

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1100147-0 A2**

(22) Data de Depósito: 15/02/2011  
(43) Data da Publicação: 31/07/2012  
(RPI 2169)



(51) *Int.Cl.*:  
F23D 11/10  
F23D 11/38

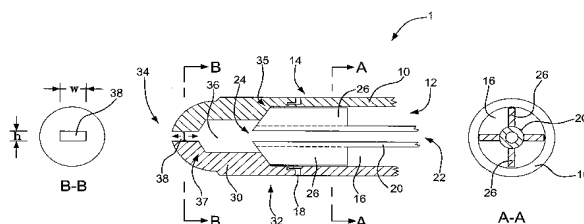
(54) **Título:** DISPOSITIVO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, E MÉTODO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO

(30) **Prioridade Unionista:** 18/02/2010 US 12/708166

(73) **Titular(es):** Air Products And Chemicals, INC.

(72) **Inventor(es):** Matthew James Watson, Xiaoyi He

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, E MÉTODO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO. Um dispositivo para a combustão de um combustível líquido, tal como um atomizador ou queimador, e um método associado que utiliza o dispositivo para a combustão de um combustível líquido atomizado. O dispositivo para a combustão tem um conduto externo, um conduto interno e uma ponta de pulverização. A ponta de pulverização possui uma câmara de mistura para receber um combustível líquido e um gás de atomização, e um orifício para a descarga do combustível líquido da mistura do gás de atomização como um combustível líquido atomizado. O conduto interno possui aletas externas onde pelo menos parte das aletas externas fazem contato com a superfície interna da ponta de pulverização.



DISPOSITIVO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, E  
MÉTODO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO

Fundamentos da Invenção

O uso de bicos atomizadores é conhecido na arte de  
5 combustão, como ilustrado nas Patentes norte americanas  
U.S. Nos. 5547368, 5567141, 5393220, 5617997, 7500849 e  
aqui incorporadas por referência em suas totalidades.  
Conforme descrito na Patente norte americana U.S. No.  
5.547.368, bicos atomizadores são utilizados em fornos de  
10 fusão industrial para diversos produtos, tais como metais,  
vidros, materiais cerâmicos, entre outros.

Há muitas maneiras de atomizar combustíveis  
líquidos em aplicações de combustão. Os bicos podem ser  
agrupados em dois grandes grupos:

15 a) atomizadores de pressão, onde uma pressão  
relativamente alta de combustível é usada para  
direcionar o fluxo através de um pequeno  
orifício, que rompe o líquido na forma de  
gotículas. Esses atomizadores são relativamente  
20 simples. No entanto, suas relações quanto à perda  
da eficiência e estreita exigindo a troca dos  
bicos para sistemas que possuem amplas variações  
nas exigências de fluxo.

b) atomizadores de líquidos em dupla, onde um gás  
25 de atomização é usado para ajudar com atomização

do líquido. O gás de atomização normalmente é introduzido em pressões mais elevadas, enquanto que o combustível líquido pode ser entregue em baixas pressões. Este grupo de bicos pode ainda ser dividido em:

1) Mistura externa, onde a alta velocidade de atomização de gás se encontra com a menor velocidade do combustível líquido externamente, resultando no colapso do jato líquido, isto é, da atomização. Esses bicos são usualmente muito rugosos, e portanto, a forma da chama e a qualidade da atomização é muito frequentemente abaixo do ideal, especialmente em aplicações em queimadores do tipo oxi-combustível. As chamas são curtas, apertadas, levando a uma liberação não uniforme de calor e superaquecimento local.

2) Mistura interna ou emulsão, onde o gás de atomização e o combustível líquido são misturados dentro de uma câmara interna, e a mistura de duas fases é então ejetada através de um orifício de saída provocando o colapso do líquido devido à despressurização da fase gasosa intermisturada. Esses bicos produzem atomização excelente e controlável, excelente

geometria de chama e transferência de calor uniforme.

Embora os atomizadores de mistura interna sejam amplamente utilizados na combustão ar-combustível, o seu uso em queimadores oxi-combustível tem sido limitado devido a questões afetas ao resfriamento e questões associadas ao possível retrocesso da chama. Com queimadores não resfriados por água, o oxidante primário resfria o bico de atomização. Para queimadores do tipo ar-combustível em que o oxidante primário é o ar, o resfriamento é realizado devido ao grande volume de ar (o oxidante primário) que é necessário e fornecido para a combustão completa. No entanto, para queimadores oxi-combustível, que são os queimadores que utilizam um oxidante primário com maior concentração de  $O_2$  que a do ar, o resfriamento do bico de pulverização mediante o reduzido volume do oxidante primário pode ser insatisfatório. Por exemplo, no caso de 100 por cento de oxidante  $O_2$ , se a quantidade estequiométrica requerida de oxigênio para a combustão é fornecida, haverá cerca de 80 por cento menos volume do oxidante primário disponível para resfriar o bico de atomização que nos queimadores do tipo ar-combustível. Além disso, os queimadores oxi-combustível possuem temperaturas de chama muito maiores. Por esses motivos, os bicos de atomização em queimadores oxi-combustíveis são esperados

realizar trabalhos em temperaturas muito mais elevadas que as dos queimadores ar-combustão.

Temperaturas mais elevada dos bicos de mistura interna levam a diversos problemas potenciais:

- 5                   1) As temperaturas elevadas podem provocar a  
degradação química dos combustíveis líquidos  
antes da sua introdução para dentro do forno.  
Mais especificamente, para os óleos, tais como  
os óleos pesados com alto teor de enxofre e  
10                   óleos com altos valores de carbono residual,  
por exemplo, como indicado por um alto número  
de Resíduo de Carbono de Conradson (CCR), tal  
como os usualmente encontrados nos óleos  
combustíveis com altos níveis de asfaltenos,  
15                   temperaturas elevadas do bico pode levar ao  
deposito interno de coque e ao entupimento da  
ponta de pulverização. O depósito de coque e o  
entupimento do bico exigem manutenção tais como  
a limpeza da ponta de pulverização. A deposição  
20                   do coque e o entupimento do bico é uma  
preocupação independentemente do gás de  
atomização utilizado.  
2) Além disso, se o oxigênio é utilizado como  
gás de atomização, temperaturas elevadas e o  
25                   inapropriado projeto do bico podem levar ao

retrocesso da chama e ao fracasso catastrófico da ponta de pulverização.

A indústria deseja um queimador para a combustão de combustível líquido e um atomizador de combustível líquido adequados para uso em fornos de combustão por oxí-combustível.

A indústria deseja um queimador para a combustão de combustível líquido e um atomizador de combustível líquido que não necessite de frequentes limpeza e/ou de manutenção.

10 A indústria deseja um queimador para a combustão de combustível líquido e um atomizador de combustível líquido que sejam fáceis de limpar.

#### Breve Sumário da Invenção

A presente invenção se refere a um dispositivo para a combustão de um combustível líquido. O dispositivo para a combustão pode ser um atomizador de combustível líquido. O atomizador de combustível líquido compreende (a) um conduto externo de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do gás de atomização e uma porção terminal de descarga do gás de atomização, (b) um conduto interno de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do combustível líquido e uma porção terminal de descarga do combustível líquido, o conduto interno disposto dentro do referido conduto externo e formando uma passagem do gás de atomização entre o referido conduto externo e o referido conduto interno, a passagem do

15

20

25

gás de atomização se estendendo desde a porção terminal de entrada do gás de atomização até a porção terminal de descarga do gás de atomização, e (c) uma ponta de pulverização possuindo uma porção terminal de entrada e uma porção terminal de descarga, a porção terminal de entrada da ponta de pulverização unida a porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo. A ponta de pulverização possui (i) uma câmara de mistura disposta para receber um combustível líquido proveniente da porção terminal de descarga do combustível líquido do conduto interno e disposta para receber um gás de atomização proveniente da porção terminal de descarga do gás de atomização proveniente da passagem do gás de atomização, e (ii ) um orifício na porção terminal de descarga do bico de aspersão, o orifício disposto para receber o combustível líquido e o gás de atomização provenientes da câmara de mistura e para descarregar o combustível líquido e o gás de atomização do bico de atomização como um combustível líquido atomizado. O conduto interno tem uma pluralidade de aletas externas na porção terminal de descarga do combustível líquido do conduto interno onde pelo menos parte da pluralidade de aletas externas contatam uma superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização.

O orifício do atomizador de combustível líquido pode ser um orifício provido de fenda alongada.

A pluralidade de aletas externas pode ter um afunilamento externo convergente, que converge na direção da porção terminal de descarga do combustível líquido. A ponta de pulverização pode ter um afunilamento interno convergente na porção terminal de entrada que converge na direção da porção terminal de descarga, o afunilamento interno é geralmente complementar ao afunilamento externo da pluralidade de aletas externas.

A pluralidade de aletas externas pode ser de aletas longitudinais.

A pluralidade de aletas externas pode ser de aletas longitudinais e a relação entre o comprimento da pluralidade de aletas externas relativamente ao diâmetro externo do conduto externo pode ser de 0,1 a 3,0.

A pluralidade de aletas externas pode ser de aletas na forma de espirais.

A pluralidade de aletas externas pode ter um número 3 a 20 e 6 a 10.

O conduto externo pode ter uma relação de espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto de 0,1 a 0,2.

O dispositivo pode ter uma relação do diâmetro da passagem hidráulica do gás de atomização relativamente ao diâmetro externo do conduto externo de 0,05 a 0,25.

O dispositivo pode ter uma relação de espessura da parede do conduto interno relativamente ao diâmetro externo

do conduto interno de 0,2 a 0,7 em uma seção transversal do conduto interno possuindo a pluralidade de aletas externas.

O dispositivo pode ter  $0.1 \leq \frac{N \times S}{P} \leq 0.9$ , onde  $N$  é a quantidade de aletas externas da pluralidade de aletas externas,  $S$  é o comprimento médio do arco das aletas externas da pluralidade de aletas externas, e  $P$  é o perímetro interno do conduto externo em uma seção transversal do conduto externo adjacente da pluralidade de aletas externas.

10 A porção terminal de entrada da ponta de pulverização pode estar associada à porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo por meio de uma junta soldada.

A junta soldada pode ter uma espessura 25% a 100% da espessura da parede do conduto externo.

A câmara de mistura pode ter um afunilamento de convergência nas proximidades do orifício interno que converge na direção do orifício.

O dispositivo de combustão pode ser um queimador de oxi-combustível. O queimador compreende (i) uma seção de conduto do primeiro gás oxidante definindo uma passagem do primeiro gás oxidante, a passagem do primeiro gás oxidante possuindo uma porção terminal de entrada da passagem do primeiro gás oxidante e uma porção terminal de descarga da  
25 passagem do primeiro gás oxidante para descarregar uma

corrente do primeiro gás oxidante, e (II) um atomizador de combustível líquido disposto relativamente afastado do primeiro conduto de gás oxidante com pelo menos uma parte do atomizador de combustível líquido disposta dentro da  
5 passagem de gás oxidante. O atomizador de combustível líquido compreende (a) um conduto externo de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do gás de atomização e uma porção terminal de descarga do gás de atomização, (b) um conduto interno de  
10 forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada de combustível líquido e uma porção terminal de descarga do combustível líquido, o conduto interno disposto dentro do referido conduto externo e formando uma passagem de gás de atomização entre o referido conduto externo e o  
15 referido conduto interno, a passagem do gás de atomização se estendendo desde a porção terminal de entrada do gás de atomização até a porção terminal de descarga do gás de atomização, e (c) uma ponta de pulverização possuindo uma porção terminal de entrada e uma porção terminal de  
20 descarga, a porção terminal de entrada da ponta de pulverização unida a porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo. A ponta de pulverização possui (i) uma câmara de mistura disposta para receber um combustível líquido proveniente da porção terminal de  
25 descarga do combustível líquido do conduto interno e disposta para receber um gás de atomização proveniente da

porção terminal de descarga do gás de atomização proveniente da passagem do gás de atomização, e (ii ) um orifício na porção terminal de descarga da ponta de pulverização, o orifício disposto para receber o combustível líquido e o gás de atomização provenientes da câmara de mistura, para descarregar o combustível líquido e o gás de atomização proveniente do bico de aspersão como um combustível líquido atomizado para dentro da corrente do primeiro gás oxidante. O conduto interno tem uma pluralidade de aletas externas na porção terminal de descarga do combustível líquido do conduto interno em que pelo menos parte da pluralidade de aletas externas fazem contato numa superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização.

O orifício pode ser um orifício provido de fenda alongada.

A pluralidade de aletas externas pode ter um afunilamento externo convergente, que converge na direção da porção terminal de descarga do combustível líquido e onde a ponta de pulverização tem um afunilamento interno convergente na porção terminal de entrada que converge na direção da porção terminal de descarga. O afunilamento interno é geralmente complementar ao afunilamento externo da pluralidade de aletas externas.

A pluralidade de aletas externas pode ser de aletas longitudinais.

O dispositivo pode ter uma relação entre o comprimento da pluralidade de aletas externas relativamente ao diâmetro externo do conduto externo de 0,1 a 3,0.

A pluralidade de aletas externas pode ser de 5 aletas em espiral.

A pluralidade de aletas externas pode ser numa quantidade 3 a 20 e 6 a 10.

O conduto externo pode ter uma relação de espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto de 0,1 a 0,2.

O dispositivo pode ter uma relação do diâmetro da passagem hidráulica do gás de atomização relativamente ao diâmetro externo do conduto externo de 0,05 a 0,25.

O dispositivo pode ter uma relação de espessura da parede do conduto interno relativamente ao diâmetro externo do conduto interno de 0,2 a 0,7 em uma seção transversal do conduto interno possuindo a pluralidade de aletas externas.

A porção terminal de entrada da ponta de pulverização pode estar associada com a porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo por meio de uma junta soldada.

A junta soldada pode ter uma espessura de 50% a 100% da espessura da parede do conduto externo.

A câmara de mistura pode ter um afunilamento interno convergente adjacente ao orifício que converge na direção do orifício.

O queimador pode ainda compreender uma seção de  
5 conduto do segundo gás oxidante definindo uma passagem do segundo gás oxidante nas proximidades da passagem do primeiro gás oxidante, a passagem do segundo gás oxidante para descarregar uma corrente do segundo gás oxidante. A  
passagem do segundo gás oxidante pode estar colocada acima  
10 ou abaixo da passagem do primeiro gás oxidante.

A passagem do primeiro gás oxidante pode ter uma forma transversal, com uma largura e altura de diferentes dimensões, e onde a passagem do primeiro gás oxidante tem uma relação entre largura e altura de 5 a 30, e onde a  
15 passagem do segundo gás oxidante tem uma forma transversal, com uma largura e altura de diferentes dimensões, e onde a passagem do segundo gás oxidante tem uma relação entre largura e altura de 5 a 30.

O queimador pode ainda compreender um coletor de  
20 distribuição de entrada de oxidante em comunicação fluida com a passagem do primeiro gás oxidante e a passagem do segundo gás oxidante, e uma válvula de estágio de fluxo a jusante em comunicação fluida com o coletor de distribuição de entrada de oxidante e em comunicação fluida a montante  
25 com a primeira e segunda passagens de gás oxidante para a regulação da distribuição do fluxo entre as correntes do

primeiro e segundo gás oxidante para as passagens do primeiro e segundo gás oxidante, respectivamente.

O queimador pode ainda compreender um 'plenum' de entrada de oxidante em comunicação fluida à montante da  
5 passagem do primeiro gás oxidante, pelo menos uma parte do 'plenum' de entrada do oxidante ficando afastada em torno de pelo menos uma porção do atomizador de combustível líquido, e um difusor de oxidante localizado em comunicação fluida à montante do referido 'plenum' de entrada do  
10 oxidante.

A presente invenção também se refere a um método para a combustão de um combustível líquido. O método compreende (A) proporcionar um queimador onde o queimador compreende (I) uma seção de conduto do primeiro gás  
15 oxidante definindo uma passagem de gás oxidante, a passagem do primeiro gás oxidante possuindo uma porção terminal de entrada da passagem do primeiro gás oxidante e uma porção terminal de descarga da passagem do primeiro gás oxidante para descarregar uma primeira corrente do gás oxidante, e  
20 (II) um atomizador de combustível líquido disposto dentro da passagem de gás oxidante. O atomizador de combustível líquido compreende (a) um conduto externo de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do gás de atomização e uma porção terminal de  
25 descarga do gás de atomização, (b) um conduto interno de forma geralmente cilíndrica e possuindo uma porção terminal

de entrada de combustível líquido e uma porção terminal de descarga do combustível líquido, o conduto interno disposto dentro do referido conduto externo e formando uma passagem de gás de atomização entre o referido conduto externo e o referido conduto interno a passagem do gás de atomização se estendendo desde a porção terminal de entrada do gás de atomização até a porção terminal de descarga do gás de atomização, e (c) uma ponta de pulverização possuindo uma porção terminal de entrada e uma porção terminal de descarga, a porção terminal de entrada da ponta de pulverização unida a porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo. A ponta de pulverização possui (i) uma câmara de mistura disposta para receber um combustível líquido proveniente da porção terminal de descarga do combustível líquido do conduto interno e disposta para receber um gás de atomização proveniente da porção terminal de descarga do gás de atomização proveniente da passagem do gás de atomização, e (ii ) de um orifício na porção terminal de descarga da ponta de pulverização, o orifício disposto para receber o combustível líquido e o gás de atomização provenientes da câmara de mistura, para descarregar o combustível líquido e o gás de atomização da ponta de pulverização como um combustível líquido atomizado para dentro da corrente do primeiro gás oxidante. O conduto interno possui uma pluralidade de aletas externas na porção terminal de

descarga de combustível líquido do conduto interno onde pelo menos parte da pluralidade de aletas externas contatam uma superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização. O método ainda compreende (B) passar 5 um primeiro gás oxidante através da passagem do primeiro gás oxidante, descarregando desse modo a corrente do primeiro gás oxidante proveniente da porção terminal de descarga da passagem do primeiro gás oxidante, (C) passar o combustível líquido através do conduto interno e para 10 dentro da câmara de mistura e passar o gás de atomização através da passagem do gás de atomização e para dentro da câmara de mistura, formando assim uma mistura de combustível líquido e gás de atomização, (D), passar a mistura de combustível líquido e gás de atomização através 15 do orifício, descarregando assim a mistura do combustível líquido e gás de atomização proveniente da câmara de mistura, como combustível líquido atomizado para dentro do corrente do primeiro gás oxidante, e (E) queimar pelo menos uma parcela do combustível líquido atomizado com pelo menos 20 uma parcela da corrente do primeiro gás oxidante formando desse modo uma chama.

O queimador usado no método pode ainda compreender uma seção de conduto do segundo gás oxidante definindo uma passagem do segundo gás oxidante. A passagem do segundo gás 25 oxidante pode ser próxima e acima ou abaixo da passagem do primeiro gás oxidante. A passagem do segundo gás oxidante é

para descarregar uma corrente do segundo gás oxidante. O método pode ainda compreender passar a corrente do segundo gás oxidante através da passagem do segundo gás oxidante, descarregando desse modo a corrente do segundo gás oxidante  
 5 abaixo da chama, e queimando pelo menos uma outra parcela do combustível líquido com pelo menos uma parcela da corrente do segundo gás oxidante.

No método, a mistura do combustível líquido e gás de atomização pode ter um tempo médio de permanência na  
 10 câmara de mistura de 70 a 3200 microssegundos, de 160 a 2400 microssegundos, ou de 250 a 1600 microssegundos.

No método, a mistura do combustível líquido e gás de atomização pode ser descarregada a partir da ponta de pulverização com uma velocidade  $v_1$ , e o primeiro gás  
 15 oxidante pode ser descarregado a partir da porção terminal de descarga do conduto do primeiro gás oxidante com uma velocidade,  $v_2$ , onde  $1 \leq \frac{v_1}{v_2} \leq 100$ .

#### Breve Descrição das Diversas Vistas dos Desenhos

A Figura 1 é uma vista transversal de um atomizador  
 20 de combustível líquido com aletas externas no conduto interno, onde as aletas externas são afuniladas sobre uma porção das aletas externas.

A Figura 2 é uma vista transversal de um atomizador de combustível líquido com aletas externas no conduto

interno, onde as aletas externas são afuniladas sobre todo o comprimento das aletas externas.

A Figura 3 é uma vista transversal de um atomizador de combustível líquido com aletas externas no conduto interno, onde as aletas externas não são afuniladas.

A Figura 4 mostra uma vista em perspectiva de um queimador, que incorpora o atomizador de combustível líquido.

#### Descrição Detalhada da Invenção

Os artigos "o" e "um" como usado aqui significam um ou mais quando aplicados a qualquer característica nas modalidades da presente invenção descrita na especificação e reivindicações. O uso de "o" e "um" não limita o significado a uma única característica a menos que um tal limite seja mencionado. O artigo "o" precedendo nomes ou frases no singular e no plural denota uma característica particular especificada ou características particulares especificadas e podem ter uma conotação no singular ou plural dependendo do contexto em que é utilizado. O adjetivo "qualquer" significa um, algum, ou indiscriminadamente a totalidade de qualquer que seja a quantidade.

A expressão "pelo menos uma parte" significa "uma parte ou a totalidade".

Em um aspecto, presente invenção está relacionada a um dispositivo para a combustão de um combustível líquido.

O dispositivo pode ser um atomizador de combustível líquido adequado para uso em um queimador.

Com referência à FIG. 1, o atomizador de combustível líquido 1 compreende um conduto externo 10 de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do gás de atomização 12 e uma porção terminal de descarga do gás de atomização 14. O atomizador de combustível líquido 1 também compreende um conduto interno 20 de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada de combustível líquido 22 e uma porção terminal de descarga do combustível líquido 24. O conduto interno 20 é disposto dentro do conduto externo 10 e forma uma passagem do gás de atomização 16 entre o conduto externo 10 e o conduto interno 20. A passagem do gás de atomização 16 se estende desde a porção terminal de entrada do gás de atomização 12 até a porção terminal de descarga do gás de atomização 14. Uma vez que o artigo "o" significa um ou mais quando aplicado à característica passagem, uma ou mais passagens podem ser formadas entre o conduto externo 10 e o conduto interno 20. Além disso, a passagem 16 pode ser dividida e/ou dividida e recombinação à medida que se prolonga desde a porção terminal de entrada do gás de atomização 12 e da porção terminal de descarga do gás de atomização 14, mas todavia fornece um trajeto contínuo de fluxo desde a porção terminal de entrada do gás de

atomização 12 até a porção terminal de descarga do gás de atomização.

A relação da espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto externo 10, pode ser de 0,034 a 0,35 ou de 0,1 a 0,2, ou de 0,14 a 18. É proveitoso que a relação da espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto de 0,1 a 0,2 quando comparada a relações menores seja de duas vezes. Primeiramente, ela proporciona uma aumentada área de seção transversal para o calor ser dissipado dos pontos quentes situados sobre a superfície externa do atomizador de combustível líquido 1, que é tipicamente situado em algum lugar entre a porção terminal de descarga 34 do bico de pulverização 30 e três diâmetros do conduto externo 10 à montante. Em segundo lugar, permite uma espessura maior de junta através da espessura da parede do conduto externo 10 que proporciona uma aumentada seção transversal para que o calor seja dissipado do ponto quente situado sobre a superfície externa do atomizador de combustível líquido 1.

O conduto externo 10 pode possuir um primeiro eixo longitudinal e o conduto interno 20 pode possuir um segundo eixo longitudinal onde o primeiro eixo longitudinal e o segundo eixo longitudinal são substancialmente coaxiais. Substancialmente coaxial significa que os eixos são coincidentes, paralelos e serem coincidentes em pelo menos 5% do diâmetro interno do conduto interno, ou ligeiramente

tortos onde os eixos sejam paralelos em pelo menos 2% e pelo menos 5% do diâmetro interno do conduto interno na porção terminal de descarga do gás de atomização 14 e a porção terminal de descarga do combustível líquido 24.

5           O conduto interno 20 tem um diâmetro interno efetivo medido no interior do conduto 20 nas proximidades ou na extremidade de saída do conduto 20 que é adjacente à câmara de mistura 36. No caso de uma seção transversal circular do conduto, o diâmetro efetivo é o mesmo como o  
10 diâmetro. No caso de condutos ligeiramente fora de circularidade ou não circulares, um diâmetro efetivo pode ser calculado, o diâmetro efetivo produzindo a mesma área de seção transversal como a área de seção transversal do conduto não circular. O diâmetro interno efetivo do conduto  
15 interno 20 pode ser de 1,27 mm a 12,7 mm.

          O atomizador de combustível líquido 1 também compreende uma ponta de pulverização 30 possuindo uma porção terminal de entrada 32 e uma porção terminal de descarga 34. A porção terminal de entrada 32 da ponta de  
20 pulverização 30 é unida à porção terminal de descarga do gás de atomização 14 do conduto externo 10 por uma junta 18. A junta 18 pode ser uma junta soldada, junta de ajuste sob pressão, junta rosqueada ou outro dispositivo de junta adequado conhecido na arte. A junta 18 é preferivelmente  
25 uma junta soldada. Uma junta soldada pode fornecer uma melhor condução de calor para resfriamento da ponta de

pulverização. A junta soldada pode ter uma espessura de mais de 50% a 100% da espessura da parede do conduto externo 10. Pode ser desejável produzir a junta soldada tão grossa quanto a prática permitir. Grandes juntas soldadas  
5 exigem que a espessura de um do conduto externo e do bico de pulverização na região de sobreposição seja fina e portanto mais tendente à deformação durante a soldagem, o que não é desejável.

O conduto interno pode ser conectado de modo  
10 possível de remoção ao conduto externo na porção terminal de entrada por meio de uma conexão rosqueada ou de outro material adequado (não mostrado), que permita a remoção do conduto interno do atomizador de combustível líquido para limpeza.

15 A ponta de pulverização 30 tem uma câmara de mistura 36 disposta para receber um combustível líquido proveniente da porção terminal de descarga do combustível líquido 24 do conduto interno 20 e disposta para receber um gás de atomização proveniente da passagem do gás de  
20 atomização 16. A câmara de mistura 36 é intermediária da porção terminal de entrada 32, e da porção terminal de descarga 34. A ponta de pulverização 30 também possui um orifício 38 na porção terminal de descarga 34 da ponta de pulverização 30. O orifício 38 está disposto para receber o  
25 combustível líquido e o gás de atomização provenientes da câmara de mistura 36 e descarregar o combustível líquido e

o gás de atomização provenientes da ponta de pulverização 30 como um combustível líquido atomizado.

A câmara de mistura 36 tem um diâmetro efetivo e um comprimento. O comprimento da câmara de mistura é medido desde a extremidade de saída do conduto interno 20 até a lateral da câmara do orifício da câmara de mistura 38. Embora a câmara de mistura 36 seja mostrada como cilíndrica, ela não se limita a uma seção transversal de forma cilíndrica e/ou circular. No caso da seção transversal da câmara de mistura ser circular, o diâmetro efetivo é o mesmo que o diâmetro. No caso da seção transversal da câmara de mistura não ser circular, com diâmetro efetivo pode ser calculado, o referido diâmetro efetivo produzindo a mesma área de seção transversal. A câmara de mistura 36 tem um comprimento que é 2 vezes ou menos que 2 vezes o diâmetro efetivo o conduto interno 20. O comprimento da câmara de mistura pode ser de 0,5 a 2 vezes maior que o diâmetro efetivo interno do conduto interno 20 para a suficiente mistura do gás de atomização e do líquido combustível antes de serem descarregados através do orifício de modelagem de chama 38. Alternativamente, o comprimento da câmara de mistura pode ser de 1 a 2 vezes, ou cerca de 1,7 vezes o diâmetro efetivo interno do conduto interno 20. Para o projeto das taxas de queima, o combustível líquido e o gás de atomização devem permanecer na câmara de mistura por um tempo médio de residência de 70

a 3200 microssegundos, de 160 a 2400 microssegundos, ou de 250 a 1600 microssegundos. Quando o combustível líquido e gás de atomização são fornecidos como uma oportunidade para mistura na câmara de emulsão, a acumulação de coque é reduzida, e a manutenção para a limpeza do bico é reduzida.

Como mostrado na Figura 1, a câmara de mistura pode ter um afunilamento interno convergente 37 que converge na direção do orifício 38. Um afunilamento interno convergente proporciona um benefício de limpeza mais fácil. Uma ferramenta de limpeza na forma como uma broca de perfuração com configuração complementar relativamente ao afunilamento interno convergente pode ser usada para limpar a ponta de pulverização. Alternativamente, a câmara de mistura pode ter uma parte cônica voltada ao orifício, que é em forma esférica, ou elíptica, ou algo parecido e pode se estender por mais ou menos do comprimento da câmara de mistura, como mostrado. Embora a câmara de emulsão seja mostrada com uma seção transversal constante durante a maior parte da câmara de mistura na Figura 1, a câmara de mistura não está limitada a uma seção transversal constante. Em modalidades alternativas, a câmara de mistura pode ser configurada para se reduzir em seção transversal no transcurso da maior parte ou da totalidade de seu comprimento desde a entrada de combustível até o orifício, proporcionando desse modo uma cama de mistura afunilada.

O conduto interno 20 tem uma pluralidade de aletas externas 26 na porção terminal de descarga do combustível líquido 24 do conduto interno 20 onde pelo menos uma parte da pluralidade de aletas externas 26 entra em contato com a superfície interna 35 da porção terminal de entrada 32 da ponta de pulverização 30. A totalidade da pluralidade das aletas externas 26 podem estar em contato com a superfície interna 35 da porção terminal de entrada 32 da ponta de pulverização 30. As aletas externas são saliências exteriores que definem ranhuras sobre a superfície externa do conduto interno 20. As aletas externas 26 que contactam a superfície interna da ponta de pulverização têm a vantagem de oferecer um caminho adicional de condução para a dissipação do calor proveniente da ponta de pulverização e o ajuste do espaço estabelecido entre a porção terminal de descarga do combustível líquido 22 do conduto interno 20 e a porção terminal de entrada 32 da ponta de pulverização 30 para a passagem do gás de atomização 16. O espaço é definido pelas aletas externas e não é ajustável, exceto pela modificação das aletas externas.

A pluralidade de aletas externas 26 podem ser na quantidade 3 a 20 e 6 a 10. A pluralidade de aletas externas 26 pode ser de aletas longitudinais, onde as aletas são retas e possuem um eixo que é paralelo ao eixo longitudinal do conduto interno 20. Alternativamente, a pluralidade de aletas externas 26 pode ser em forma espiral

ou helicoidal à medida que se deslocam ao longo da extensão do conduto interno. As aletas externas também podem ser retas para uma parte e em espiral ou helicoidais nas proximidades da porção terminal de descarga 24 do conduto interno 20.

Como mostrado na Figura 1, a pluralidade de aletas externas 26 podem ter um afunilamento externo convergente, que converge na direção da porção terminal de descarga do combustível líquido 24. Além disso, como mostrado na Figura 1, a ponta de pulverização 30 pode ter um afunilamento interno convergente na porção terminal de entrada 32, que converge na direção da porção terminal de descarga 34. O afunilamento interno da ponta de pulverização 30 pode ser geralmente complementar ao afunilamento externo da pluralidade de aletas externas 26. O afunilamento externo convergente pode ser uma parte do comprimento da pluralidade de aletas externas 26. Em alternativa, conforme indicado para o atomizador de combustível líquido 2 na Figura 2, o afunilamento externo convergente pode ser sobre todo o comprimento da pluralidade de aletas externas 26.

Como mostrado para o atomizador de combustível líquido 3 na Figura 3, a pluralidade de aletas externas 26 pode ser sem um afunilamento externo convergente. A ponta de pulverização 30, também pode ser sem um afunilamento interno convergente na porção terminal de entrada 32.

O atomizador de combustível líquido pode ser utilizado para atomizar o combustível líquido usado em aplicações de fornos industriais, por exemplo, óleo destilado No. 1, óleo combustível destilado No. 2, óleo diesel, biodiesel e de seus subprodutos (como o glicerol), querosene, óleo combustível No. 4, óleo residual No. 5, óleo combustível residual No. 6, óleo combustível tipo Bunker-C e outros conhecidos por aqueles usualmente versados na técnica. O gás de atomização pode ser qualquer gás de atomização conhecido utilizado em aplicações de fornos industriais, por exemplo, ar, gás natural, o oxigênio da classe industrial, ar enriquecido com oxigênio, propano, nitrogênio, dióxido de carbono, hidrogênio, ou uma mistura de dois ou mais desses gases.

Para algumas aplicações em fornos, tais como fornos de fusão de vidro, geralmente chamas planas podem ser preferidas. Para gerar uma chama plana, o orifício 38 pode ser um orifício de fenda alongada, que atua para formar um padrão de pulverização achatado. Um orifício é entalhado numa abertura com uma dimensão de largura e uma dimensão de altura, onde a dimensão de largura é maior que a dimensão da altura. A largura pode variar de 3 mm a 25,4 mm e a altura pode variar de 0,75 a 7,62 mm. A seção transversal da fenda pode ser oval, retangular ou de outra forma adequada não-circular. Um orifício alongado entalhado tem uma dimensão de comprimento também, onde a dimensão do

comprimento é pelo menos 2 vezes o diâmetro hidráulico. A dimensão do comprimento pode ser de 2 a 10 vezes o diâmetro hidráulico. A seção transversal da fenda pode variar ao longo do comprimento, por exemplo, a dimensão da largura pode aumentar no sentido do fluxo possuindo desse modo um ângulo de divergência. Uma dimensão de comprimento superior a 2 vezes o diâmetro hidráulico permite ao padrão de pulverização ser moldado pela forma de orifício e do ângulo de divergência. O diâmetro hidráulico,  $D_H$ , é definido de maneira convencional,

$$D_H = \frac{4 \times \text{comprimento} - \text{área da seção transversal}}{\text{perímetro molhado}}.$$

No caso do diâmetro hidráulico variar ao longo do comprimento da fenda alongada, a requerida dimensão de diâmetro é tomada no plano de entrada do orifício.

O conduto externo 10, conduto interno 20, e ponta de pulverização 30 podem ser feitos de qualquer material adequado, por exemplo, aço inoxidável e construído usando métodos conhecidos na arte. A pluralidade de aletas externas 26 pode ser usinada na superfície do conduto interno 20 mediante entalhar cortes na superfície externa.

Os dispositivos para a combustão de um combustível líquido pode ser um queimador como o atomizador de combustível líquido descrito acima. O queimador pode ser adaptado para funcionar com uma taxa de queima entre 0,10 e 12 MW, ou entre 0,25 e 6 MW.

Com referência à Figura 4, o queimador 60 compreende uma seção de conduto do primeiro gás oxidante 40 definindo uma passagem do primeiro gás oxidante 54, a passagem do primeiro gás oxidante 54 possuindo uma porção terminal de entrada da passagem do primeiro gás oxidante 44 e uma porção terminal de descarga da passagem do primeiro gás oxidante 46 para descarregar uma corrente do primeiro gás oxidante, e um atomizador de combustível líquido 5 dispostos em relação espaçada relativamente à seção de conduto de gás oxidante 40 com pelo menos uma parte do atomizador de combustível líquido 5 disposto na passagem do primeiro gás oxidante 54.

O atomizador de combustível líquido 5 é como descrito acima, e pode incluir qualquer das características do atomizador de combustível líquido como descrito aqui.

O primeiro gás oxidante pode ser qualquer gás oxidante adequado para a combustão, por exemplo, ar, ar enriquecido com oxigênio e oxigênio da classe industrial.

A passagem do primeiro gás oxidante 54 pode ter uma forma de seção transversal com uma largura e altura de dimensões diferentes. A passagem do primeiro gás oxidante 54 pode ter uma relação de largura relativamente a altura de 5 a 30. A passagem do primeiro gás oxidante 54 pode ter uma seção transversal de forma não-circular e cada seção transversal pode ser caracterizada por um ponto central ou centróide, onde o centróide tem a definição geométrica

usual. A passagem de gás 54 pode ser ainda caracterizada por um eixo longitudinal definido como uma linha reta perpendicular às seções transversais de passagem e conectando os centróides das seções transversais da  
5 passagem.

O queimador 60 pode ainda compreender uma seção de conduto do segundo gás oxidante 70 definindo uma passagem do segundo gás oxidante 56 para descarregar uma corrente de gás oxidante para o assim chamado estágio oxidante. A  
10 passagem do segundo gás oxidante 56 é próxima da passagem do primeiro gás oxidante 54 e pode ser colocada abaixo da passagem do primeiro gás oxidante 54. A passagem do segundo gás oxidante 56 pode ter uma forma transversal, com uma largura e altura de dimensões diferentes. A passagem do  
15 segundo gás oxidante 56 pode ter uma relação de largura relativamente a altura de 5 a 30. A passagem do segundo gás oxidante 56 pode ter uma seção transversal de forma não-circular e cada seção transversal pode ser caracterizada por um ponto central ou centróide, onde o centróide tem a  
20 definição geométrica usual. A passagem do segundo gás oxidante 56 pode ser ainda caracterizada por um eixo longitudinal definido como uma linha reta perpendicular às seções transversais de passagem e conectando os centróides das seções transversais de passagem. O eixo longitudinal da  
25 passagem do primeiro gás oxidante 54 e o eixo longitudinal

da passagem do segundo gás oxidante 56 podem ser substancialmente paralelos.

O segundo gás oxidante pode ser qualquer gás oxidante adequada para a combustão, por exemplo, ar, ar enriquecido com oxigênio e oxigênio da classe industrial. O primeiro gás oxidante e do segundo gás oxidante podem ser a mesma composição, provenientes da mesma fonte.

A seção de conduto do primeiro gás oxidante 40 e a seção de conduto do segundo gás oxidante 70 podem ser construídas a partir de condutos distintos e separados ou construídas a partir de um único bloco de material, por exemplo, um bloco queimador, como mostrado na Figura 4. A Figura 4 mostra a passagem do primeiro gás oxidante 54 e a passagem do segundo gás oxidante 56 formadas em um bloco queimador comum 50. Como mostrado na Figura 4, o bloco queimador 50 pode compreender a seção de conduto do primeiro gás oxidante 40 e a seção de conduto do segundo gás oxidante 70.

O queimador pode ser construído para conduzir o mesmo gás oxidante para a passagem do primeiro gás oxidante 54 e passagem do segundo gás oxidante 56 de modo que a corrente do segundo gás oxidante tenha a mesma concentração de oxigênio como a corrente do primeiro gás oxidante. Alternativamente, o queimador pode ser construído para conduzir um diferente gás oxidante para a passagem do segundo gás oxidante 56 que à passagem do primeiro gás

oxidante 54 de modo que a corrente do segundo gás oxidante tenha uma concentração diferente de oxigênio do que aquela da corrente do primeiro gás oxidante.

Como mostrado na Figura 4, o queimador 60 pode  
5 ainda compreender um coletor de distribuição de entrada de oxidante 57. O gás oxidante flui através do coletor de distribuição de entrada de oxidante 57 e eventualmente, para a passagem do primeiro gás oxidante 54 e passagem do segundo gás oxidante 56. O coletor de distribuição de  
10 entrada do oxidante 57 está em comunicação fluida à montante com a passagem do primeiro gás oxidante 54 e passagem do segundo gás oxidante 56. Uma válvula de estágio 64 pode ser utilizada para desviar ou regular o fluxo do gás oxidante para a passagem do segundo gás oxidante 56. A  
15 válvula de estágio 64 está em comunicação fluida com o coletor de distribuição de entrada de oxidante 57 e em comunicação fluida à montante com a passagem do primeiro e segundo gás oxidante 56.

O queimador 60 pode ainda compreender um 'plenum'  
20 de entrada de oxidante 82 em comunicação fluida à montante da passagem do primeiro gás oxidante 54. O 'plenum' de entrada de oxidante pode estar afastado em torno de pelo menos uma porção do atomizador de combustível líquido, e pelo menos uma porção da passagem do primeiro gás oxidante  
25 54 pode estar afastada em torno da ponta de pulverização. O queimador pode ainda compreender um difusor 80 localizado a

montante do 'plenum' oxidante 82. O objetivo deste difusor é ajudar na distribuição do fluxo de oxidante que adentra ao 'plenum' de entrada oxidante.

A extremidade de descarga da ponta de pulverização 30 pode ser montada nivelada com a face quente 52 do bloco queimador 50, ou recuada para dentro da passagem do primeiro gás oxidante 54. O rebaixamento da ponta de pulverização 30 para dentro do bloco queimador 50 irá ajudar a manter uma temperatura operacional mais fria da câmara de mistura. No entanto, a medida na qual a ponta de pulverização 30 pode ser rebaixada vai depender das condições operacionais do queimador 60, conforme descrito abaixo.

Em outro aspecto, a presente invenção se refere a um método para a combustão de um combustível líquido, usando o queimador como aqui descrito. No método, o queimador pode ser operado a uma taxa de queima de entre 0,10 e 12 MW, ou entre 0,25 e 6 MW.

O método de combustão de um combustível líquido compreende fornecer um queimador, como descrito aqui com um atomizador de combustível líquido como descrito aqui. O queimador e atomizador de combustível líquido pode incluir qualquer uma das respectivas características do queimador ou do atomizador de combustível líquido aqui descritas.

Com referência à Figura 1 e Figura 4, o método compreende a passagem de um primeiro gás oxidante pela

seção de conduto do primeiro gás oxidante 40 descarregando desse modo uma corrente do primeiro gás oxidante proveniente da porção terminal da descarga do conduto do primeiro gás oxidante 46. O método compreende ainda a  
5 passagem de combustível líquido através do conduto interno 20 e para dentro da câmara de mistura 36 e passagem do gás de atomização através da passagem do gás de atomização 16 e para dentro da câmara de mistura 36, formando assim uma mistura de combustível líquido e do gás de atomização. O  
10 método então ainda compreende passagem da mistura do combustível líquido e gás de atomização através do orifício 38, descarregando desse modo a mistura do combustível líquido e gás de atomização proveniente da câmara de mistura 36 como um combustível líquido atomizado para  
15 dentro da corrente do primeiro gás oxidante. O método compreende ainda a combustão de pelo menos uma parcela do combustível líquido com pelo menos uma porção da corrente do primeiro gás oxidante formando desse modo uma chama.

O método pode também incluir a operação em estágios  
20 do oxidante. Um segundo gás oxidante pode ser passado através de uma passagem do segundo oxidante 56 descarregando desse modo a corrente do segundo gás oxidante abaixo da chama e queimando pelo menos uma parcela do combustível líquido com pelo menos uma parcela da corrente  
25 do segundo gás oxidante.

No método, a mistura do combustível líquido e gás de atomização pode ter um tempo médio de permanência na câmara de mistura de 70 a 3200 microssegundos, de 160 a 2400 microssegundos, ou de 250 a 1600 microssegundos.

5 O tempo médio de residência é calculado dividindo o volume total da câmara de mistura (sobre o comprimento da câmara de emulsão definido anteriormente) pela taxa do fluxo volumétrico da mistura emulsionada. A taxa do fluxo volumétrico da mistura emulsionada é calculada mediante  
10 somar as taxas de fluxo volumétrico de ambos o combustível líquido e do gás de atomização. Uma vez que o gás de atomização é compressível, a taxa de fluxo volumétrico real para o gás é obtida mediante correção quanto à pressão. Por exemplo, se a taxa de fluxo de combustível líquido for de  
15 70 litros/hora, a vazão de atomização a gás for de 11 metros cúbicos normais por hora ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), a pressão na câmara de emulsão for de 2,4 bar, e a temperatura na câmara de mistura for de 373K, o volume de emulsão taxa de mistura é:

$$20 \quad \left( \frac{70 \text{ l/h}}{1000 \text{ l/m}^3} + \frac{(11 \text{ Nm}^3/\text{h})(1.01325 \text{ bar})}{2.4 \text{ bar}} \times \frac{373 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \right) \times \frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} = 0.0018 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Para um bico possuindo um volume da câmara de emulsão de  $790 \text{ mm}^3$ , o tempo médio de permanência é:  $790 \text{ mm}^3 \times 1 / (0.0018 \text{ m}^3/\text{s}) \times \text{m}^3 / 1 \times 10^9 \text{ mm}^3 = 443 \text{ } \mu\text{s}$ .

No método, a mistura do combustível líquido e gás

de atomização pode ser descarregada a partir da ponta de pulverização com uma velocidade  $v_1$ , e o primeiro gás oxidante pode ser descarregado a partir da porção terminal de descarga do conduto do primeiro gás oxidante com uma

5 velocidade ,  $v_2$ , onde  $1 \leq \frac{v_1}{v_2} \leq 100$ . A operação nessa faixa proporciona o benefício da manutenção da correta forma da chama. Na queima do combustível líquido, a forma da chama é ditada principalmente pela região que deriva da ponta de pulverização que contém gotículas do combustível. Para

10 ocorrer a combustão, as gotículas do combustível primeiramente evaporam e é a evaporação da gotícula (antes da combustão) que é a etapa que limita a velocidade no processo de combustão que antecede como uma chama de difusão ao redor da gota que evapora (Lefebvre,

15 "Atomization and Sprays," p. 309, Hemisphere Publishing, 1989). Mediante a manutenção da velocidade da mistura de combustível líquido e gás de atomização,  $v_1$ , maior do que a velocidade do primeiro gás oxidante,  $v_2$ , a mistura do combustível líquido e gás de atomização tenderá a puxar o

20 primeiro gás oxidante para dentro da região que contém as gotículas do combustível líquido sem influenciar significativamente a forma da região que contém as gotículas do combustível líquido. Desse modo, a forma da chama não é significativamente afetada pelo fluxo de gás

25 oxidante, mas é em vez disso é ditada mais pelo design do

atomizador de combustível líquido. Em outras palavras, o envelope de chama é fortemente influenciado pelo padrão de pulverização do atomizador.

Uma vez que a relação  $\frac{v_1}{v_2}$  aumente além de 100, ou a  
 5 velocidade do gás de atomização,  $v_1$ , é muito grande, ou a velocidade do primeiro gás oxidante,  $v_2$ , é muito pequena, ou ambos. Quando a velocidade da mistura do combustível líquido e gás de atomização,  $v_1$ , é muito grande, isso tem a desvantagem de exigir altas pressões de alimentação do gás  
 10 de atomização e do combustível líquido. Quando a velocidade do primeiro gás oxidante,  $v_2$ , é muito pequena, isso tem o efeito de reduzir a extensão até onde o primeiro gás oxidante irá fornecer os benefícios de arrefecimento para o bico, e pode resultar na distribuição irregular do gás  
 15 oxidante, em torno da ponta de pulverização 30, e conduto externo 10. por esse motivo, uma relação  $\frac{v_1}{v_2}$  não é desejável.

Se a velocidade do primeiro gás oxidante,  $v_2$ , é maior do que a velocidade da mistura do combustível líquido  
 20 e gás de atomização,  $v_1$ , então a região contendo as gotículas do combustível líquido, e portanto, a chama, começa a mudar de forma e, em alguns instâncias irá oscilar. Isso aumenta a probabilidade de ter a região de gotículas de combustível líquido e, portanto, da chama,

colidir com a superfície interior da passagem do primeiro gás oxidante, 54, do bloco queimador 50, resultando em danos ao bloco queimador 50. Além disso, isto irá restringir significativamente a extensão até onde a lança  
5 pode ser recuada para dentro do bloco queimador.

A velocidade de mistura,  $v_1$ , é calculada pela soma das taxas de fluxo volumétrico tanto do combustível líquido e gás de atomização e dividindo o resultado pela área da seção transversal do orifício. Conforme descrito  
10 anteriormente, uma vez que o gás de atomização é compressível, a vazão volumétrica real para o gás é obtida através da correção quanto à pressão. Por exemplo, se a taxa de fluxo de combustível líquido for de 70 litros/hora, a vazão de atomização a gás for de 11 Nm<sup>3</sup>/h, a pressão na  
15 câmara de mistura for de 2,4 bar, a temperatura na câmara de mistura for de 373K, e a área transversal do orifício for de 30 mm<sup>2</sup>, a velocidade da mistura é:

$$\left( \frac{70 \text{ l/h}}{1000 \text{ l/m}^3} + \frac{(11 \text{ Nm}^3/\text{h})(1.01325 \text{ bar})}{2.4 \text{ bar}} \times \frac{373 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \right) \times \frac{\text{h}}{3600} \times \frac{1 \text{ E}6 \text{ mm}^2}{\text{m}^2} / 30 \text{ mm}^2 = 59.4 \text{ m/s}.$$

Se a área do orifício varia ao longo do seu  
20 comprimento, a menor área é utilizada para o cálculo da velocidade de mistura.

### Exemplos

Simulações computacionais da dinâmica de fluido (CFD) foram realizadas para determinar o efeito da

alteração de diversos fatores na geometria do atomizador de combustível líquido. Em todos os exemplos de CFD que são apresentados adiante, o bico de atomização foi posicionado no centro da passagem do primeiro gás oxidante, como  
 5 mostrado na figura. 4. Os parâmetros geométricos do queimador estão resumidas na Tabela 1. A profundidade do bloco foi longa o suficiente para garantir fluxo do oxidante plenamente desenvolvido em ambas as passagens do primeiro e segundo oxidante.

10

Tabela 1

| Item                                              | Valor | Unidade         |
|---------------------------------------------------|-------|-----------------|
| Largura da passagem do primeiro gás oxidante (54) | 288   | mm              |
| Altura da passagem do primeiro gás oxidante (54)  | 53    | mm              |
| Diâmetro externo do conduto externo (10)          | 26    | mm              |
| Área do orifício (38)                             | 18,7  | mm <sup>2</sup> |

#### Exemplo 1 - Efeito das Condições Operacionais

No Exemplo 1, o efeito da alteração das condições operacionais sobre a temperatura máxima da câmara de mistura foi determinada, utilizando os bicos dos Casos 1 e  
 15 2, conforme descrito na Tabela 3. Duas condições operacionais foram escolhidas. Na primeira condição operacional, o fluxo de óleo para o queimador foi de 106

L/h, o fluxo de atomização foi de 3,94 Nm<sup>3</sup>/h. A proporção de oxidante através da passagem do primeiro oxidante foi 30%, com o saldo de oxidante necessário para a combustão estequiométrica fluindo através da passagem do segundo gás oxidante. Na segunda condição operacional, o fluxo de óleo para o queimador foi 265 L/h, o fluxo de atomização foi de 3,94 Nm<sup>3</sup>/h. A proporção de oxidante através da passagem do primeiro oxidante foi de 50%, com o saldo de oxidante necessário para a combustão estequiométrica fluindo através da passagem do segundo gás oxidante. A temperatura do forno para ambos os casos foi 1649 °C.

Para o Caso 1, com estes dois conjuntos de condições operacionais, a temperatura máxima prevista dentro da câmara de mistura foi de 532 °C para a menor taxa de fluxo de óleo e menor taxa de fluxo de oxidante na passagem do primeiro gás oxidante. A temperatura máxima prevista dentro da câmara de mistura foi 377 °C para a taxa mais elevada de fluxo de óleo e maior proporção de vazão de oxidante na passagem do primeiro gás oxidante.

Para o caso 2, sob estes dois conjuntos de condições operacionais, a temperatura máxima prevista para dentro da câmara de mistura era de 433 °C para a menor taxa de fluxo de óleo e menor taxa de fluxo de oxidante na passagem do primeiro gás oxidante. A temperatura máxima prevista dentro da câmara de mistura foi 306 °C para a taxa

mais elevada de fluxo de óleo e maior proporção de vazão de oxidante na passagem do primeiro gás oxidante.

A redução da temperatura máxima da câmara de mistura diminui a propensão dos asfaltenos do óleo combustível (em especial o óleo combustível pesado) para formar coque, que por sua vez, diminui a frequência necessária para limpar o conjunto da ponta de pulverização. E embora seja tentador dizer que é apenas uma questão de alterar as condições operacionais do queimador (ou seja, pelo aumento da proporção de oxidante relativamente à passagem do primeiro oxidante) e atomizador (ou seja, pelo aumento do fluxo do óleo e do gás de atomização) para assegurar que a temperatura da câmara de mistura é suficientemente reduzida para um nível aceitável, é tipicamente a operação do forno que dita a vazão de óleo, e por extensão a vazão do oxidante, para o queimador, e não o contrário. Além disso, a operação mais ideal, especialmente para fusão de vidro, é normalmente com um grau máximo de operação em estágios do oxidante possível (ou seja, com uma maior proporção de oxidante direcionado para a passagem do segundo oxidante), com os benefícios da aumentada radiação direcional (mais proveniente d chama direcionada para baixo no sentido do vidro, menos calor direcionado a partir da chama no sentido da coroa do forno), a qualidade do vidro, e a diminuição das emissões de NOx, conforme descrito, por exemplo, na Patente norte americana U.S. No. 7.390.189.

Finalmente, é preferível ter um atomizador no queimador que tenha a capacidade para cobrir uma ampla faixa de condições operacionais. Isto proporciona maior flexibilidade de operação do forno, sem ter de trocar o dispositivo para atender às condições exigidas condições operacionais do queimador, tais como taxa de queima ou vazão do óleo, e a proporção do fluxo de oxidante através da passagem do primeiro oxidante.

Por estas razões, é desejável diminuir a temperatura da câmara de mistura ao maior nível possível para um dado conjunto de condições operacionais. Portanto, as condições operacionais foram arbitrariamente fixadas, conforme resumido na Tabela 2, de modo que os exemplos que se seguem podem ilustrar como as diferentes configurações da presente invenção reduzem a temperatura máxima da câmara de mistura.

Tabela 2

|                                                                |      |                    |
|----------------------------------------------------------------|------|--------------------|
| Fluxo do óleo                                                  | 265  | L/h                |
| Fluxo do gás de atomização                                     | 3,94 | Nm <sup>3</sup> /h |
| Proporção de oxidante através da passagem do primeiro oxidante | 50   | %                  |
| Temperatura do forno                                           | 1649 | °C                 |
| Pureza do oxigênio                                             | 100  | %                  |
| Temperatura de entrada do óleo                                 | 117  | °C                 |
| Temperatura de entrada do gás de atomização                    | 27   | °C                 |

Os efeitos das seguintes características, como resumido na Tabela 3, sobre a temperatura máxima da câmara de mistura foram investigadas:

1. Contato da pluralidade de aletas externas com a superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização
2. A espessura da junta soldada como uma proporção da espessura da parede do conduto externo
3. A relação da espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro do conduto externo, e
4. Geometria da passagem do gás de atomização (diâmetro hidráulico).

Tabela 3

| Caso                                                                                                                                 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Contato área/área da seção transversal da parede do conduto externo                                                                  | 0     | 1,09  | 1,09  | 1,02  | 1,5   |
| Espessura da solda (% da espessura da parede)                                                                                        | 25    | 25    | 100   | 100   | 100   |
| Relação da espessura da parede relativamente ao diâmetro externo do conduto externo                                                  | 0,147 | 0,147 | 0,147 | 0,147 | 0,108 |
| Relação da espessura da parede do conduto interno relativamente ao diâmetro externo do conduto interno na região das aletas externas | 0,605 | 0,509 | 0,509 | 0,522 | 0,416 |
| Relação do comprimento das aletas externas relativamente ao diâmetro externo do conduto externo                                      | 0     | 2,23  | 2,23  | 0,49  | 2,23  |
| Relação do (número de aletas $N$ x comprimento médio de arco de aleta, $S$ ) relativamente ao perímetro                              | 0     | 0,524 | 0,524 | 0,379 | 0,572 |

interno do conduto externo,  
 $P$ , na região das aletas  
 externas relativamente à  
 área superficial interna do  
 conduto externo

(diâmetro hidráulico da 0,116 0,064 0,064 0,056 0,061  
 passagem do gás de  
 atomização)/(diâmetro  
 externo do conduto externo  
 na porção terminal de  
 descarga do gás de  
 atomização

(diâmetro hidráulico da 0,117 0,238 0,238 0,109 0,210  
 passagem do gás de  
 atomização)/(diâmetro  
 externo do conduto externo  
 na porção terminal de  
 entrada do gás de atomização

Geometria da passagem do gás 8 8 8 8 8  
 de atomização na porção redon ranhu ranhu ranhu ranhu  
 terminal da ponta de do ras ras ras ras  
 pulverização quadr quadr quadr quadr  
 adas adas adas adas  
 Temperatura máxima na câmara 377 306 313 288 306  
 de mistura (°C)

|                      |        |    |     |     |     |     |     |
|----------------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Temperatura          | máxima | no | 383 | 511 | 479 | 372 | 487 |
| conduto externo (°C) |        |    |     |     |     |     |     |

---

Exemplo 2 - Efeito do contato da pluralidade de aletas externas com a superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização

Nessa comparação, entre o caso 1 e caso 2 da Tabela 3, a temperatura máxima prevista dentro da câmara de mistura foi 377 °C, quando não havia contato entre a porção terminal de entrada da ponta de pulverização, enquanto que a temperatura foi 306 °C, quando houve contato com a porção terminal de entrada da ponta de pulverização.

A pirólise dos asfaltenos (um componente significativo de óleo combustível residual), que entre outras coisas, produz coque, ocorre entre 350 °C e 800 °C (Speight, James G. Handbook of Petroleum Analysis. (p: 216). John Wiley & Sons © 2001 ) e para evitar a possibilidade de formação de coque, é necessário manter a temperatura da câmara de mistura (a porção mais quente da montagem de atomização que está em contato com o óleo) abaixo de 350 °C. Portanto, pode ser visto que mediante fazer o contato da pluralidade de aletas externas à superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização diminui a temperatura máxima da câmara de mistura para abaixo 350 °C, a temperatura na qual os asfaltenos começam a formar coque. Embora seja tentador

dizer que o problema está agora resolvido e nenhuma melhora adicional é necessária, é importante notar que, o rebaixamento da temperatura máxima da câmara de mistura adicional irá resultar em uma maior janela das condições operacionais em que a propensão para a formação de coque é eliminada ou reduzida significativamente.

Exemplo 3 - Efeito da espessura da junta soldada como uma proporção da espessura de parede do conduto externo

Um outro estudo foi realizado para explorar outras possibilidades de diminuindo ainda mais a temperatura da câmara. Nessa comparação, entre o Caso 2 e Caso 3 do Quadro 3, a temperatura máxima prevista para dentro da câmara de mistura foi 306 °C, quando a espessura da junta soldada foi 20% da espessura da parede do conduto externo, enquanto que a temperatura foi 313 °C, quando a espessura da junta soldada foi de 100% da espessura da parede do conduto externo. Este ligeiro aumento da temperatura é um resultado inesperado, e uma análise mais aprofundada revela que a razão para isto é devido a uma interação complexa dos muitos modos de transferência de calor neste sistema.

Além da ponta de pulverização, o canal externo também recebe uma parcela significativa de calor através da transferência de calor radiante proveniente do forno para a sua superfície externa. Em geral, o calor é retirado do canal externo através de vários mecanismos: convecção de

calor através do fluxo do oxidante através da passagem do primeiro oxidante, que envolve o conduto externo; condução de calor ao longo do comprimento do conduto externo, bem como a condução radial através das paredes do conduto; 5 convecção de calor através do fluxo do gás de atomização, que está em comunicação fluida com a superfície interna do conduto externo. A convecção sempre ajuda a esfriar a temperatura da câmara, mas se a condução ao longo do comprimento do conduto externo puder fazer o mesmo isso 10 depende de qual direção o calor é conduzido. Neste exemplo, o bico é efetivamente arrefecido pelo combustível líquido e gás de atomização na superfície interna da câmara de emulsão, e o ponto mais quente ocorre na superfície externa do conduto externo (10), em vez de ser na ponta do bico. O 15 contato entre a pluralidade de aletas externas e a superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização diminui ainda mais a temperatura da ponta.

Embora o calor seja conduzido para fora da parte mais quente do conduto externo nos dois sentidos (no 20 sentido da a ponta de pulverização e afastado da ponta de pulverização relativamente à parte traseira do queimador que está situado fora do forno atrás de um bloco refratário) a magnitude da condução de calor em direção à 25 ponta de pulverização é maior do que a condução de calor para longe da ponta de pulverização, porque o gradiente de temperatura é maior como resultado do efeito de

resfriamento do combustível líquido na ponta de pulverização e da distância relativamente curta entre a ponta de pulverização e o ponto quente no conduto externo.

A razão pela qual a temperatura máxima da câmara de mistura é maior quando a espessura da solda é aumentada é porque as soldas mais grossas permitem que uma maior quantidade de calor seja conduzida axialmente ao longo da parede do conduto externo proveniente do ponto quente da parede do conduto até a ponta de pulverização e para dentro da câmara de mistura.

É importante notar que apesar do ligeiro aumento na temperatura máxima da câmara de mistura, a temperatura máxima do condutor exterior diminuiu de 511 °C para 479 °C.

Exemplo 4 - Efeito da relação da espessura da parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto externo

Nesta comparação entre o Caso 3 e Caso 5 da Tabela 3, a temperatura máxima prevista dentro da câmara de mistura foi de 313 °C, quando a relação entre a espessura de parede do conduto externo relativamente ao diâmetro externo do conduto externo era de 0,147, enquanto a temperatura foi de 306 °C, quando a relação entre a espessura de parede do conduto externo relativamente ao diâmetro externo do conduto externo era de 0,108. Como esperado a partir do exemplo comparativo da espessura de solda acima mencionado, a temperatura da câmara de emulsão

é ligeiramente mais baixa quando a espessura da parede é mais fina. Todavia, menos calor é conduzido ao longo do comprimento do conduto externo desde o ponto quente até a ponta de pulverização, resultando em um aumento na  
5 temperatura máxima do conduto externo de 479 °C a 487 °C.

Exemplo 5 - Efeito da geometria da(s) passagem(s) do gás de atomização (diâmetro hidráulico)

Nesta comparação entre o Caso 3 e Caso 4 da Tabela 3, a primeira alteração que foi feita foi que o comprimento  
10 da pluralidade das aletas externas foi significativamente reduzida de tal forma que ficou uma grande área de superfície entre conduto externo e o ar de arrefecimento. A segunda mudança foi que o diâmetro hidráulico do espaço anular entre a superfície interna do conduto externo, e a  
15 superfície externa do conduto interno foi reduzido em mais de 50% do Caso 3 em comparação ao Caso 4 mediante aumento do diâmetro externo do conduto interno (e espessura da parede para manter o mesmo diâmetro interno do conduto interno). Terceiro, a relação de aspecto das fendas no Caso  
20 4 foi alterada desde uma fenda estreita profunda, para uma fenda relativamente quadrada. A relação de aspecto (altura relativamente à largura) das fendas no Caso 3 era de 2,74 e no caso 4 era de 0,97. Essas três alterações da geometria das passagens do gás de atomização têm um efeito  
25 significativo sobre a transferência de calor por convecção

entre o gás de atomização e a superfície interna do conduto externo.

Primeiramente, possuir um espaço anular entre a superfície interna do conduto externo e a superfície externa do conduto interno na região a montante das aletas externas sobre o conduto interno na região dos pontos quentes (local da máxima temperatura) do conduto externo aumenta a área de superfície disponível para transferência de calor entre a superfície interna do conduto externo e o gás de atomização. Em segundo lugar, a redução do diâmetro hidráulico da região contribui para aumentar a transferência de calor por convecção entre a superfície interna do conduto externo e o gás de atomização. Em terceiro lugar, o alargamento das fendas (e por extensão, o estreitamento das aletas), mediante alterar suas relações de aspecto, aumenta a área superficial disponível para a transferência de calor entre o gás de atomização e a superfície interna do conduto externo, sem afetar significativamente a área de contato entre a pluralidade de aletas externas e a superfície interna da porção terminal de entrada da ponta de pulverização. É interessante notar que as aletas externas criam uma barreira à transferência de calor por convecção entre o gás de atomização e a superfície interna do conduto externo porque essencialmente não há nenhum fluxo no espaço de folga entre as superfícies da aleta externa e a superfície interna do conduto externo.

Além disso, as aletas não desempenham um papel importante na condução radial afastada (radialmente para dentro) do conduto externo porque não existe contato íntimo entre as superfícies externas das aletas externas e a superfície interna do conduto externo. Isto contrasta com o contato íntimo e proveitoso entre as superfícies externas das aletas externas e a superfície interna da ponta de pulverização descrito anteriormente. Portanto, é desejável fornecer  $0.1 \leq \frac{N \times S}{P} \leq 0.9$ , onde  $N$  é a quantidade de aletas externas da pluralidade de aletas externas,  $S$  é o comprimento médio do arco das aletas externas da pluralidade de aletas externas, e  $P$  é o perímetro interno do conduto externo em uma seção transversal externa adjacente da pluralidade de aletas externas.

Adicionalmente, a parede mais grossa do conduto interno para o caso 4 permite maior condução desde a câmara de mistura ao longo da extensão do comprimento do conduto interno para fora da câmara de mistura, rebaixando desse modo a temperatura da câmara de mistura.

Estes três aprimoramentos ajudam a diminuir significativamente a temperatura máxima do conduto externo de 479 °C (caso 3) para 372 °C (Caso 4). Por sua vez, isto leva a uma menor condução de calor ao longo da parede do conduto externo da câmara de mistura. A temperatura máxima

prevista para dentro da câmara de mistura diminuiu de 313 °C (caso 3) para 288 °C (Caso 4).

O benefício desta configuração é que a câmara de mistura está bem abaixo da temperatura na qual o coque irá se formar, e a temperatura máxima do conduto externo está abaixo da faixa de temperatura de 430 a 900 °C onde a corrosão aquosa devido a precipitação de carbureto (particularmente carbureto de cromo) nos contornos do grão é uma preocupação para a maioria das ligas comuns, tais como dos aços inoxidáveis 316, 304 e 310 (Roberge, P.R., Handbook of Corrosion Engineering, McGraw-Hill © 2000. Page 712).

#### Exemplo 6

Uma comparação foi feita entre o presente atomizador de combustível líquido e uma versão comercial do atomizador de combustível líquido descrita na Patente U.S. No. 7500849, daqui em diante atomizador '849. A espessura de solda foi de 1,27 mm para o atomizador '849 e de 3,91 mm para presente atomizador. A área da seção transversal do conduto externo foi de 117 mm<sup>2</sup> para o atomizador '849 e de 89 mm<sup>2</sup> para o presente atomizador. A espessura da parede do conduto externo foi de 2,87 mm (0,113 polegadas) para o atomizador '849 e de 3,91 mm (0,154 pol) para o presente atomizador.

O presente atomizador tinha 8 aletas externas sobre a superfície externa do conduto interno.

Um termopar foi utilizado para medir a temperatura de superfície na superfície interna da câmara de mistura. Ar foi passado através da passagem do gás de atomização, a uma taxa de 5,2 Nm<sup>3</sup>/h (3,3 scfm). Nenhum combustível líquido foi passado através do atomizador. Um forno foi aquecido até cerca de 1150 °C (2100 °F). Os atomizadores diferentes foram inseridos a uma profundidade igual dentro da fornalha de tal forma que a ponta do atomizador ficava saliente para dentro do forno. A temperatura da superfície interna da câmara de mistura foi medida. A temperatura da superfície interna da câmara de mistura do atomizador '849 foi de cerca de 350 °C com uma temperatura média de forno de cerca de 1184 °C. A temperatura da superfície interna da câmara de mistura do presente atomizador foi de 236 °C com uma temperatura média do forno de cerca de 1197 °C.

Temperaturas menores na câmara de mistura são indicativos do potencial quanto a uma reduzida coqueificação do combustível líquido na ponta de pulverização. Uma vez que a temperatura da superfície interna da câmara de mistura foi menor para o presente atomizador em comparação com o atomizador '849, a coqueificação do combustível na ponta de pulverização deverá ser reduzida.

Essa invenção foi descrita com referência às modalidades particulares, todavia, a invenção não deve ficar limitada a essas modalidades e inclui modificações e

arranjos equivalentes que se insiram no escopo das reivindicações descritas adiante.

- REIVINDICAÇÕES -

1. DISPOSITIVO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, o dispositivo caracterizado por compreender:

um conduto externo de forma geralmente cilíndrica  
5 possuindo uma porção terminal de entrada do gás de atomização e uma porção terminal de descarga do gás de atomização;

um conduto interno de forma geralmente cilíndrica possuindo uma porção terminal de entrada do combustível  
10 líquido e uma porção terminal de descarga do combustível líquido, o conduto interno disposto dentro do referido conduto externo e formando uma passagem de gás de atomização entre o referido conduto externo e o referido conduto interno, a passagem de gás de atomização se  
15 estendendo desde a porção terminal de entrada do gás de atomização até a porção terminal de descarga do gás de atomização; e

uma ponta de pulverização possuindo uma porção terminal de entrada e uma porção terminal de descarga, a  
20 porção terminal de entrada da ponta de pulverização unida à porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo, a ponta de pulverização possuindo:

uma câmara de mistura disposta para receber o combustível líquido proveniente da porção terminal de  
25 descarga do combustível líquido do conduto interno e

disposta para receber um gás de atomização proveniente da  
passagem de gás de atomização; e

um orifício na porção terminal de descarga  
da ponta de pulverização, o orifício disposto para receber  
5 o combustível líquido e o gás de atomização provenientes da  
câmara de mistura e para descarregar o combustível líquido  
e o gás de atomização provenientes da ponta de pulverização  
(como um combustível líquido atomizado),

onde o conduto interno tem uma pluralidade de  
10 aletas externas na porção terminal de descarga de  
combustível líquido do conduto interno onde pelo menos  
parte da pluralidade de aletas externas estão em contato  
com uma superfície interna da porção terminal de entrada da  
ponta de pulverização.

15 2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1,  
caracterizado por o orifício ser um orifício do tipo fenda  
alongada.

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1,  
caracterizado por a pluralidade de aletas externas possuir  
20 um afunilamento externo convergente, que converge na  
direção da porção terminal de descarga do combustível  
líquido e onde a ponta de pulverização tem um afunilamento  
interno convergente na porção terminal de entrada que  
converge na direção da porção terminal de descarga, o  
25 afunilamento interno geralmente complementar ao  
afunilamento externo da pluralidade de aletas externas.

4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a pluralidade de aletas externas serem aletas longitudinais.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por o dispositivo ter uma relação do comprimento da pluralidade de aletas externas relativamente ao diâmetro externo do conduto externo de 0,1 a 3,0.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a pluralidade de aletas externas serem aletas em espiral.

7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a pluralidade de aletas externas ser em número de 3 a 20.

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o condutor exterior ter uma relação de espessura de parede do conduto relativamente ao diâmetro externo do conduto de 0,1 a 0,2.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o dispositivo ter uma relação do diâmetro hidráulico da passagem do gás de atomização relativamente ao diâmetro externo do conduto externo de 0,05 a 0,25.

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o dispositivo ter uma relação da espessura de parede do conduto interno relativamente ao diâmetro externo do conduto interno de 0,2 a 0,7 em uma

seção transversal do conduto interno que possui a pluralidade de aletas externas.

11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por  $0.1 \leq \frac{N \times S}{P} \leq 0.9$ ,

5 onde  $N$  é a quantidade de aletas externas da pluralidade de aletas externas,  $S$  é o comprimento médio do arco das aletas externas da pluralidade de aletas externas, e  $P$  é o perímetro interno do conduto externo em uma seção transversal do conduto externo adjacente à pluralidade de  
10 aletas externas.

12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a porção terminal de entrada da ponta de pulverização estar ligada à porção terminal de descarga do gás de atomização do conduto externo por meio de uma junta  
15 soldada.

13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por a junta soldada ter uma espessura de mais 25% a 100% da espessura de parede do conduto externo.

14. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1,  
20 caracterizado por a câmara de mistura ter um afunilamento interno convergente adjacente ao orifício que converge na direção do orifício.

15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por adicionalmente compreender:

uma seção de conduto do primeiro gás oxidante definindo uma passagem do primeiro gás oxidante, a passagem do primeiro gás oxidante possuindo uma porção terminal de entrada da passagem do primeiro gás oxidante e uma porção terminal de descarga da passagem do primeiro gás oxidante para a descarga de uma corrente do primeiro gás oxidante; e

onde o conduto externo é disposto em uma relação afastada relativamente ao conduto do primeiro gás oxidante com pelo menos uma parte do conduto externo disposta dentro da passagem do gás oxidante.

16. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por adicionalmente compreender:

uma seção de conduto do segundo gás oxidante definindo uma passagem do segundo gás oxidante nas proximidades da passagem do primeiro gás oxidante, a passagem do segundo gás oxidante para a descarga de uma corrente do segundo gás oxidante.

17. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por adicionalmente compreender:

um coletor de distribuição de entrada de oxidante em comunicação fluida com a passagem do primeiro gás oxidante e a passagem do segundo gás oxidante; e

uma válvula que opera em estágios em comunicação fluida a jusante com o coletor de distribuição de entrada de oxidante e em comunicação fluida a montante com a passagem do segundo gás oxidante para controlar um fluxo da

corrente do segundo gás oxidante para a passagem do segundo gás oxidante.

18. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por adicionalmente compreender:

5                   um 'plenum' de entrada de oxidante em comunicação fluida à montante da passagem do primeiro gás oxidante, pelo menos uma parte do 'plenum' de entrada oxidante ficando afastada ao redor de pelo menos uma parte do conduto externo; e

10                   um difusor de oxidante situado à montante do referido 'plenum' de oxidante.

19. MÉTODO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, caracterizado por compreender:

15                   fornecer o equipamento de acordo com a reivindicação 15;

passar um primeiro gás oxidante pela passagem do primeiro gás oxidante, descarregando desse modo a corrente do primeiro gás oxidante proveniente da porção terminal de secagem da passagem do primeiro gás oxidante;

20                   passar o combustível líquido através do conduto interno e para dentro da câmara de mistura e passar o gás de atomização através da passagem do gás de atomização e para dentro da câmara de mistura formando desse modo uma mistura do combustível líquido e gás de atomização;

25                   passar a mistura de combustível líquido e gás de atomização através do orifício, descarregando desse modo a

mistura de combustível líquido e gás de atomização proveniente da câmara de mistura como um combustível líquido atomizado para dentro da corrente do primeiro gás oxidante; e

5                   queimar pelo menos uma parcela do combustível líquido com pelo menos uma parcela da corrente do primeiro gás oxidante formando desse modo uma chama.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por o dispositivo adicionalmente compreender  
10 uma seção de conduto do segundo gás oxidante definindo uma passagem do segundo gás oxidante, a passagem do segundo gás oxidante nas proximidades e abaixo da passagem do primeiro gás oxidante, a passagem do segundo gás oxidante para a descarga de uma corrente do segundo gás oxidante, o método  
15 adicionalmente compreendendo:

passar a corrente do segundo gás oxidante através da passagem do segundo gás oxidante descarregando desse modo a corrente do segundo gás oxidante abaixo da chama; e

                  queimar pelo menos uma outra parcela do  
20 combustível líquido com pelo menos uma parcela da corrente do segundo gás oxidante.

21. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a mistura de combustível líquido e gás de atomização ter um tempo médio de permanência na câmara de  
25 mistura de 250 a 1600 microssegundos.

22. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado por a mistura de combustível líquido e gás de atomização ser descarregada a partir da ponta de pulverização com uma velocidade  $v_1$ , e o primeiro gás oxidante ser descarregado a partir da porção terminal de descarga do conduto do primeiro gás oxidante com uma velocidade,  $v_2$  onde  $1 \leq \frac{v_1}{v_2} \leq 100$ .

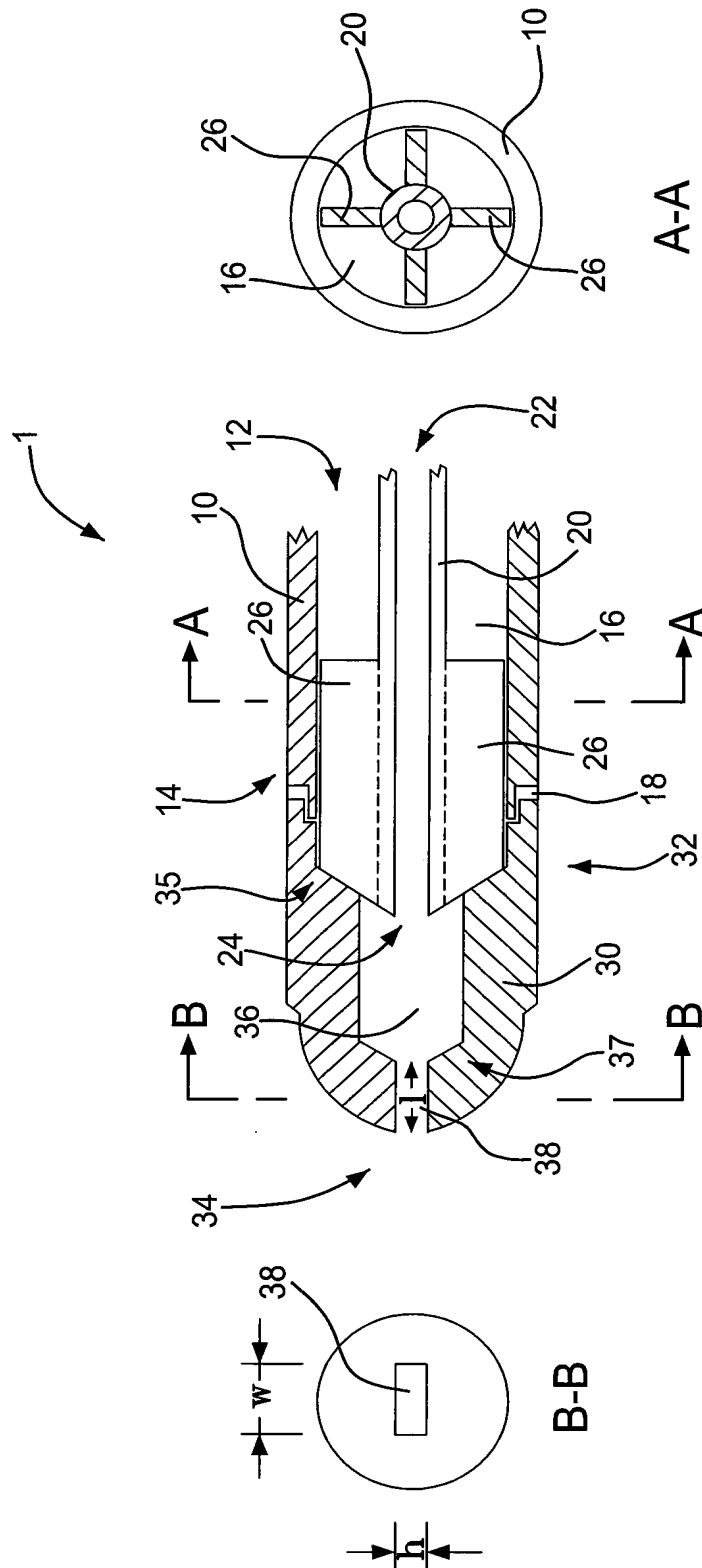


FIG. 1

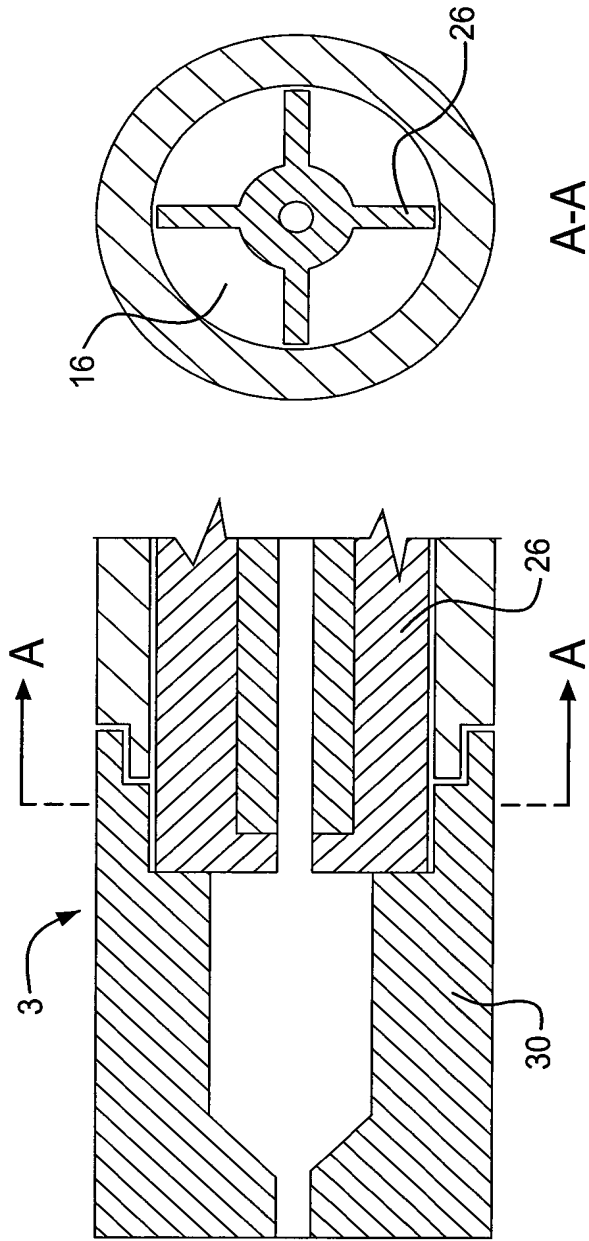


FIG. 3

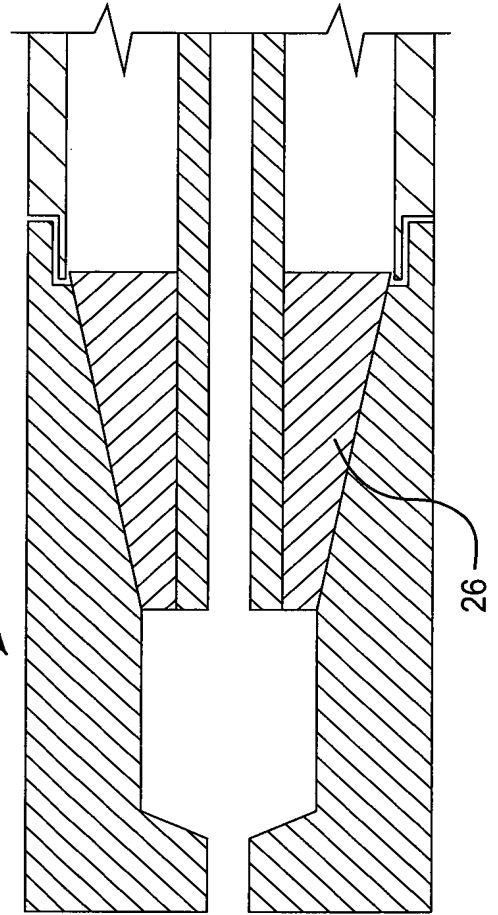


FIG. 2

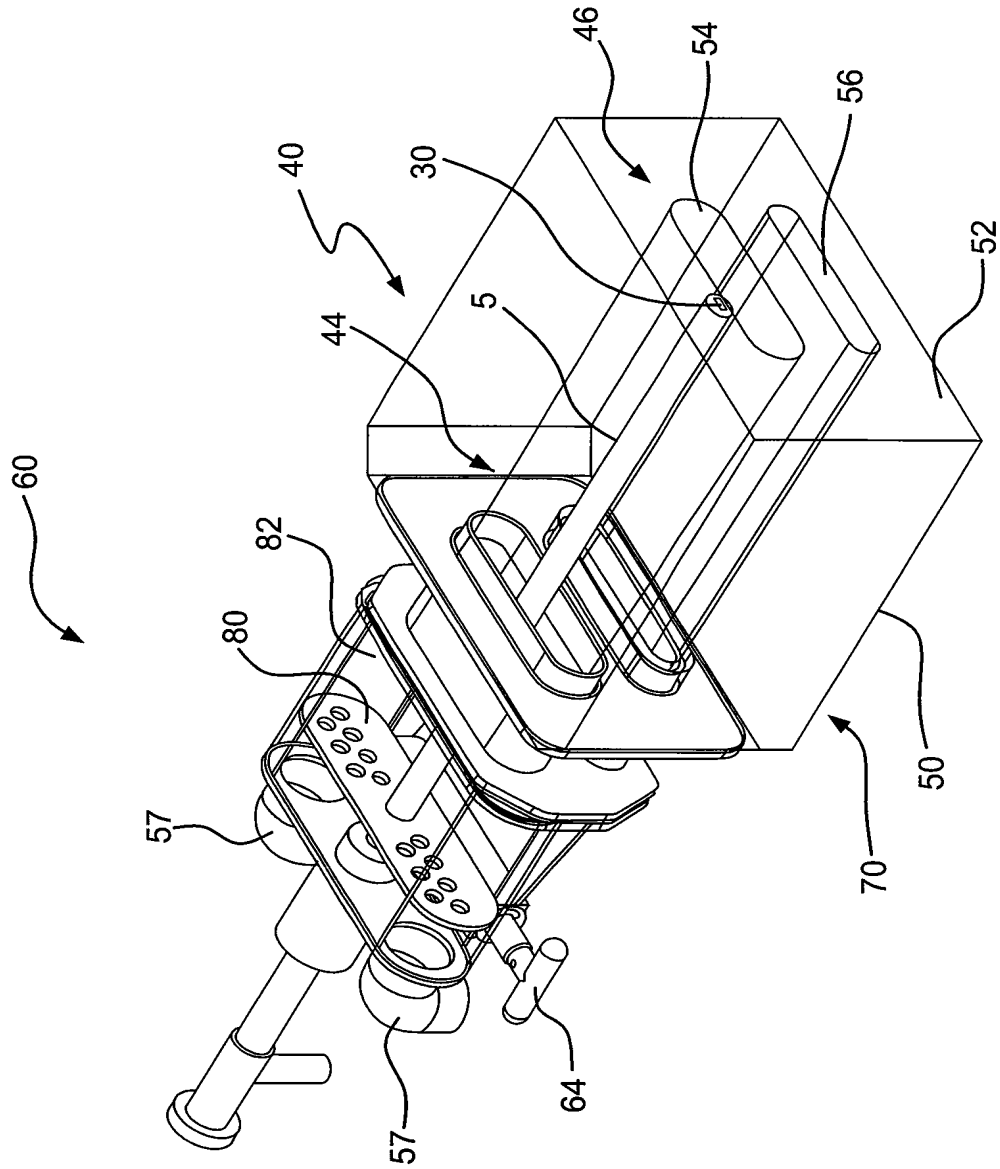


FIG. 4

## - RESUMO -

DISPOSITIVO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO, E  
MÉTODO PARA A COMBUSTÃO DE UM COMBUSTÍVEL LÍQUIDO

Um dispositivo para a combustão de um combustível  
5 líquido, tal como um atomizador ou queimador, e um método  
associado que utiliza o dispositivo para a combustão de um  
combustível líquido atomizado. O dispositivo para a  
combustão tem um conduto externo, um conduto interno e uma  
ponta de pulverização. A ponta de pulverização possui uma  
10 câmara de mistura para receber um combustível líquido e um  
gás de atomização, e um orifício para a descarga do  
combustível líquido da mistura do gás de atomização como um  
combustível líquido atomizado. O conduto interno possui  
aletas externas onde pelo menos parte das aletas externas  
15 fazem contato com a superfície interna da ponta de  
pulverização.