

**CONVENÇÃO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA EM CUBA
CIIC 2010**

**VI CONFERENCIA DE ENGENHARIA MECÂNICA, ELÉTRICA E INDUSTRIAL
CIMEI 2010**

**Título: Técnicas capazes de usar o oxigênio do ar atmosférico em
queimadores industriais**

Autores:

Eng. Mecânico Luiz Antonio Ribeiro da Silva¹

Prof. Doutor Ricardo Alfonso Blanco²

Prof. Doutor André L. Amarante Mesquita³

¹ Mestrando Universidade Federal do Pará

e-mail: luizsilvaantonip@yahoo.com.br

² Universidade Estadual do Amazonas

e-mail: ralfonsob@yahoo.es

³ Universidade Federal do Pará

e-mail: andre.mesquita@solveengenharia.com.br

RESUMO

Neste trabalho objetiva-se desenvolver um sistema oxi-combustível para Whirlpool Eletrodomésticos S/A em Manaus – AM, com ar atmosférico/GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) como opção de substituição para oxigênio puro, visando redução de custo de fabricação para brasagem de alumínio aplicado em condicionadores de ar tipo janela. A medição da temperatura em função do tempo direciona a caracterização das temperaturas que o queimador precisa fornecer para aquecimento do metal base até a fusão do material de adição de modo que esse processo atinja um tempo de brasagem que atenda o ritmo da produção com ciclo de brasagem em 45 segundos. Para tanto, foi confeccionada uma plataforma experimental de teste capaz de usar o ar atmosférico como oxidante do combustível GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). A plataforma é capaz de fazer variar a temperatura, como também armazenar em tempo real em um banco de dados de um computador, as medidas de tempo e temperatura através de termopares instalados nos queimadores. Para validar o sistema desenvolvido foram feitas uma série de testes com várias composições de misturas oxi-combustível, respeitando os limites de inflamabilidade com termopares instalados diretamente nos queimadores. Os resultados obtidos permitiram o levantamento das curvas de caracterização Temperatura (°C) versus Tempo (s), as quais apresentaram comportamentos satisfatórios para brasagem industrial que foi comprovado através de teste de brasagem num trocador de calor com uma liga base Al-Mn e liga de material de adição Al-Si. De um ponto de vista prático, o trabalho desenvolvido originou um equipamento de caracterização experimental para o estudo fundamental de queimadores, o qual será constantemente utilizado nas pesquisas desenvolvidas para estudo de processo de brasagem pelo Laboratório Físico-Químico da Whirlpool Eletrodomésticos S/A, e que permite a sua utilização na linha de produção de condicionadores de ar tipo janela.

Palavras-chave: Brasagem, temperatura, tempo, queimadores.

**INTERNATIONAL CONVENTION OF ENGINEERING IN CUBA
CIIC 2010**

VI DISCUSSES OF ENGINEERING MECHANICS, ELECTRIC AND INDUSTRIAL

CIMEI 2010

**Heading: Techniques Capable To use the Oxygen of Atmospheric Air in
Industrial Burners**

Authors:

Eng. Mecânico Luiz Antonio Ribeiro da Silva¹

Prof. Doutor Ricardo Alfonso Blanco²

Prof. Doutor André L. Amarante Mesquita³

¹ Mestrando Universidade Federal do Pará

e-mail: luizsilvaantonip@yahoo.com.br

²Universidade Estadual do Amazonas

e-mail: ralfonsob@yahoo.es

³Universidade Federal do Pará

e-mail: andre.mesquita@solveengenharia.com.br

ABSTRACT

In this objective work to develop a system oxi-fuel for Whirlpool Eletrodomésticos S/A in Manaus - AM as air atmospheric/GLP as option of substitution for pure oxygen aiming at reduction of cost of manufacture for brazing of aluminum applied in air conditioners type window. The measurement of the temperature in function of the directed time the characterization of the temperatures that the necessary burner to supply heating of the metal base until the fusing of the material of way addition that this process reaches a time that takes care of to the rhythm and quality for production with industrial brazing. For in such a way, an experimental platform of test capable was confectioned to use the atmospheric air as oxidant of fuel GLP(Liquefied gas of Petroleum). The platform is capable to make to vary the temperature as well as to store in real time in a data base of a computer the measures of time and temperature through thermocouples installed in the burners. To validate the system developed they had been made a series of tests with some compositions of mixtures oxi-fuel respecting the limits of inflammability foreseen in literature together with two types of burners in a league Al-Mn base and league of material of Al-Itself addition. Temperature (oC) versus Time (s), which presented satisfactory behaviors for industrial brazing that was proven through brazing test in a dressing room of heat with a league base Al-Mn and it calls of addition material Al-itself. Of a practical point of view, the developed work originated an equipment of experimental characterization for the fundamental study of burners, which will constantly be used in the researchers developed for study of brazing process by the Physical-chemical Laboratory of Whirlpool Eletrodomésticos S/A, and that allows your use in the production line of conditioning of air type window.

Palavras-chave: Brazing, temperature, time, burners

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia a partir da combustão de derivados de petróleo corresponde a mais de 80% da energia utilizada no Brasil, de acordo com o balanço energético nacional publicado pelo MME (Ministério de Minas e Energia) [8]. Desta forma, pesquisas na área de combustão podem gerar importantes resultados, para resolver problemas relacionados com a poluição ambiental, queima de produtos tóxicos, mudanças climáticas e processos industriais. No caso da indústria, a atenção é necessária quanto às características de queimadores e do combustível a ser usado, em especial ao seu valor de mercado, o que pode ser determinante para que indústria de grande porte migre para o uso de combustíveis mais baratos e eficientes, obtendo ganhos significativos no processo de fabricação [8].

Os queimadores são classificados quanto à natureza da mistura entre o combustível e o oxidante, Os queimadores de gases combustíveis podem ser divididos em aspirantes (de pré-mistura) e de queima direta. Nos queimadores de queima direta o gás é injetado puro, diretamente na zona de combustão, através de bicos com furos de pequeno diâmetro. Estes queimadores normalmente apresentam baixo ruído, chamas longas e elevada redução de queima [8,9]. Nos queimadores aspirantes a maior parte do ar de combustão é aspirado pela expansão do gás combustível num Venturi, onde se misturam o ar e o gás combustível [13].

1.1. TIPO DE QUEIMADORES

1.1.1. Mistura no bocal do queimador

Este sistema apresenta uma faixa ampla de operação, com possibilidade de redução da potência até 1:20 pode aquecer fornos a temperatura de até 1500 °C. É utilizado em qualquer aplicação industrial, assim como fornos de tratamento térmico, fornos de aquecimento para forja e caldeiras [9]. Em geral estes queimadores são instalados com pedra refratária para estabilizar a chama e não apresentam risco de retorno de chama requerendo pressões em torno de 250 - 1500 Pa para gás e 1250 - 2000 Pa para o ar [1].

1.1.2. Mistura parcial do comburente

Este sistema promove a mistura parcial do combustível e ar primário, dentro dos limites de flamabilidade e a mistura é encaminhada ao bocal ou bocais do queimador, a velocidade usual de descarga da mistura pelo bocal é da ordem de 0,25 a 6 m/s e os queimadores com bocal único, normalmente possuem estabilizador de chama, cujo princípio é o da recirculação de gases quentes, obtidos com a instalação de obstáculos, tipo grelha, na saída do bocal [13]. Para a descarga de um jato com mistura rica é necessária uma quantidade considerável de ar secundário, restringindo a sua utilização para os casos em que o excesso de ar não é desejável; e a sua temperatura de operação é inferior a 900 °C apresentando limitação de utilização em câmaras pressurizadas, podendo ocorrer retorno de chama, em operações inadequadas.

1.1.3. Mistura completa: (mistura próximo da estequiométrica)

Este sistema é utilizado em processos em que se requer controle da atmosfera, e a sua temperatura de operação com ar pode chegar a 1600 °C. Normalmente é utilizado em trabalhos de acabamento em artigos de vidro, cuja operação é denominada requieima e que necessita de temperaturas elevadas e aquecimento localizado em certas regiões da peça processada [13].

Existem diversos tipos de processos de aquecimento, como chama, indução, forno de atmosfera controlada, atmosfera comum, a vácuo, banho de metal fundido, spray de metal fundido (dip brazing) e etc [2,3]. A temperatura da chama e o tempo para que a chama atinja a temperatura necessária para brasagem, são características fundamentais para um processo de brasagem industrial. O processo de brasagem utiliza chama originada da mistura de um gás combustível (acetileno, Gás Liquefeito de Petróleo, propano, gás natural ou hidrogênio) com o oxigênio ou ar atmosférico em um maçarico apropriado. No entanto, o oxigênio puro é o principal oxidante do processo de brasagem utilizados pela indústria. Apesar de ser um processo considerado de baixo custo, o custo do metro cúbico do oxigênio puro se tornou expressivo em função do volume e motivou a Whirlpool Eletrodomésticos S/A financiar uma pesquisa para desenvolvimento de um processo de menor custo e que mantivesse as mesmas características da fabricação atual com oxigênio puro que atendesse um ciclo de produção de 45 segundos. Neste sentido, este trabalho visa projetar, montar e testar uma plataforma experimental de teste. Para tanto, foi confeccionada uma plataforma experimental capaz de usar o ar atmosférico como oxidante do combustível GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) para brasagem da liga Al-Mn e de fazer variar a temperatura, como também armazenar em tempo real em um banco de dados de um computador as medidas de tempo e temperatura mesuradas através de termopares instalados nos queimadores.

2. CONFIGURAÇÕES DE QUEIMADORES INDUSTRIAIS

A função do queimador é o de fazer com que o combustível e o oxidante fiquem em contato o tempo suficiente e à temperatura suficiente para ocorrer e completar a reação de combustão [4,5]. Para manter essa característica o queimador é configurado dependo do tipo de oxidante que vai ser usado para queimar o combustível [6,7,10]. A figura 1 mostra a configuração típica de um queimador para processo de brasagem que utiliza como oxidante o oxigênio e a figura 2 apresenta um queimador da configuração típica, sendo ar atmosférico o oxidante do combustível.

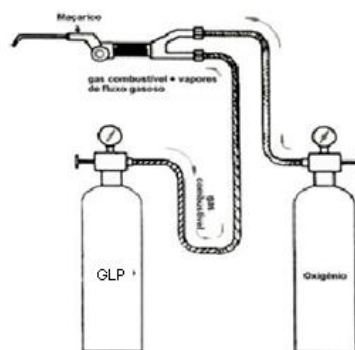


Figura 1 - Esquema de um maçarico para brasagem com queimador que utiliza como oxidante o oxigênio. Fonte: www.gasflux.com.br

Esse tipo de queimador, utiliza uma válvula com Venturi, que é o principal componente do maçarico. Esta válvula controla o fluxo de gás e oxigênio através da mangueira. Quando se usa gás de bujão sem regulador de pressão, esta válvula tem a função de puxar mais gás para misturar-se ao oxigênio, tornando mínimo o efeito da oscilação de pressão do gás.



Figura 2: Esquema de um maçarico para brasagem com queimado de ar induzido.
Fonte: <http://www.nei.com.br>

Este de tipo de maçarico utiliza com sistema de mistura e arrasto válvula tipo Venturi, como pressão requerida de gás na entrada de 0,7 até 2 bar (10 e 30 psig). Devido às suas características, não necessita de ventilador de combustão/ar comprimido, sendo de fácil aplicação.

3. MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório Físico-Químico da empresa Whirlpool Eletrodomésticos S/A proprietária das marcas Brastemp e Consul no Brasil em parceria com Instituto de Tecnologia Galileu da Amazônia e a Universidade Federal do Pará - AM.

3.1. Diagrama de blocos do sistema de medição

Conforme estabelecido anteriormente, a medição da temperatura em função do tempo direciona a caracterização das temperaturas que o queimador precisa fornecer para aquecimento do metal base até a fusão do material de adição, de modo que esse processo atinja um tempo que atenda o ritmo a necessidade da brasagem para união de tubos com a liga Al-Mn. Através das curvas experimentais Temperatura versus Tempo, podem-se determinar as temperaturas correspondentes as proporções de composição das mistura ar atmosférico/GLP e o tipo queimador para aquecimento e brasagem da liga Al-Mn e a liga de adição Al-Si.

Para que essa medição possa ser realizada, se faz necessário variar de forma controlada a temperatura, a proporção da mistura e o tipo de queimador e monitorar simultaneamente a temperatura e tempo. A Fig. (3) ilustra, através de um diagrama de blocos, o sistema de medição que pode ser aplicado para caracterizar a temperatura e o tempo da plataforma experimental.

Para o desenvolvimento do sistema de medição, a Fig. (3) mostra a necessidade de fonte de gás combustível (GLP) e uma fonte de ar atmosférico, um controlador de vazão volumétrica, uma câmara de mistura de gases, um queimador para fazer variar a temperatura e o tempo de aquecimento, um sensor de temperatura e um sistema de aquisição de dados conectado a um computador (PC). Os parâmetro envolvido na medição é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na chama do queimador. Estes

parâmetros devem ser monitorados no tempo (t) e armazenados em computador para análise posterior.

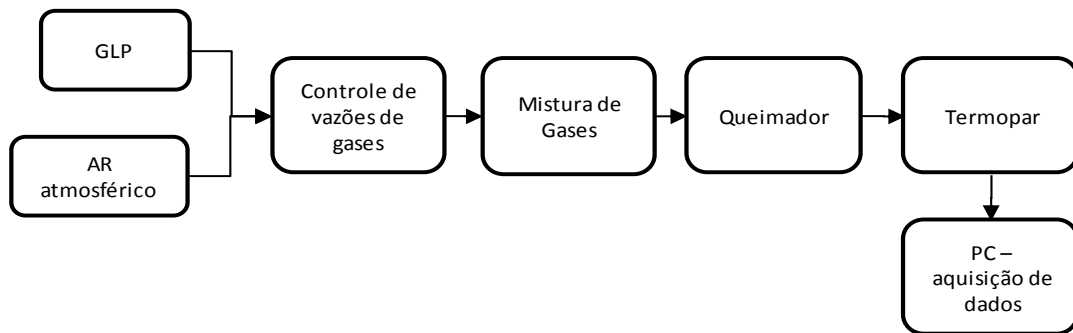


Figura 3. Diagrama de blocos ilustrativo do sistema de medição da temperatura em função do tempo.

3.2. Montagem do sistema de medição e plataforma experimental

Com base no diagrama de blocos da Fig. 3. o GLP (1) é fornecido por tanque externo através da rede industrial a uma pressão de $1,2\text{kgf/cm}^2$. O ar atmosférico é fornecido por um compressor radial (2) da marca Abraam com capacidade de vazão volumétrica de $1,8\text{ m}^3/\text{min}$. Os rotômetros (3) usados para controle de vazão volumétrica dos gases em l/h para GLP e m^3 para o Ar são da marca Aplitec. A câmara de mistura (4) foi projetada em alumínio e permite misturar o ar atmosférico com o GLP em proporções pré-estabelecidas. O queimador (5) fabricado em latão é responsável pela queima da mistura de ar atmosférico/GLP e manter a estabilidade da chama. Dois termopares tipo K (6) da marca Minipa com capacidade de leitura até $1300\text{ }^\circ\text{C}$, faz a leitura da temperatura da chama. O sistema de aquisição de dados (7) da marca Yokogama, modelo 3412, equipado com um módulo multiplexador de 10 canais com precisão de leitura de até 2 dígitos com conexão RS-232. Esse sistema de aquisição permite fazer a medição da temperatura da chama no queimador em função do tempo, com registro de dados para análise posterior com dois fios.

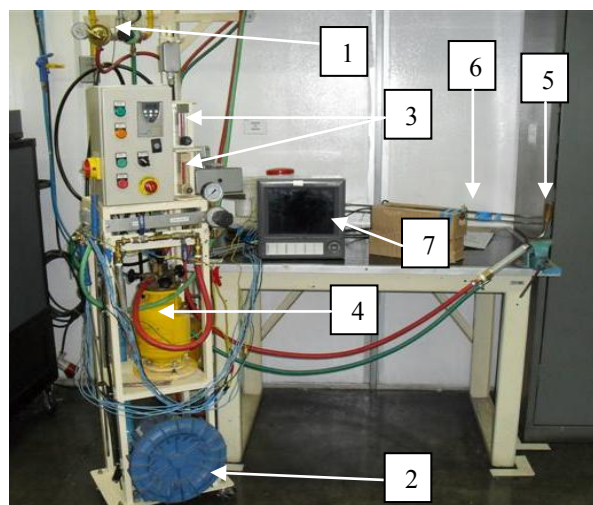


Figura 4. Plataforma experimental de medição da temperatura em função do tempo para brasagem da liga Al-Mn e liga de adição Al-Si.

Os dois fios do termopar são conectados ao sistema de aquisição de dados e o termopares são ligados diretamente na chama no queimador no ponto 1 e 2 Figura 5 e 6. Este sistema utiliza o programa DxViewerELogger Utilities que permite a visualização do comportamento da temperatura em função do tempo real, como ilustra a Figura 7.

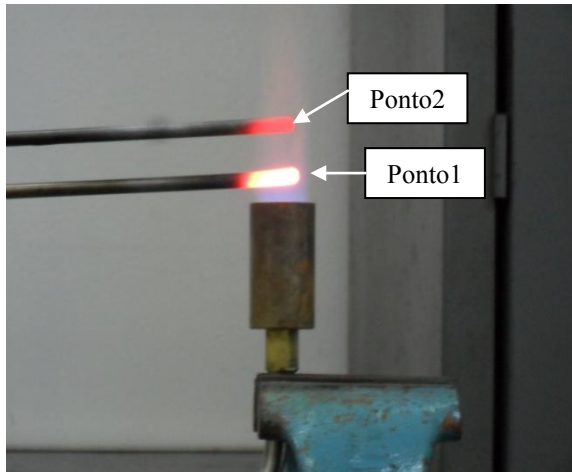


Figura 5. Medição da temperatura com termopar tipo k com queimador cilíndrico durante os testes.

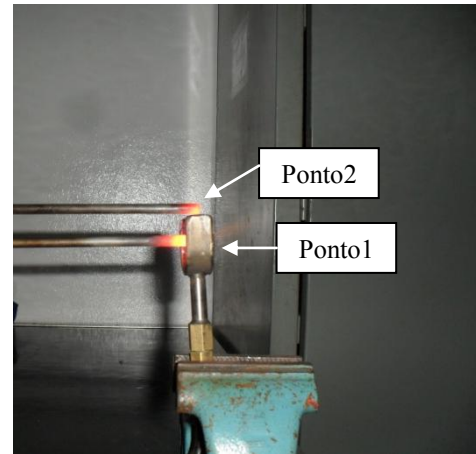


Figura 6. Medição da temperatura com termopar tipo k no queimador com formato de U durante os testes.

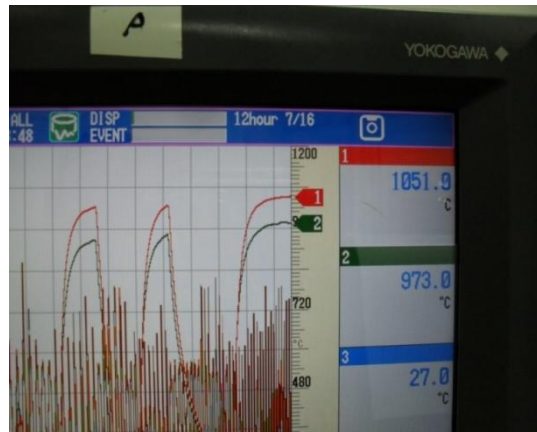


Figura 7. Tela interativa do programa sistema de aquisição de dados Yokogawa durante um ensaio.

3.3. Tocador de calor e material de adição utilizado para testar o sistema desenvolvido

A plataforma experimental mostrada na Fig. (4) foi testada utilizando uma amostra de trocador de calor fornecido pela whirlpool Eletrodomésticos S/A, com 22 pontos para brasagem com tubos e curvas de alumínio liga Al-Mn e com metal de adição com a liga Al-Si figura (8) na forma de fio fino de diâmetro 2 mm e anel com espessura de 2 mm, conforme ilustra a brasagem com o bico tipo U na Figura 8.



Figura 8. Trocador de calor e material de adição usada para teste da plataforma experimental.



Figura 9. Teste da plataforma experimental na brasagem do trocador de calor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Curvas do teste do sistema desenvolvido através monitoramento temperatura da chama no queimador

No comportamento das curvas temperatura da chama versus tempo, foi verificado para dois tipos de bicos queimadores, sendo um queimador tipo cilíndrico e outro queimador tipo U, com duas composições de mistura constante, usando uma relação de 1:23,82 para calcular a quantidade de ar atmosférico que fornece a quantidade de moléculas de oxigênio necessárias para efetuar a combustão completa do combustível. O ar atmosférico é composto de 21% (O_2) e 79 % (N_2) e a quantidade de ar atmosférico necessário para queima estequiométrica é chamada de ar teórico [8].

O processo de mistura de ar e GLP, visa obter uma mistura com poder calorífico capaz de atingir a temperatura de trabalho para brasagem da liga base Al-Mn com a liga de adição Al-Si, que de acordo com o fabricante, possui temperatura de trabalho entre 570 a 580 °C. As proporções utilizadas são: (1) 100 litros de GLP/h para 2,382 m^3/h ar atmosférico, e (2) 150 litros de GLP/h para 3.573 m^3/h de ar atmosférico.

A figura 10 (a) e (b) foram levantadas através da leitura em dois pontos da chama com uma a proporção de mistura (1) e (2) respectivamente e o queimador é do tipo cilíndrico figura (5). A curva Ctemp (1)(curva de temperatura do ponto 1) e Ctemp(2) (curva de temperatura do ponto 2) mostram duas regiões distintas de temperatura na chama, onde a taxa de diferença se mantém constante ao longo do tempo a partir do atingimento da temperaturas máximas. A curva Ctemp (1) apresenta $Temp_{max1} = 1025,6^\circ C$ (Temperatura máxima de Ctemp (1)) e a curva Ctemp (2) (Temperatura máxima de Ctemp (2)) apresenta $Temp_{max2} = 831,3^\circ C$ com um delta de temperatura entre as Ctemp(1) e Ctemp(2) de 194,3 °C. A reta TT(Temperatura de trabalho da liga Al-Si) ,apresenta o ponto de temperatura de trabalho da liga Al-Si aplicada na brasagem e seu cruzamento no eixo do tempo. O tempo para atingimento da temperatura de trabalho da liga Al-Si é de 27(s) para região da chama caracterizada por Ctemp(1) e 38(s) para Ctemp(2). A figura 10 (b) apresenta as mesmas características em termos de comportamento ao da figura 10 (a), porém do ponto de vista das temperaturas máximas (b), tem-se uma diferença de 76,3°C em relação $Temp(1)_{max}$ de (a) e 90°C para $Temp(2)_{max}$. Isso já era esperado em função de (b) usar a mistura de composição 2 que possui mais GLP. Como a potência calorífica para elevar a temperatura aumentou o tempo para atingimento da temperatura TT(Al-Si), diminuiu para 23 (s) sem separação das curvas de aquecimento em torno da TT(Al-Si) como em (a).

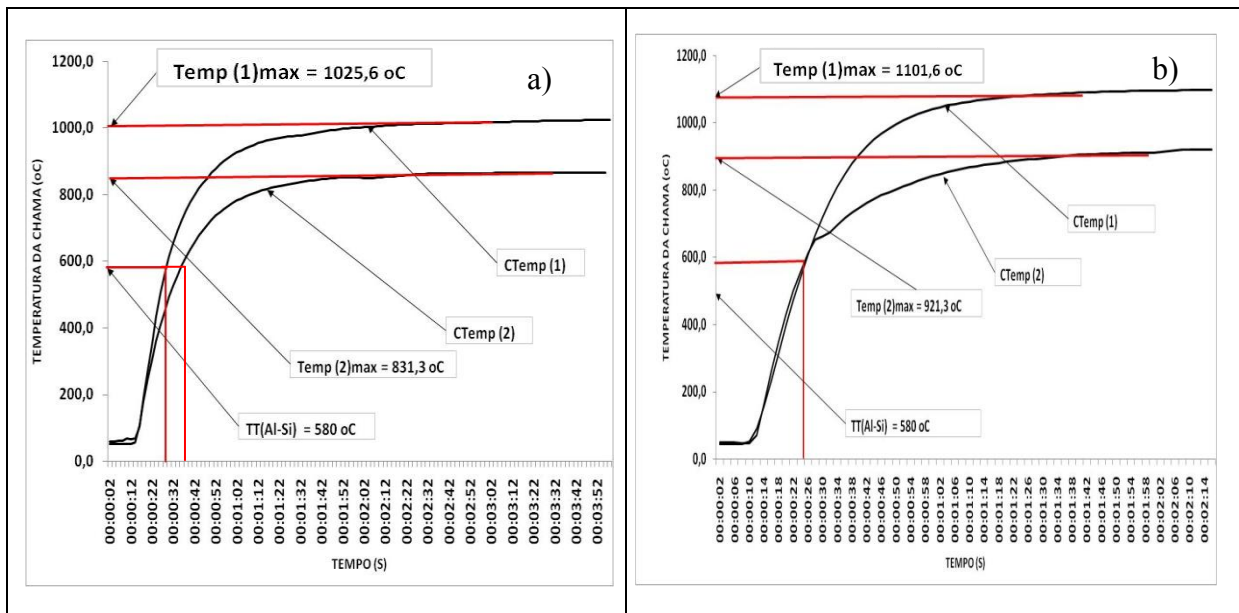


Figura 10 – Gráfico da temperatura versus tempo (a) Bico queimador tipo cilíndrico 100 litros GLP/h e 2,382 m³/h de ar atmosférico, (b) Bico queimador tipo cilíndrico 150 litros de GLP/h e 3.573 m³/h de ar atmosférico.

A figura 11 (a) e (b) foram levantadas através da leitura em dois pontos da chama com uma a proporção de mistura (1) e (2) respectivamente e o queimador é do tipo U figura (6). A curva Ctemp (1) e Ctemp(2) também apresentam regiões distintas de temperatura na chama como a figura 10 (a) e (b) e a taxa de diferença de temperatura também demonstra comportamento constante ao longo do tempo a partir do atingimento da temperatura máxima. A principal diferença das curvas em relação da figura 10 com o queimador cilíndrico, está na faixa das temperaturas máximas para as mesmas composições de mistura e na variação entre as temperaturas mensuradas nas duas regiões da chama. O delta de diferença de temperatura entre as curvas Ctemp(1) e Ctemp(2) da figura 11 (a) e (b) é 354,2°C e 337,1°C respectivamente. A região da chama caracterizada pela curva Ctemp(2) apresenta grande decréscimo de temperatura causada pelo ponto de leitura de temperatura na chama limitado pela geometria do queimador figura (6). A reta TT(Al-Si) traçada na Figura 11(a) e (b) apresenta um tempo para atingimento da temperatura de trabalho para brasagem com a liga Al-Si entorno de 23(s) para curvas Ctemp(1) (a) e Ctemp (2) (b). As regiões da chama caracterizada Ctemp(2) (a) e (b) da figura 11, apresentam o tempo entre 38 e 42 (s) respectivamente.

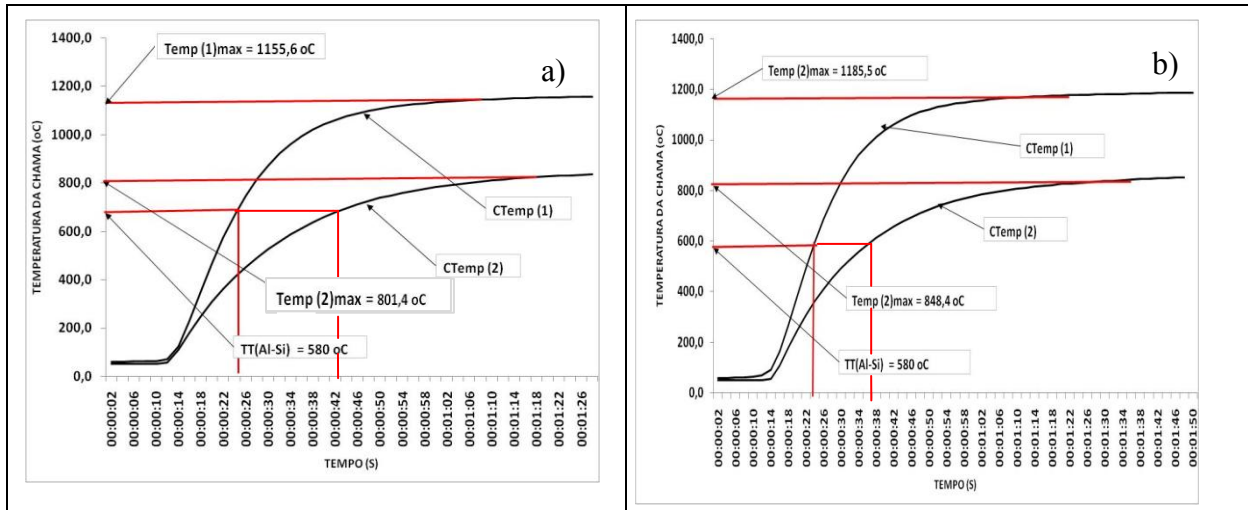


Figura 11 - Temperatura versus tempo para mistura (c) Bico queimador tipo U mistura (1), (d) Bico queimador tipo U mistura (2).

4.2. Testes de brasagem num trocador de calor usando plataforma experimental

Com o objetivo de validar a plataforma de teste experimental após o estudo de caracterização dos queimadores por meio de curvas temperatura versus tempo, foi preparado um teste prático de brasagem com um trocador de calor em alumínio com a liga base Al-Mn e liga do material de adição Al-Si no formato de anel, fornecido pela empresa Whirlpool Eletrodomésticos S/A. O trocador de calor é composto de 22 pontos para serem brasados, onde esses pontos são unidos por curvas que fazem a ligação dos circuitos de circulação do gás refrigerante. O queimador que foi utilizado foi o tipo U em função da eficiência em relação ao queimador cilíndrico para a mesma composição de mistura (1). A variável importante para esse teste é o tempo necessário para brasagem completa de cada ponto do trocador de calor. A figura 12 apresenta a tempo de brasagem versus os pontos do trocador de calor. O tempo médio de brasagem foi de 20,55 (s) que está de acordo com o tempo encontrado nas curvas características dos queimadores. Esse tempo é considerável aceitável pela Whirlpool Eletrodoméstico S/A que colocou como meta um sistema que fosse capaz de fazer o processo de brasagem com um ciclo de 45 segundos por ponto.

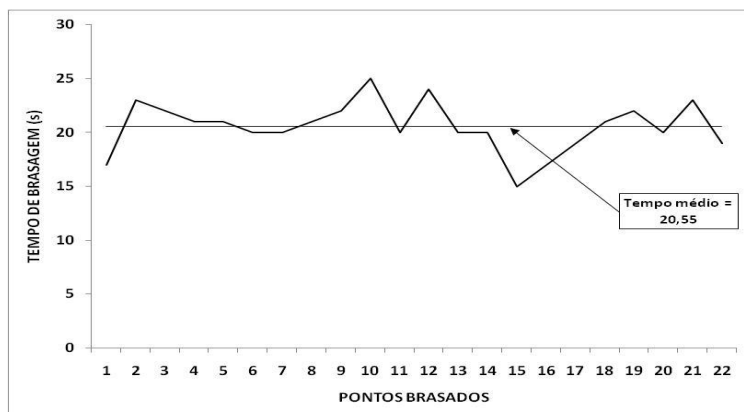


Figura 12 – Curva tempo de brasagem versus ponto do trocador de calor para mistura com composição (1) com bico tipo U.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e mostrados neste trabalho permitem concluir que:

- Um sistema de medição da temperatura em função do tempo para a plataforma experimental com as proporções de mistura (1) e (2) com os modelos de queimadores tipo cilíndrico e tipo U foi montada e testada com sucesso.
- Os valores de temperatura encontrados no queimador de modelo cilíndrico e modelo em U permitem a brasagem da liga base Al-Mn com a liga de adição Al-Si para as duas composições de mistura oxicom bustível.
- O queimador tipo U mostrou um rendimento energético superior ao modelo cilíndrico para as mesmas proporções de mistura de ar atmosférico/GLP usadas no queimador cilíndrico. A concentração da chama no centro do queimador minimiza a perda térmica e ajuda o aquecimento da mistura o que ocasiona redução na potência fornecida [5,11].
- O teste prático realizado com a plataforma experimental na brasagem dos 22 pontos no trocador de calor um tempo de brasagem médio de 20,55 (s) realizando a brasagem com 54,3% melhor que o tempo de 45(s) esperado para o processo com chama estável e laminar recomendada para brasagem [2,12].
- O resultado prático afirma que o conceito de brasagem com ar atmosférico e GLP é um sucesso e é viável para brasagem do metal base Al-Mn com metal de adição Al-Si do ponto de vista industrial. O sistema tem um potencial de redução de custo de 100% na aquisição do m³ oxigênio que está em torno de R\$ 9,50, valor que varia de acordo com o estado brasileiro.

AGRADECIMENTOS

A Whirlpool Eletrodoméstico S/A pelo financiamento do projeto e a permissão do uso de sua instalação fabril para os testes experimentais e desenvolvimento da pesquisa

Ao ITEGAM (Instituto de Tecnologia Galileu da Amazônia) e a Universidade Federal do Pará pelo apoio na orientação na pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

1. ABDEL-GAYED, R. G., BRADLEY, Derek. Criteria for turbulent propagation limit of preixed flames. *Combustion and Flame*, New York, v. 62, n. 1, p. 61-68, out.1985.
2. Aerodynamics of a Movable Block Burner, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **20**(4), 391-401 (2003).
3. BUCKMASTER, John David. *Theory of Laminar Flames*. Cambridge: Cambridge University, 1982. 262 p.
4. Brewster, B. S., Cannon, S. M., Farmer, J. R. and Meng, F., Modeling of Lean Premixed Combustion in Stationary Gas Turbines, *Progress in Energy and Combustion Science*, 25, 353-385 (1999).
5. Fudihara, T. J., Goldstein, L. and Mori, M., The Three-Dimensional Numerical Li, H. and Tomita, Y., Characteristics of Swirling Flow in a Circular Pipe, *Journal of Fluids Engineering*, **116**(2), 370-373 (1994).
6. Haifeng W., Yiliang, C. , Fluid Dynamics Research Steady flamelet modelling of a turbulent non-premixed flame conside ring scalar dissipationrate fluctuations Volume 37, Issue3 , September 2005, Pages133-153
7. J.A.M. de Swart, G.R.A .Groot, J. A. van Oijen, J.H.M. ten Thije Boonk kamp, L.P.H.de Goey , *Combust. Flame* 145 (2006) pp 245–258.
8. JR, J.A. C., MCQUAY, M.Q. *Princípios de Combustão aplicada*. Editora da UFSC, Florianópolis, 2007.
9. KUO, Keneth Kuan-yun. *Principles of Combustion*. New York: John Wiley & Sons, 1986. 810 p.
10. KHATCHATOURIAN, O . Combustion de Querosen em Aire, en Condiciones de Estabilización Aerodinâmica de la Flama, *Información Tecnológica*, vol. 9, N°4, (1998), pp. 247-254.
11. MORGANS, A. S., STOW, S. R., Model-based control os combustion instabilities, *Combustion and Flame* 150 (2007) 380 – 399.
12. ROBERT, P., *Industrial Brazing Practice*. Editora CRC Press. New York Washington, D.C., 2004.
13. WANG, J. F., ZAHNG, H., JARDSINSKI, J., GORCZAKOWSKI, A., PORFILIPSKI, J., Laminar burning velocities and markstein lengths of premixed methane/Air flame near the lean flamambility limit in microgravity, *Combustion and Flame* **157** (2010) 667-675.