

FUNDIÇÃO DE UMA LIGA DE ALUMÍNIO EM MOLDE DE AREIA DO RIO AMAZONAS

Eglenilso Silva Brandão

Discente do curso de Engenharia Mecânica – UNINORTE

E-mail: eglenilso.silva@gmail.com

Telefone: (55) 92 99522-2057

Endereço: Rua Tipuana, nº42

Lorenzo Piccolo Leiria

Discente do curso de Engenharia Mecânica – UNINORTE

E-mail: lorenzo.leiria@gmail.com

Telefone: (55) 92 98413-8322

Endereço: Rua Barão de Anajatuba, nº 5

Leon Denis Rodrigues Dos Santos

Docente da Escola de Arquitetura, Engenharias e TI - UNINORTE

E-mail: leonsantos@bol.com.br

Telefone: (55) 92 99292-9584

Endereço:

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento e as vantagens da utilização da liga de alumínio no processo de fundição no quesito tempo de fusão, tempo de resfriamento, acabamento superficial e dificuldade de execução. O alumínio foi selecionado devido “ser um metal com baixa temperatura de fusão 660°C”, na qual não exigiria tanto dos fornos para sua fusão, e pelo fato da sua abundância e facilidade de encontrá-lo para realizar o trabalho.

Foi definido o processo de fundição em molde de areia por se tratar de um processo relativamente simples e eficaz, onde o vazamento de metal líquido em moldes de areia é uma das mais antigas artes industriais utilizadas quando as peças fundidas são requeridas em pequenas quantidades. Para isso, foi utilizado a areia do rio Amazonas para baratear o processo e torná-lo acessível para fins didáticos.

Primeiramente foi escolhido o modelo do objeto que serviria como molde para a fundição, após definido o modelo foi confeccionado o molde totalmente de areia para, por fim, vazar o metal líquido para dentro do molde. Para a fusão do metal foi utilizado um forno elétrico da marca Jung (modelo TB3010) disponibilizado pelo Centro Universitário do Norte na qual foi aquecido à cerca de 750°C por um período de uma hora. Após o vazamento do metal para dentro do molde, onde a solidificação deste foi quase que de imediato, o molde ficou resfriando por 15 minutos antes de ser destruído e retirado a peça fundida.

Por fim, foi possível a realização do experimento com sucesso e obtendo um resultado satisfatório. A peça fundida apresentou um bom acabamento e aparência quase idêntica ao modelo original.

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os temas envolvidos, em conjunto com o conhecimento adquirido em sala de aula, que permitiu o perfeito desenvolvimento do mesmo.

Palavras-chave: Alumínio, Fundição, Fusão, Molde de Areia.

INTRODUÇÃO

A história dos materiais acompanha a própria história do homem. A importância dos materiais na história do homem é tal que, ela foi dividida de acordo com a predominância do uso de um material ou outro: Idade da Pedra Lascada, Idade da Pedra Polida e Idade dos Metais. Aos poucos, as exigências do homem foram aumentando e com isso foram aumentando os padrões requeridos dos materiais: maior resistência, maior durabilidade e melhor aparência.

Atualmente existe uma grande variedade de materiais. Sendo que os profissionais da área tecnológica, devem estar bem familiarizados com as propriedades, características e comportamento dos materiais que lhe são disponíveis para aplicação em componentes mecânicos para assim empregá-lo da melhor maneira possível de acordo com a necessidade. Como exemplo da utilização de materiais na construção mecânica, temos o automóvel.

Na fabricação de um carro, por exemplo, os materiais dos quais obtém-se os componentes, tem que apresentar desempenho suficiente para sua aplicação. São vários os materiais que compõe o automóvel entre eles está o alumínio na qual, segundo a matéria publicada no Jornal do Carro no dia 21.10.2015, cerca de 75% da carroceira do Jaguar XE é composta pelo respetivo material, caracterizando sua importância nos dias atuais. Quando se fala em tendência de materiais, o alumínio é sempre lembrado, por aliar qualidades como resistência e leveza.

Segundo (CHIAVERINI, 1996) “a transformação dos metais e ligas metálicas em peças de uso industrial pode ser realizada por intermédio de inúmeros processos, a maioria dos quais tendo como ponto de partida o metal líquido ou fundido, que é derramado no interior de uma forma, cuja a cavidade é confirmada de acordo com a peça que se deseja produzir”.

Dentre esses inúmeros processos, se encontra a fundição. A fundição se destaca por permitir a produção de peças com grande variedade de formas e tamanhos finais à peça fundida que nenhum outro processo é capaz de obter. A produção pode ser unitária ou seriada, voltada principalmente para as indústrias mecânica e automobilística, como o exemplo do alumínio empregado em automóveis dito anteriormente. Entretanto toda essa variedade é obtida não com um único processo e sim escolhendo-se dentre os processos disponíveis o que melhor se adapta às exigências do projeto e produz o lote encomendado com o mínimo custo dentro do prazo estipulado, que no trabalho em questão foi adotado o processo de fundição em molde de areia.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Aplicar conhecimentos adquiridos em sala de aula e através de pesquisas para se obter um ótimo resultado de fundição.

1.2 Objetivos Específicos

Compreender o estudo da fundição em casos de estudo de laboratório;

Manipular materiais a serem utilizados nas confecções de molde e vazamento;

Envolver conceitos básicos da Física e de resultados de experimentos de outras equipes para uma melhor elaboração do trabalho;

Aplicar todo conhecimento adquirido para a reprodução de uma peça através do vazamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Fundição

Fundição é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido é vazado em um molde com formato e

medidas correspondentes aos da peça a ser produzida.

Possuem vantagens de apresentar formas externas e internas desde a mais simples até a mais complexa, podem apresentar dimensões limitadas somente pelas restrições das instalações onde serão produzidas;

Podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamento (mais liso ou mais áspero) e tolerância dimensional (entre +- 0,2 mm e +- 0,6 mm). Possibilita grande economia de peso, porque permite a obtenção de paredes com espessuras quase ilimitadas.

As principais propriedades do material no processo de fundição, são a sua temperatura de fusão e sua fluidez, tudo isso para garantir o perfeito vazamento do material para dentro do molde de forma a garantir o total preenchimento. Outro aspecto importante na propriedade do material é a solidificação, na fundição a solidificação do metal ocorre geralmente em poucos segundos, é um tempo muito breve no processo produtivo de uma peça, mas é o “coração” do processo. Se estes poucos segundos de solidificação não forem bem controlados, eventuais defeitos de fabricação podem surgir inviabilizando a utilização da peça produzida.

Fundição em molde de areia

Alguns objetos feitos de cobre moldados em areia datam de cerca de 4000 a.C. na mesopotâmia, este processo em molde de areia possui como características, resistência mecânica suficiente para suportar a pressão do metal líquido, resistência a ação erosiva do metal que escoar rapidamente durante o vazamento, mínima geração de gás durante o processo de vazamento e solidificação, afim de impedir a contaminação do metal e o rompimento do molde, permeabilidade suficiente para que os gases gerados possam sair durante o vazamento do metal, refratariedade que permita suportar as altas temperaturas de fusão dos metais e que

facilite a desmoldagem da peça e por fim a possibilidade de contração da peça, que aconteça durante a solidificação.

A fundição em molde de areia possui como vantagens ser mais barato dentre todos os métodos de produção de moldes, possui menos distorção de formato do que nos métodos que usam areia seca, pois, não há necessidade de aquecimento, as caixas de moldagem estão prontas para reutilização em um mínimo espaço de tempo, possuem boa estabilidade dimensional e menor possibilidade de surgimento de trincas.

Este processo possui também algumas desvantagens como o controle da areia é mais crítico do que nos outros processos que também usam areia, maior erosão quando as peças fundidas são de maior tamanho, acabamento da superfície piora em peças de maior peso e a estabilidade dimensional é menor nas peças de maior tamanho.

Alumínio

O alumínio é o metal mais abundante a nível mundial e está presente numa grande diversidade de indústrias e segmentos devido às suas propriedades, nomeadamente:

Densidade de 2.68g/cm³, que lhe confere uma boa relação massa/volume garantindo um melhor transporte em relação a outros metais que possam ser utilizados para fazer embalagens. A sua baixa densidade associada à sua resistência mecânica garante um material a ter em conta na indústria automóvel e aeroespacial porque garante um bom desempenho e um baixo consumo de combustível.

Tem uma boa condutividade elétrica que permite que seja usado na transmissão de energia através de cabos e fios, é também utilizado em aplicações de aquecimento e arrefecimento.

A sua boa maleabilidade garante que possa ser utilizado em vários objetos, podendo ser

deformado e conformado com relativa facilidade.

Tem uma boa resistência à corrosão o que lhe permite que seja utilizado em portas, janelas e revestimentos usados na indústria civil garantindo a sua conservação e fácil manutenção. Nas embalagens garante a higiene dos produtos e é uma barreira à contaminação.

Tem uma grande variedade de acabamentos, como anodização e pintura o que aumenta a sua resistência à corrosão.

É reciclável, o que garante uma reutilização e recuperação de grande parte do investimento inicial, beneficiando o ambiente por uma menor produção de resíduos e menor utilização das matérias-primas.

Cadinho

É hoje utilizado em análises gravimétricas e, tal como antes, em fundição de substâncias como ligas metálicas. O cadinho pode ser fabricado em vários materiais, refratários ou não, de natureza metálica, como ferro, chumbo, platina ou titânio, ou então cerâmica, como carbetto de silício ou alumina. Os de carbetto de silício suportam temperaturas da ordem de 2000°C, podendo assim ser utilizados para fundir ligas ferrosas e outras substâncias com elevada temperatura de fusão. A liga que será trabalhada em fundição influencia na escolha do material do cadinho, uma vez que podem ocorrer reações que geram gases, fazendo com que uma peça no estado solidificado fique porosa e então torna-se ineficaz. No caso do referente artigo foi utilizado um cadinho de aço com revestimento refratário para aguentar a temperatura de fusão do alumínio, mesmo sendo um material com baixo ponto de fusão, deve-se atentar aos detalhes.

Tubos de pvc

Tubos de uma polegada foram utilizados para a construção dos canais de descida, respiro e massalote.

Madeira

Madeira utilizada para confecção da caixa de areia para a moldagem do negativo da peça a ser fundida.

Dimensões da caixa quadrada de 25x25cm.

Caixa de moldagem

Geralmente é construída em duas partes: caixa superior e caixa inferior.

Areia

Areia utilizada foi do Rio Amazonas por ser de fácil acesso e de custo baixo, além de possuir uma ótima propriedade de compactação.

Olhal

Olhal em aço-carbono utilizado para a confecção do modelo a ser fundido.

Forno

Forno Jung (modelo TB3010), bifásico/mono 220V, potência de 6kW, dimensões úteis (mm) A x L x P de 250 x 300 x 400 e dimensões externas (mm) A x L x P de 729 x 984 x 920 com peso total de 155kg e capacidade térmica de 1000 °C.

METODOLOGIA

O processo se iniciou com o estudo de fundição em areia verde (processo mais comum, prático e barato na fundição), mas na verdade a areia não tem nada a ver com a cor verde. O processo tem esse nome somente porque a mistura com a qual o molde é feito mantém sua umidade original, significa que não passa por um processo de secagem. A matéria-prima para esse tipo de moldagem é composta basicamente por um agregado granular refratário chamado de areia base que pode ser sílica, cromita ou zirconita, mais argila (como aglomerante) e água.

Tanto metais ferrosos quanto não-ferrosos podem ser fundidos nesse tipo de molde. Os moldes são preparados, o metal é vazado por gravidade e as peças são desmoldadas durante rápidos ciclos de produção. Após a utilização, praticamente toda a areia (98%) pode ser reaproveitada. Esse processo de moldagem é facilmente mecanizável, sendo realizado por meio de máquinas automáticas.

Durante esse trabalho foi utilizado areia do Rio Amazonas por ser uma areia com propriedades idênticas as da areia verde, porém sem precisar passar por processos de preparação antes do seu uso

O processo é iniciado com a compactação da areia para obtenção do modelo, é uma cópia da peça que se deseja obter, pode ser fabricado em metal (alumínio) no referente artigo, madeira é o material utilizado para a caixa de moldar na qual o modelo será construído. Os modelos mais utilizados são de caixas de madeira devido serem mais baratas e pela facilidade de manejo, sendo agravantes à sua utilização as deformações causadas pelo tempo, umidade e as mudanças de temperatura.

Utilizando areia do rio Amazonas para a compactação e confecção do molde, inicialmente utilizando areia sem peneirar juntamente com um cepo de madeira para compactação. A preparação do molde, nesse caso, consiste em compactar manualmente em uma caixa de moldar.

Com as caixas já preparadas, conforme figura 1, se inicia o processo de colocação da areia sem a necessidade de peneira. Importante a distribuição de forma homogênea por toda a caixa de moldar.

Fonte - Autor próprio.



Figura 1 - Caixas de areia.

Depois de colocar duas camadas de areia no molde de madeira sem peneirar, começa então a compactação como parte do preenchimento, conforme figura 2. Compactação feita com um cepo de madeira, utilizado em todo o processo. A ótima compactação da areia gera um ótimo acabamento final na peça, evitando também que a areia rache ou se desmonte do molde.

Fonte - Autor próprio.



Figura 2 - Compactação da areia sem peneirar.

Quando próximo de colocar o modelo para obtenção da forma de baixo, é iniciada a peneiração da areia para ser utilizada nos próximos passos de compactação ao redor do modelo que servirá para o molde negativo, conforme figura 3.

Fonte - Autor próprio.



Figura 3 - Peneirando a areia.

Compactação com a areia peneirada até a metade do modelo do molde negativo, conforme figura 4.

Fonte - Autor próprio.



Figura 4 – Compactação da areia peneirada.

Nivelamento da areia peneirada até a metade do modelo do molde negativo, conforme figura 5.

Fonte - Autor próprio.



Figura 5 - Posicionamento do modelo (peça).

Após completar a compactação com areia peneirada na moldura inferior, até a metade do modelo do molde negativo, aplicou-se talco para facilitar a retirada do molde antes da fundição, conforme figura 6, o talco funcionando como um desmoldante facilita

para a retirada da caixa superior para se ter acesso a peça modelo.

Fonte - Autor próprio.



Figura 6 - Aplicação do talco.

Após a primeira parte do processo com o molde inferior se inicia o processo para o molde superior, a segunda moldura é colocada em cima da primeira e começa a ser utilizada areia já peneirada para melhor acabamento superficial do molde negativo na parte superior, posicionando os tubos para criação dos canais de descida respiro e massalote, e continuando com a compactação da areia, continuou-se a compactação com areia sem peneirar até a borda limite da moldura superior, conforme figura 7.

Fonte - Autor próprio.



Figura 7 - Tubos para construção de canais.

Finalizado o processo de compactação, são retirados os tubos de construção dos canais para a remoção do modelo, deixando apenas visíveis os furos de descida, massalote e suspiro, conforme figura 8.

O canal de descida, também conhecido como canal de alimentação, serve para o vazamento do material derretido para dentro do molde. O suspiro tem como finalidade permitir a passagem de ar no processo de confecção de moldes em areia para que o metal consiga remover todo o ar dentro do molde e assim consiga ocupar todo o espaço interno.

O massalote por sua vez tem a função de compensar as contrações no estado líquido e de solidificação de metais e suas ligas garantindo assim a sanidade das peças obtidas evitando assim os rechupes.

Fonte - Autor próprio.



Figura 8 – Retirada dos tubos.

Finalizado o processo de construção do molde e da retirada dos tubos para construção dos canais, a moldura superior é retirada, conforme figura 9.

Fonte - Autor próprio.



Figura 9 - Retirada do molde superior.

O modelo do molde negativo é retirado da moldura inferior, para remoção do molde, em seguida será montado a moldura superior

sobre a inferior para vazamento no molde de areia.

Fonte - Autor próprio.



Figura 10 - Retirada da peça.

O alumínio já derretido dentro do cadinho, conforme figura 11, é retirado do forno para o vazamento que ocorre através do canal de descida no molde de areia.

É muito importante ressaltar sobre a segurança no momento da retirada do cadinho de dentro do forno, pois o mesmo atinge temperaturas altíssimas e gera assim um grande risco de queimaduras, por isso vale também ressaltar o correto uso de EPIs durante a remoção do cadinho.

Fonte - Autor próprio.

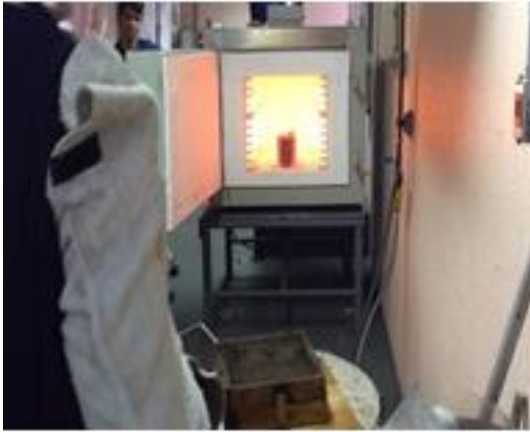


Figura 11 - Cadinho com alumínio derretido (dentro do forno).

Cadinho com aproximadamente 750°C retirado do forno para o processo de vazamento do material.

Foi utilizada a temperatura um pouco mais alta a fim de controlar o tempo de solidificação do material, por ser um metal de baixo ponto de fusão, o alumínio derrete a mais ou menos 660°C e por se utilizar uma temperatura de 750°C por bastante tempo faz com que o material não se solidifique após a retirada do forno, gerando assim tempo suficiente para sua solidificação dentro do molde de areia.

Deve-se tomar muito cuidado enquanto está vazando o metal líquido para dentro da caixa de moldar, conforme figura 12.

Fonte - Autor próprio.



Figura 12 - Retirada da escória.

Durante a fundição, quando o minério é exposto a temperaturas elevadas, estas impurezas são separadas do metal fundido e podem ser removidas. A massa composta por esses compostos que é removida é a escória.

Fonte - Autor próprio.



Figura 13 - Vazamento do alumínio.

Aguardando o resfriamento e a solidificação do alumínio para o desmolde da forma de areia, podemos observar a liberação de gases enquanto o metal é endurecido pelo resfriamento lento, conforme figura 14.

Fonte - Autor próprio.



Figura 14 - Aguardando resfriamento.

Após a solidificação e resfriamento parcial da peça, o molde de areia é desmontado para retirada da peça fundida, conforme figura 15.

Fonte - Autor próprio.



Figura 15 - Retirada da peça do molde.

Terminado a desmontagem do molde de areia, podemos ver o resultado da peça fundida ainda em fase de resfriamento, conforme figura 16.

Fonte - Autor próprio.



Figura 16 - Peça fundida.

A peça fundida é levada direto para uma pia e deixada por alguns minutos para resfriamento total, conforme figura 17.

Fonte - Autor próprio.



Figura 17 - Peça fundida.

Depois do resfriamento, podemos observar melhor que a peça fundida contém mais rebarbas de um lado da peça que do outro, isso foi causado porque na hora da montagem do molde de areia superior não foi posicionado corretamente sobre o molde

inferior, sendo deslocado alguns milímetros a mais para um dos lados, conforme figura 18.

Fonte - Autor próprio.



Figura 18 - Peça antes da rebarbação e limpeza.

Conforme figura 18, a peça sai do molde sem um devido acabamento, pois por mais que seja compactada a areia, ainda haverá alguns pontos que o material preencherá.

A peça depois de lavada segue para a rebarbação que consiste na retirada dos canais de descida, massalote e rebarbas que se formaram durante o vazamento do material. Ela somente é realizada quando a peça atinge a temperatura próxima a do ambiente.

Segue para o processo de limpeza final, necessária pois a peça apresenta uma série de incrustações da areia usada na confecção do molde. Geralmente é feita por meio de jatos de areia abrasivos, porém foi feita somente com o uso de água e de um esmeril de bancada.

Retirados os excessos no processo de rebarbação e limpeza, podemos observar

melhor o resultado da fundição, conforme figura 19.

Fonte - Autor próprio.



Figura 19 - Peça após a rebarbação e limpeza

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados do nosso experimento satisfatório, peça com bom acabamento superficial, não tivemos problemas com trincas, rechupes ou falta de material. Peça produzida com dimensões semelhantes à do modelo. Devido as caixas de moldar não terem sido bem produzidas no quesito de travamento entre as duas, a peça ficou milímetros deslocada a parte superior com a inferior no momento que foram reposicionadas para o processo da fundição do material. Como o material utilizado para o processo de fundição foi o alumínio, a peça também apresentou menor medida de massa em relação ao modelo.

Demonstramos abaixo, a tabela com as medidas entre a peça original e a peça fundida, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Diferenças de medidas entre o modelo e a peça fundida.

	Modelo	Peça (Fundida)	Diferencial dimensional
Comprimento (mm)	160	155	5
Diâmetro da haste (mm)	16,30	16,30	0
Diâmetro interno 1 (mm)	26,50	26,40	0,10
Diâmetro interno 2 (mm)	31,40	31,35	0,05
Diâmetro externo (mm)	50,65	50,90	0,35
Peso (g)	303	177	135

Fonte - Autor próprio.

De acordo com o gráfico de diferenças entre as medidas da peça original e a peça fundida, podemos observar uma pequena diferença entre os comparativos, conforme figura 20.

Fonte - Autor próprio

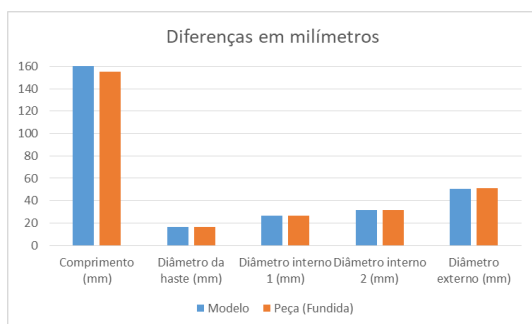


Figura 20 - Gráfico de diferenças dimensionais.

Já com o gráfico de comparativo percentual entre as peças podemos observar melhor as diferenças, conforme figura 21.

Fonte - Autor próprio

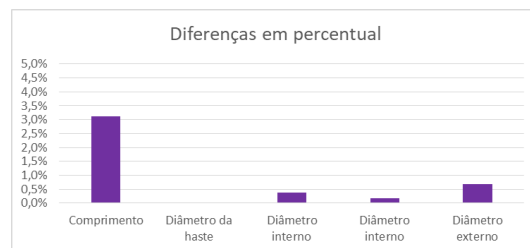


Figura 21 - Gráfico de diferenças percentuais.

CONCLUSÃO

Fundição é o processo de fabricação de peças metálicas que consiste em preencher com metal líquido a cavidade do molde com formato e medidas correspondentes aos do modelo. A fundição é um dos processos mais antigos e também um dos mais versáteis, principalmente quando se considera os diferentes formatos e tamanhos das peças que se pode produzir por esse processo. Utilizado o processo de fundição por areia foi constatado ser um processo de fácil utilização e manejo, utilizando EPIs corretos, para fabricação de peças de pequeno e médio porte. Após terminado as caixas já estão prontas para serem usadas novamente no próximo processo, estabilidade dimensional menor em peças de grande porte. E além de tudo, a moldagem por areia é o processo mais barato dentre todos os métodos de produção de moldes.

Contudo a utilização da areia do Rio Amazonas se mostra promissora pelo barateamento na obtenção e qualidade de acabamento superficial que esta oferece a peça fundida, porém seu uso somente é possível em ligas de baixo ponto de fusão. Em relação às discontinuidades, esta trouxe somente defeitos que podem ser facilmente reparados pelo processo de usinagem.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. S. **Fundição: mercado, processo e metalurgia**. Rio de Janeiro. 2000. 1 p.
- ASKELAND, D. R; PHULE, P. P. **Ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: CENGAGE, 2008;
- BARROS, C. **Técnicas construtivas e edificações**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Pelotas: [s.n.], 2011. 3 p.
- CALLISTER, W. D., **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7. ed. São Paulo, SP: ABM, 1996 599 p
- DIETER, G. E. – **Metalurgia Mecânica**, 2a edição, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro - 1981.
- FERREIRA, F. M. N. **Processamento por fricção linear: caracterização e análise de ligas de alumínio processadas AA5083-O e AA7022-T6**. 113f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. 2 p.
- HUNNICUTT, H.A. – **Fundição** – ABM – 12a edição, 1981 – Cp 23.
- LOSEKAN, Cláudio R.; CARPES Jr, Widomar P.; MORO, Norberto. **Processos de Fundição**. Apostila do Curso Técnico em Mecânica do CEFET/SC, 2002.
- PASCOALI, S. **Tecnologia dos Metais**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Araranguá: [s.n.], 2008. 5 p.
- SHACKELFORD. J. F. **Ciência dos Materiais**. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2008. p, 3.
- Processos de Fabricação**. Volume I. Apostila do Curso Técnico em Mecânica. Telecurso 2000.