

DESENVOLVIMENTO DE UM FORNO DE FUNDIÇÃO DE PEQUENO PORTE ALIMENTADO POR GLP

Marcelo Almeida Magalhães (Universidade Federal do Pará) E-mail: marcelo.magalhaes@tucurui.ufpa.br
Rodimilson Coelho Rodrigues (Universidade Federal do Pará) E-mail: rodi.rodrigues@bol.com.br
Douglas Neves Garcia (Universidade Federal do Pará) E-mail: dgarcia@ufpa.br

Resumo: A manipulação dos metais em seu estado líquido é uma técnica que possibilita misturar diversos elementos e criar metais com propriedades únicas. Existem diferentes tipos de fornos de fundição, cada tipo de forno tem suas próprias características e é escolhido de acordo com o tipo de metal que será fundido e a quantidade de produção desejada. A elaboração desse projeto baseia-se na construção de um forno de fundição de pequeno porte, de cadinho móvel, alimentado por gás liquefeito de petróleo (GLP), com capacidade de atingir aproximadamente 1100 °C, temperatura está que possibilita fundir metais importantes para engenharia, como alumínio, cobre, ouro, prata, zinco, entre outros. O forno desenvolvido mostrou-se econômico em sua fabricação, pois contou com a reutilização de materiais provenientes de outros projetos e com a colaboração de parcerias formadas com empresas regionais. Ao final do projeto, realizaram-se testes para verificar a eficiência do forno, por meio de análises e medições durante o processo. As avaliações abrangeram o comportamento do revestimento refratário, a chama gerada pelo queimador, a transferência de calor e o comportamento dinâmico do sistema. Os resultados obtidos demonstraram um adequado isolamento térmico, permitindo se manter em temperaturas abaixo de 50°C na parte externa da base e da tampa do forno. Além disso, o queimador mostrou-se satisfatório, produzindo uma chama intensa e azulada, resultado de uma queima estequiométrica com alto poder calorífico. Ao realizar a fundição de amostras de alumínio o projeto demonstrou que seus objetivos propostos foram atendidos de forma satisfatória.

Palavras-chave: Fusão de alumínio, cadinho de SiC, câmara de combustão.

DEVELOPMENT OF A SMALL-SCALE LIQUEFIED PETROLEUM GAS (LPG) POWERED MELTING FURNACE

Abstract: Manipulating metals in their liquid state is a technique that enables the mixing of various elements to create metals with unique properties. Different types of casting furnaces exist, each with its own characteristics, selected based on the type of metal to be melted and the desired production quantity. This project aims to construct a small-scale, tilting crucible furnace powered by liquefied petroleum gas (LPG), capable of reaching temperatures of approximately 1100°C. This temperature range facilitates the melting of crucial engineering metals such as aluminum, copper, gold, silver, zinc, and others. The developed furnace proved to be economical in its fabrication, utilizing reused materials from other projects and benefiting from collaborations with regional companies. Upon project completion, tests were conducted to assess the furnace's efficiency, involving analyses and measurements throughout the process. Evaluations encompassed the behavior of the refractory lining, the flame generated by the burner, heat transfer, and system dynamics. The results obtained demonstrated adequate thermal insulation, maintaining temperatures below 50°C on the external surfaces of the furnace base and lid. Additionally, the burner proved satisfactory, producing an intense blue flame resulting from stoichiometric combustion with high calorific value. Through the casting of aluminum samples, the project successfully achieved its proposed objectives.

Keywords: Aluminum melting, SiC crucible, combustion chamber.

1. Introdução

Segundo Callister (2002), a fundição é um processo de fabricação no qual um metal totalmente fundido é derramado no interior da cavidade de um molde que possui a

forma desejada; com a solidificação, o metal assume a forma do molde. As técnicas de fundição são empregadas quando a forma acabada é tão grande ou complicada que qualquer outro método seria impraticável, uma liga específica possui uma ductilidade tão baixa que a conformação tanto a quente quanto a frio seria difícil.

Os fornos a cadinho têm destaque quando se refere à utilização de queimadores para fornecer a queima de combustível. Os fornos a cadinho possuem limitações físicas quando se deseja produzir altas faixas de temperatura, devido a isso, eles são ideais para fundir metais não ferrosos. Sendo assim, eles são viáveis para produção de baixa escala em empresas de pequeno porte, ou em laboratórios de pesquisas quando se quer analisar comportamento do metal fundido, estudo da chama de combustão, teste de cadinhos e revestimentos térmicos. É importante salientar que os fornos a cadinho possuem dispositivos importantes que trabalham em conjunto para fornecer uma boa eficiência. Além do queimador, eles necessitam de cadinho, ferramentas de manuseio para inserção e retirada do cadinho, tampa de vedação, base de apoio e revestimento térmico refratário (OLIVEIRA, 2013).

O processo de modelagem ou modelação permite construir uma réplica das peças que serão fundidas, tendo a finalidade de imprimir as formas e dimensões das peças no molde de fundição e composto pelo modelo da peça, modelo dos canais de alimentação e modelo dos massalotes. (BALDAM e VIEIRA, 2014).

Este projeto tem como finalidade o projeto e a construção de um forno de baixo custo para a fundição de ligas não ferrosas, como alumínio e latão, tipo cadinho, visando sua utilização em laboratório de ensino para a realização de atividades práticas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Após uma extensa pesquisa teórica para identificar os materiais adequados a serem utilizados no projeto, bem como uma análise de mercado para avaliar os custos envolvidos, os materiais selecionados foram compilados no quadro 1, visando uma compreensão mais clara.

Após o projeto do forno, o mesmo foi construído nas dependências do laboratório de engenharia mecânica. Dessa maneira, foi possível reaproveitar materiais não utilizados em projetos anteriores, além de utilizar a mão de obra dos próprios autores, resultando em uma redução nos custos finais. Apesar dessa estratégia, a construção do forno só foi possível com a parceria da empresa DOW, Fábrica de Silício Metálico, localizada em Breu Branco-Pará, que dou 240 kg de argamassa refratária necessária ao projeto.

Material	Quantidade	Custo
Barril de 200 litros	1	Doação
Manta cerâmica SiO ₂ /Al ₂ O ₃ 25 mm	3 m	R\$ 260,22
Argamassa refratária	240 kg	Doação
Tijolo refratário	20	Reaproveitamento
Cadinho SiC 2 litros	1	R\$ 657,00
Tubo de 90 mm	400 mm	Reaproveitamento
Tubo de 40 mm	1	Reaproveitamento
Vergalhão de 9,52 mm	12 m	Doação


Chapa de aço de 6 x 700 x 700 mm	1	Reaproveitamento
Rodinhas	4	Reaproveitamento
Barra chata 6 x 20 x 630 mm	2	R\$ 138,00
Tinta de alta temperatura	3	R\$ 81,00
Bico injetor	1	R\$ 16,00
Registro de gás	1	R\$ 15,00
Total		R\$ 1167,22

Quadro 1 – Materiais utilizados (fonte: Autores, 2024).

2.2 Metodologia

Inicialmente, ao considerar a construção de um forno de fundição, a primeira ideia que vem à mente é a fusão de ferro. No entanto, devido ao alto custo de combustível necessário para atingir a temperatura de fusão do ferro e à limitação de espaço onde o forno seria instalado, foi decidido restringir a fusão de metais não ferrosos, com uma temperatura máxima de fusão de 1100 °C para fundir cobre.

Uma vez que o forno seria utilizado em um ambiente laboratorial, e não industrial, optou-se por uma capacidade de fundição reduzida. A escolha do cadinho é uma das partes mais importantes, uma vez que as dimensões do forno seriam baseadas nas dimensões do cadinho. Portanto, foi selecionado o cadinho do tipo A/F 01 fornecido pela Corona Cadinhos, como mostra a Figura 1. A linha A/F consiste em cadinhos feitos de Carbetto de Silício (SiC), recomendados para trabalhar com metais não ferrosos.



Tipo A/F	A (mm)	ØB (mm)	ØC (mm)	ALUMINIO ALUMINUM (KG)	COBRE COPPER (KG)	LITROS LITERS
A/F 1	95	75	52	0.4	1.4	0.18
A/F 2	112	98	71	0.9	2.9	0.37
A/F 3	132	100	71	1.1	3.7	0.47
A/F 4	140	116	80	1.6	5.2	0.66
A/F 5	150	118	80	1.7	5.6	0.72
A/F 6	170	136	95	2.6	8.5	1.08
A/F 8	186	138	95	3	9.8	1.25
A/F 10	197	162	110	4.3	14	2
A/F 13	220	165	110	5	16	2
A/F 16	230	195	133	7.8	26	3
A/F 20	250	198	133	9	29	4
A/F 25	247	221	158	10	33	4
A/F 30	302	224	158	13	43	6

Figura 1 - Seleção do cadinho (fonte: Autores, 2024).

O projeto adaptou-se a um tonel de aço de 200 litros que serviu como base para o forno. Esse tonel foi cortado, resultando em uma parte que se tornou a base da câmara de combustão e outra que se tornou a tampa. A Figura 2 apresenta o desenho técnico com as medidas de altura, diâmetro, posição do queimador e termopar como na Figura 2 (e) e outras medidas importantes para o projeto.

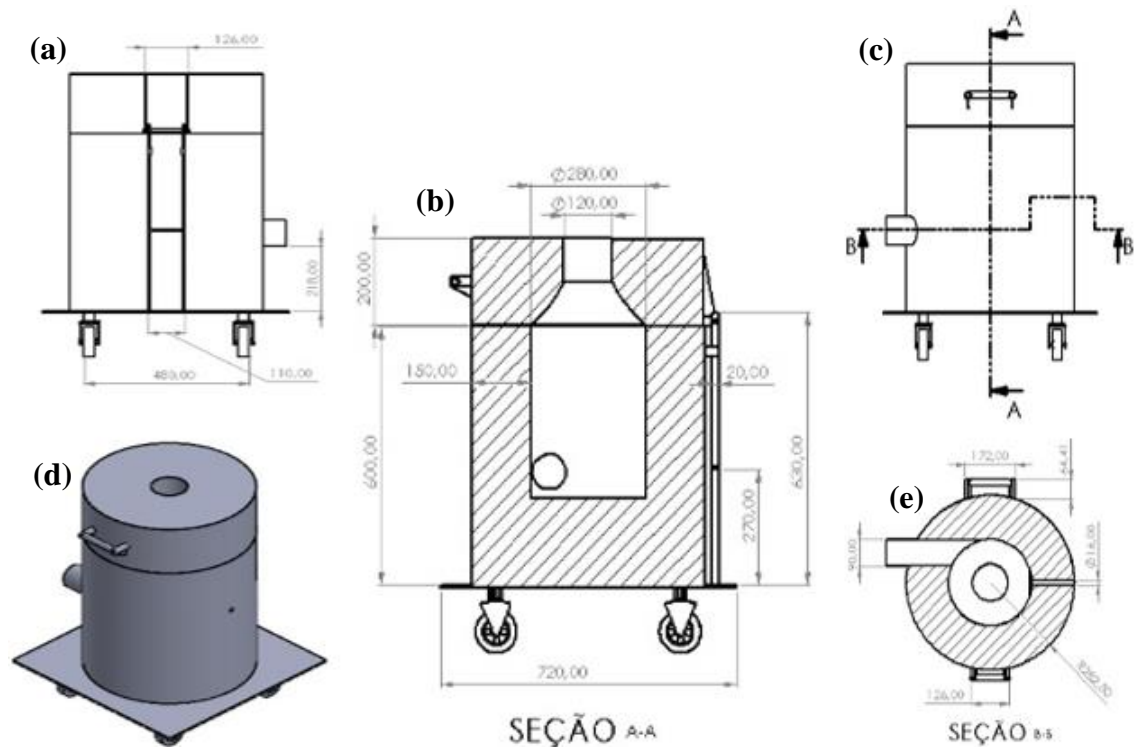


Figura 2 - Desenho técnico do forno de fundição, (a) Vista posterior, (b) Vista de corte A-A, (c) Posição do corte, (d) Vista isométrica do forno, e (e) Vista de corte B-B (fonte: Autores, 2024).

Após os cortes mencionados, devido ao peso final do equipamento, ele foi soldado a uma base com rodinhas para facilitar o deslocamento. Em seguida, a camada oxidada foi removida do interior para aplicar uma pintura com tinta de alta temperatura, visando evitar a corrosão, conforme mostrado na Figura 3 (a).

Para a construção da primeira etapa de concretagem, que consiste no piso refratário com altura de 200 mm, os seguintes materiais foram utilizados:

- Tijolos refratários
- Argamassa refratária
- Água

Seguindo as instruções do fabricante da argamassa refratária, para obter uma consistência adequada, foram utilizados 13% de água para cada quilo de material em pó. Portanto, para um saco de 25 kg, adicionou-se 3,25 litros de água. A mistura foi feita com o auxílio de uma enxada para garantir a homogeneidade. Em seguida, os tijolos foram posicionados e preenchidos com a argamassa, conforme apresentado na Figura 3 (b). Foi importante evitar lacunas entre os tijolos, pois isso poderia causar perda significativa de eficiência do forno. Na Figura 3 (c) é possível observar a base do forno finalizado.

Para garantir a resistência estrutural, levando em consideração que a espessura da chapa do tonel de aço é relativamente fina e poderia não suportar esforços repetitivos, foi necessário soldar um vergalhão de 9,52 mm em toda a circunferência da borda, Figura 4 (a). Isso proporcionou o suporte necessário para a tampa.

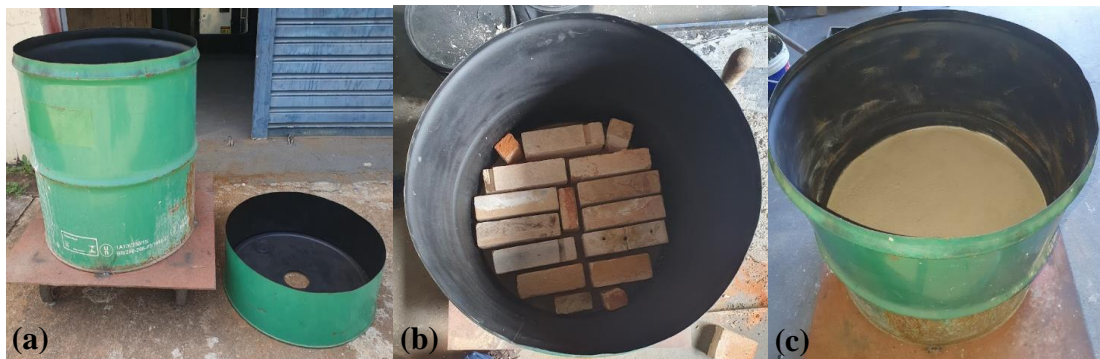


Figura 3 – Etapa inicial de construção do forno, (a) aplicação da tinta de alta temperatura, (b) tijolos para base, (c) base finalizado (fonte: Autores, 2024).

Um dos aspectos mais importantes do projeto é o posicionamento da entrada de chama. É fundamental evitar que o queimador incida diretamente sobre o cadinho, pois isso poderia causar danos ou falhas. Para esse propósito, o queimador foi posicionado de forma tangencial criando um turbilhão na câmara de combustão no sentido anti-horário. O esquema de posicionamento pode ser observado na Figura 4 (b) junto com o molde.

Para a câmara de combustão foi usado um molde feito de madeira e zinco, a madeira recebeu um corte circular onde retirou-se duas peças de 280 mm de diâmetro, e o zinco com a altura de 430 mm com um tamanho suficiente para ser bobinado na madeira formando um cilindro como na Figura 4 (c).

A atenção para as medidas da borda do tonel até a parede do molde neste ponto é crucial para o projeto. Aplicando a manta cerâmica na parede do tonel, Figura 5 (a), e preenchendo com argila refratária, Figura 5 (b), se evita que a parte externa aqueça em excesso, levando a perda de eficiência térmica. Na parte externa do forno foi adicionado um sistema de dobradiças para a tampa que foram fabricados de barra chata com 6 mm de espessura com reforços para evitar a flambagem.

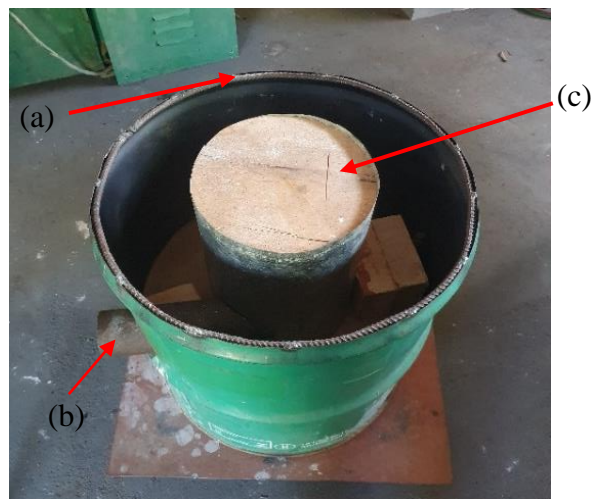


Figura 4 – Construção da câmara de combustão, (a) estrutura de sustentação, (b) entrada do queimador, (c) molde da câmara de combustão (fonte: Autores, 2024).

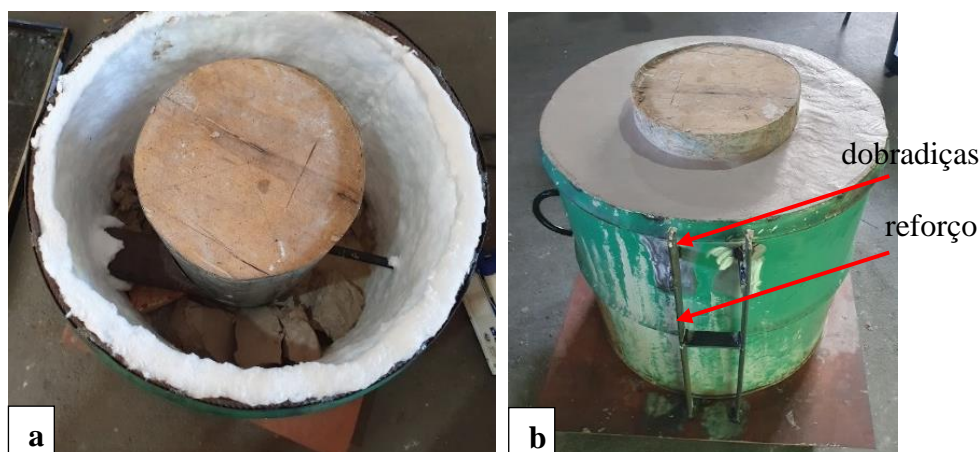


Figura 5 – Construção da parede da câmara de combustão, (a) aplicação da manta térmica, e (b) concretagem com argamassa refratária (fonte: Autores, 2024).

Para garantir maior segurança para a tampa do forno foi necessário construir uma estrutura interna, sendo feito 3 (três) aros de barra chata de 3 mm ligados por vergalhão, diâmetro 9,52 mm, como apresentado na Figura 6 (a), pois apenas a argamassa refratária não seria suficiente para fixá-la, correndo o risco de soltar e cair ao abrir a tampa.

Para criar as alças, foram utilizados tubos de 25,2 mm, o furo do tubo foi propositalmente deixado em aberto possibilitando a adição de um braço de alavanca para facilitar a abertura caso seja necessário conforme a Figura 6 (b). Em seguida, o preenchimento da tampa do forno foi realizado com a manta cerâmica, tijolos refratários porosos e a argamassa refratária, Figuras 6 (c) e (d). Na Figura 6 (d), que ilustra o acabamento final da tampa, é possível observar uma concavidade no centro da tampa, que é projetada para facilitar a saída dos gases da câmara de combustão.

Além disso, foi necessário utilizar um limitador de ar, feito de chapa de galvanizada com 0,5 mm de espessura. Esse limitador de ar é um componente importante para controlar a quantidade de ar que entra no queimador, garantindo a mistura adequada de ar e gás para uma combustão eficiente.

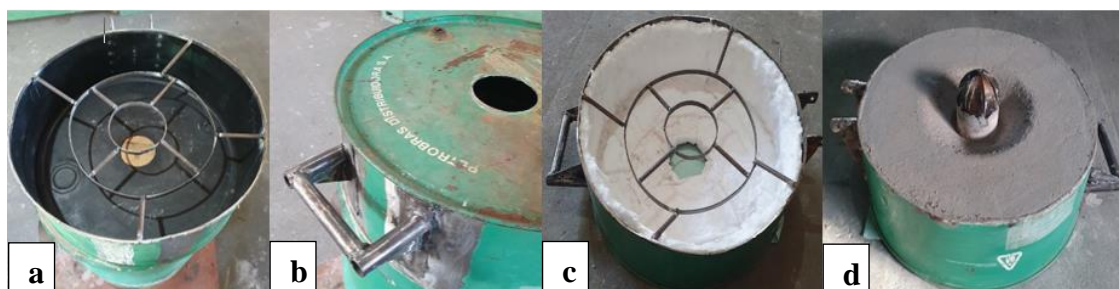


Figura 6 – Montagem da tampa do forno, (a) estrutura de sustentação, (b) alça, (c) deposição da manta cerâmica e dos tijolos refratários, e (d) tampa finalizada. (fonte: Autores, 2024).

Na fabricação do queimador foi utilizado um tubo de 50 mm de diâmetro no qual foram feitos quatro rasgos com 40 mm de comprimento por 10 mm de largura, posicionados a cada 90°, Figura 7 (a). Esses rasgos têm a função de permitir a entrada de ar que será succionado pela diferença de pressão causada pela massa de gás que passa em velocidade ao abrir o regulador de combustível do queimador, assim como no esquema da Figura 7 (b). O sistema de alimentação de gás é composto por dois registros: um de

alta pressão conectado ao botijão GLP e um regulador conectado a um bico injetor, os quais são do mesmo tipo usados em fogões industriais.

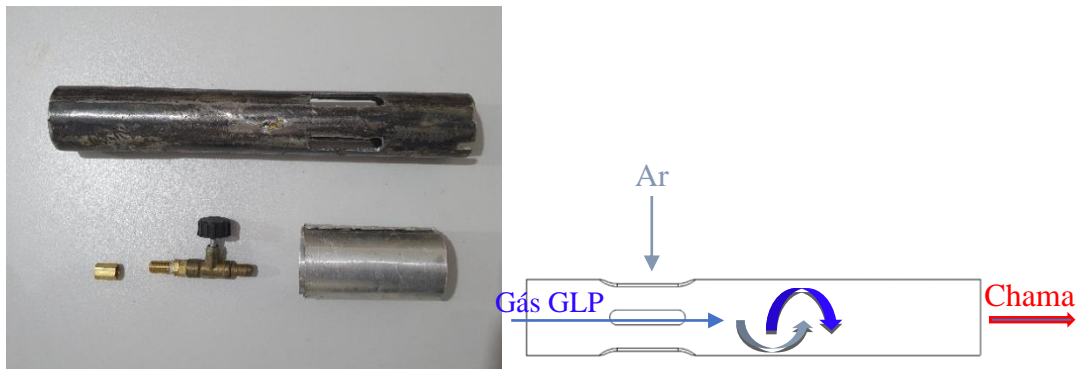


Figura 7 – Queimador, (a) partes componentes do queimador, e (b) esquema de alimentação no queimador (fonte: Autores, 2024).

Após a concretagem da tampa e do corpo o forno, foi deixado em repouso por sete dias para a cura da argamassa refratária, após a montagem do forno foi realizado um acabamento externo com de pintura, Figura 8.

Na Figura 9, são apresentadas as ferramentas de manuseio do cadinho. A pinça é utilizada para retirar o cadinho de dentro do forno após a fusão do metal. Essa ferramenta foi fabricada com base nas medidas do cadinho para garantir o melhor ajuste possível e um adequado manuseio. Sua construção foi feita utilizando vergalhão de 9,52 mm e barra chata de 6 mm. A outra ferramenta é o basculante que é utilizado para realizar o despejo do metal líquido no molde.



Figura 8 – Forno de fundição finalizado, (a) vista frontal, (b) vista posterior (fonte: Autores, 2024).

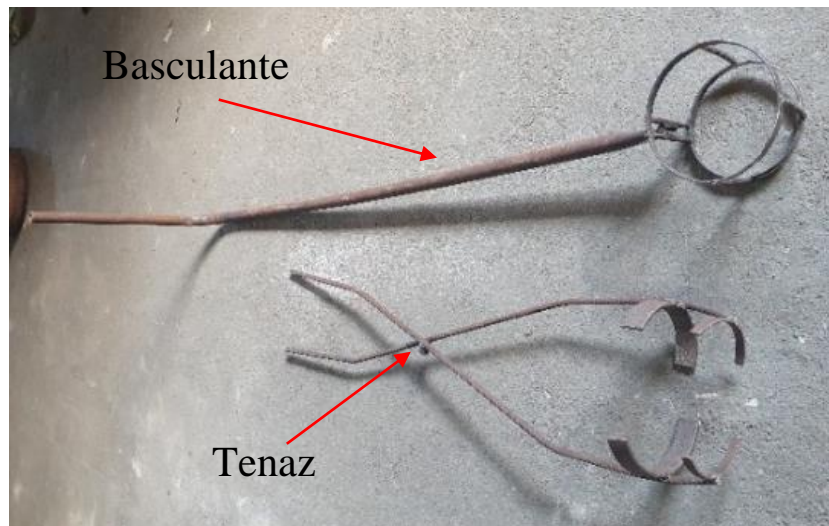


Figura 9 – Ferramentas para o manuseio do cadinho (fonte: Autores, 2024).

3. Resultados

Para avaliar todos os aspectos a respeito do funcionamento do forno, eficácia da parede do forno, o comportamento da chama e a refratariedade da tampa foram feitos testes para se certificar que todos os componentes operaram adequadamente. A realização do teste foi usando uma massa de 1,5 kg de alumínio, Figura 10.

O gás de cozinha (GLP - gás liquefeito de petróleo) é composto por vários hidrocarbonetos, principalmente o butano (C_4H_{10}) e o propano (C_3H_8), o poder calorífico do GLP fica na faixa dos 47.500 kJ/kg, assim como seu poder calorífico inferior (PCI) ficando na faixa de 11000 kcal/kg (NATIONALGAS, 2020). Uma combustão incompleta do GLP resulta em uma chama amarela e produz menos energia e pode levar à formação de carbono elementar (C), também conhecido como fuligem, diferentemente de uma combustão completa, que gera uma chama azulada (FOGAÇA).



Figura 10 – Cadinho de SiC com massa de alumínio (fonte: Autores, 2024).

No primeiro teste realizado, como apresentado na Figura 11 (a), observou-se uma chama amarela, indicando uma chama mais “fria”, menos intensa, após uma análise para averiguar o problema, constatou-se que a combustão estava ocorrendo antes do

previsto, e a também a quantidade de ar estava sendo insuficiente causando uma combustão incompleta. Isso estava ocorrendo devido à baixa vazão que o bico injetor estava proporcionando, sendo necessária uma solução para melhorar o desempenho. A medida adotada foi aumentar o diâmetro de saída do bico injetor de 4 para 8 mm, conforme pode ser observado na Figura 11. Com essa modificação, a chama se tornou mais intensa e adquiriu a tonalidade azulada característica da combustão completa, o que indica que o ajuste foi bem-sucedido, e que a quantidade de ar adequada estava sendo fornecida para a queima completa do gás GLP.

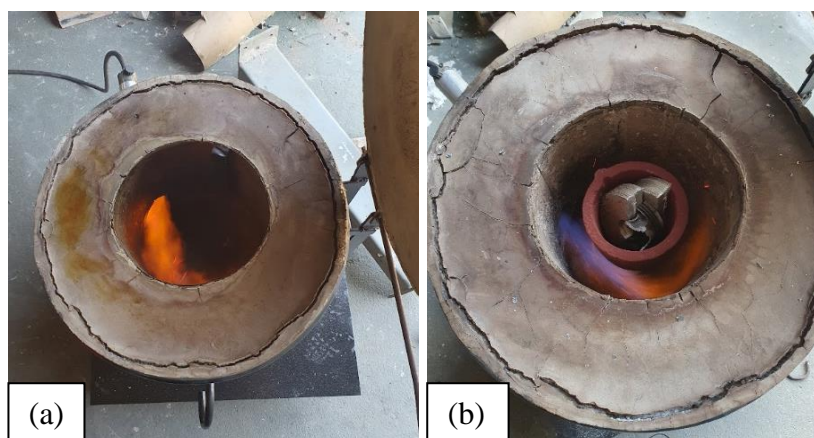


Figura 11 – Funcionamento do queimador, (a) chama amarelada, (b) chama azulada (fonte: Autores, 2024).

Antes de finalizar o experimento foi realizado medições de temperaturas utilizando um pirômetro na parte externa, Figura 12, na altura do cadinho e na tampa do forno, ambas as temperaturas foram satisfatórias, ficaram em torno de 50 °C, diminuído os riscos de queimaduras para os operadores do equipamento. Esse comportamento, indica que o isolamento térmico do forno apresentou uma excelente eficiência e baixa perda de calor para o meio externo.



Figura 12 - medições de temperatura externa (a) tampa, (b) lateral do forno (fonte: Autores, 2024).

3.1 Transferência de calor

Para a análise da transferência de calor no projeto, foram consideradas apenas as perdas de calor por condução. Isso se deu ao fato de que as perdas por convecção e irradiação não foram consideradas significativas quando comparadas à perda por condução. Dessa maneira, o foco principal da análise concentrou-se no estudo das propriedades de condução térmica dos materiais envolvidos na construção do forno e nas superfícies de

contato, a fim de otimizar o isolamento térmico e garantir a eficiência do sistema de fusão de metais não ferrosos.

Com base nos princípios fundamentais da transferência de calor e massa descritos por Incropera (2008), pode-se aplicar dados e conceitos para realizar os cálculos a seguir.

3.1.1 Área do forno que estará recebendo calor

Os cálculos das áreas da base e total do forno foram obtidos utilizando as equações 1 e 2.

$$A_b = 2 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (1)$$

$$A_{TF} = 2 \cdot A_b + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (2)$$

O raio (r) tem o valor de 0,14 m, enquanto h vale 0,40 m. Então,

$$A_{TF} = 0,598 \text{ m}^2$$

Para calcular a quantidade de calor transferida do forno para o ambiente (Q_F) por condução, pode-se utilizar a equação 3.

$$Q_F = \frac{K \cdot A \cdot \Delta T}{L} \quad (3)$$

Onde:

- Q_F é a quantidade de calor transferida do forno para o ambiente,
- K é a condutividade térmica da argamassa 0.8 W/m·K, (dados do fabricante),
- A é a área total do forno com valor de 0,598 m²,
- L é a espessura da parede do forno igual a 0.15 m, e
- ΔT é a diferença de temperatura entre a temperatura final 933 K e a temperatura inicial 298 K.

Substituindo os valores conhecidos na equação:

$$Q_F = \frac{(0,8 * 0,598 * (933 - 298))}{0,15}$$

$$Q_F = 2025,22 \text{ W} \approx 1735,66 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_F \approx 28,92 \text{ Kcal/min}$$

Portanto, a quantidade de calor transferida do forno para o ambiente por condução é de aproximadamente **28,92 Kcal/min**.

3.1.2 Quantidade de energia necessária para a fusão do alumínio

A energia necessária para a fusão do alumínio foi encontrada utilizando a equação 4.

$$Q_{al} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (4)$$

Onde Q_{al} é a energia necessária para a fusão do alumínio, m é a massa, que possui um valor de 1,5 kg, c é o calor específico do alumínio, cujo valor é $0,22 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$, ΔT é a diferença entre a temperatura final e a inicial onde a temperatura inicial é 33°C e a temperatura final é de 660°C. Assim obtém-se o resultado:

$$Q_{al} = 206,91 \text{ Kcal}$$

3.1.3 Entropia

É a razão da quantidade de calor trocada com o meio externo pela temperatura absoluta do sistema, temperatura essa que é dada em Kelvin, $1 \text{ cal} \approx 4,1\text{J}$, e pode ser encontrada utilizando a Equação 5.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (5)$$

$$Q = 206,91 \text{ Kcal} \approx 865,71 \text{ KJ}$$

$$T = 940 \text{ K}$$

$$\Delta S = 0,920 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \quad (\text{confirmar o valor})$$

Após o início do processo a partir da temperatura ambiente de 33°C , conseguiu-se obter a fusão completa da massa de 1.5 kg de alumínio em aproximadamente 15 minutos.

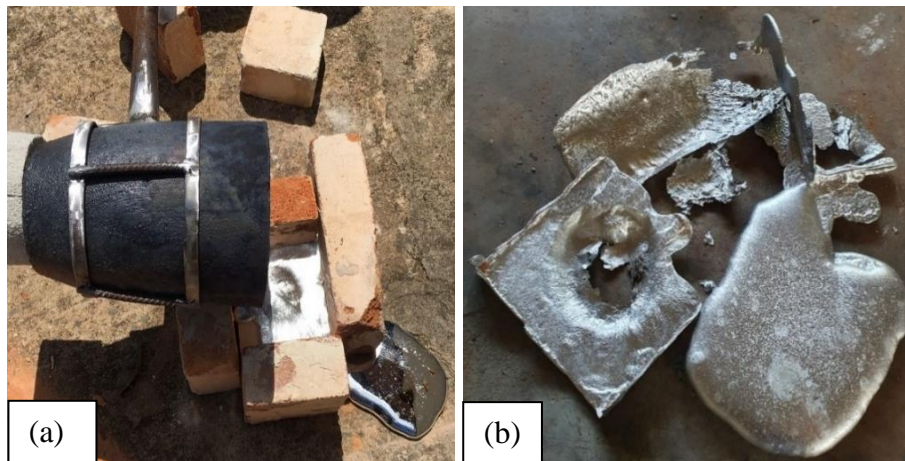


Figura 13 – Fundição do bloco de alumínio, (a) envasamento do alumínio líquido, (b) produto final (fonte: Autores, 2024).

Quanto ao envasamento usado no processo, houve um ponto de escoamento indesejado, como pode ser observado na Figura 13 (a). Apesar dessa ocorrência, o principal objetivo de fundir a liga de alumínio foi alcançado com sucesso. O produto final de todo esse processo pode ser visto na Figura 13 (b), demonstrando a fusão do metal, apesar das dificuldades enfrentadas durante o envasamento.

4. Conclusões

Com base nos resultados apresentados, o principal objetivo deste estudo foi alcançado, fusão de alumínio e suas ligas, visto que foi possível obter o estado líquido do metal, permitindo sua moldagem. Embora o metal de validação tenha sido o alumínio, que possui uma temperatura de fusão relativamente baixa.

O tempo de fundição alcançado foi satisfatório, ficando abaixo do tempo previsto, o que sugere uma excelente taxa de retenção de calor pelos materiais utilizados. Esse fato é enfatizado pelas medições de temperatura externa realizadas durante o processo de fundição.

Durante os ensaios realizados com o queimador para gerar a chama no interior do forno, foram obtidos resultados satisfatórios, evidenciando um ótimo turbilhamento da

chama. Essa característica é de suma importância, pois influencia diretamente na distribuição homogênea do calor no ambiente de fusão.

Com o que foi apresentado pode-se afirmar que o forno proposto consegue realizar processos de fundição em metais não ferrosos de forma rápida e segura, excelente para servir de bancada para aulas práticas de fundição de metais e ligas não ferrosos, como alumínio e latão, na área de materiais do curso de engenharia mecânica.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa DOW pela doação da argamassa refratária, A Faculdade de Engenharia Mecânica pela infraestrutura laboratorial e o suporte técnico. E o Grupo de Estudo e Pesquisa em Soldagem (GEPS), da UFPA, Campus Tucuruí, pelo apoio ao trabalho desenvolvido.

Referências

CALLISTER JR., W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

BALDAM, R. & VIEIRA, E. *Fundição: processos e tecnologia correlatados*. São Paulo: Érica, 2014

OLIVEIRA, B. *Fundição. Rede e-Tec*, 2013.

CORONA CADINHOS. *Catálogo Linhas Carbetos de Silício, Grafite e Grafite Argila*. Diadema, SP. 2015.

INCROPERA, F. P. & DEWITT, D. P. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

FOGAÇA, J. R. V. *Combustão completa e incompleta*. *Mundo Educação*. Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/combustao-completa-incompleta.htm>>. Acesso em 12 de dezembro de 2023.

NACIONALGAS -2020. *Aplicação de GLP na geração de energia elétrica (relato de caso – Gerador Estacionário De 10000w)*. Disponível em: <<https://www.gasescombustiveis.com.br/premioglp/wp-content/uploads/APLICACAO-DE-GLP-NA-GERACAO-DE-ENERGIA-ELETRICA.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2024.