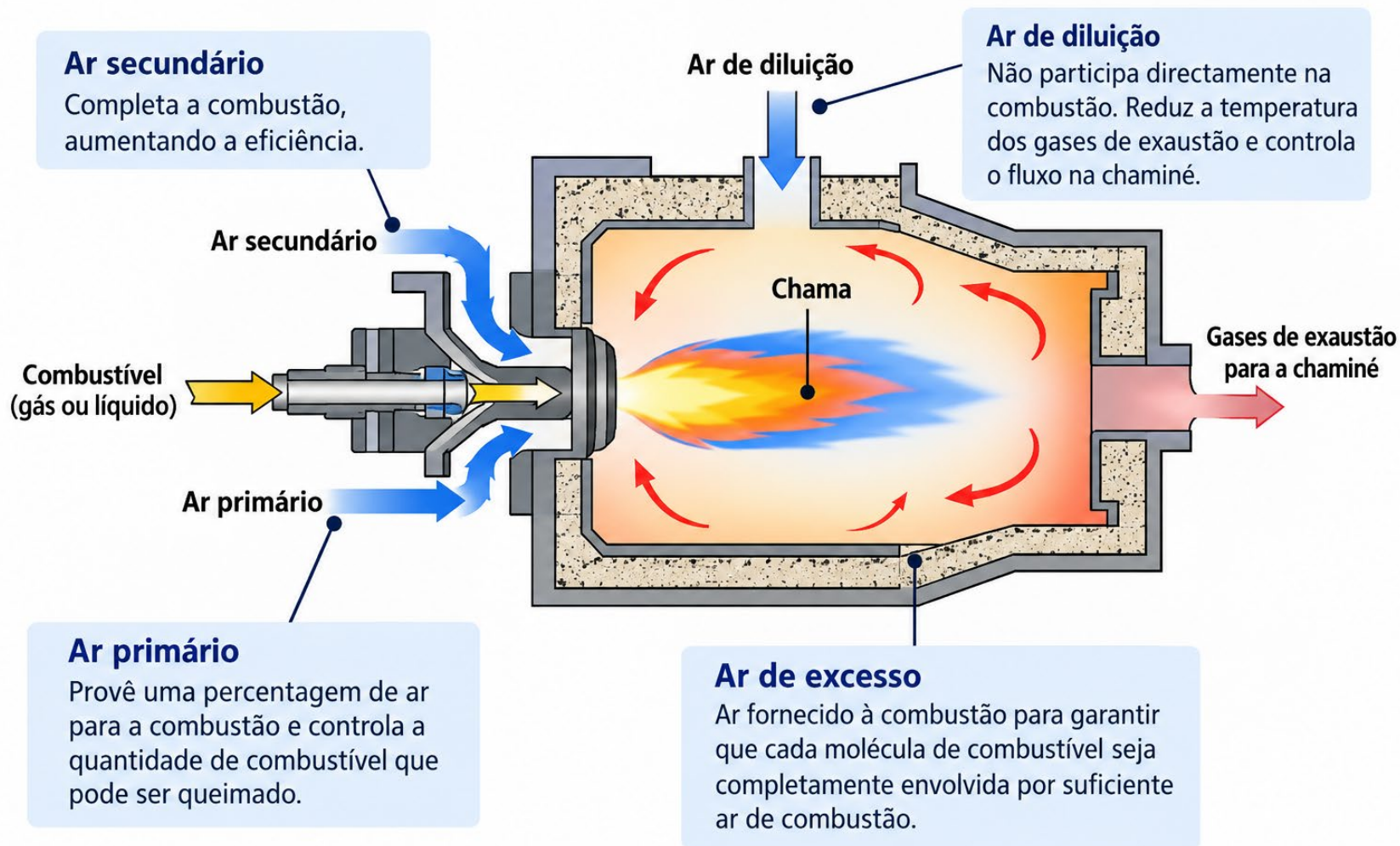


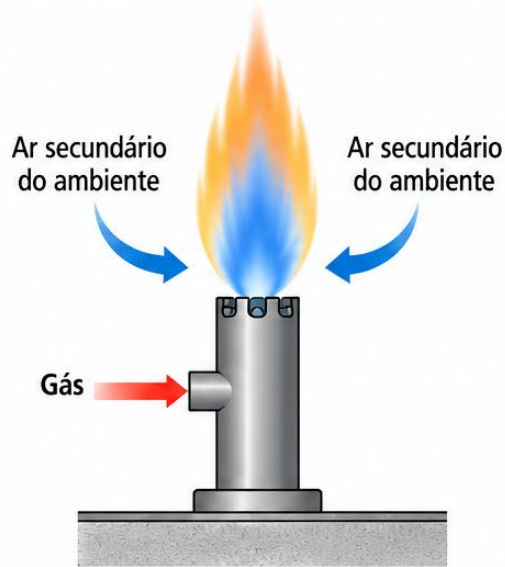
Figura 16.2 Ar de Combustão

16.1 - Condicionantes do processo - Ar de combustão

Exemplos de queimadores e modos de fornecimento de ar

Gás não aerado

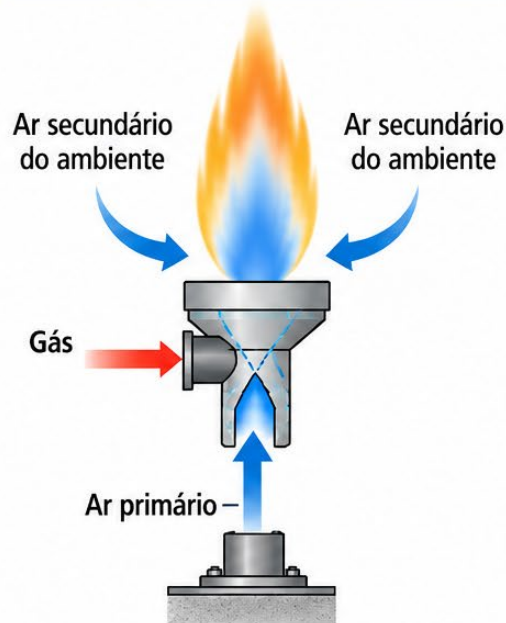
Todo o ar secundário do ambiente



Queimadores que precisam de ar ambiente

Gás aerado

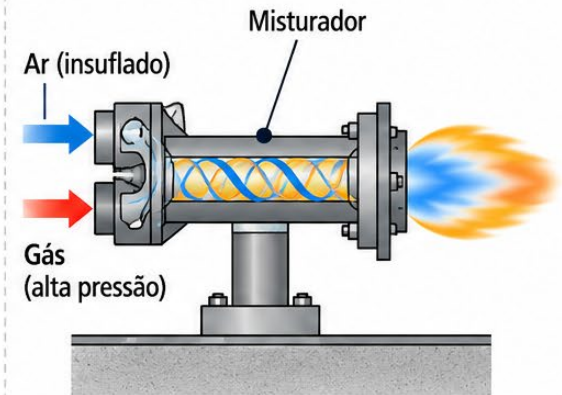
Ar primário incorporado (aerado) e ar secundário do ambiente



Queimadores que precisam de ar ambiente

Ar insuflado

Gás de alta pressão e ar pré-misturado (todo o ar é fornecido)



Queimadores que não precisam de ar ambiente

Figura 16.3 Exemplo de queimadores



16.2 - Queimadores a gás

O propósito principal dos queimadores a gás é o de providenciar condições específica 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.

16.2 - 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.





16.2 - 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).

16.2 -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.



16.3 - 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.

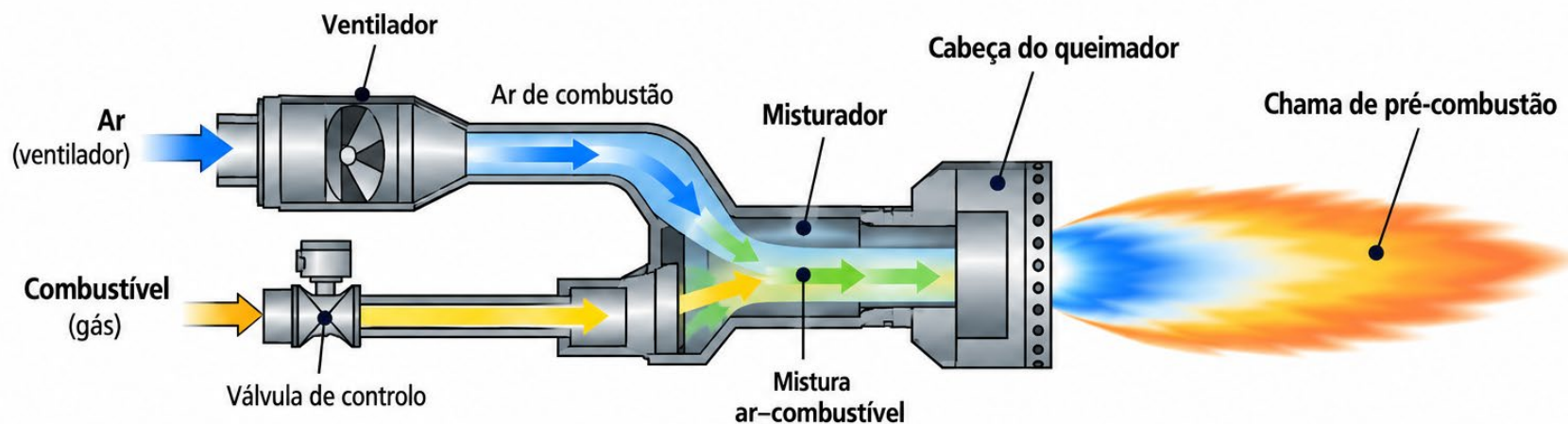


Figura 16.4 Queimador com pré-mistura



16.3 - Queimadores com pré-mistura

Queimador com pré-mistura (mistura ar-combustível antes da saída)



1 Fornecimento de ar

O ar é fornecido por um ventilador à pressão necessária.

2 Fornecimento de combustível

O gás é regulado por uma válvula de controlo e conduzido ao misturador.

3 Mistura

O ar e o combustível são completamente misturados antes da saída do queimador, formando uma mistura homogênea.

4 Saída da mistura

A mistura ar-combustível é conduzida à cabeça do queimador, onde é distribuída por vários orifícios.

5 Combustão

A mistura pré-misturada ignita e queima, produzindo uma chama estável, normalmente curta e bem definida.

Características: • elevada eficiência de combustão • chama estável • baixas emissões de CO e HC • risco de retorno de chama (requer controlo da velocidade da mistura)

Figura 16.5 Queimador com pré-mistura





16.3 - Queimadores com pré-mistura

Na 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.

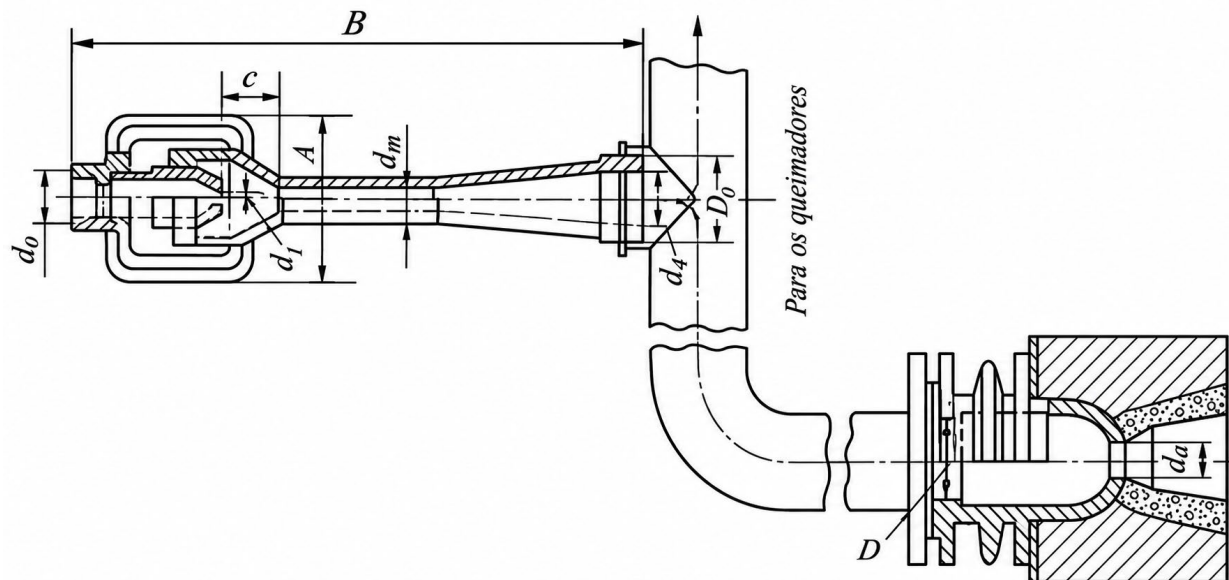


Figura 16.6 Misturador para vários queimadores

16.3 - Queimadores com pré-mistura

Tabela 16.1 Parâmetros de entrada para queimadores pré-mistura

Parâmetro	Símbolo	Unidade
Potência térmica do queimador	Q	kW
Poder calorífico inferior do combustível	PCI	kJ/kg
Pressão absoluta do ar à entrada	P_1	Pa
Pressão absoluta do ar à saída	P_2	Pa
Temperatura do ar à entrada	T_1	K
Densidade relativa do combustível	G	—
Diferença de pressão do combustível	ΔP	Pa
Coeficiente de excesso de ar	λ	—



16.3 - Queimadores com pré-mistura

A partir da potência térmica pretendida:

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{Q}}{PCI} \quad (16.1)$$

Em que $\dot{m}_f$ é o caudal mássico de combustível, em kg/s.

Para combustíveis gasosos, quando se utiliza o poder calorífico volumétrico, o caudal volumétrico é:

$$\dot{V}_f = \frac{\dot{Q}}{PCI_v} \quad (16.2)$$

É necessário utilizar unidades compatíveis.



16.3 - Queimadores com pré-mistura

3. Cálculo do caudal de ar necessário

O caudal mássico de ar para a combustão é dado por:

$$\dot{m}_{ar} = \lambda L_0 \dot{m}_f \quad (16.3)$$

Onde L_0 é a relação ar–combustível estequiométrica, em kg de ar/kg de combustível, e λ é o coeficiente de excesso de ar.

O valor de L_0 depende da composição do combustível.

4. Dimensionamento do injector de ar

$$\dot{m}_{ar} = 0,12 C_a d_2^2 P_1 \sqrt{\frac{g}{T_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]} \quad (16.4)$$



O diâmetro do injector de ar obtém-se isolando d_2 :

$$d_2 = \sqrt{\frac{\dot{m}_{ar}}{0,12 C_a P_1 \sqrt{\frac{g}{T_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]}}} \quad (16.5)$$

O coeficiente de descarga indicado é: $C_a \simeq 0,8$

16.3 - Queimadores com pré-mistura

5. Dimensionamento do injetor de combustível A segunda expressão apresentada é:

$$\dot{m}_f = 1,11C_f d_f^2 \sqrt{G\Delta P} \quad (16.6)$$

Isolando o diâmetro do injetor:

$$d_f = \sqrt{\frac{\dot{m}_f}{1,11C_f \sqrt{G\Delta P}}} \quad (16.7)$$

O coeficiente de descarga indicado é:

$$C_f \simeq 0,75$$

Nesta expressão, G representa a densidade relativa do combustível e Δ_p a diferença de pressão que provoca o escoamento.



16.3 - Queimadores com pré-mistura

6. Dimensionamento do misturador

Depois de determinados os caudais de ar e combustível, calcula-se o caudal da mistura:

$$\dot{m}_m = \dot{m}_{ar} + \dot{m}_f \quad (16.8)$$

O caudal volumétrico da mistura é aproximadamente:

$$\dot{V}_m = \frac{\dot{m}_m}{\rho_m} \quad (16.9)$$

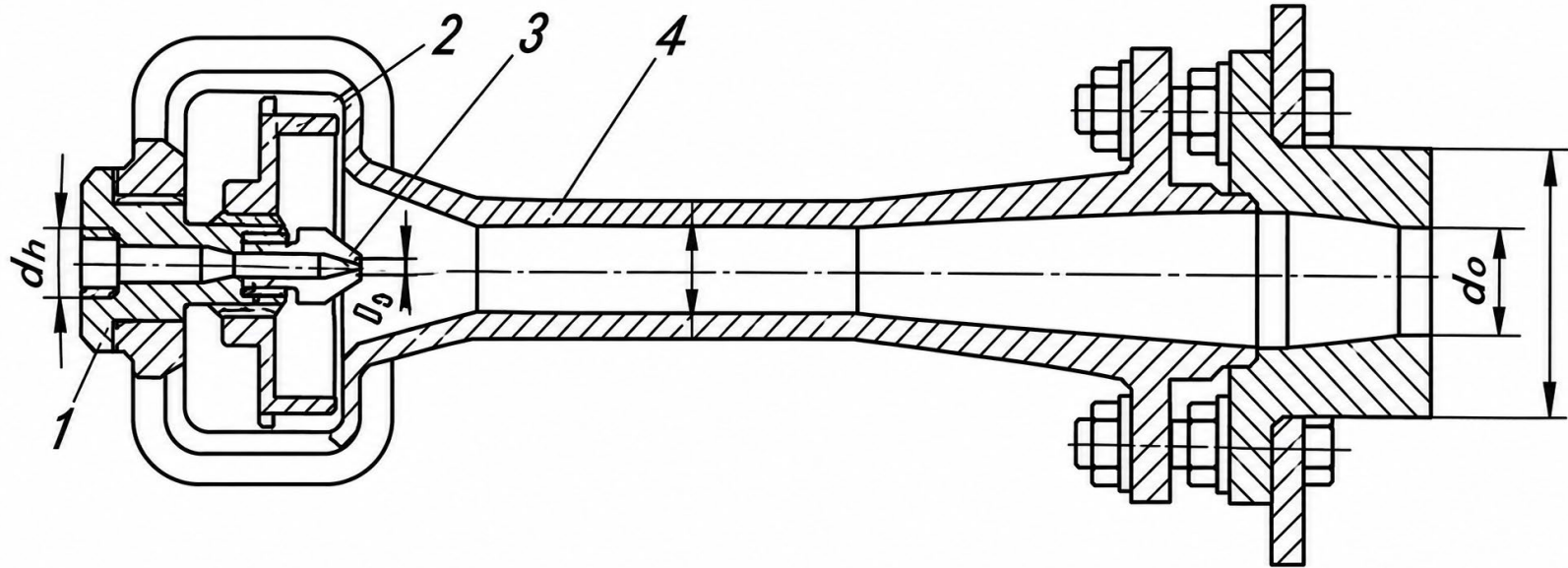
Conhecida a velocidade de projecto v_m , pode estimar-se o diâmetro da secção de passagem:

$$D_m = \sqrt{\frac{4\dot{V}_m}{\pi v_m}} \quad (16.10)$$

A velocidade admissível depende das características do combustível, das perdas de carga e da estabilidade da chama.



16.3 - Queimadores com pré-mistura



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

Figura 16.7 Queimador com misturador incorporado



16.3 - 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.





16.4 - 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.

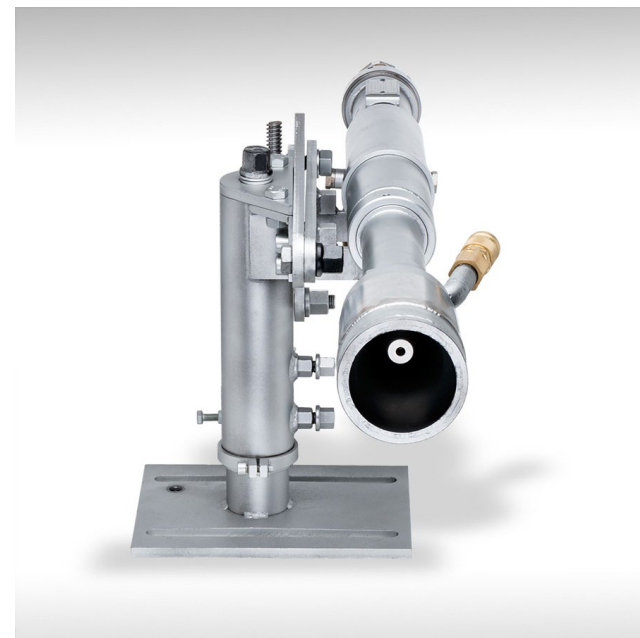
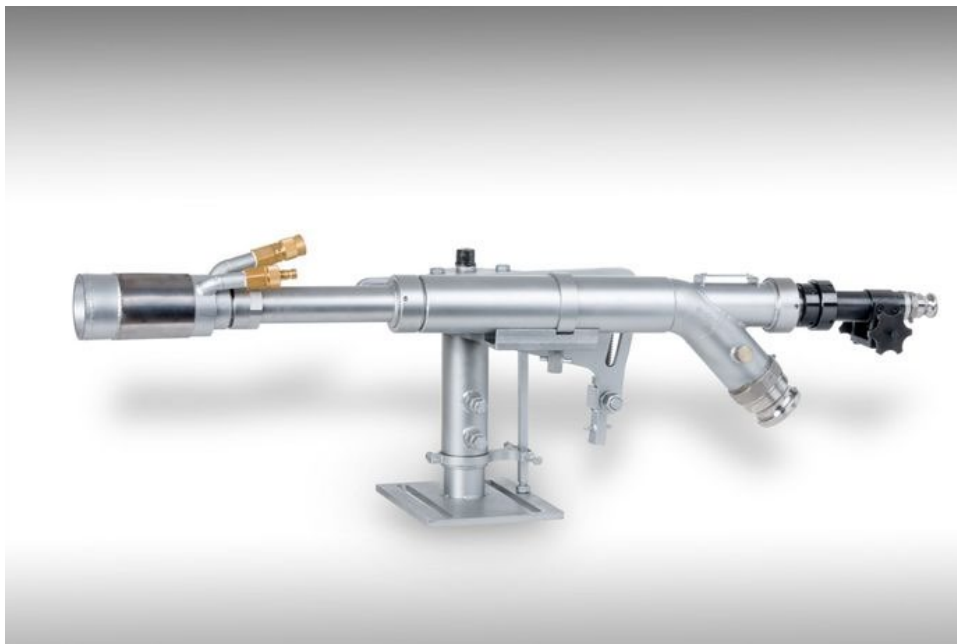
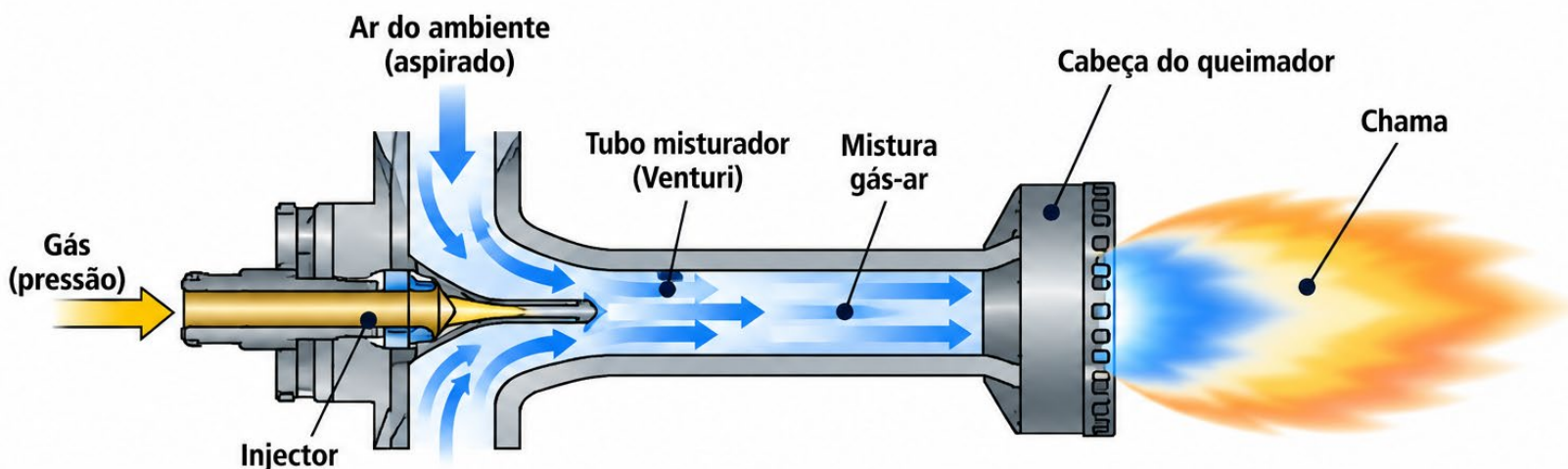


Figura 16.8 Queimador do tipo injector



16.4 - Queimador do tipo injector

Queimador do tipo injector (princípio de funcionamento)



1 Gás pressurizado

O gás é fornecido a uma certa pressão ao injector, passando através de um orifício de pequena secção.

2 Depressão

A elevada velocidade do gás no injector provoca uma redução da pressão (efeito Venturi) na zona de mistura.

3 Aspiração do ar

Devido à depressão, o ar do ambiente é aspirado para o tubo misturador através das aberturas laterais.

4 Mistura

No tubo misturador o gás e o ar são misturados, formando uma mistura homogénea (gás aerado).

5 Queima

A mistura gás-ar é conduzida à cabeça do queimador, onde se estabiliza a chama e ocorre a combustão na fornalha.

Nota: Neste tipo de queimador, o ar primário é aspirado pelo próprio injector, não sendo necessário um ventilador.

Figura 16.9 Queimador do tipo injector



16.4 - 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/m² para gás do alto forno, 881 N/m² para gás natural e 196 N/m² para uma mistura de gás do alto forno e de coque PCI = 8350 kJ/m³.

16.4 - 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:

$$h_q = 0,278B \cdot PCI / f_q \quad (16.11)$$

Onde:

B – é o fluxo volumétrico de combustível em m³/h

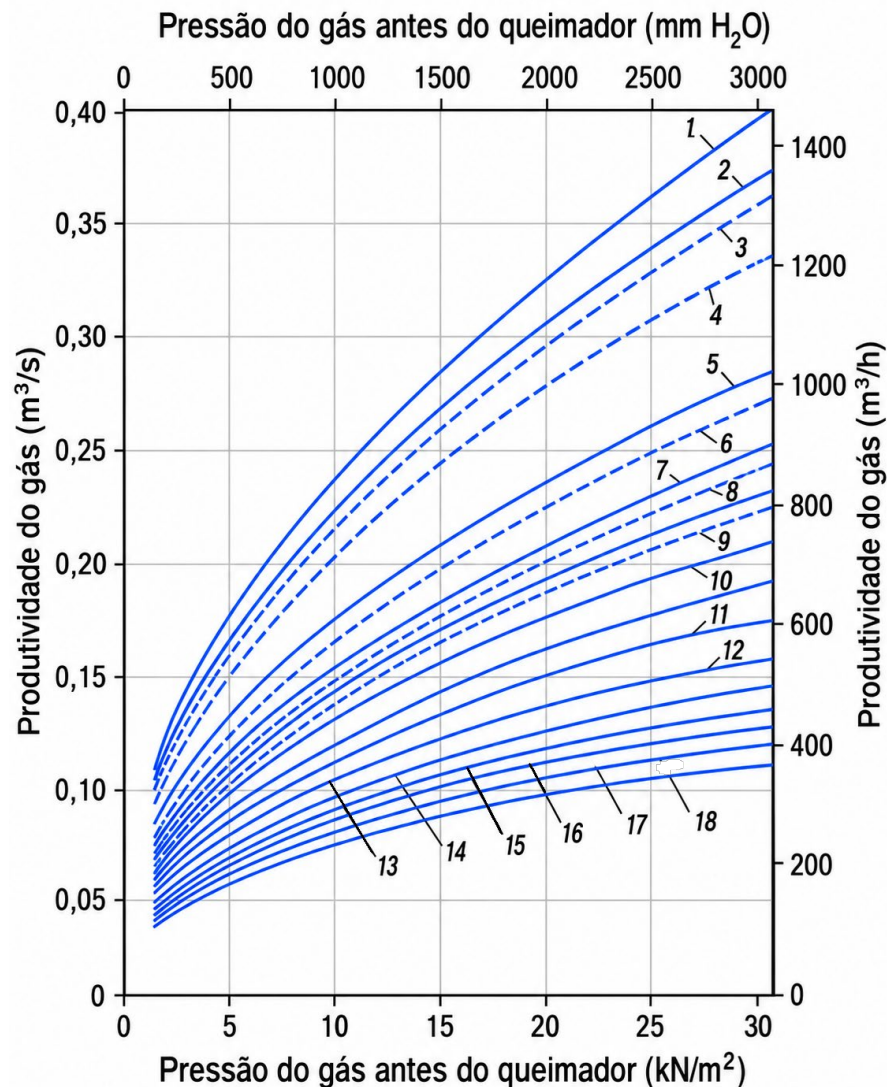
f_q – é a área da secção transversal do bico do queimador

Geralmente h_q varia entre 8160 e 11650 W/cm²

A quantidade de gás em função da produtividade do queimador e a pressão de gás requerida podem ser determinadas pela Tabela 16.1



Tabela 16.2 Efeito da pressão de admissão do gás no desempenho



Injector: $d_q = 100\text{ mm}$

Coeficiente de excesso de ar: $\alpha = 1,5$

Linha	PCI (kJ/m ³)
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



16.4 -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 32.

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 32 e com as Tabela 16.3





16.4 - Queimador do tipo injector

(para uso com gás pré-aquecido)

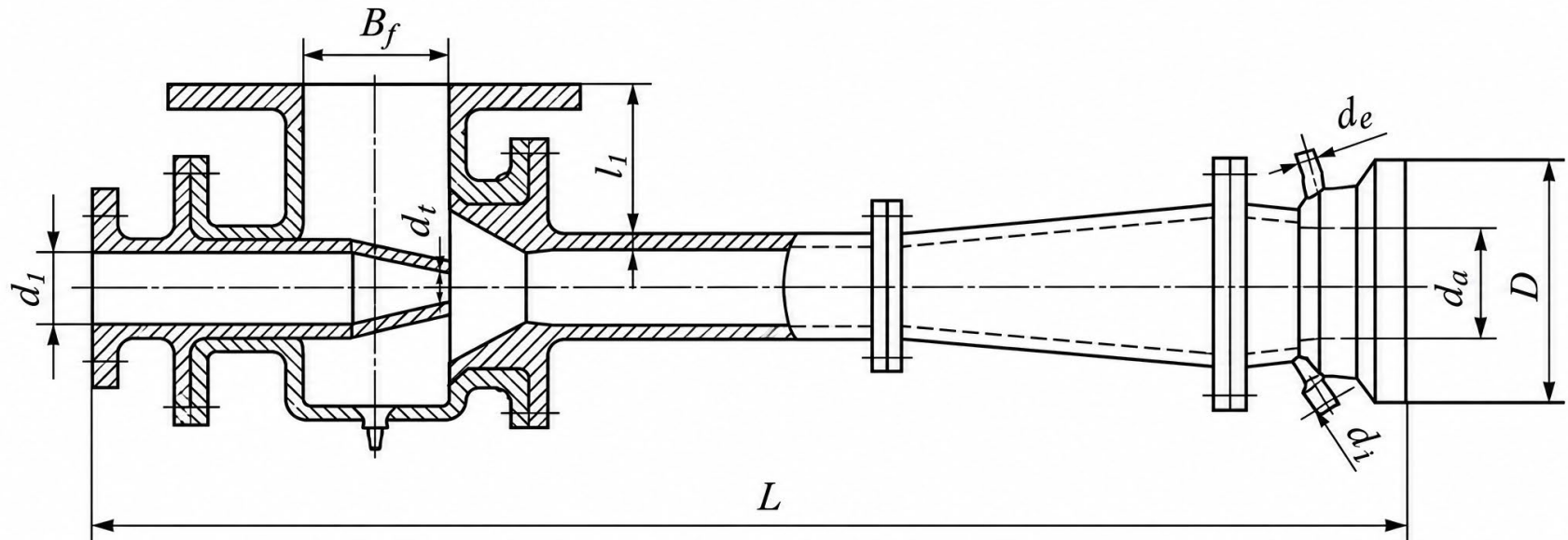
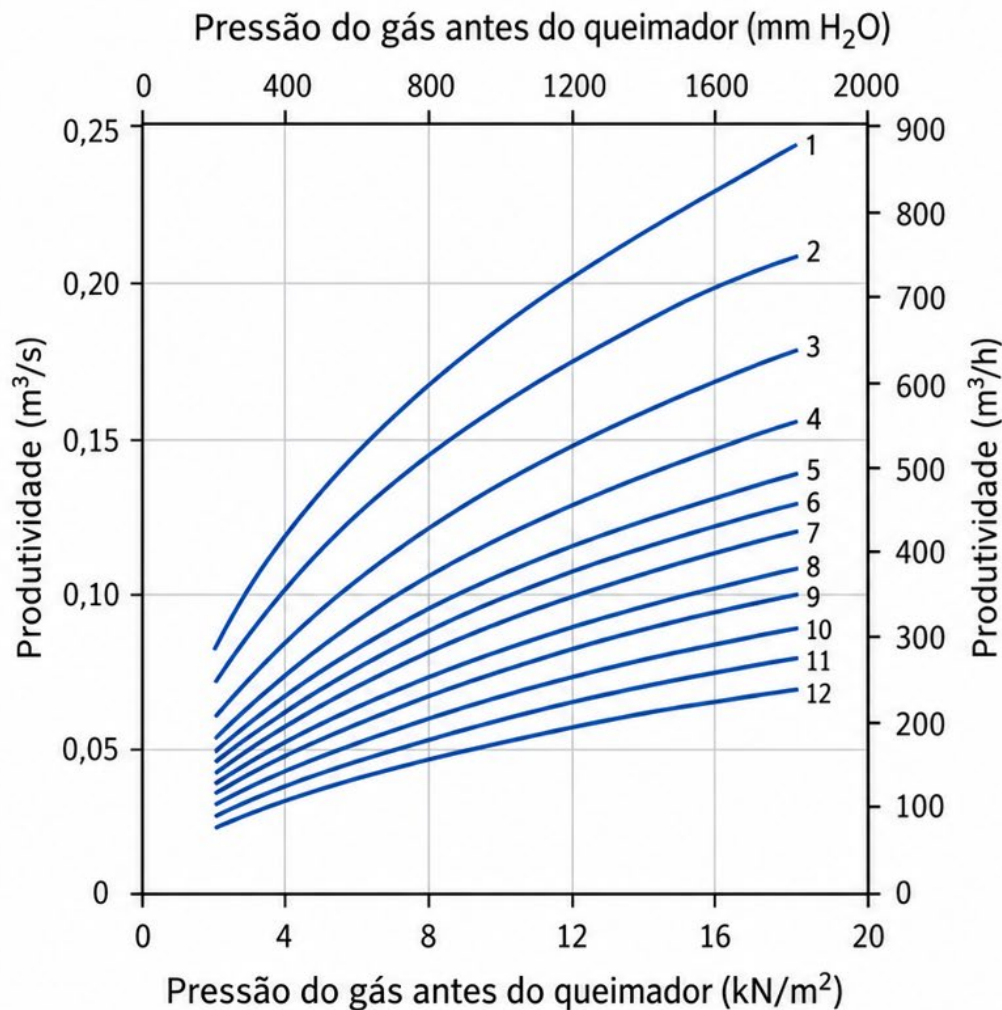


Figura 16.10 Queimadores com pré-aquecimento



16.4 - Queimador do tipo injector

Tabela 16.3 Efeito do PCI do gás no desempenho



Curva n.º	PCI	Gás (°C)	Ar (°C)
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

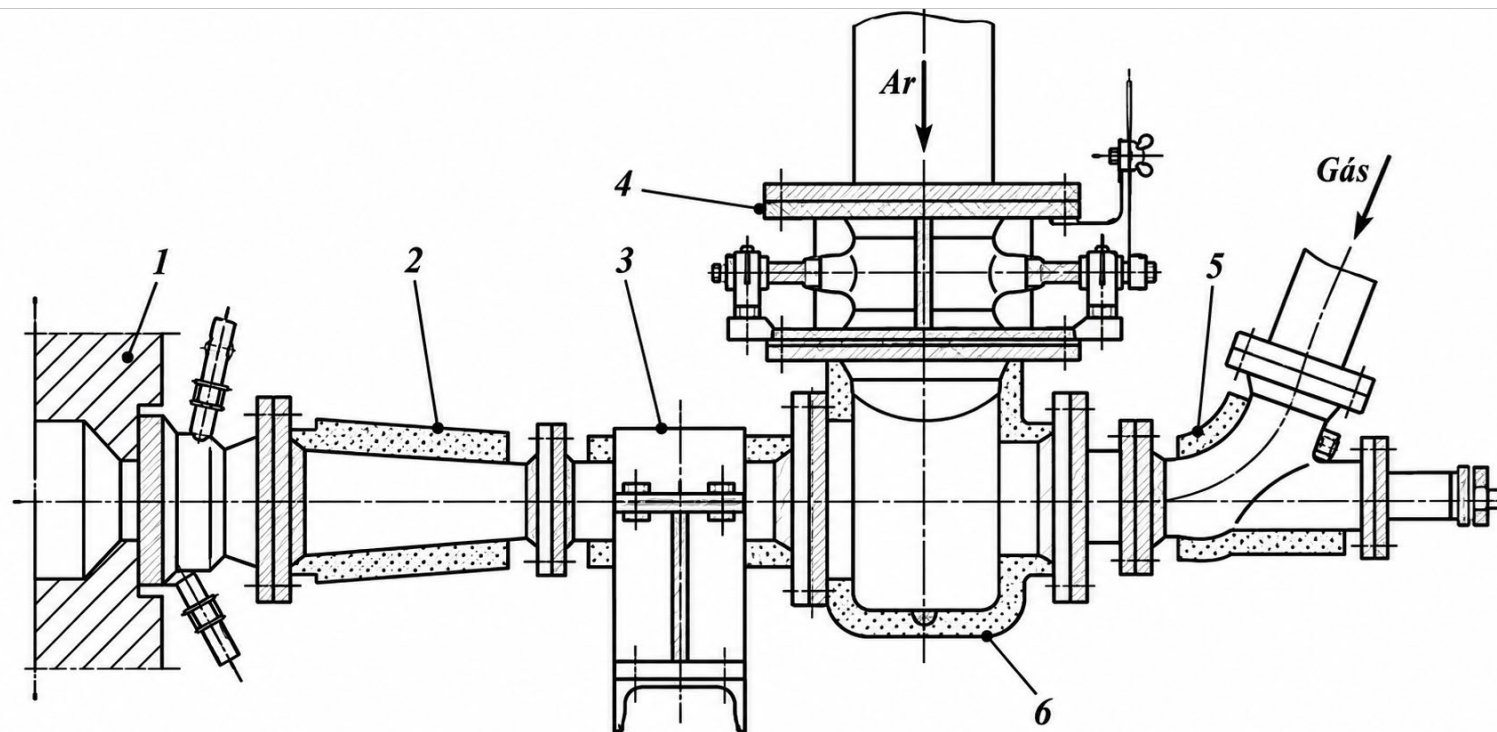
Tabela 16.4 Dimensões básicas do injector (mm)

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	-	-	-	-	-	-	-





16.4 - Queimador do tipo injector



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

Figura 16.11 Queimadores com pré-aquecimento

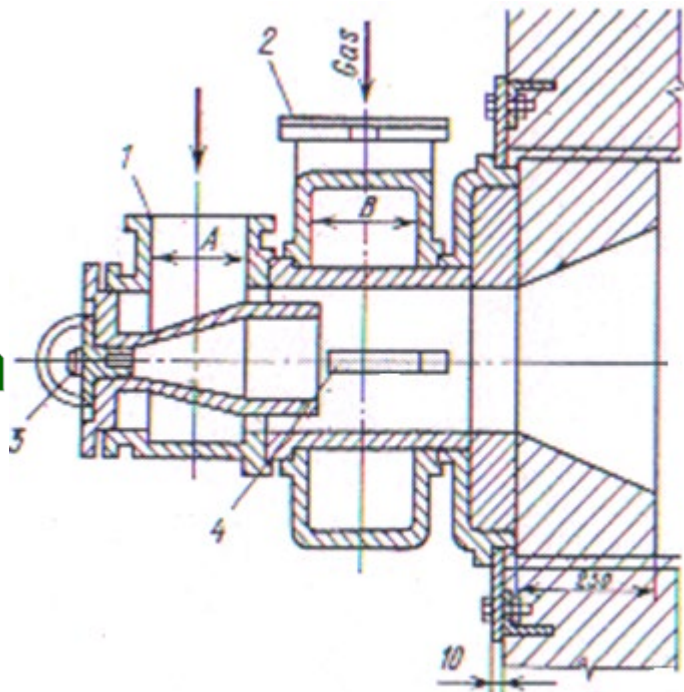
Tabela 16.5 Factor de correcção para valores de d_q (mm)

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



16.5 -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.



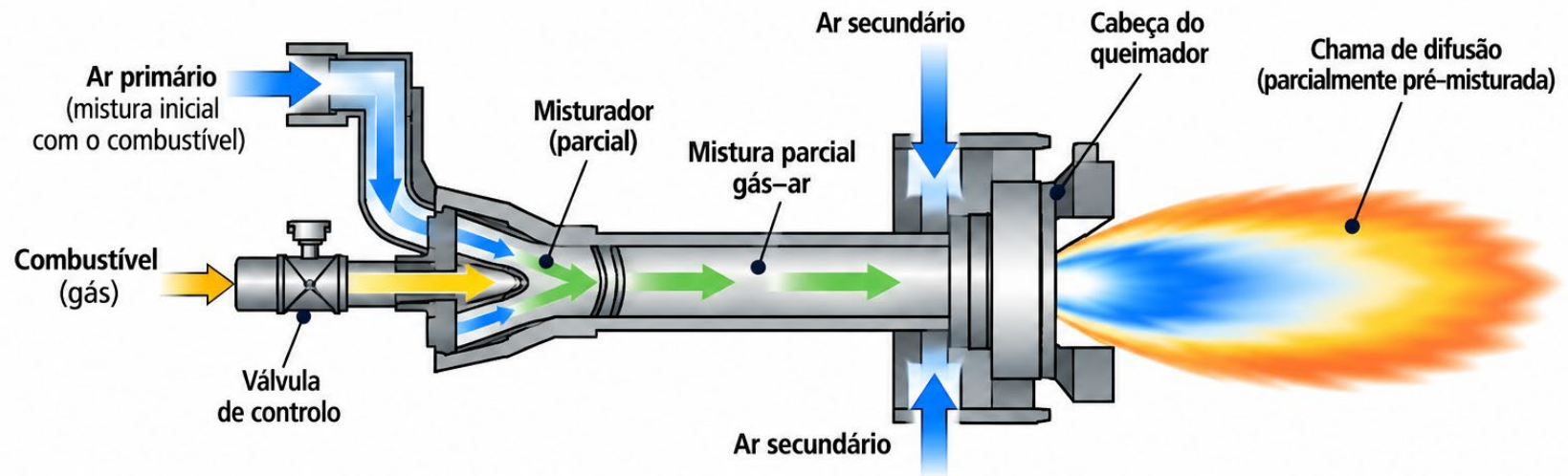
- 1 – fornecimento de ar
- 2 – fornecimento de gás
- 3 – furo de ignição
- 4 – furos para admissão de ar no canal de gás

Figura 16.12 Queimador com mistura parcial



16.5 - Queimador com mistura parcial

Queimador com mistura parcial (parte do ar é misturada com o combustível antes da saída)



1 Ar primário

Uma parte do ar é misturada com o combustível antes da saída do queimador.

2 Mistura parcial

O combustível e o ar primário são misturados no injetor/misturador, formando uma mistura parcial.

3 Ar secundário

O ar restante é introduzido na zona de combustão, à saída do queimador, para completar a mistura e a combustão.

4 Combustão

A combustão ocorre com uma chama de difusão parcialmente pré-misturada, mais estável do que a chama puramente de difusão.

Aplicações típicas: • fornalhas industriais • caldeiras • fornos de processo • aquecedores de ar e fluidos térmicos

Figura 16.13 Queimador com mistura parcial



16.6 - 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.

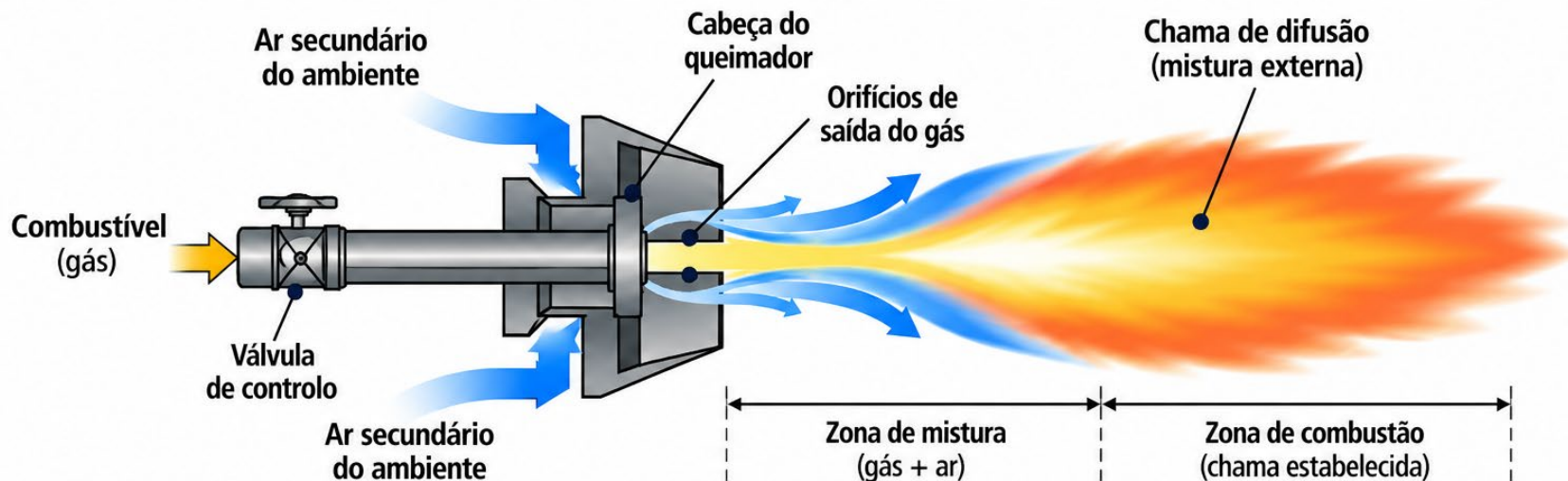
Eles têm a seguintes desvantagens:

- 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.



16.6 - Queimador com mistura externa

Queimador com mistura externa (mistura ar-combustível fora do queimador)



1 Saída do combustível

O gás sai do queimador através de orifícios a uma certa pressão, formando um jacto.

2 Entrainamento de ar

O jacto de gás arrasta o ar do ambiente (ar secundário) para a zona exterior ao queimador.

3 Mistura externa

A mistura gás-ar ocorre fora do queimador, por difusão e turbulência, na região da chama.

4 Combustão

A ignição e a combustão ocorrem na zona de mistura, produzindo uma chama de difusão longa e estável.

Aplicações típicas:

- fornos industriais
- caldeiras
- aquecedores
- processos de alta temperatura

Figura 16.14 Queimador com mistura externa



16.6 - Queimador com mistura externa

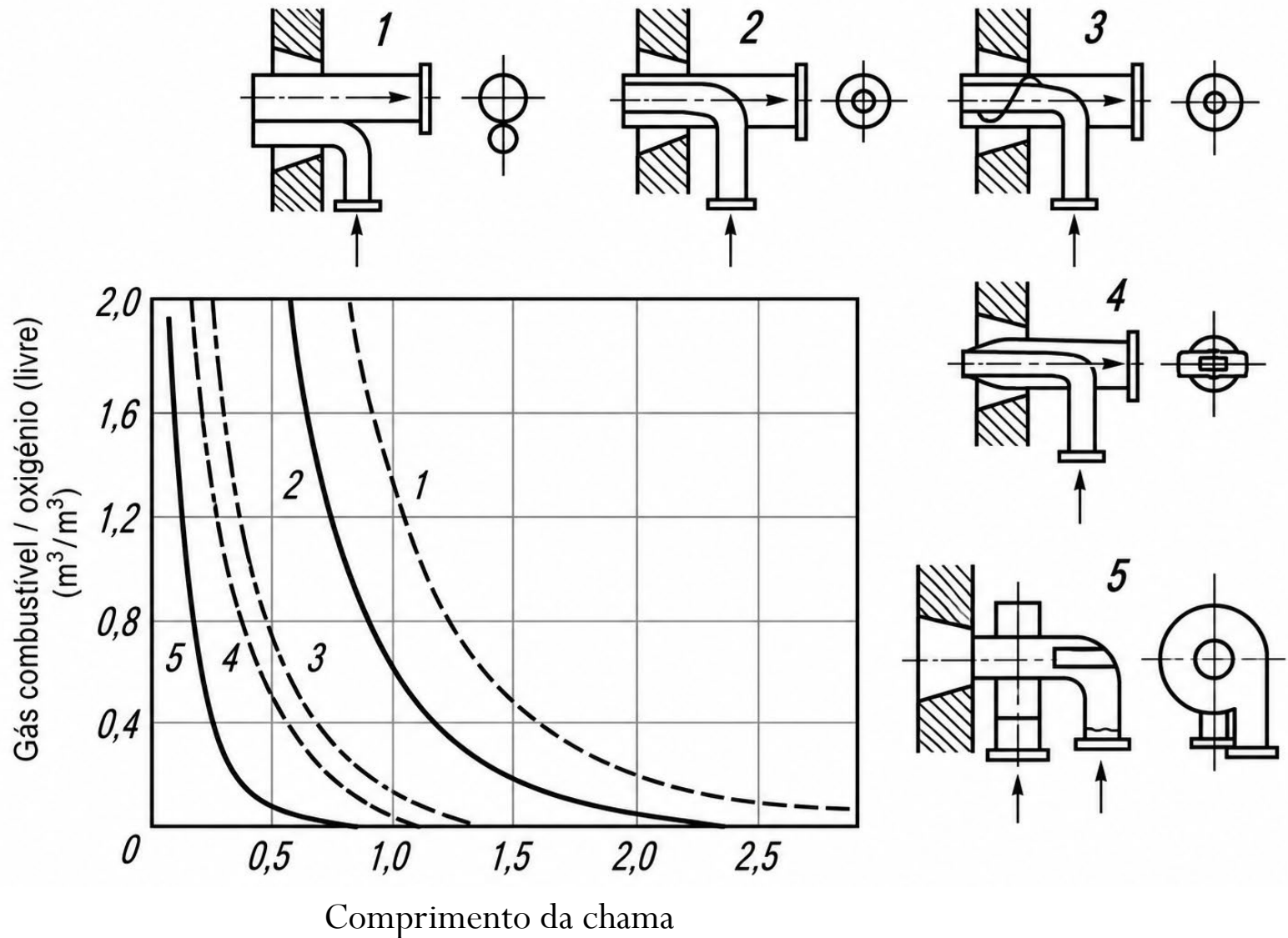


Tabela 16.6 Queimadores com mistura externa



16.7 - Queimador de duas vias

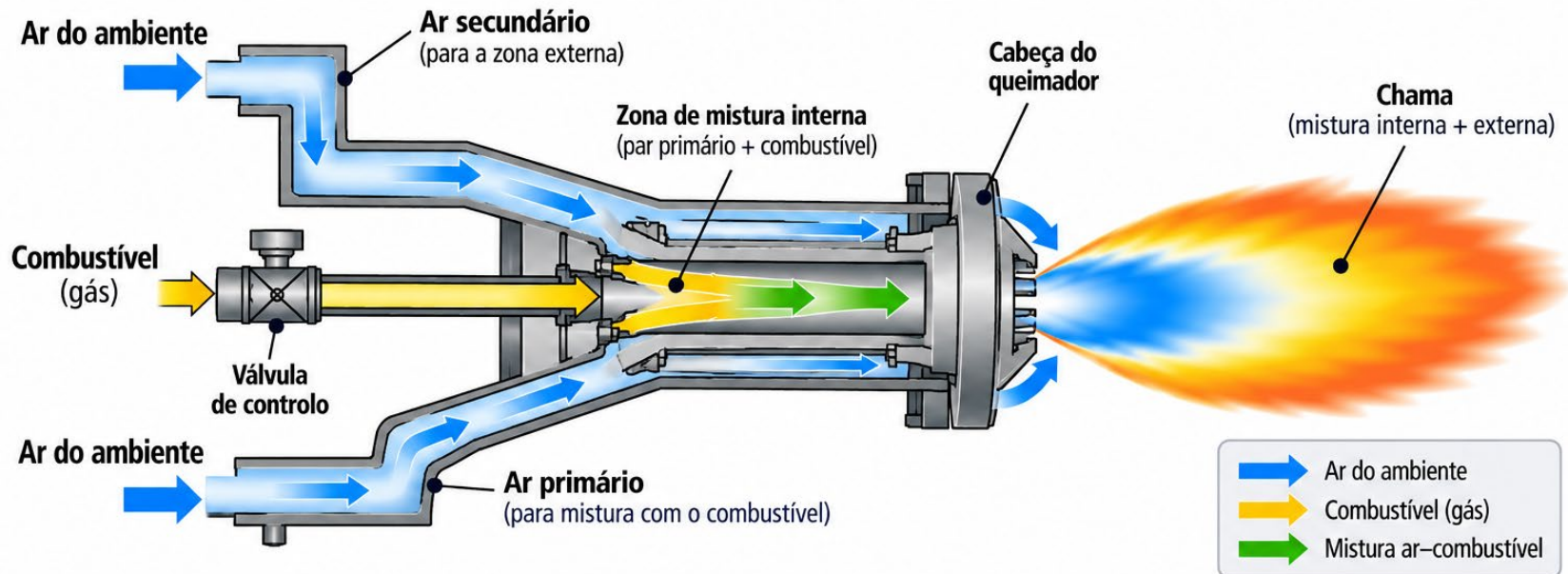


Estes queimadores também conhecidos como queimadores de tubo em tubo podem ser operados com uma grande gama de combustíveis a baixa pressão e permite uma grande faixa de controle. A velocidade da mistura na saída do queimador varia entre 10 a 70 m/s a pressão do gás ou ar de 98 a 4900 N/m².

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.

16.7 - Queimador de duas vias

Queimador de duas vias (combinação de mistura interna e externa)



1 Ar primário (mistura interna)

Uma parte do ar do ambiente é conduzida para o interior do queimador, onde se mistura com o combustível.

2 Ar secundário (mistura externa)

A outra parte do ar do ambiente é conduzida por um canal externo e sai através de orifícios à volta da cabeça do queimador.

3 Funcionamento

A mistura primária que sai do queimador é envolvida pelo ar secundário, completando a mistura na região da chama, resultando numa combustão estável e eficiente.

4 Vantagens

- Maior estabilidade da chama
- Menor formação de NO_x
- Boa adaptação a variações de carga
- Adequado a fornos e caldeiras industriais

Figura 16.16 Queimador de duas vias



16.7 - 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 16.7)

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





16.7 - Queimador de duas vias

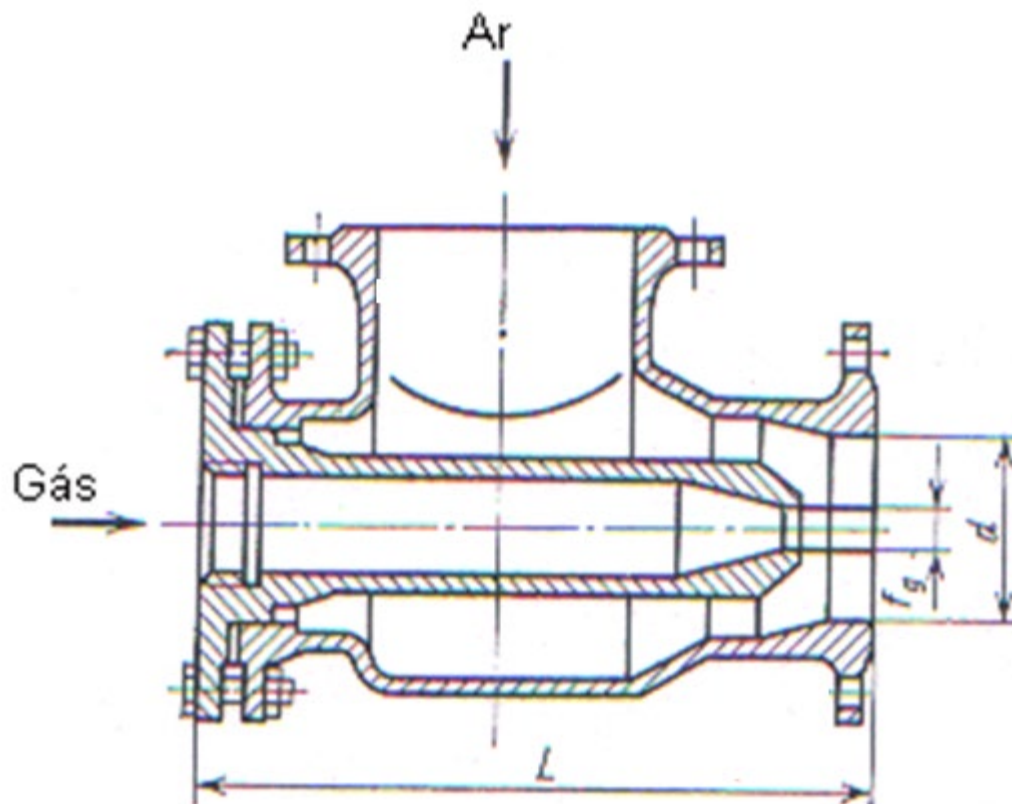


Figura 16.17 Queimador de duas vias

16.7 - Queimador de duas vias

Os queimadores de duas vias são calculados do seguinte modo:

- Para um dado PCI de combustível e para 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 16.8 Dimensões Básicas do injector (mm)

d_q	D	D_1	d_t (")	h	h_1	Massa (kg)	d_q	D	D_1	d_t (")	h	h_1	Massa (kg)
15	60	25	$\frac{1}{2}$	220	195	5,10	65	140	70	$\frac{3}{4}$	700	600	33,5
18	60	30	$\frac{1}{2}$	250	225	5,30	75	140	80	$\frac{3}{4}$	800	700	35,2
21	60	30	$\frac{1}{2}$	275	250	5,60	86	220	90	1	960	185	58,7
24	80	35	$\frac{1}{2}$	300	260	8,80	100	260	100	1	1095	255	81,0
28	80	40	$\frac{1}{2}$	335	295	9,00	116	200	115	$1\frac{1}{4}$	1240	290	107,0
32	80	40	$\frac{1}{2}$	375	335	9,80	134	350	130	$1\frac{1}{4}$	1420	380	151,0
37	100	45	$\frac{1}{2}$	440	385	14,30	154	410	145	$1\frac{1}{2}$	1615	435	216,0
42	100	50	$\frac{1}{2}$	490	435	14,80	178	470	165	$1\frac{1}{2}$	1840	550	240,0
48	120	55	$\frac{1}{2}$	545	475	21,00	205	490	190	2	2130	640	342,0
56	120	60	$\frac{3}{4}$	625	555	26,00	235	510	215	2	2400	805	401,0



16.8 - Queimador Turbulento

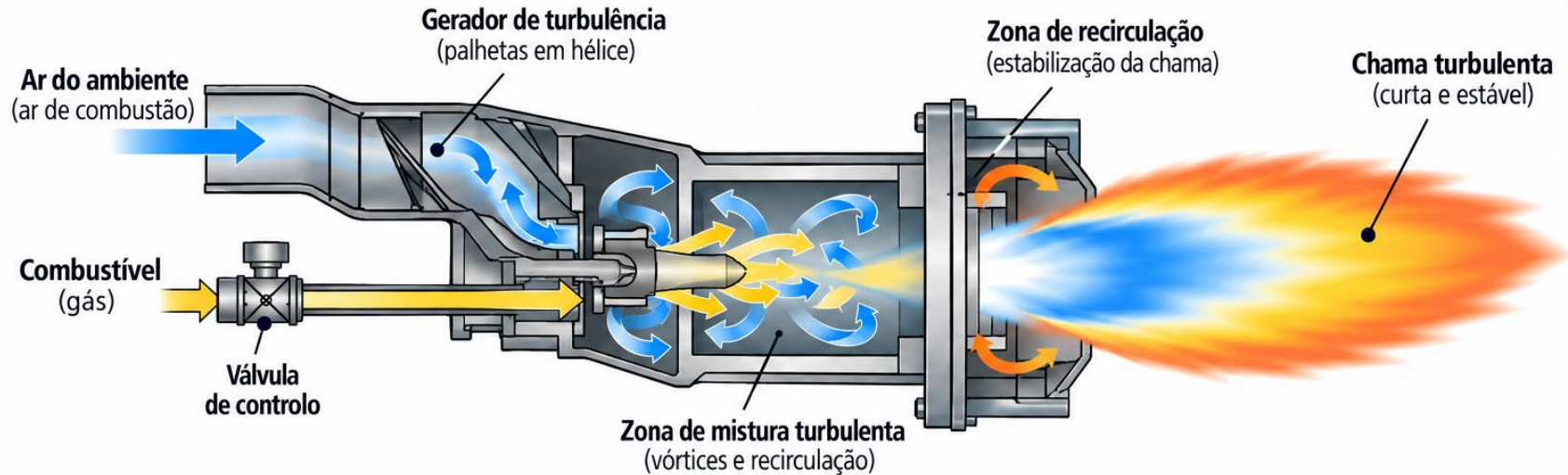
O grande feito deste tipo de queimadores é que o ar é fornecido tangencialmente, relativamente a corrente de combustível, o que provoca um redemoinho garantindo assim uma melhor mistura e nebulização do combustível.

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/m²



16.8 - Queimador Turbulento

Queimador Turbulento (mistura ar-combustível intensamente turbulenta)



1 Entrada de ar

O ar do ambiente entra tangencialmente através de palhetas, adquirindo movimento de rotação que gera forte turbulência.

2 Injeção de combustível

O combustível (gás) é injectado axialmente no centro do escoamento de ar turbulento.

3 Mistura turbulenta

O ar e o combustível misturam-se intensamente na câmara de mistura, formando uma mistura homogênea e altamente turbulenta.

4 Combustão

A mistura turbulenta é ignitada e queima numa chama curta, estável e com elevada taxa de transferência de calor.

Aplicações típicas: • caldeiras industriais • fornos de processo • incineradores • aquecedores de ar • turbinas a gás (combustores)

Vantagens: • boa estabilização da chama • elevada taxa de mistura • ampla faixa de operação • baixas emissões (com controlo adequado)

Figura 16.18 Queimador turbulento



16.8 -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.



16.8 - 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:

$$Q = \dot{B} \cdot PCI \quad (16.4)$$

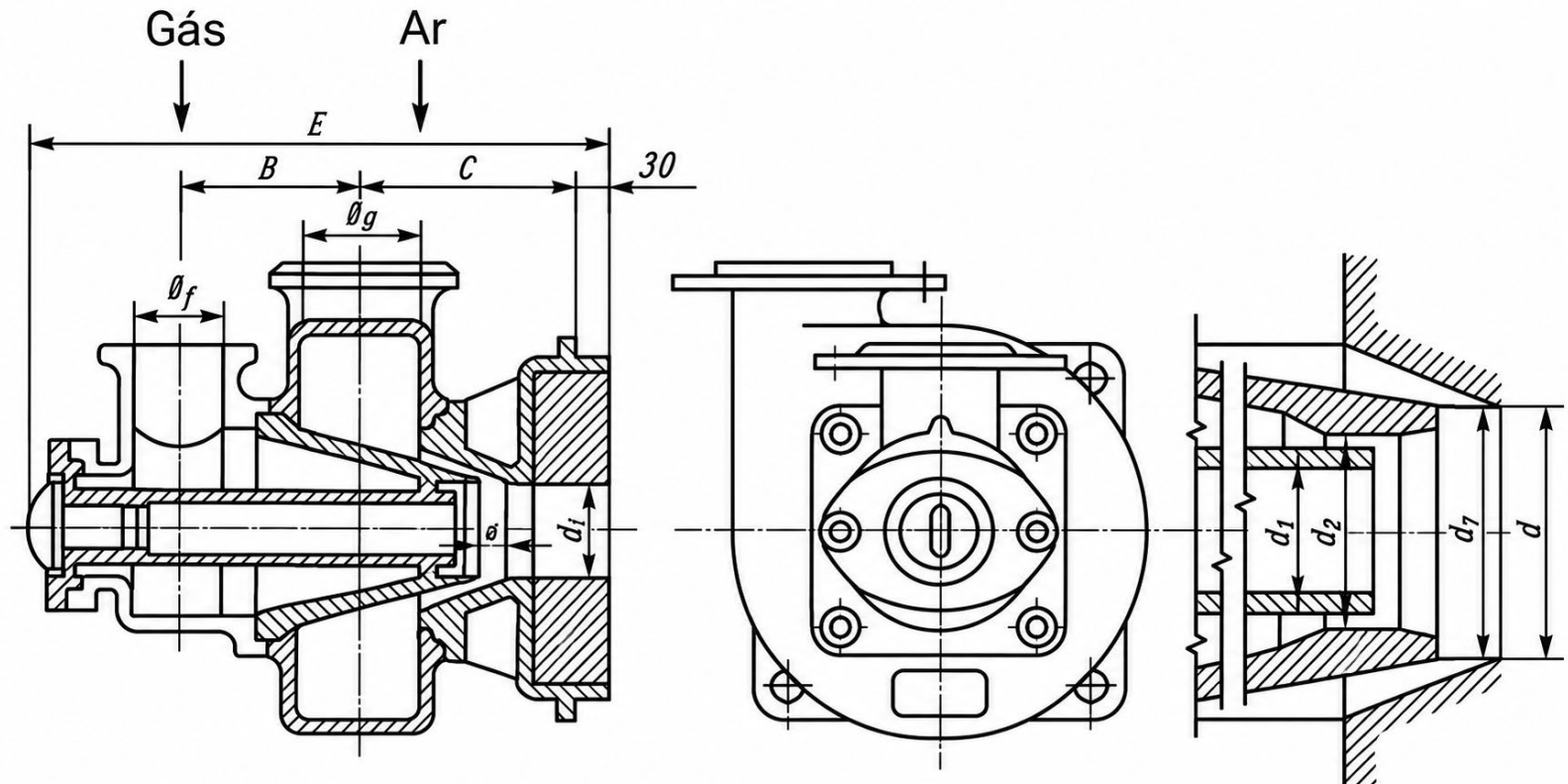


Figura 16.19 Queimador Turbulento

16.8 -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:

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

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





16.8 - Queimador Turbulento

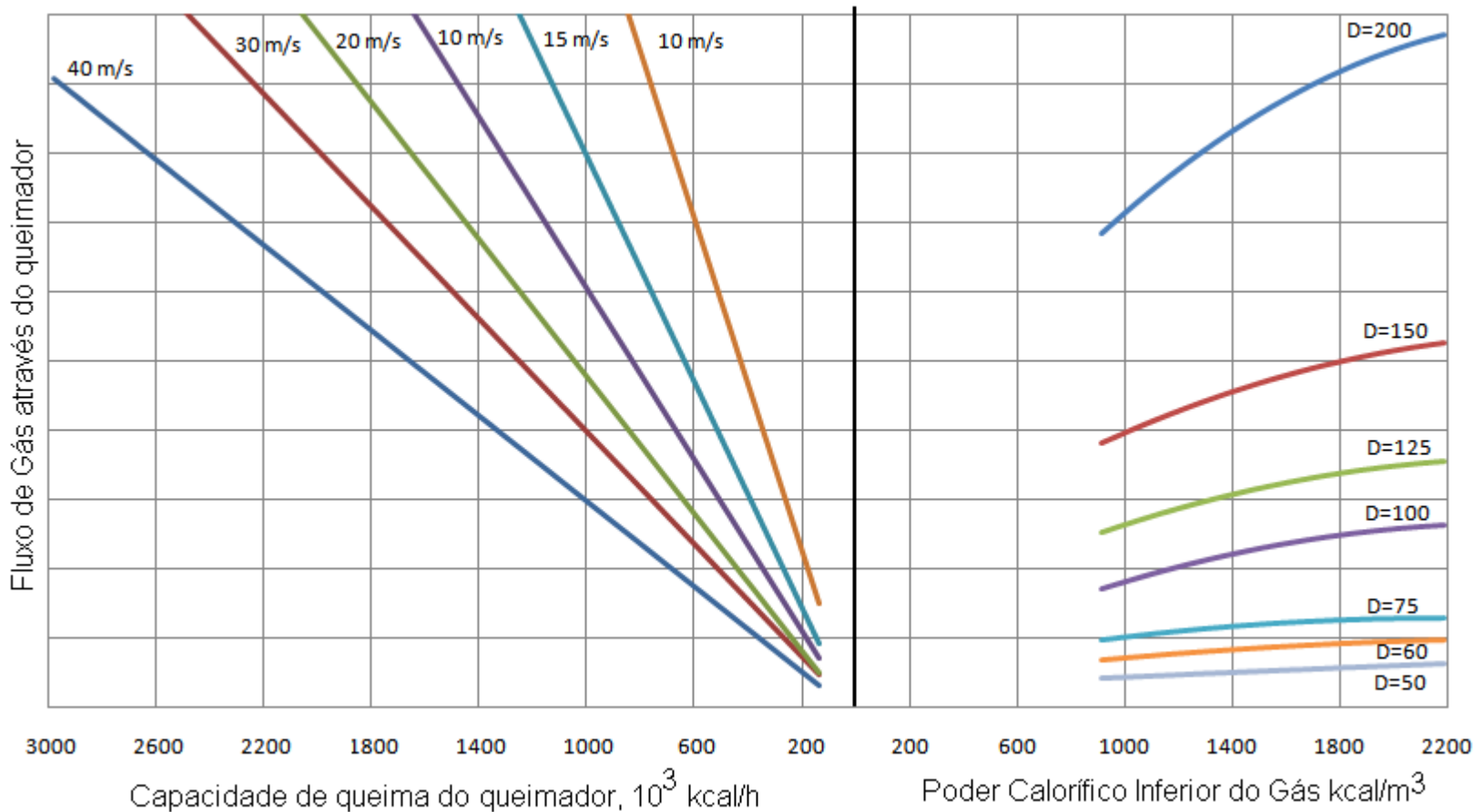


Figura 16.20 Monograma para seleccionar queimadores turbulentos



Tabela 16.9 Dimensões em (mm) de queimadores turbulentos

D	D_g	D_a	B	C	E	d₁	d₂	d₃	a
Para PCI = 3770 -5870 kJ/m ³									
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
Para PCI = 5870 - 9200 kJ/m ³									
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.

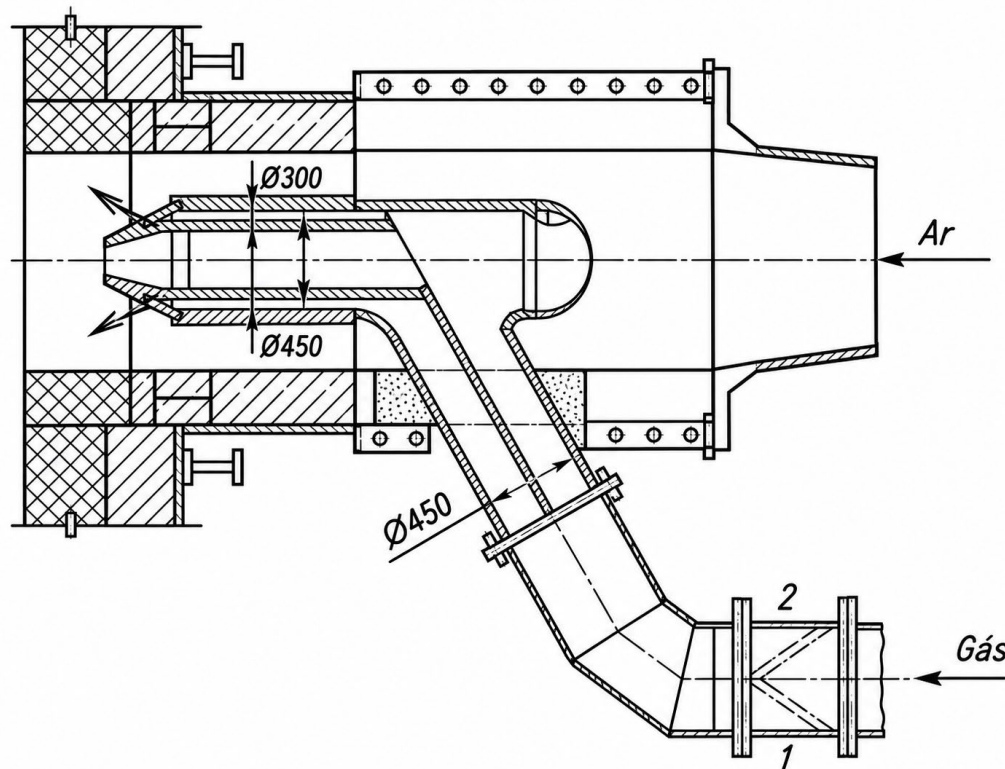
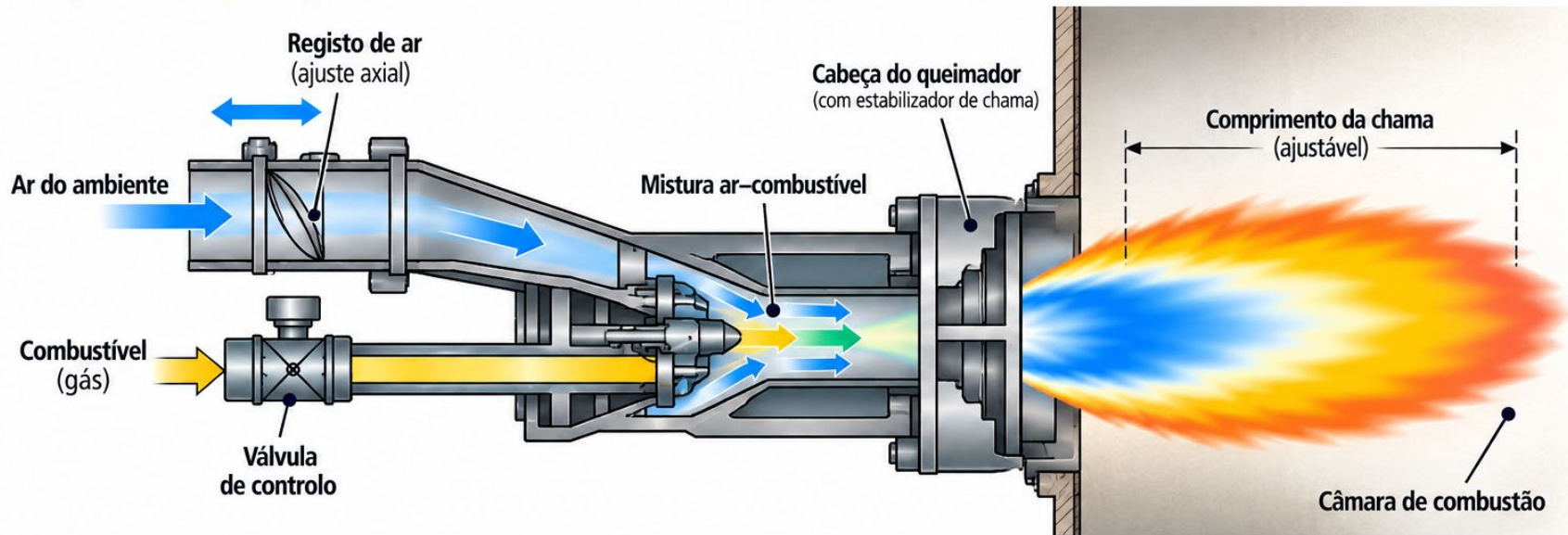


Figura 16.21
Queimadores com
controle de
comprimento da chama



6.9 - Queimador com controle de comprimento da chama

Queimador com controle de comprimento da chama (ajuste da posição do ar de combustão)



1 Regulação do ar

A posição axial do registo de ar permite controlar a quantidade de ar que entra no queimador e a sua posição relativa à saída do combustível.

2 Mistura e estabilização

O ar e o combustível misturam-se na zona de mistura. O estabilizador de chama garante uma ignição estável e segura.

3 Controle do comprimento

Deslocando o registo de ar (variação da posição do ar), altera-se a velocidade e a distribuição da mistura, permitindo ajustar o comprimento da chama.

4 Aplicações

- Fornos industriais
- Caldeiras
- Aquecedores de processo
- Secadores
- Processos que requerem diferentes comprimentos de chama

Vantagens: • Comprimento da chama ajustável • Boa estabilidade de chama • Adaptável a diferentes cargas térmicas • Redução de emissões (NO_x)

Figura 16.22 Queimador com controlo de comprimento de chama

16.9 - Queimador com controle de comprimento da chama

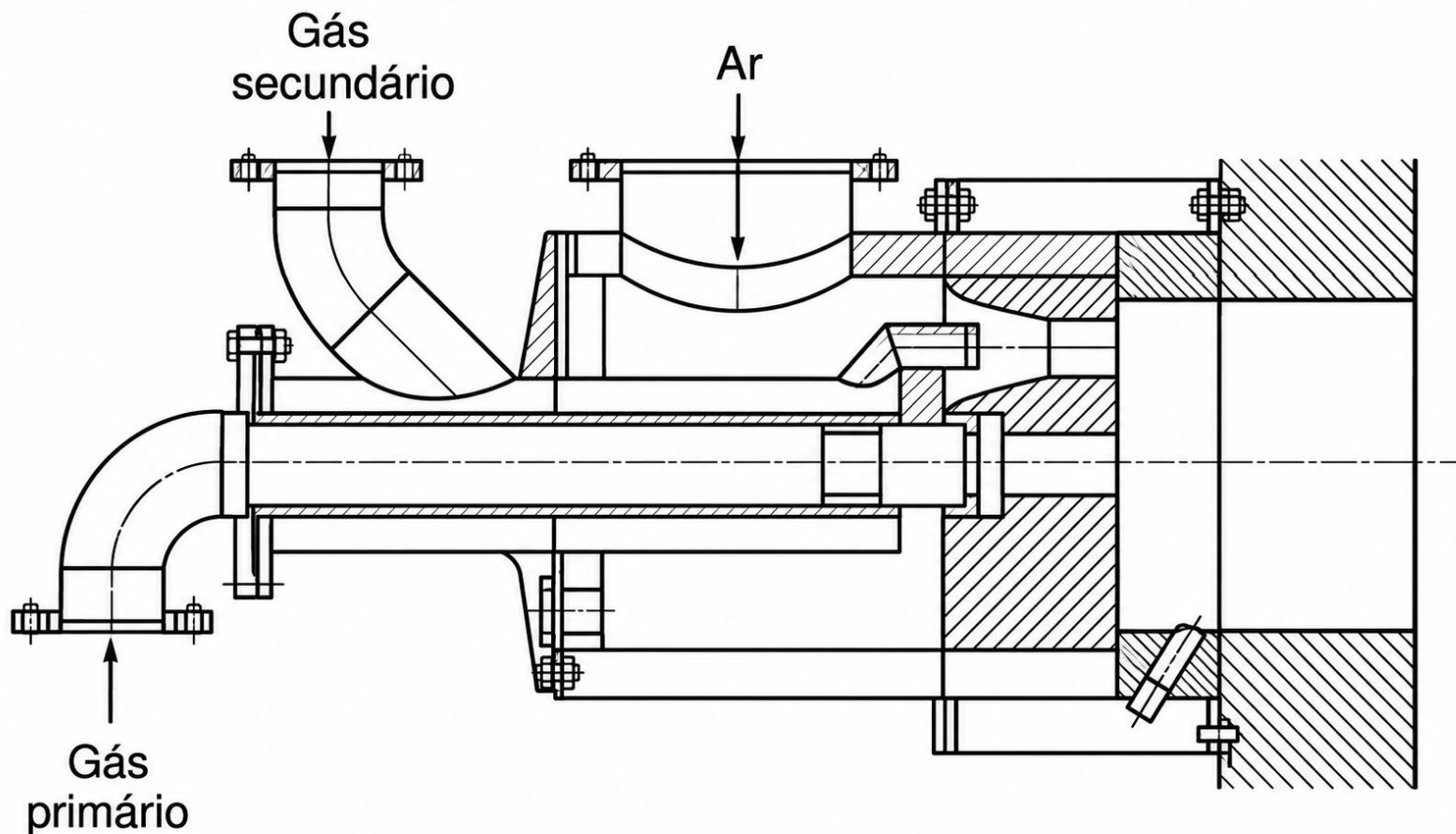


Figura 16.23 Queimadores com controle de comprimento da chama





16.10 - 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.

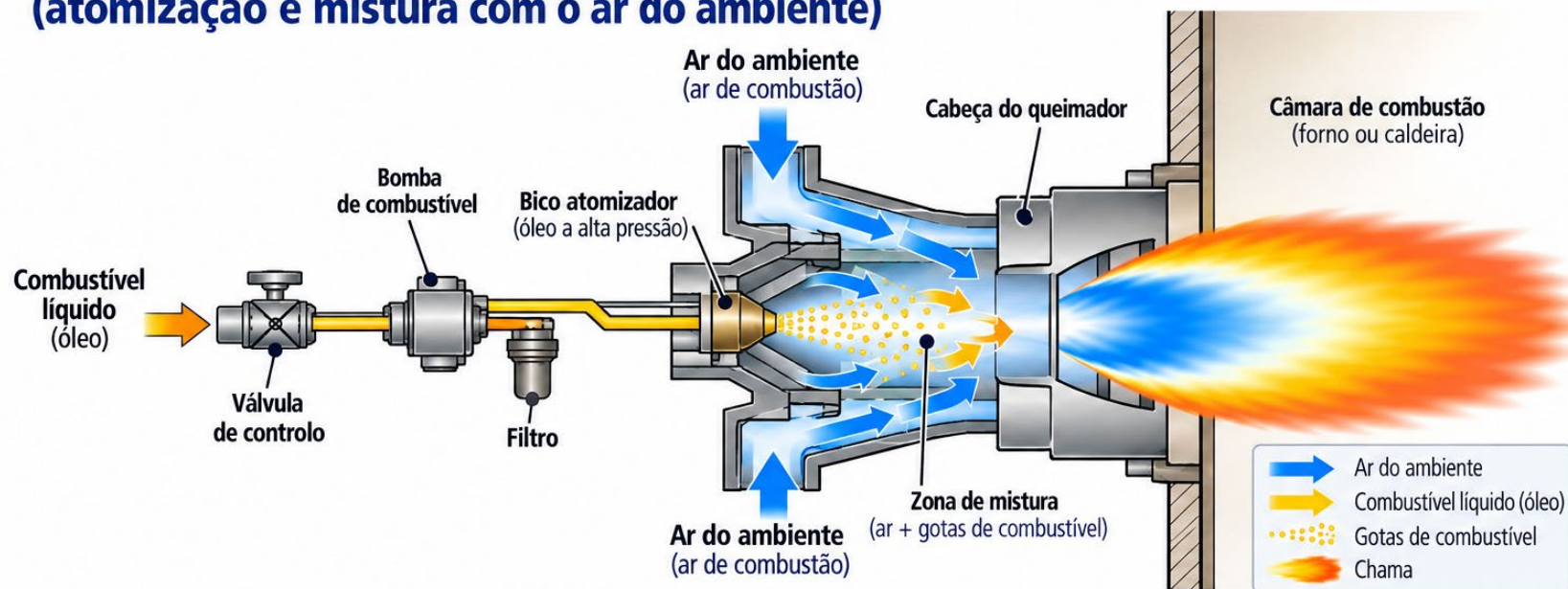
Os queimadores de combustível líquido dividem-se em dois grandes grupos a saber:

- De baixa pressão; e
- De alta pressão.



16.10 - Queimador de combustível líquido

Queimador de combustível líquido (atomização e mistura com o ar do ambiente)



1 Alimentação do combustível

O combustível líquido é bombeado a alta pressão, passa por um filtro e por uma válvula de controlo até ao bico atomizador.

2 Entrada do ar do ambiente

O ar do ambiente entra no queimador através de condutas na cabeça do queimador, em redor do bico, comprimindo-se e dirigindo-se para a zona de mistura.

3 Atomização e mistura

No bico atomizador o combustível é pulverizado em gotas finas. Estas gotas misturam-se com o ar do ambiente na câmara de mistura, formando uma mistura ar-combustível.

4 Combustão

A mistura ar-combustível queima na câmara de combustão, produzindo uma chama estável.

Aplicações típicas: • caldeiras industriais • fornos de processo • geradores de calor • secadores • incineradores

Figura 24 Queimador de combustível líquido

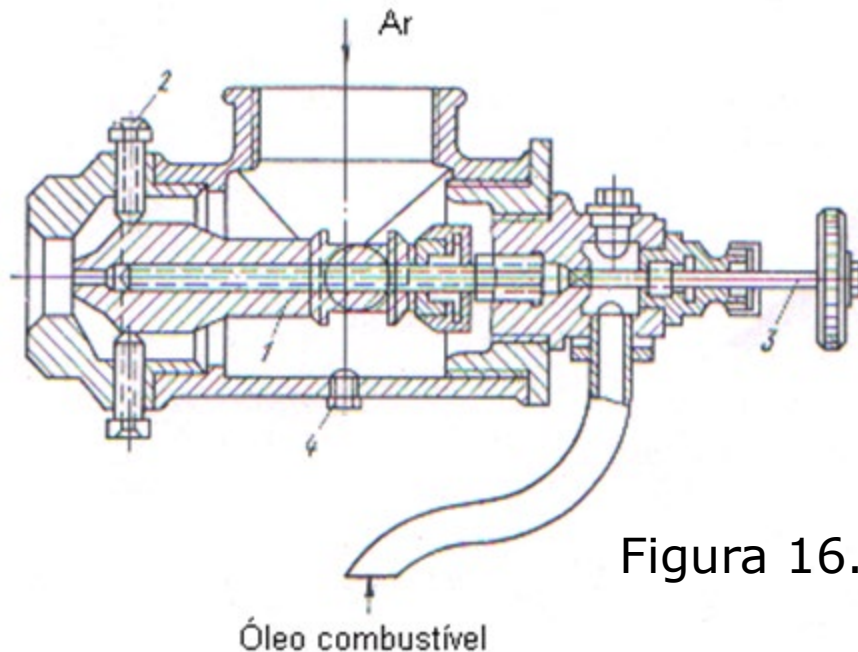


Tabela 16.10 Características de queimadores a baixa e a alta pressão

Características	Queimadores de baixa pressão	Queimadores de alta pressão
Atomizador	Ar insuflado	Ar comprimido; vapor
Pressão no Atomizador kN/m ²	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

16.11 - 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/m²; 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.

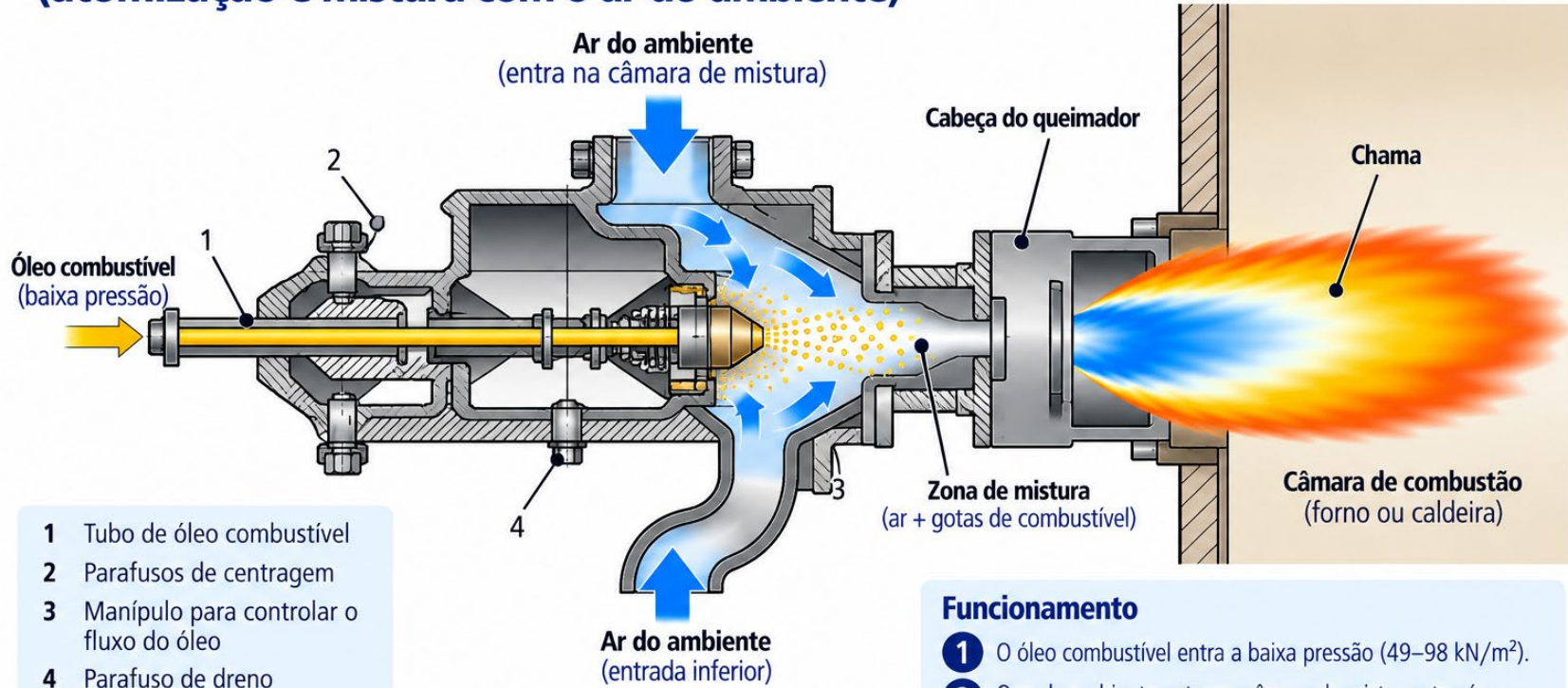


1. Tubo de óleo combustível
2. Parafusos de centragem
3. Manípulo para controlar o fluxo do óleo
4. Parafuso de dreno

Figura 16.25 Queimador Stalproekt

16.11 - Queimador de baixa pressão

Queimador de combustível líquido (baixa pressão) (atomização e mistura com o ar do ambiente)



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

Dados típicos (Stalproekt)

- Pressão do óleo antes do queimador: 49,0 – 98,0 kN/m²
- O ar de ventilação pode ser aquecido até 300 °C.
- Não são admitidas temperaturas superiores (risco de decomposição do óleo e colagem do bico do injector).

Funcionamento

- 1 O óleo combustível entra a baixa pressão (49–98 kN/m²).
- 2 O ar do ambiente entra na câmara de mistura através das aberturas superior e inferior.
- 3 No bico atomizador o óleo é pulverizado em gotas finas, que se misturam com o ar.
- 4 A mistura ar–combustível segue para a cabeça do queimador e queima na câmara de combustão.

Figura 16.26 Queimador de combustível líquido de baixa pressão



Tabela 16.11 Dimensões básicas e produtividade dos queimadores

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 ²	6,86 kN/m ²	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

16.11 - 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:

$$f_c = A \cdot b / (\mu_c \sqrt{p_c \rho_c}) \quad \text{mm}^2 \quad (16.12)$$

Onde:

A é um coeficiente que é igual a 195,625 se p for medido em N/m²

b é o fluxo de combustível em kg/h

p_c é a pressão do combustível em N/m²

μ_c é o coeficiente de vazão do combustível

ρ_c é a massa específica em kg/m³ (950-960)



16.11 - Queimador de baixa pressão

Para o ar tem-se:

$$f_a = A' \cdot V_a / (\mu_a \sqrt{p_a \rho_a}) \quad \text{mm}^2 \quad (16.13)$$

Onde:

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

V_a é o fluxo de ar em m^3/h

p_a é a pressão do ar na saída N/m^2

μ_c é o coeficiente de vazão do ar 0,7 – 0,8

ρ_a é a massa específica do ar em kg/m^3



16.12 - Queimador de alta pressão



Nos queimadores de alta pressão, a atomização do óleo combustível é feita com ar comprimido ou com vapor. A escolha do fluido de atomização condiciona o projecto do queimador, pelo que as suas características construtivas variam consoante se utilize ar ou vapor.

Estes queimadores são geralmente constituídos por:

- um canal de secção constante para o óleo combustível (1);
- um tubo para o ar ou vapor (2), que se desloca axialmente para variar a secção de passagem e, assim, regular o caudal do fluido de atomização;
- uma contraporca (3), que fixa o tubo na posição correspondente ao caudal pretendido.

16.12 - Queimador de alta pressão

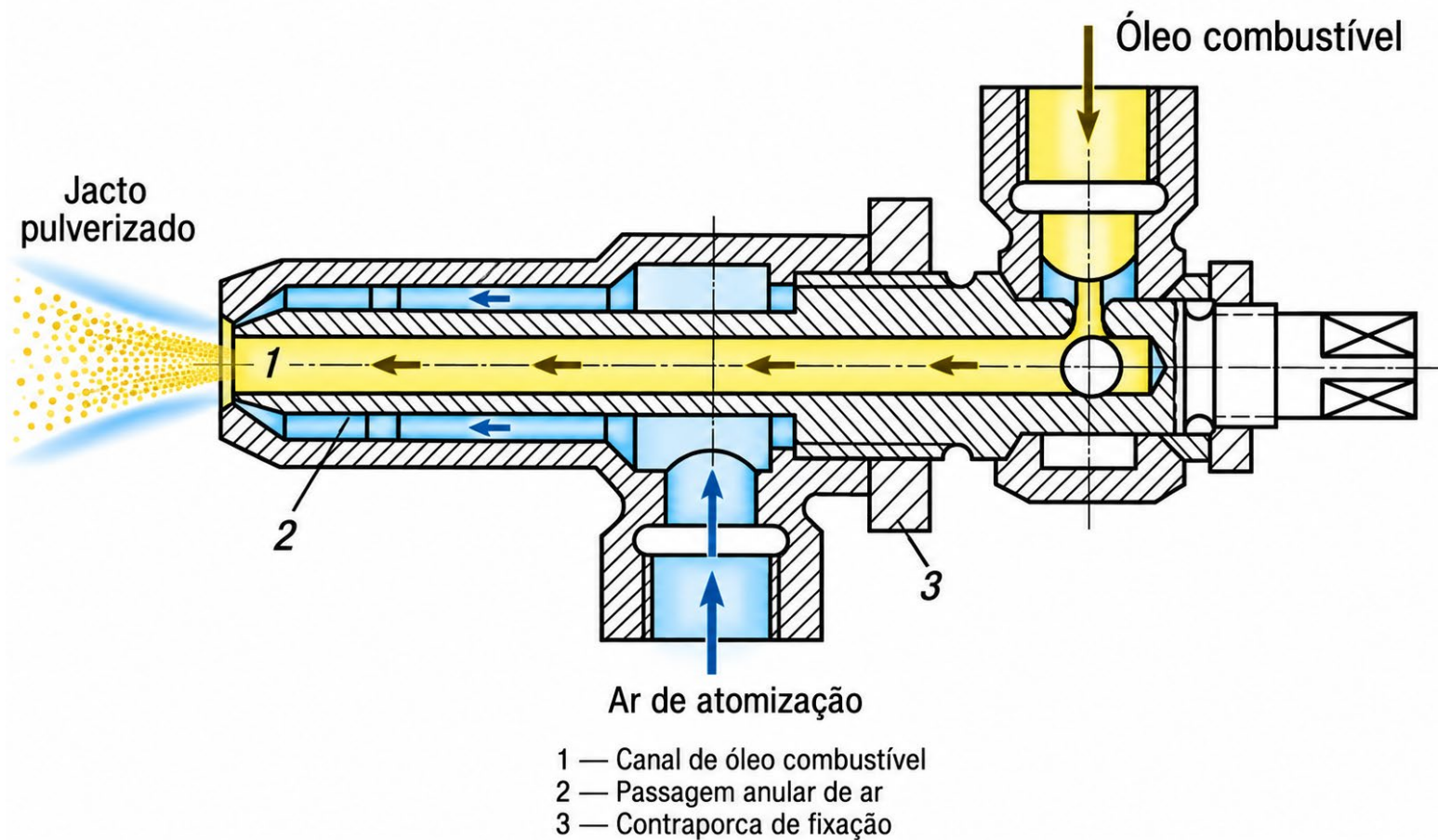


Figura 16.27 Queimador de alta pressão



Tabela 16.12 Dimensões básicas e produtividade dos queimadores Shukhov

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



16.12.1 - 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 kN/m^2 ou pressão do ar acima de 490 kN/m^2 .

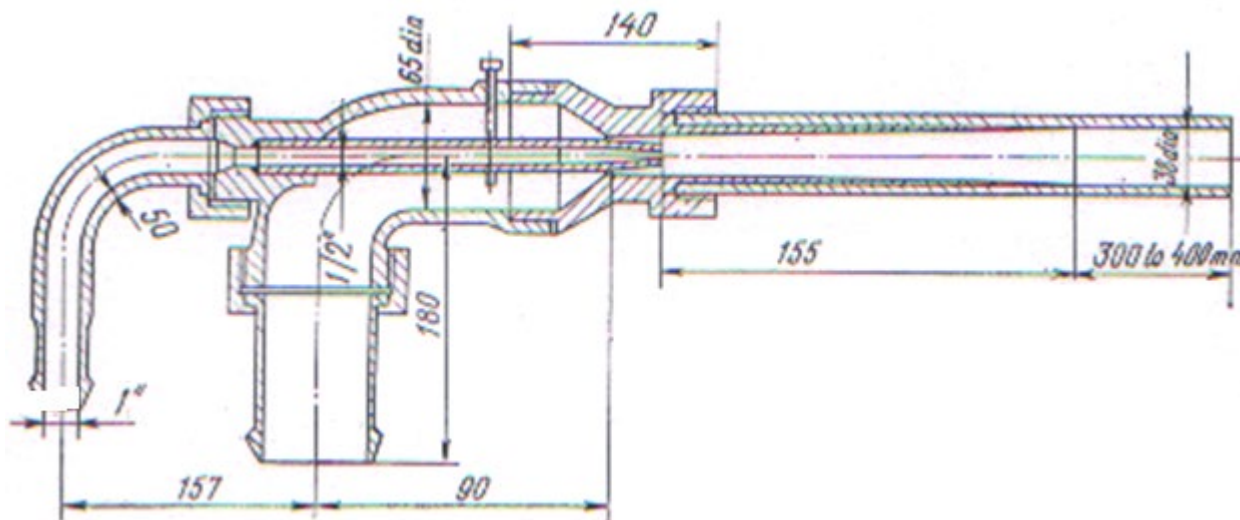


Figura 16.28 Queimador de alta pressão

16.13- Queimador misto gás-líquido

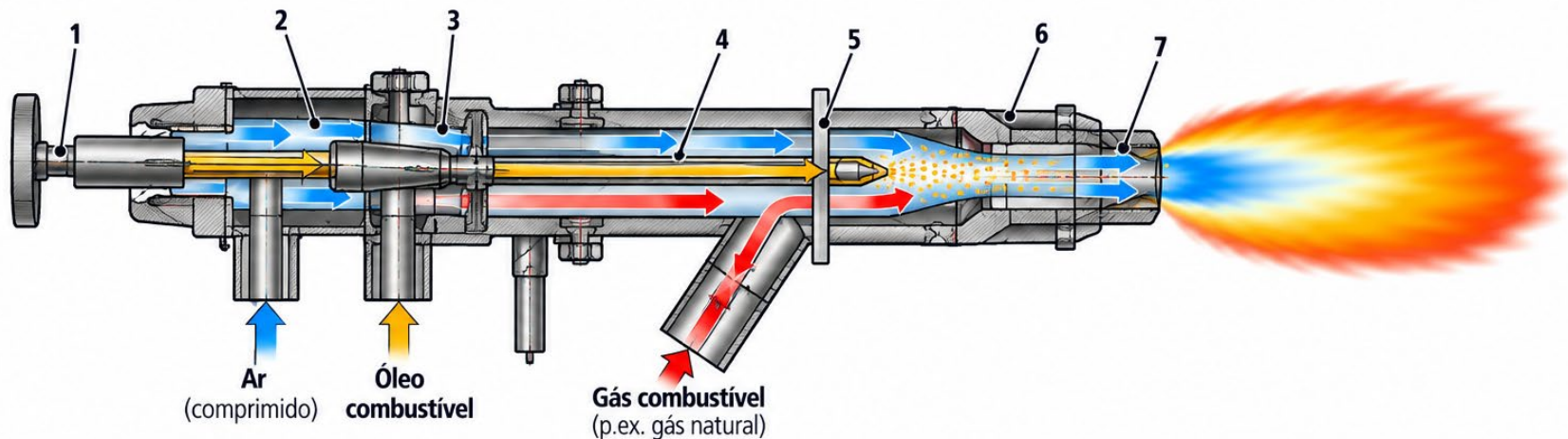


Em certas instalações é necessário alternar entre combustíveis diferentes ou queimar dois combustíveis em simultâneo, por exemplo adicionando um combustível gasoso a um óleo combustível. Os queimadores mistos foram concebidos para responder a esta necessidade: permitem operar com combustível líquido, com combustível gasoso ou com ambos ao mesmo tempo, o que dá maior flexibilidade de operação e segurança no abastecimento. Nestes queimadores, a atomização do óleo combustível faz-se normalmente com ar comprimido a uma pressão de cerca de $0,45 \text{ MN/m}^2$ ($\approx 4,5 \text{ bar}$). Os queimadores de maior capacidade podem consumir mais de 1200 kg/h de óleo combustível e cerca de $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ de gás natural.



16.13- Queimador misto gás-líquido

Queimador misto gás-líquido (atomização com ar comprimido)



- 1 Manípulo de regulação
- 2 Câmara de mistura do ar
- 3 Câmara de mistura do óleo
- 4 Tubo central do óleo (secção constante)
- 5 Anel estabilizador de chama
- 6 Corpo do queimador
- 7 Bico de saída

Funcionamento

- 1 O ar comprimido e o óleo entram nas câmaras de mistura (2 e 3), onde o óleo é atomizado em gotas finas.
- 2 O gás combustível entra pelo tubo inclinado, mistura-se com o ar e com as gotas de óleo no interior do queimador.
- 3 A mistura ar-óleo-gás é estabilizada pelo anel (5) e sai pelo bico (7), formando a chama.

Dados típicos

- Pressão do ar (atomizador): $0,45 \text{ MN/m}^2$ ($\approx 4,5 \text{ bar}$)
- Consumo: até 1200 kg/h de óleo combustível
- Consumo: até $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ de gás natural
- Utilizado quando se pretende substituir um combustível, queimar em simultâneo ou dispor de combustível alternativo.

Aplicações: • Caldeiras industriais • Fornos • Processos que requerem flexibilidade de combustível • Redução de emissões

Figura 16.29 Queimador misto gás-líquido

16.13- Queimador misto gás-líquido

Tabela 16.13 Parâmetros de entrada para queimadores misto gás-líquido

Grandeza	Símbolo	Unidade
Potência térmica útil	P_u	W
Rendimento térmico global	η	—
Poder calorífico inferior do óleo	PCI	J/kg
Massa específica do óleo à temperatura de injeção	ρ_o	kg/m ³
Viscosidade dinâmica do óleo	μ_o	Pa·s
Tensão superficial do óleo	σ	N/m
Pressão disponível do óleo	p_o	Pa
Pressão e temperatura totais do atomizador junto ao bico	p_o, T_o	Pa; K
Pressão na zona de descarga	p_b	Pa



16.13- Queimador misto gás-líquido

2. Calcular o caudal de óleo

Se for conhecida a potência útil:

$$\dot{m}_o = \frac{P_u}{\eta PCI} \quad (16.14)$$

Se for conhecida directamente a potência térmica fornecida pelo combustível, P_c :

$$\dot{m}_o = \frac{P_c}{PCI} \quad (16.15)$$



Conversões: $\dot{m}_o \text{ [kg/h]} = 3600 \dot{m}_o \text{ [kg/s]}$

$$\dot{V}_o = \frac{\dot{m}_o}{\rho_o} \quad (16.16)$$

Repetir o cálculo para as condições de carga máxima e mínima.

16.13- Queimador misto gás-líquido

3. Dimensionar o canal de alimentação de óleo — elemento 1

Escolhida uma velocidade média u_o :

$$A_o = \frac{\dot{m}_o}{\rho_o u_o} \quad (16.17)$$

Para uma secção circular:

$$d_o = \sqrt{\frac{4\dot{m}_o}{\pi\rho_o u_o}} \quad (16.18)$$



A velocidade é uma hipótese de projecto a verificar através da perda de pressão; não existe um único valor adequado a todos os óleos.

Calcular o número de Reynolds: $Re_o = \frac{\rho_o u_o d_o}{\mu_o} \quad (16.19)$

16.13- Queimador misto gás-líquido

Para escoamento laminar plenamente desenvolvido num tubo circular:

$$f_D = \frac{64}{Re_o} \quad \textbf{(16.20)}$$

A perda de pressão no canal e nos acessórios é:

$$\Delta p_{\text{canal}} = \left(f_D \frac{L_o}{d_o} + \sum K \right) \frac{\rho_o u_o^2}{2} \quad \textbf{(16.21)}$$

onde f_D é o factor de atrito de **Darcy**, L_o o comprimento do canal e $\sum K$ a soma dos coeficientes de perdas localizadas. Para regime turbulento, determinar f_D em função de Reynolds e da rugosidade relativa.

16.13- Queimador misto gás-líquido

4. Dimensionar o orifício de saída do óleo

Se o caudal for controlado por um orifício, utilizar, como primeira aproximação:

$$\dot{m}_o = C_{d,o} A_j \sqrt{2\rho_o \Delta p_j} \quad (16.22)$$

Assim:

$$A_j = \frac{\dot{m}_o}{C_{d,o} \sqrt{2\rho_o \Delta p_j}} \quad (16.23)$$



Para um único orifício circular:

$$d_j = \sqrt{\frac{4A_j}{\pi}} \quad (16.24)$$

16.13- Queimador misto gás-líquido

Para n orifícios iguais:

$$d_j = \sqrt{\frac{4A_j}{n\pi}} \quad (16.25)$$

A diferença de pressão efectiva é:

$$\Delta p_j = p_{\text{óleo imediatamente antes do orifício}} - p_{\text{zona de descarga do óleo}} \quad (16.26)$$



Num atomizador de mistura interna, a pressão da zona de descarga do óleo é a da **câmara de mistura**, não necessariamente a da fornalha.

O coeficiente $C_{d,o}$ depende da geometria e da viscosidade. Num canal comprido e estreito, não se deve substituir toda a resistência hidráulica por um coeficiente de orifício arbitrário.

16.13- Queimador misto gás-líquido

5. Determinar o caudal de ar ou vapor de atomização

Definir a razão mássica atomizador/óleo:

$$R_a = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_o} \quad (16.27)$$

Logo:

$$\dot{m}_a = R_a \dot{m}_o \quad (16.28)$$



O valor de R_a deve provir de ensaios, de dados de um bico semelhante ou de uma correlação válida. Depende da viscosidade, das pressões, da geometria e da dimensão de gota pretendida. A viscosidade e as condições de operação afectam a pulverização. (www.spray.com)

16.13- Queimador misto gás-líquido

6. Verificar se o ar atinge a condição sónica

Para ar tratado como gás perfeito, definir:

$$r = \frac{p_b}{p_0} \quad (16.29)$$

A razão crítica é:

$$r_{\text{crit}} = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (16.30)$$

Para $\gamma = 1,4$:

$$r_{\text{crit}} \approx 0,528$$

Portanto:

- Se $r \leq r_{\text{crit}}$, o escoamento está **estrangulado**, com velocidade sónica na secção mínima.
- Se $r > r_{\text{crit}}$, utilizar a expressão de escoamento não estrangulado.



16.13- Queimador misto gás-líquido

7. Calcular a área mínima da passagem de ar

Para escoamento estrangulado:

$$\dot{m}_a = C_{d,a} A_a p_0 \sqrt{\frac{\gamma}{R_g T_0} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}} \quad (16.31)$$

Isolando a área:

$$A_a = \frac{\dot{m}_a}{C_{d,a} p_0 \sqrt{\frac{\gamma}{R_g T_0} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}}} \quad (16.32)$$



16.13- Queimador misto gás-líquido

Para escoamento não estrangulado, com $r_{\text{crit}} < r < 1$:

$$A_a = \frac{\dot{m}_a}{C_{d,a} p_0 \sqrt{\frac{2\gamma}{R_g T_0 (\gamma - 1)} [r^{2/\gamma} - r^{(\gamma+1)/\gamma}]}} \quad (16.33)$$

Para ar seco, numa aproximação a temperaturas moderadas:

$$R_g \approx 287 \text{ J}/(\text{kg K}), \gamma \approx 1,4$$

Aqui, p_0 e T_0 são as condições totais **junto à entrada do bico**, depois das perdas na alimentação. O coeficiente $C_{d,a}$ representa o desvio relativamente ao escoamento ideal. (www1.grc.nasa.gov)



16.13- Queimador misto gás-líquido

8. Converter a área em folga anular — elemento 2

Para uma secção anular perpendicular ao escoamento:

$$A_a = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (16.34)$$

Conhecido o diâmetro interior d :

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4A_a}{\pi}} \quad (16.35)$$

A folga radial é:

$$e = \frac{D - d}{2} \quad (16.36)$$



16.13- Queimador misto gás-líquido

Definindo o diâmetro médio $D_m = (D + d)/2$:

$$\boxed{A_a = \pi D_m e} \Rightarrow \boxed{e = \frac{A_a}{\pi D_m}} \quad (16.37)$$

Para uma **sede cônica estreita**, com semiângulo θ medido relativamente ao eixo e levantamento axial x , uma aproximação da área de abertura é:

$$\boxed{A_{\text{abertura}} \approx \pi D_s x \sin \theta} \quad (16.38)$$

Logo:

$$\boxed{x \approx \frac{A_{\text{abertura}}}{\pi D_s \sin \theta}} \quad (16.39)$$

Esta última expressão só se aplica quando a geometria corresponde a uma sede cônica; deve identificar-se a verdadeira secção mínima no desenho.



16.14 Queimador compacto



Figura 16.30 Queimador compacto



16.14 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

16.14 Queimador compacto

Calcula-se a capacidade do queimador de:

$$C_{queim} = \frac{P}{\eta_f} [kW] \quad (16.40)$$

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



16.14 Queimador compacto

Consumo de combustível do queimador a combustível gasoso.

$$\dot{B}_{comb} = \frac{C_{queim} \cdot 3,6}{Q_i} \left[\frac{m^3 N}{h} \right] \quad (16.41)$$

Onde:

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

C_{queim} - Capacidade do queimador [kW]

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

Consumo de combustível do queimador a combustível líquido

$$\dot{B}_{comb} = \frac{C_{queim} \cdot 3,6}{Q_i} \left[\frac{kg}{h} \right] \quad (16.42)$$

Onde:

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

C_{queim} - Capacidade do queimador [kW]

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





16.14 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).



16.14 Queimador compacto

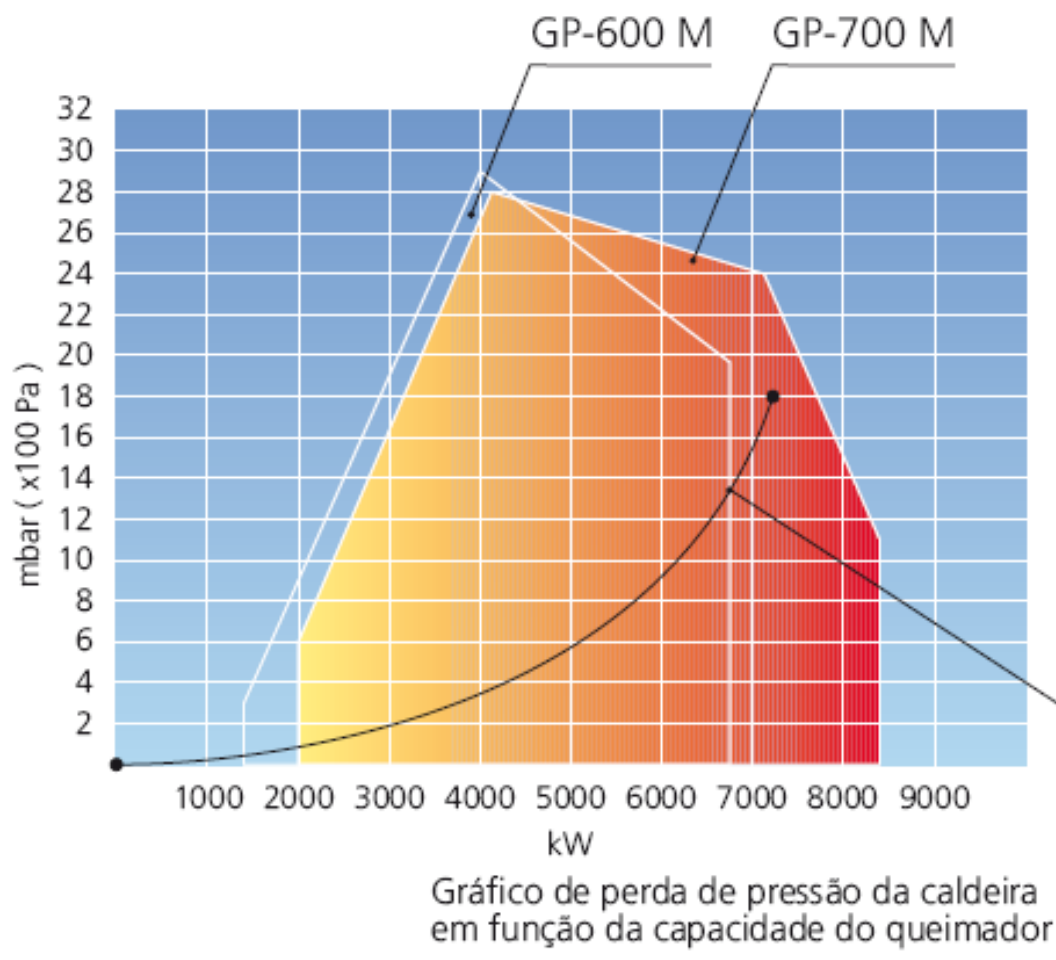


Figura 16.31 Gráfico de capacidade versus contrapressão



16.14 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.



16.14 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.



16.14 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 16.23).
- Verificar as dimensões da chama na tabela correspondente (vide Figura 16.24) 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.

16.14 Queimador compacto

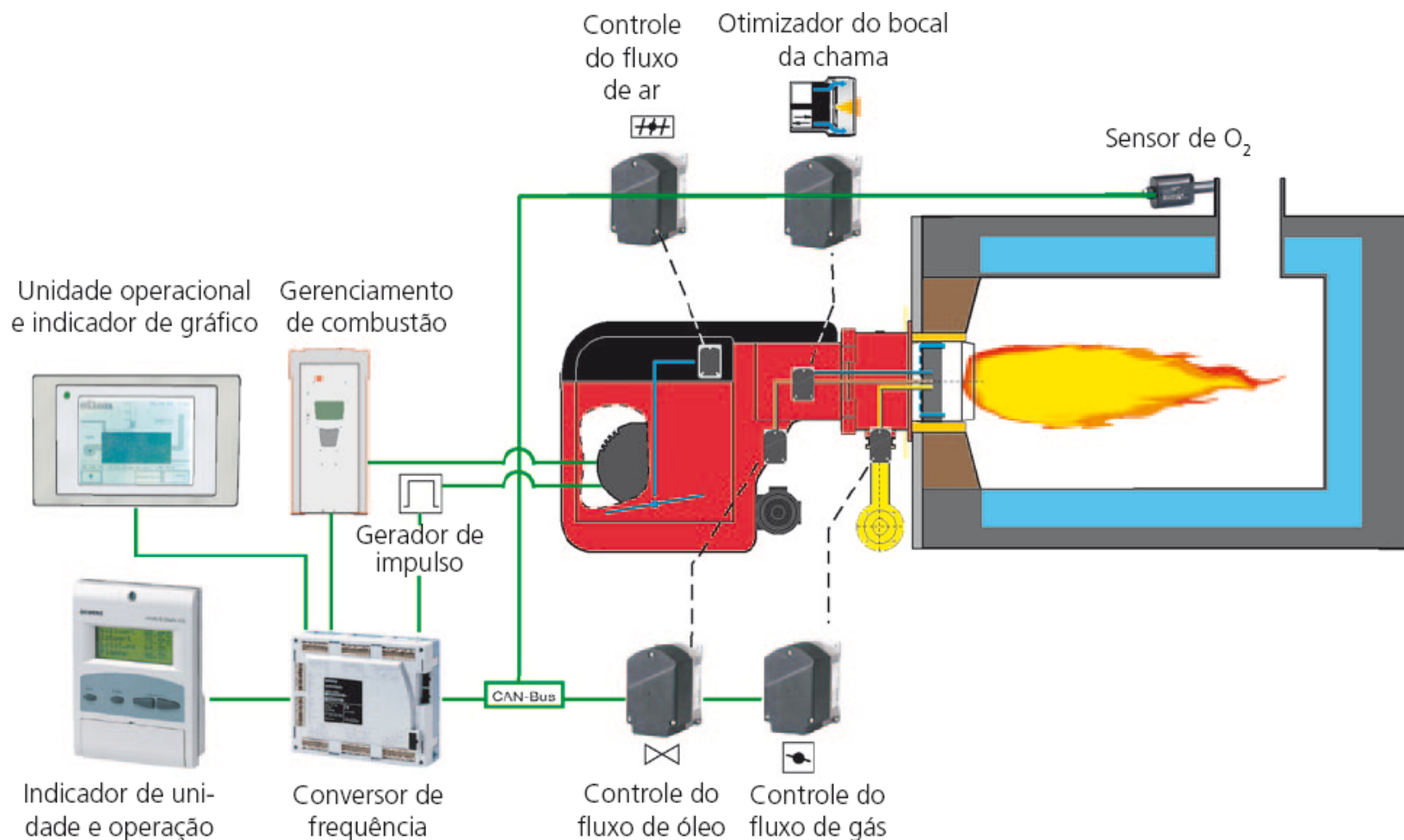


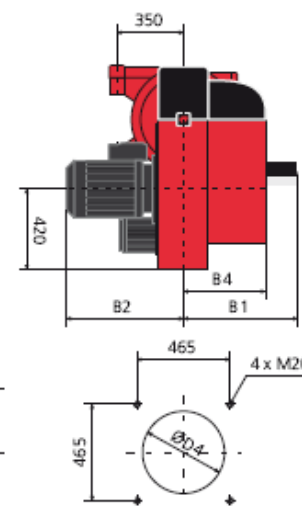
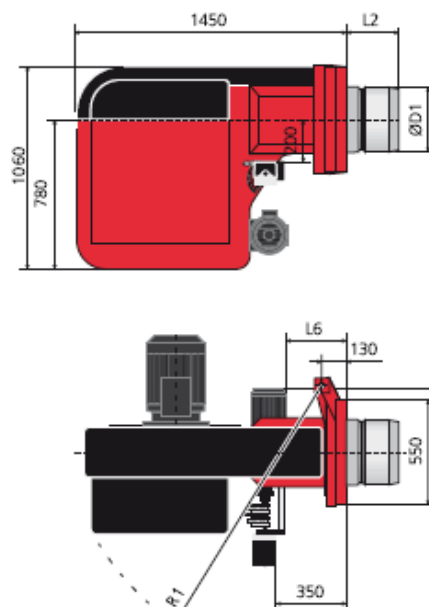
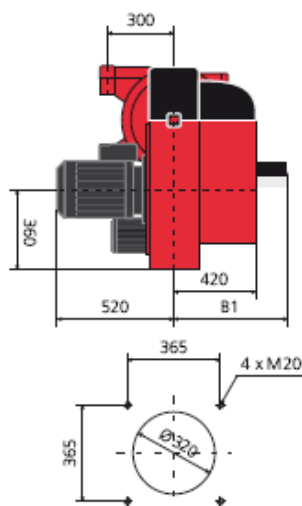
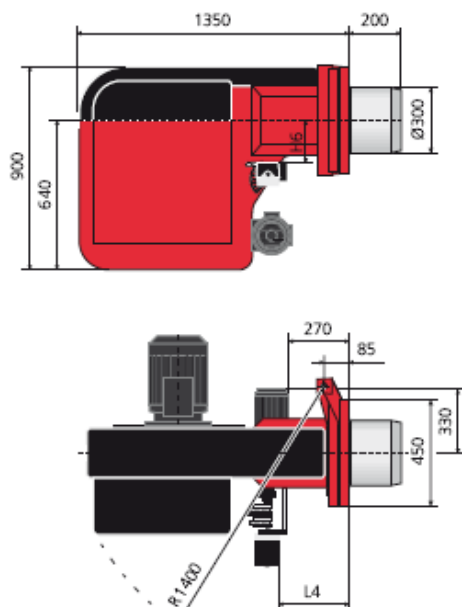
Figura 16.32 esquema geral de uma instalação de queimador

16.14 Queimador compacto

Tabela 16.14 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

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

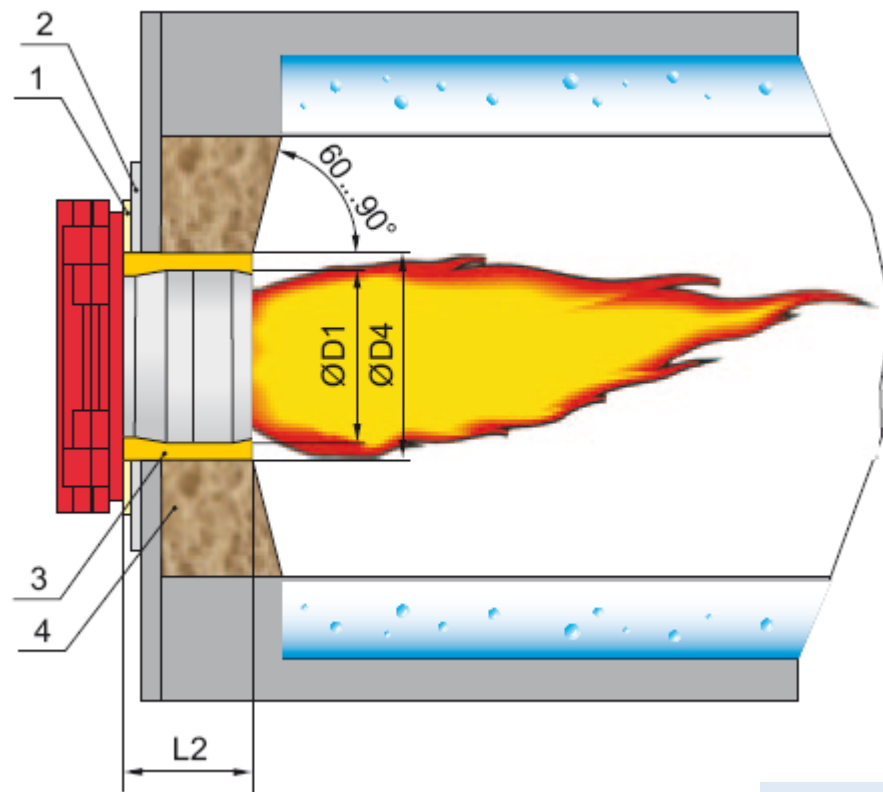
395

455

1550

16.14 Queimador compacto

Figura 16.33 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

16.14 Queimador compacto

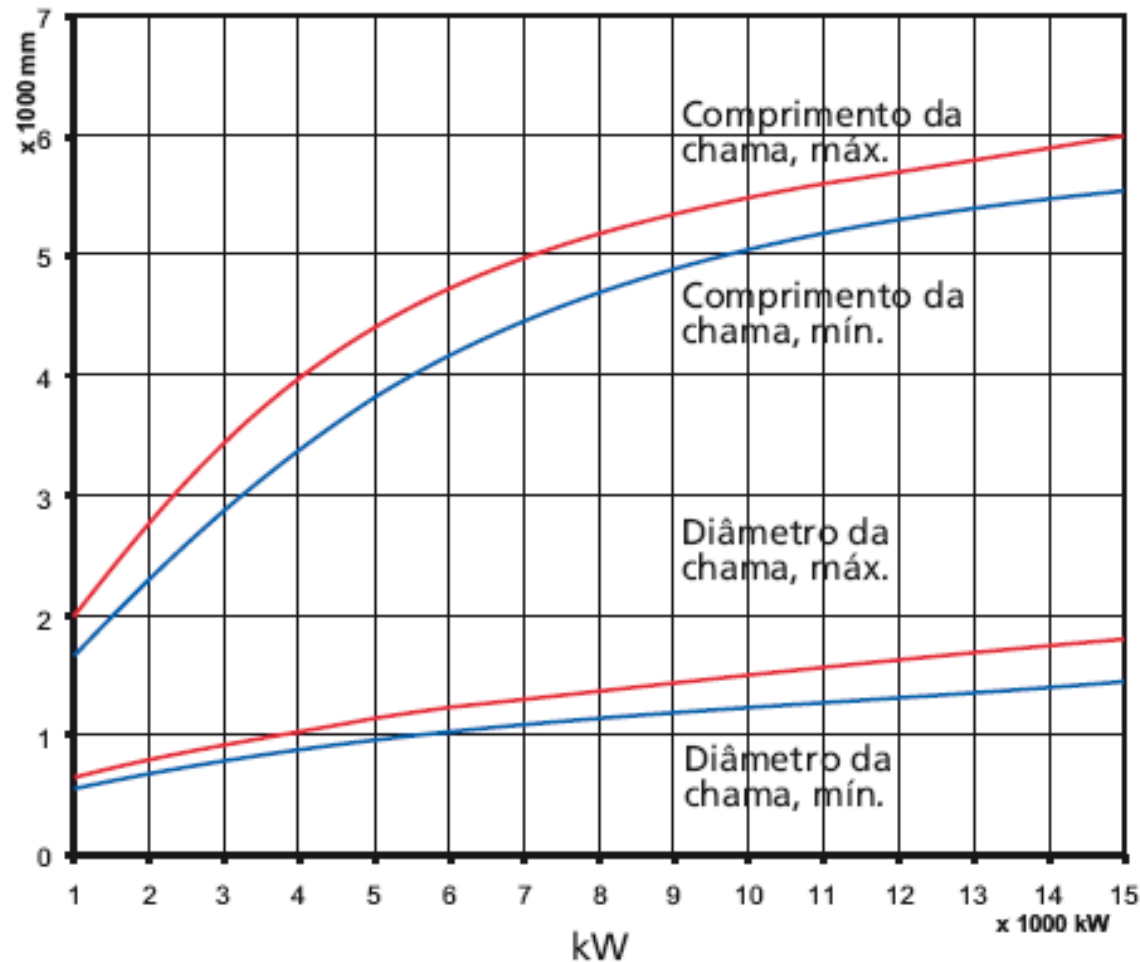
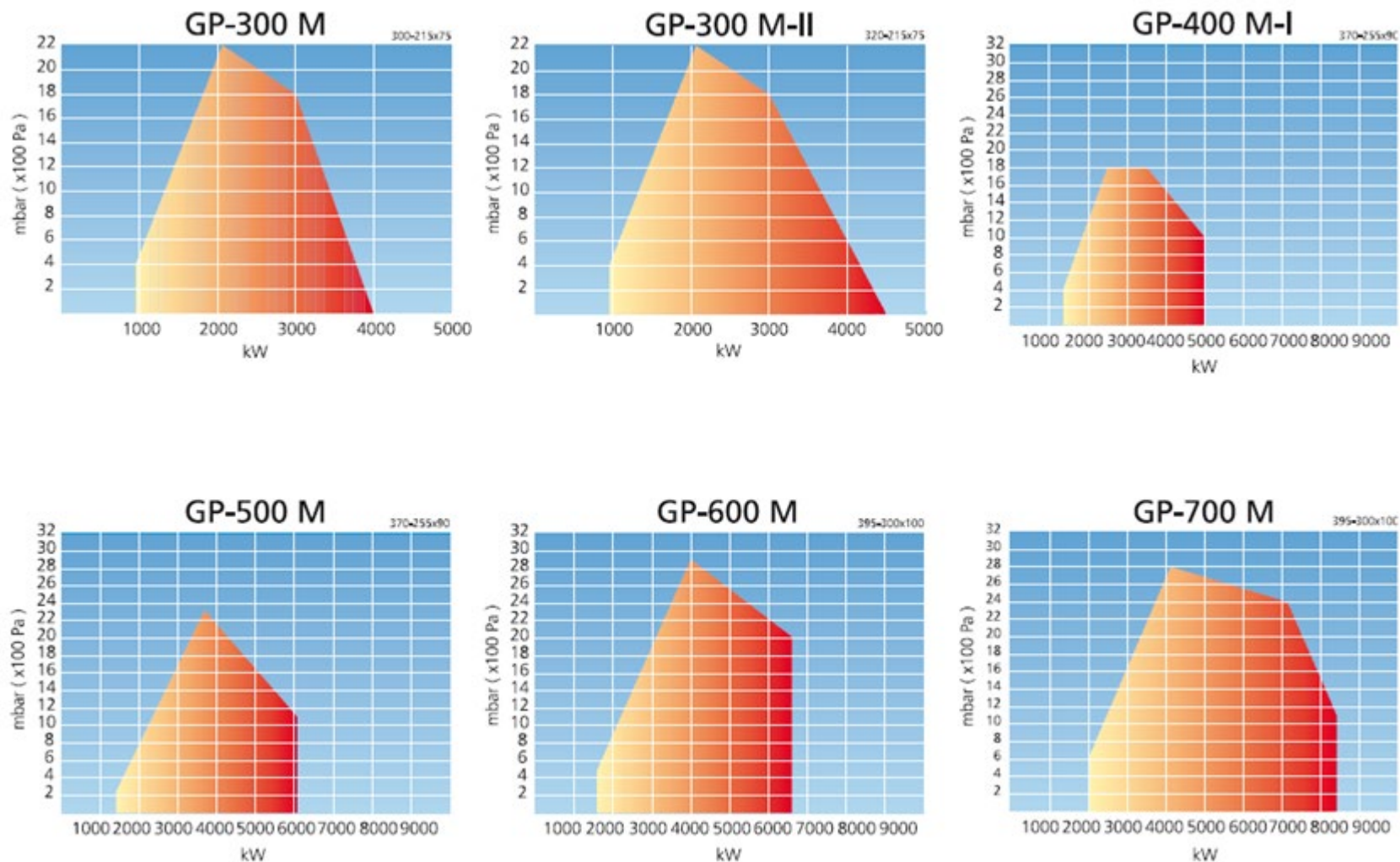


Figura 16.34 Características da chama em função da potência do queimador



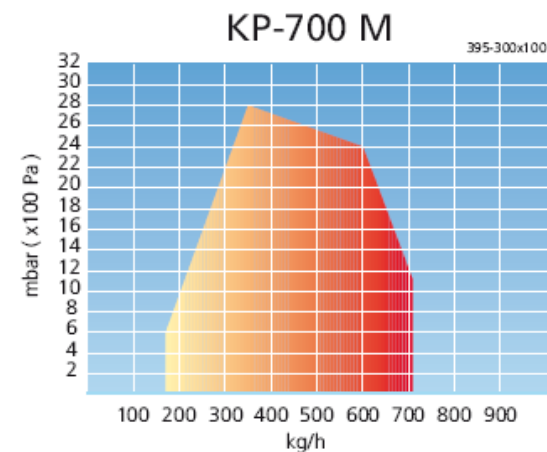
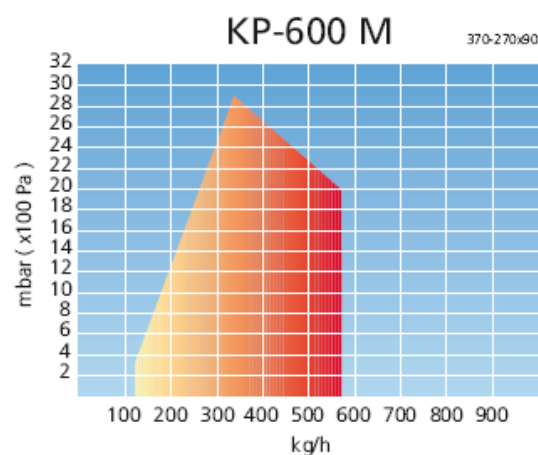
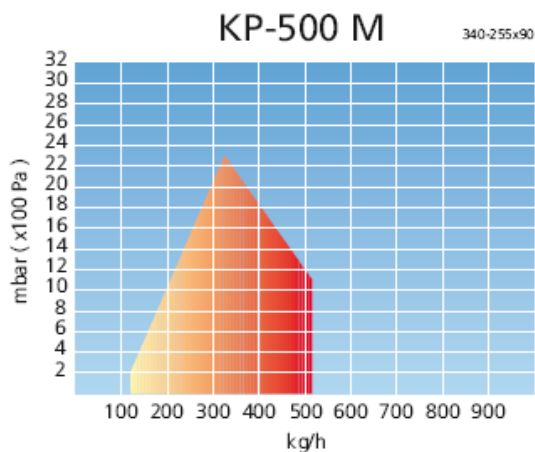
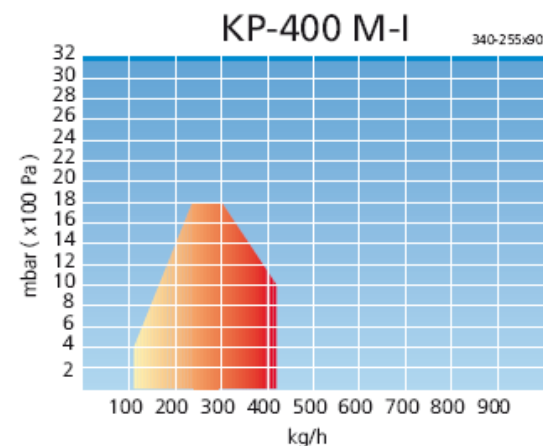
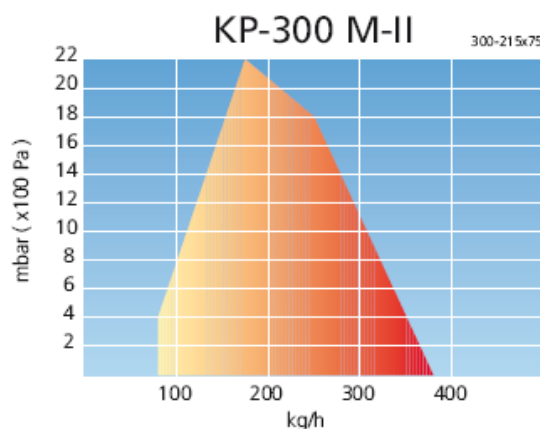
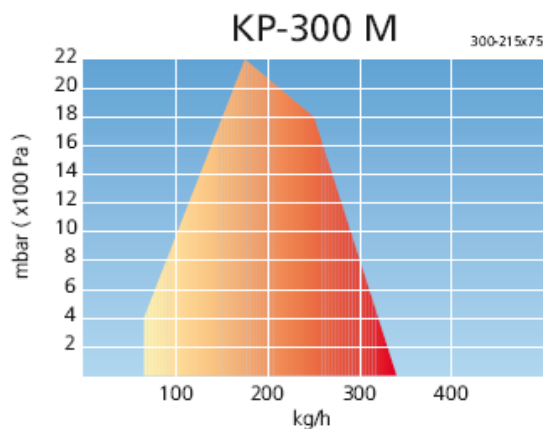
16.14 Queimador compacto

Figura 16.35 Gráficos de capacidade/contrapressão para queimadores à gás



16.14 Queimador compacto

Figura 16.36 Gráficos de capacidade/contrapressão para queimadores à combustível líquido



16.14 Queimador compacto

Tabela 16.15 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



16.14 Queimador compacto

Tabela 16.16 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



16.14 Queimador compacto

Tabela 16.17 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)

