



FACULDADE SATC
ENGENHARIA MECÂNICA



**RELATÓRIO DE ESTÁGIO DE ENGENHARIA MECÂNICA NA ÁREA DE
PROCESSOS DE FUNDIÇÃO**

Pedro Augusto Smielevski Casagrande

Criciúma,
Julho, 2020



Pedro Augusto Smielevski Casagrande

RELATÓRIO DE ESTÁGIO DE ENGENHARIA MECÂNICA NA ÁREA DE PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade SATC, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Osvaldo da Silva Neto

Reginaldo Rosso Marcello, Me. Eng.

Criciúma,
Julho, 2020

AGRADECIMENTOS

Ao supervisor Osvaldo da Silva Neto, pela supervisão durante o período de estágio contribuindo com sua experiência. Ao professor Reginaldo, cuja visão crítica contribuiu para engrandecer o relatório. À minha família pelo incentivo e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Por fim, mas não menos importante, meus devidos agradecimentos à Usipe – Fundidos e Usinados e a todos os seus colaboradores.

RESUMO

Para a fabricação de peças fundidas requer um projeto de fundição bem desenvolvido e para isso na empresa se faz uso de um *software* de simulação, o primeiro passo é a modelagem 3D das peças a serem fundidas. Após a modelagem, desenvolve-se o projeto de alimentação, que consiste no dimensionamento e escolha dos acessórios de fundição, tais como: luvas, resfriadores, levando em conta fatores como contração do material, pontos quentes das peças e acabamento superficial exigido. Após o projeto efetua-se o cadastramento dos produtos intermediários, que são moldes e machos, nos moldes deve-se relatar o tipo de areia, setor de moldagem, número de figuras, pintura, peso e os insumos utilizados que são as luvas e no cadastramento do macho deve-se relatar a quantidade de macho diferentes que compõem esse projeto e a quantidade utilizada de cada macho, o tipo de areia, o processo, a pintura e o peso do macho. Portanto o presente relatório consiste em relatar as principais atividades a serem desenvolvidas, dentre elas: Executar atividades relacionadas a projetos de alimentação de modelo, auxiliar no levantamento de dados de processo para análise de indicadores, elaboração de desenhos em *software* de modelagem 3D. Neste período de estágio ficou evidente o quanto as disciplinas da faculdade foram fundamentais para a execução das mais variadas tarefas realizadas.

Palavras-chave: Fundição; Modelagem 3D; Indicadores; USIPE – Fundidos e Usinados;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista Panorâmica da empresa (Usipe, 2020).....	8
Figura 2 - Fluxograma de uma empresa de fundidos (adaptado de Baldam, 2013)	9
Figura 3 - Imagem do carro e forno de tratamento térmico Usipe (2020).....	11
Figura 4 - Vista Isométrica do carro de Tratamento Térmico (Autor, 2020).....	12
Figura 5 - (a) Chapa central (b) Chapas Laterais (D) e (E).....	13
Figura 6 - (a) Estrutura Superior e (b) Estrutura Inferior (Autor, 2020).....	14
Figura 7 - (a) Vista Inferior e (b) Vista Superior (Autor, 2020).....	14
Figura 8 - (a) Vista Isométrica e (b) Vista em Corte (Autor, 2020).....	15
Figura 9 - Fixação da Flange das Curvas (Autor, 2020).....	16
Figura 10 - (a) Vista Isométrica; (b) Vista em Corte (Autor, 2020).....	17
Figura 11 - (a) Caixa de macho Fundo; (b) Caixa de macho tampa (Autor, 2020)	17
Figura 12 – (a) Palheta na usinagem; (b) palheta usinada (Autor, 2020).....	18
Figura 13 - (a) Molde de resina (b) Palheta Bipartida montada (autor, 2020).....	18
Figura 14 - (a) Palheta com os pinos; (b) Modelo Completo (Autor, 2020).....	19
Figura 15 - Indicador do MAGMA (Autor, 2020).....	20

LISTA DE ABREVIações

SIGLAS

AISI - American Iron and Steel Institute

ANSI - American National Standards Institute

ASTM - American Society for Testing and Materials

SAE - Society of Automotive Engineers

SUMÁRIO

RESUMO	3
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	4
LISTA DE ABREVIACÕES	5
1. INTRODUÇÃO	7
1.1 A EMPRESA.....	7
2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	8
2.1 A FUNDIÇÃO	8
2.1.1 Modelo	10
2.1.2 Molde	10
2.1.3 Machos	10
2.1.4 Sistema de enchimento e Massalotes	10
2.2 CARRO DE TRATAMENTO TÉRMICO	11
1.1.1 Tijolo e chapa Refratária	13
2.2.2. Estrutura do Carro	14
2.2.1 Rodas e Trilhos	14
2.3 PROJETO DA CURVA DE TRANSPORTE DE MATERIAL	15
2.4 PROJETO DE UM ROTOR DE PALHETAS	16
2.5 PLANILHA DE INDICADORES	19
3. CONCLUSÃO	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Os materiais metálicos, como matéria prima, são indispensáveis para a construção civil e para todo o setor industrial, principalmente para as indústrias mecânica, elétrica e química. Em qualquer que seja o segmento, esses materiais passam por processos de conformação para tornarem-se adequados para uso. Entre os mais comuns, podemos citar fundição, laminação, forjamento, trefilação, extrusão, soldagem e metalurgia do pó.

A fundição, em particular, desempenha um papel importante, uma vez que permite obter peças com formatos complexos, muitas vezes necessitam um mínimo de usinagem para atingir sua forma final para utilização. Dada sua importância, muito se tem pesquisado, com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos produtos obtidos por esse processo.

Diante disso cabe ao engenheiro de fundição projetar o ferramental de fundição para a fabricação das peças, ou a otimização dos projetos existentes. No desenvolvimento de projeto de ferramental para a fundição calcula-se o dimensionamento de alguns itens, tais como: Funil de vazamento, canal de descida, canal de distribuição, quantidade e tamanho de canais de ataques, o uso de luvas exotérmicas nos massalotes e a distribuição destes na peça.

Para manter o controle dos insumos e acessórios utilizados na fabricação das peças, há de cadastrar no sistema da empresa. Os insumos podem ser tratados como luvas para os massalotes, essas que podem variar conforme quantidade, tamanho e modelo. Estão incluídos nesse cadastramento os machos e moldes conhecidos como produto intermediário.

1.1 A Empresa

A USIPE iniciou suas atividades em 1987, com sede em Criciúma, tendo como objetivo atender o mercado metal-mecânico.

Em 1994, devido a necessidade de fornecedores qualificados, a USIPE inaugura sua própria fundição para atender a demanda por fundidos.

Em 2002, a USIPE constrói nova planta fabril na cidade de Içara, sul de Santa Catarina, agregando na mesma unidade: fundição, usinagem e caldeiraria. Este modelo completo de indústria é um dos principais diferenciais da USIPE, pois atende as diferentes necessidades de nossos clientes.



Figura 1 - Vista Panorâmica da empresa (Usipe, 2020)

O Negócio da USIPE é fabricar e comercializar produtos metálicos sob encomenda, no mercado de Fundidos, Usinados e Caldeiraria. Fabricando peças conforme as especificações dos desenhos e projetos dos clientes, de acordo com as normas técnicas internacionais.

2. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Nos tópicos a seguir serão apresentadas as atividades desenvolvidas, este capítulo irá conter os projetos desenvolvidos e conceitos básicos de fundição, como os acessórios para desenvolver um projeto de ferramental de fundição.

2.1 A Fundição

Segundo Abreu (2003) e Ferreira (1999), o processo de fundição é caracterizado pelo vazamento de metal líquido no molde, obtendo produtos conformados por solidificação. O objetivo deste processo tecnológico é a obtenção

peças com propriedades determinadas como: forma, dimensão, acabamento e tolerâncias definidas na fase de projeto. A Fig. 2 demonstra um fluxograma desde o pedido do cliente até a expedição.

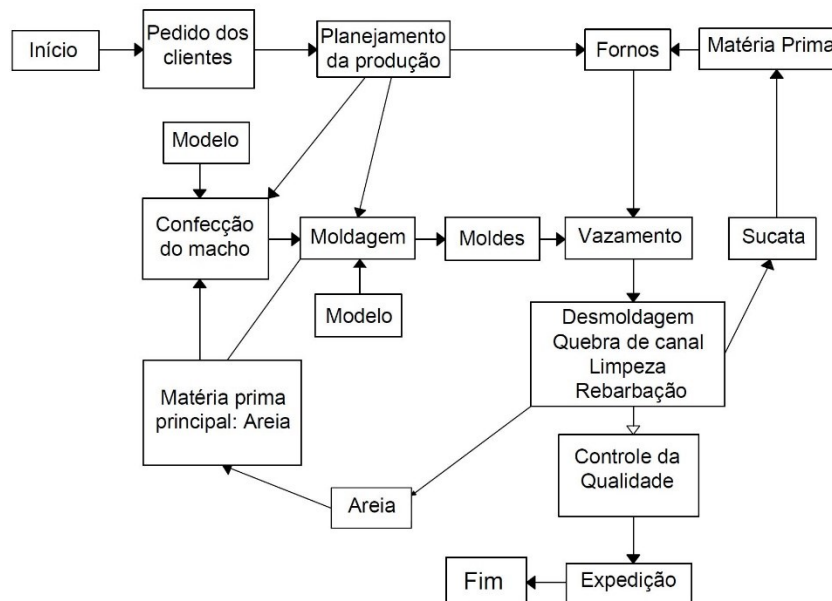


Figura 2 - Fluxograma de uma empresa de fundidos (adaptado de Baldam, 2013)

Conforme a Fig. 2 nota-se que o início se dá pelo pedido do cliente e após irá passar pelo setor de engenharia, neste setor é onde será projetado o ferramental de fundição, como: bacia de vazamento, canal de descida, distribuição, ataque, quantidade de massalotes, marcação de macho no modelo, geometria do macho e da caixa de macho. Após o projeto desenvolvido e devidamente cadastrado no sistema será entregue à modelaria para iniciar as atividades de fabricação do modelo e seus acessórios. Posteriormente será o processo de moldagem em areia, com as duas partes já moldadas será efetuado o fechamento do molde, neste momento que coloca-se os acessórios caso tenha e então o será vazado metal líquido no molde. Após o vazamento deve-se aguardar o tempo de desmoldagem para dar início ao processo de limpeza, rebarbação e acabamento da peça. Quando as peças estiverem em conformidade com o desenho técnico será o momento de avaliar o controle da qualidade das peças, como tolerâncias geométricas, tolerâncias dimensionais, acabamento superficial, em ocasiões especiais se faz uso de alguns dos seguintes ensaios não destrutivos como o de raio x, ultrassonografia, partículas magnéticas e líquido penetrante.

Callister (2002) afirma que a técnica de fundição é empregada quando as dimensões da peça são grandes ou complexas, de modo que, qualquer outro método seria impraticável, ou quando uma liga específica possui ductilidade insuficiente para qualquer outro processo de conformação. O processo de fundição divide-se em etapas:

- Confecção do modelo – (modelagem);
- Confecção do molde – (moldagem);
- Confecção dos machos – (macharia);
- Obtenção do metal líquido e enchimento da peça – (fusão e vazamento).

2.1.1 *Modelo*

“Conforme Chiaverini (2002), o modelo consiste em representar o formato da peça final, pode ser fabricado em diferentes materiais como: madeira, alumínio, resina entre outros. Na fabricação do modelo leva-se em conta os fenômenos que ocorrem na solidificação do metal líquido no interior do molde, sendo a contração do material um desses fenômenos, e ainda alguns modelos possuem regiões em que é colocado um acréscimo de material para a usinagem, conhecido como sobremetal.

2.1.2 *Molde*

Segundo Moro e Auras (2007), o molde é um negativo do modelo, comumente fabricado de um material refratário, geralmente são feitos com areia aglomerada, sendo areia misturada com resinas. É no molde que será vazado o metal líquido para que se obtenha a geometria da peça desejada.

2.1.3 *Machos*

Para Baldam e Vieira (2013), os machos são utilizados na fundição de peças que necessitam de cavidades, e para isso são feitos geralmente de areia aglomerada. Conforme for a intensidade de calor próximo ao macho há a necessidade de utilizar areias especiais, como areia de cromita, um macho que está sob a alimentação da peça pode ser um exemplo desses casos.

2.1.4 *Sistema de enchimento e Massalotes*

Para Abreu (2003), o sistema de alimentação é constituído por massalotes, resfriadores, produtos exotérmicos, entre outros.

Conforme Passini (2005) e Plutshack, Suschil (1998), durante o desenvolvimento do projeto de fundição de uma peça surge o “ponto quente” que é o lugar onde há maior temperatura, e por isso será o último ponto a solidificar. Caso o “ponto quente” esteja dentro da peça irá ficar um defeito nesta região e por consequente na peça.

Para Moro e Auras (2007), o massalote é uma reserva de metal líquido que têm o objetivo de compensar a contração líquida e de solidificação além de prevenir a presença de defeitos na peça.

- O tempo de solidificação do massalote deve ser superior ao tempo de solidificação da parte da peça que necessita alimentação, isto é, o “ponto quente” deve estar dentro do massalote;
- O massalote deve conter volume suficiente de metal líquido para compensar a contração volumétrica da peça.

2.2 Carro de Tratamento Térmico

Para suprir a exigências dos clientes da empresa, algumas peças necessitam passar por tratamentos térmicos, dentre estes: Normalização, recozimento, resfriamento ao ar forçado, resfriamento em óleo.

O carro de tratamento térmico é responsável por sustentar e locomover as peças que irão passar por tratamentos térmicos, logo o carro também é afetado pela temperatura do forno. Diante disto o carro atual está no fim da vida útil e por isso necessitou-se projetar e modelar um carro novo que possa desempenhar essa função.



Figura 3 - Imagem do forno (a); e carro de tratamento térmico (b) (Autor, 2020)

A Fig. 3 (a) representa o forno de tratamento térmico e (b) o carro contendo algumas peças que irão passar por tratamentos térmicos.

O projeto do carro deverá suportar o peso das peças na temperatura de patamar dos tratamentos térmicos, que para aço ligados podem atingir aos 1080 °C, para isso faz-se uso de materiais refratários, como o cimento e chapa refratária.

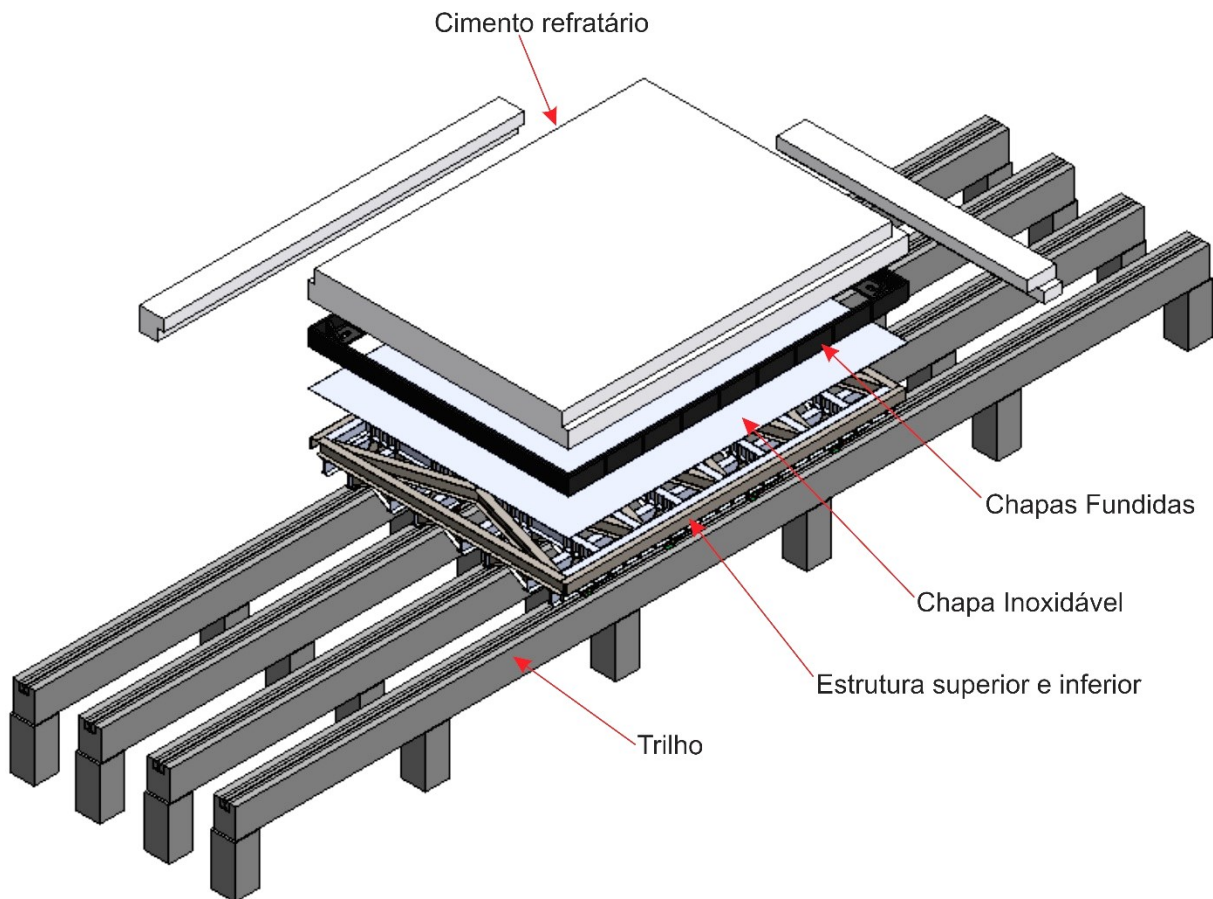


Figura 4 - Vista Isométrica do carro de Tratamento Térmico (Autor, 2020)

Na Fig. 4 observa-se o carro em uma vista isométrica explodida, e nesta contendo os principais itens:

- Tijolo refratário
- Chapa refratária (inoxidável)
- Chapas Fundidas
- Estrutura do carro (Superior e Inferior)
- Trilhos

1.1.1 Tijolo e chapa Refratária

A parte superior do carro será composta por uma chapa de aço inoxidável da classe 300, AISI 304, e pelo cimento refratário para poder resistir as altas temperaturas, podendo suportar temperaturas acima de 1435 °C. As chapas de laterais foram fundidas na própria empresa e servem para conter o cimento refratário, pois o cimento será vazado no estado líquido. As chapas foram projetadas e modeladas de forma que necessite apenas de 3 modelos em madeira diferentes para a fabricação do conjunto. Na Fig. 5 nota-se como serão as chapas fundidas.

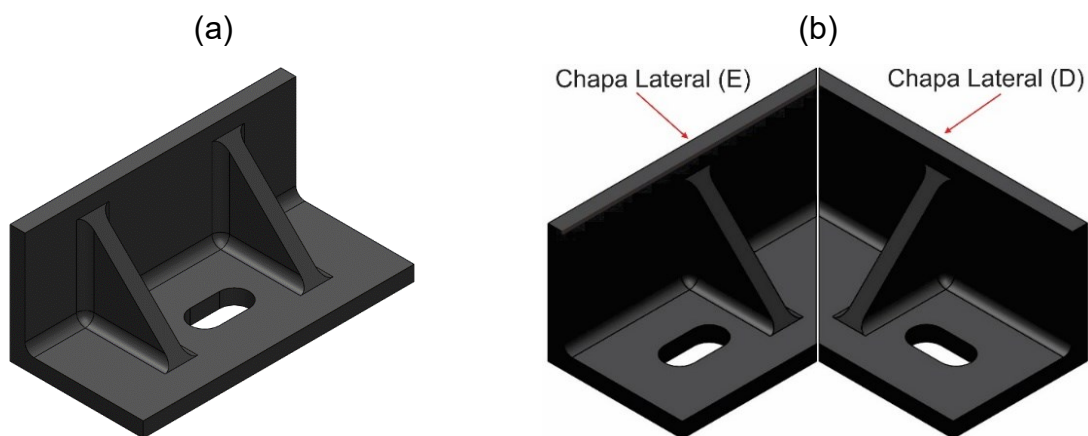


Figura 5 - (a) Chapa central (b) Chapas Laterais (D) e (E) (Autor, 2020)

Desta forma temos o modelo da chapa Esquerda (b), Direita (b) e Central (a), no projeto buscou-se evitar de fazer modelos de dimensões exageradas otimizando a planicidade da peça, maior facilidade da fabricação do modelo, na moldagem e na desmoldagem. Conforme a Fig. 5 nota-se que as peças possuem furos oblongos, pois serão fixadas por processo de soldagem e nestes furos serão os locais do cordão de solda.

2.2.2. Estrutura do Carro

A estrutura metálica do carro foi dividida em duas partes, superior e inferior conforme a Fig. 6.

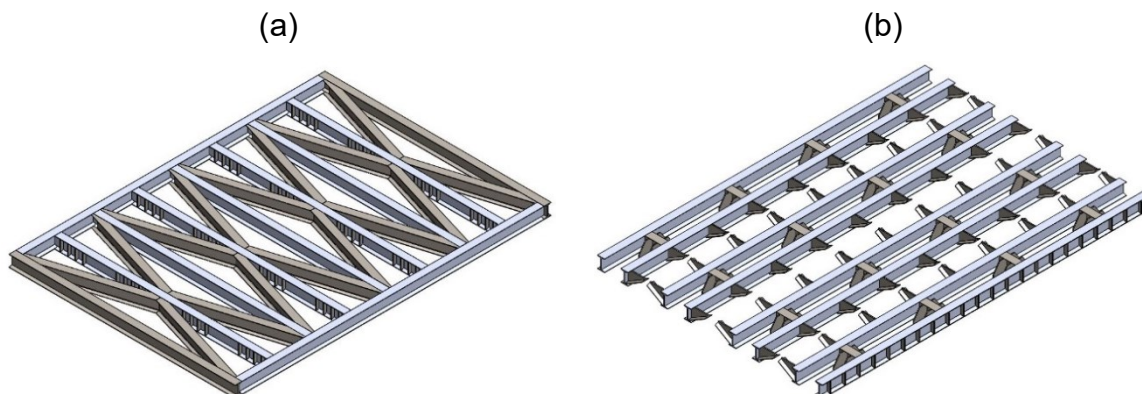


Figura 6 - (a) Estrutura Superior e (b) Estrutura Inferior (Autor, 2020)

Conforme a Fig. 6 (b) a estrutura inferior será composta por 8 vigas estruturais I 25,57 kg/m com alma 6", sendo espaçadas para formar pontos de fixação para as rodas, formando assim 4 trilhos.

A estrutura superior (a) será formada por 9 vigas transversais contendo reforços, os reforços principais também são de vigas estruturais. Os reforços internos, são de chapas cortadas de 1/4".

2.2.1 Rodas e Trilhos

As rodas serão fabricadas em aço SAE 4140 contendo rolamentos para suportar a carga vertical, o formato da parte externa da roda foi projetado para encaixar-se no trilho e não haver o descarrilhamento e no centro do conjunto há uma graxeira M6 para a lubrificação da parte interna da roda.

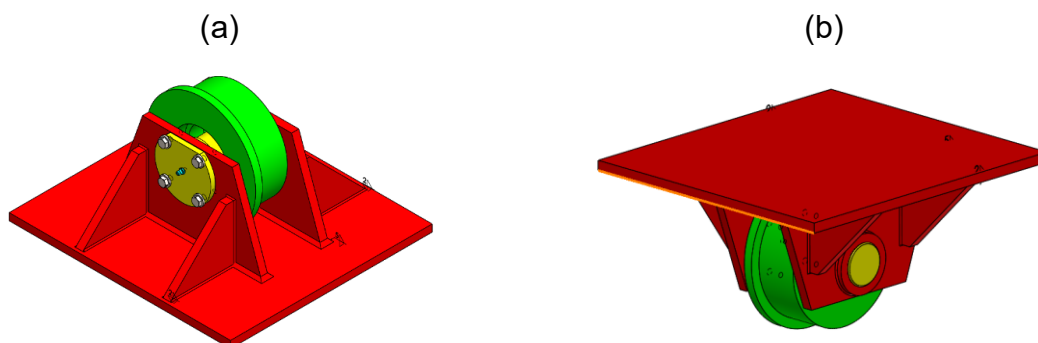


Figura 7 - (a) Vista Inferior e (b) Vista Superior (Autor, 2020)

Conforme a Fig. 7 o eixo será fabricado em aço SAE 4140 e fixado por 4 parafusos M8 x 25 mm, as chapas são $\frac{1}{4}$ " de espessura e material é ASTM A-36, o conjunto das rodas será fixado na estrutura do carro pelo processo de soldagem.

2.3 Projeto da Curva de transporte de material

A Fig. 8 é um pedido do cliente que busca transportar material através da curva, o cliente recomendou fabricar uma curva que seja resistente ao desgaste por abrasão, logo foi escolhido a liga adequada para este caso.

Para o projeto de fundição desta curva de aproximadamente 90° foi realizado a segmentação da curva tornando-a em 3 curvas de menor grau, aproximadamente 30° , pois desta forma será menos complexo o processo de modelação e macharia para a fundição, e ainda com apenas 3 modelos diferentes consegue-se fabricar a curva completa, sendo os modelo: Tubo reto superior, Tubo reto Inferior e Curva intermediária.

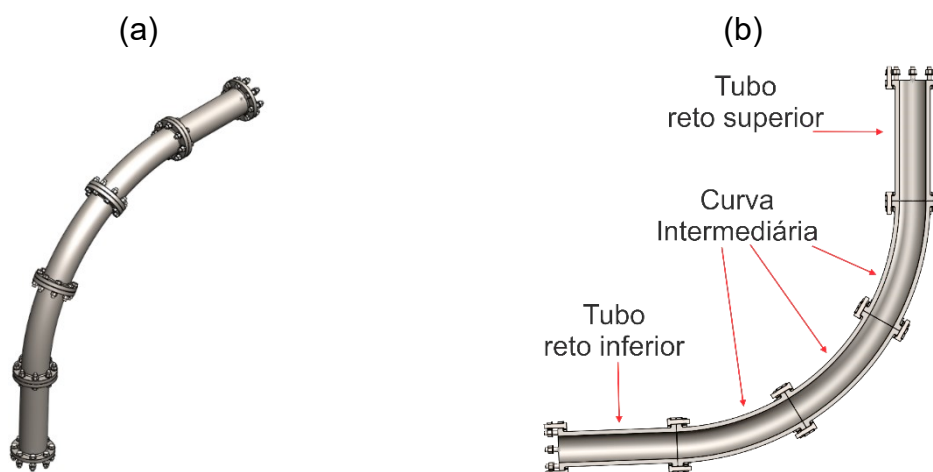


Figura 8 - (a) Vista Isométrica e (b) Vista em Corte (Autor, 2020)

Na Fig. 9 nota-se uma vista em corte do sistema de uma junção entre a curva intermediária e o tubo reto, evidenciando o modo de fixação desta curva que se dará pelo uso de parafusos sextavados, arruelas lisas e de pressão e porcas.

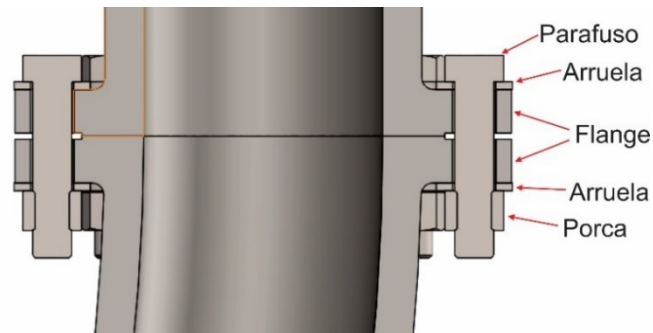


Figura 9 - Fixação da Flange das Curvas (Autor, 2020)

Os flanges para a fixação seguem a norma ANSI B16.5, sendo que os flanges das extremidades das seções “Tubo reto superior” e “Tubo reto Inferior” devem seguir as medidas que o cliente passou, pois estas terão que encaixar no restante da tubulação do cliente. Os flanges das “Curvas Intermediárias” foram dimensionados tomando como base os diâmetros interno e externo e verificado na norma o tamanho adequado, ainda que nas faces que farão a junção dos flanges e nas faces de assentamento dos parafusos serão usinadas.

2.4 Projeto de um rotor de palhetas

Este capítulo relatará os procedimentos para a fabricação de um rotor de palhetas, desde a construção do modelo, macho e caixa de macho, construção e usinagem da palheta.

Na Fig. 10 percebe-se uma visão geral de como será a peça, as partes em verde são os locais onde serão adicionados sobremetal, as partes que não possuem uma cor específica é porque ficara em acabamento bruto, ou seja, não será adicionado sobremetal, somente a contração do material.

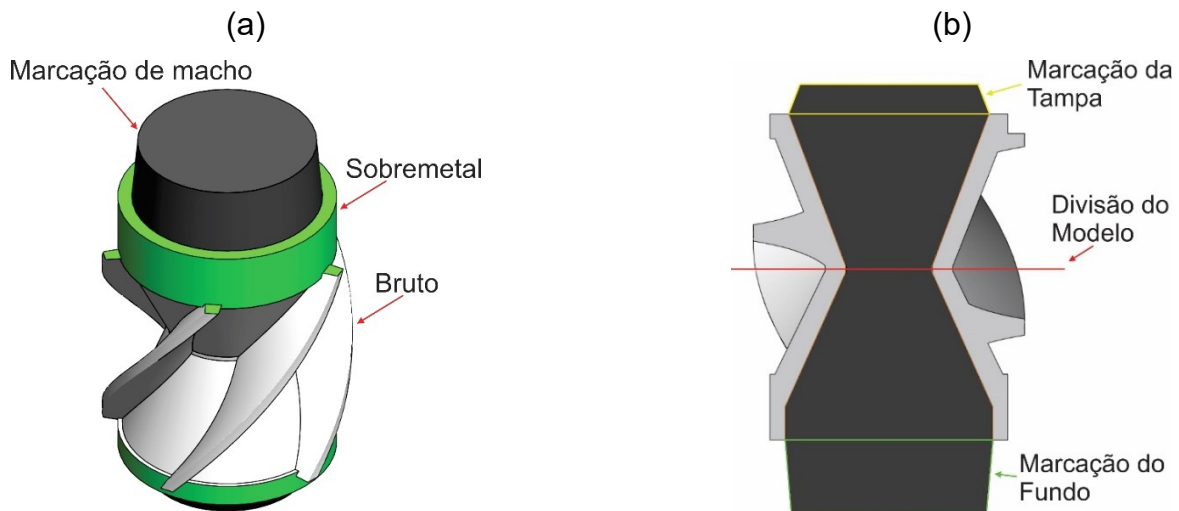


Figura 10 - (a) Vista Isométrica; (b) Vista em Corte (Autor, 2020)

Na vista em corte da Fig. 10 (b) percebe-se 3 áreas destacadas, sendo elas a linha de divisão, marcação da tampa e do fundo. A linha de divisão representada pela cor vermelha é onde o modelo será dividido, desta forma temos um modelo bipartido sendo uma dessas partes nomeada de fundo e a outra de tampa. A região contornada pela cor verde, é a marcação do macho na parte do fundo e a região contornada em amarelo é a marcação do macho na tampa. Logo no molde teremos o negativo dessas marcações, desta forma elas servirão de apoio para o macho, que terá esse formato esse mesmo formato porém feito em areia.

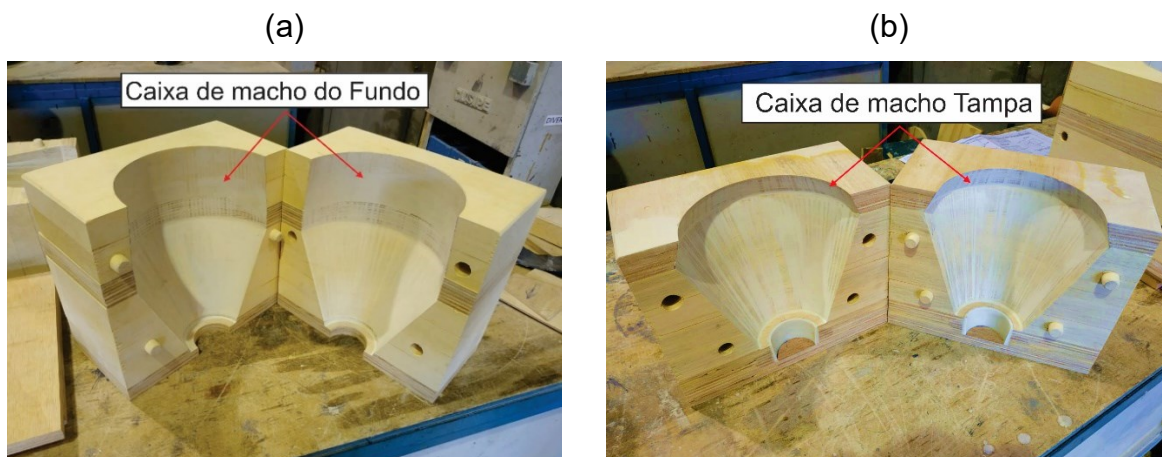


Figura 11 - (a) Caixa de macho Fundo; (b) Caixa de macho tampa (Autor, 2020)

Na Fig. 11 percebe-se as duas caixas de macho fabricado em madeira, as caixas também são fabricadas bipartidas pois caso não fossem iria ter contra saída,

ou seja no momento que preenche-se a caixa de macho com areia não iria ter como retirar o macho sem danificá-lo ou danificar a caixa.

A Fig. 12 demonstra a imagem da fabricação da palheta do rotor, o material utilizado foi resina.



Figura 12 – (a) Palheta na usinagem; (b) palheta usinada (Autor, 2020)

Na Fig. 12 (a) nota-se a palheta fixada na mesa do centro de usinagem CNC, a palheta foi usinada pois a fabricação da mesma de forma manual custa bastante tempo e seria muito complexo para deixá-la na geometria do desenho do cliente. Na Fig. 12 (b) a palheta está usinada e para otimizar o tempo de usinagem o acabamento final será feito manualmente com o uso de lixas, buscando reduzir a rugosidade e os cantos vivos. A palheta usinada servirá como modelo para as outras palhetas da peça, para não precisar usinar todas as palhetas foi usinada somente uma única palheta e posteriormente feito moldes em resina como demonstra a Fig. 13 (a).



Figura 13 - (a) Molde de resina (b) Palheta Bipartida montada (Autor, 2020)

Na Fig. 13 (b) fica evidente que as palhetas foram divididas em duas partes exatamente onde irá passar a linha de divisão do modelo, a fixação das palhetas no modelo se dará por montagem com uso de pinos conforme a Fig. 14 (a). Este método é utilizado pois caso as palhetas ficassem fixas permanentemente no modelo iria ocorrer contra saída no momento da moldagem devido a variação da geometria da palheta.

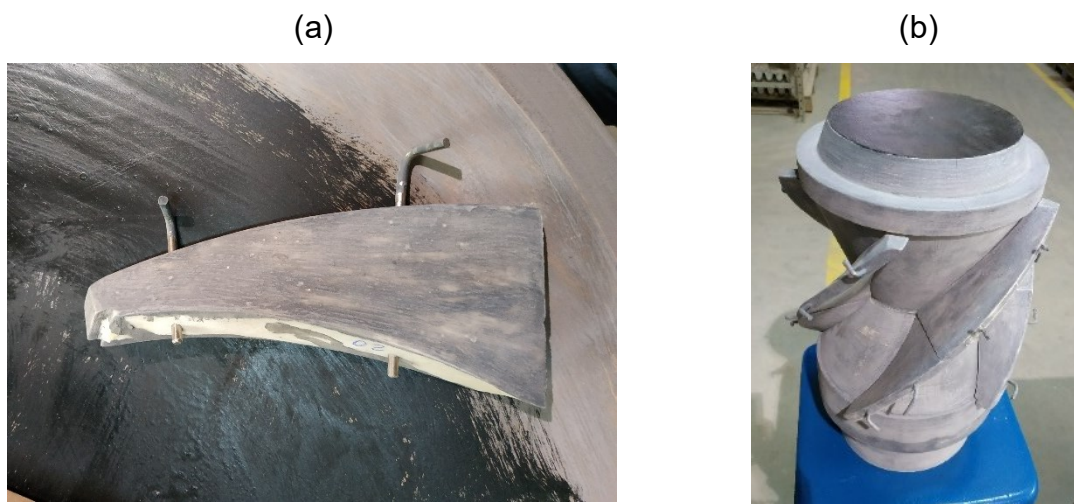


Figura 14 - (a) Palheta com os pinos; (b) Modelo Completo (Autor, 2020)

Na Fig. 14 (b) tem-se o modelo pronto com as palhetas montadas, o procedimento para a moldagem irá ocorrer da seguinte forma: para o fundo será moldado com as palhetas montadas e quando estiver enchendo de areia será retirado os pinos das palhetas e esperar o molde curar. Após a cura do molde será retirado a parte central do rotor e após isso as palhetas ainda estarão dentro do molde porém soltas, dessa forma será fácil de tira-las, na tampa irá ocorrer da mesma forma. No fechamento dessa peça será na seguinte sequencia: Molde fundo, Macho Fundo, Macho Tampa e molde Tampa, após o molde fechado será vazado o metal liquido e após o vazamento as etapas seguintes são: desmoldagem, rebarbação, usinagem, controle da qualidade, pintura e expedição.

2.5 Planilha de Indicadores

Indicadores de produtividade são ferramentas aplicadas frequentemente na gestão de negócios, com o intuito de avaliar o rendimento e a eficiência dos processos

As colunas “Versão” e “Tempo de simulação” são próprias para o *software* de simulação de fundição, sendo que para cada versão especificada existe um tempo de simulação, desta forma preenche-se todas as versões de um respectivo modelo “FS/XXXXX”. Obtendo-se o peso da peça bruta e da peça com o sistema de alimentação calcula-se o rendimento metálico, a coluna “Rendimento” irá variar a sua cor conforme for o valor, caso for maior ou igual que XX% (valor determinado pela empresa) irá ficar na cor verde caso contrário será na cor vermelha.

A secção nomeada de “Indicadores” contém a coluna “Descrição” que busca identificar o indicador, e as outras três colunas “Situação”, demonstra a situação atual no mês vigente, “Deveria” como deveria estar em função do dia do mês. As células da coluna “Situação” mudam a sua cor para tornar a tabela mais dinâmica, passando de verde para vermelho. Caso o valor da célula estiver de acordo com os valores da coluna “Deveria” a cor indicada será verde caso estiver menor será vermelha, desta forma alertando ao profissional.

3. CONCLUSÃO

Ao analisar os dados obtidos e as atividades realizadas durante o período do estágio, conclui-se que:

- O acompanhamento e preenchimento a cada projeto nas tabulações dos indicadores se mostrou fundamental em comparação com o preenchimento no fim do mês.
- As disciplinas do curso relacionadas a planejamento de projetos e elaboração de desenhos em *softwares* 3D foram imprescindíveis para a execução das tarefas.
- O acompanhamento do projeto do rotor foi importante para o entendimento da fabricação das palhetas, da caixa de macho e do modelo em geral.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Alirio Gerson da Silva; FONSECA, Marco Tulio da. **Alimentação e enchimento de peças fundidas vazadas em moldes de areia**. Itauna: Centro Tecnológico de Fundicao Marcelino Corradi, 2003. 214 p.

BALDAM, R. L.; VIEIRA, E.A. **Fundição: Processos e tecnologia correlatas**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2013.

CALLISTER JÚNIOR, William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 652 p.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7. ed., ampl. e rev. São Paulo: ABM, 2002. 599 p.

FERREIRA, Jose M. G. Carvalho. **Tecnologia da fundição**. Lisboa: Fundacao Calouste Gulbenkian, 1999. 544 p.

MORO, N; AURAS A. P. **Processos de Fabricação**. Florianópolis: CFET-SC. 2007.

PASSINI. A. **Estudo de caso para o cálculo dos sistemas de alimentação e enchimento em moldes de fundição**. Florianópolis, UFSC, Curso de Graduação em Engenharia de Materiais, 2005.

PLUTSHACK L. A.; SUSCHIL A. L. **Riser Design**, in: ASM. Metals Handbook, v.15 - Casting. Metals Park: ASM International, 1988.

SOARES, G. de A. **Fundição: Mercado, Processo e Metalurgia**, Editora: UFRJ, 2000.