



TRABALHO ACADÊMICO INTEGRADOR III

FORNO DE FUNDIÇÃO DE CADINHO DE PEQUENO  
PORTE À DIESEL

Eduardo Cambraia Viglione Nascimento

Jose Reginaldo da Cunha Junior

Joubert Geraldo Vitorio

Raul Victor Alves

Vinicius Oliveira Andrade

Arcos/MG

2019

EDUARDO CAMBRAIA VIGLIONE NASCIMENTO

JOSE REGINALDO DA CUNHA JUNIOR

JOUBERT GERALDO VITORIO

RAUL VICTOR ALVES

VINICIUS OLIVEIRA ANDRADE

**TRABALHO ACADÊMICO INTEGRADOR III:**  
**FORNO DE FUNDIÇÃO DE CADINHO DE PEQUENO**  
**PORTE À DIESEL**

Relatório final do Trabalho Acadêmico Integrador III apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus: Arcos.

Orientador: José Luiz Gonçalves

Arcos/MG

2019

## **RESUMO**

O processo de fundição é um processo que vem cada vez mais se tornando viável e ganhando corpo no meio da produção, onde você agrega a durabilidade com baixo custo e variabilidade. O objetivo desse projeto é o estudo em cima de um forno de fundição de pequeno porte, até as propriedades alcançadas pelo alumínio em seus diversos estados, visando melhorias, e futuros projetos agregando interação instituto e alunos, gerando peças, entre outros utilitários. Foi estudado o ponto de fusão/mudança de estado do alumínio, temperatura de aquecimento, condições do cimento refratário sob elevada caloria, dimensionamento de massa, discussão de resultados, melhorias no resultado, entre outras propriedades e aprofundamentos que poderão ser aproveitados no aprimoramento no próximo semestre.

## **ABSTRACT**

The casting process is a process that is increasingly becoming feasible and gaining body in the middle of production, where you add durability with low cost and variability. The objective of this project is to study over a small smelting furnace, up to the properties achieved by aluminum in its various states, aiming for improvements, and future projects by adding interaction institute and students, generating pieces, among other utilities. It was studied the melting / changing state of aluminum, heating temperature, refractory cement conditions under high calorie, mass design, discussion of results, improvements in the result, among other properties and deepening that could be improved in the next half.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Desenho técnico vista frontal.....	12
Figura 2- Desenho técnico vista superior .....	12
Figura 3- Protótipo finalizado .....	14
Figura 4- Grafico de pizza composição do ar .....	15
Figura 5- Ilustração da estrutura cristalina e célula unitária CFC .....	17
Figura 6- Diagrama de fases .....	20
Figura 7- Desenho do diagrama .....	21
Figura 8- Forno de Fundição .....	25
Figura 9- Molde da peça .....	25
Figura 10-Peça pronta .....	26

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Cronograma de estudo.....	12
Tabela 2- Materiais e custos .....	14
Tabela 3- Raio atômico dos elementos e tipo de célula unitária.....	18
Tabela 4-Dureza dos Minerais.....	19

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 Objetivos gerais .....	9
1.2 Objetivos específicos .....	10
1.3 Justificativa .....	10
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
2.1 Forno de Fundição .....	10
2.2 Material refratário .....	11
2.3 Fonte de Energia .....	11
2.4 Alumínio .....	11
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	12
3.1 Croograma .....	23
3.2 Desenho técnico .....	13
3.3 Estequiometria da combustão completa do óleo diesel .....	15
3.4 Transferência de calor e quantidade de energia .....	15
3.4.1 Área do forno .....	16
3.4.2 Transferência de calor do forno para o ambiente por convecção .....	16
3.4.3 Quantidade de energia necessária para a fusão do alumínio .....	16
3.4.4 Entropia .....	17
3.5 Massa específica .....	17
3.5.1 Volume .....	18
3.5.2 Cálculo da massa específica .....	18
3.5.3 Tabela de dureza .....	19
3.5.4 Diagrama de fases .....	19
3.6 Material Cerâmico .....	20
3.7 Suporte do reservatório do óleo .....	20

<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>22</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>6. APÊNDICE.....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE A</b>	
Visita Técnica .....	24

## **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com Pereira et al. (2005), fundição é um processo de fabricação em que um metal fundido é vazado na cavidade de um molde projetado com o formato desejado. As ligas não ferrosas (alumínio, cobre, etc.) fundidas, usualmente utilizam fornos com aquecimento a óleo (bpf ou diesel), e gás liquefeito de petróleo (GLP) para o processo de fusão, isso deve-se ao fato de que os pontos de fusão destas ligas são baixos e os custos operacionais e de manutenção são atrativos.

Forno de cadinho são utilizados em pequenos empreendimentos, por exemplo em laboratórios, com propósito de fundir ligas não ferrosas de baixo ponto de fusão, como: chumbo, alumínio, bronze, etc. Caracterizam-se por serem construídos em forma cilíndricas e revestidos. Para fusão em pequena escala, é uma das melhores soluções e mais economicamente viável. As razões para essa preferência são a versatilidade em termos de produtividade, que varia apenas com a mudança do tamanho do cadinho. Dessa forma, podem-se fundir de pequenas a médias quantidades, alterando a escala de produção simplesmente mudando o cadinho (OLIVEIRA, 2013).

O alumínio, segundo ABAL (2007), apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é o metal que em maior escala vindo sendo cada vez mais utilizado pela indústria nos últimos anos, que teve seu início somente em 1886. A descoberta desse novo material possibilitou a diversos processos industriais uma melhor relação entre resistência e peso. No Brasil, o alumínio teve sua utilização em escala industrial no ano de 1917, com a instalação da Companhia Paulista de Artefatos de Alumínio.

### **1.1 Objetivos gerais**

Fabricação de um prototipo de um forno de fundição de alumínio de baixo custo para produção em pequena escala, tendo como combustível óleo reutilizado, visando o estudo do mesmo, junto com o auxílio das disciplinas vistas durante o período, e se possível e viável utiliza-lo em futuros projetos do Campus.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Busca de referencial teórico
- Busca por materiais reutilizados e com baixo custo
- Estudo sobre materiais refratários
- Aprofundamento na queima do óleo
- Fabricação do protótipo.
- Estudo do protótipo, aplicando as disciplinas estudadas durante o período com o intuito de que as mesmas esclareçam a melhor e mais viável forma de construção do projeto.

## **1.3 Justificativa**

Apos estudos sobre temas e discussões entre os integrantes do grupo, foi decidido que a fabricação e estudo do protótipo de um forno de fundição do alumínio com baixo custo de produção e fabricação seria de grande proveito para futuros projetos do campus, ou seja, agregará no quesito equipamentos contidos no campus ter um forno de fundição para fabricação de peças de alumínio.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Forno de Fundição**

Consiste em um recipiente que possui com uma camada de material refratário em suas paredes por ser um bom isolante térmico, sendo assim pode alcançar altas temperaturas, possuindo diversas fontes de energia, podendo ser entre elas o gás mineral, o óleo, resistores elétricos, entre outros. Devido à alta transferência de calor, o material metálico aquece a uma temperatura superior ao seu ponto de fusão, transformando seu

estado físico sólido para líquido, possibilitando assim a modelagem do material, sendo assim quando ele voltar ao estado sólido sua forma geométrica será a mesma da forma que ele foi colocado em seu estado líquido.

## **2.2 Material refratário**

Qualidade dos materiais que apresentam resistência a grandes temperaturas. O refratário é atribuído a um grupo de materiais, em sua maioria cerâmicas, capazes de suportar altas temperaturas sem perder suas propriedades físico-químicas, entre elas, resistência, alta condutividade térmica e condutividade elétrica, apresentam grande versatilidade e atendem a todas às necessidades de aplicação em zonas de média e alta solitação de fornos de aquecimento, caldeiras, fornos de cerâmica, em fundições e fornos de elevada temperatura.

## **2.3 Fonte de Energia**

A fonte de energia utilizada para aquecer o forno foi obtida através da queima de óleo mineral reutilizado, visando o baixo custo e a alta eficiência do forno, a vazão desse óleo foi controlada a partir de um dosador em forma de registro, e pulverizado para dentro do forno com um soprador, assim obtendo uma máxima eficiência e aproveitamento na queima do óleo. O soprador que tem curso único, permite a segurança de que o óleo quente não retorne ao recipiente e entra no forno de lado, de modo que ele sopra de forma helicoidal, assim o cadinho todo sendo envolto desse ar, que nessa situação só sobe por meio de convecção, assim ocorrendo o máximo aproveitamento também do calor gerado, tendo uma distribuição mais homogênea do combustível no ar de combustão, esquentando por igual todo o forno.

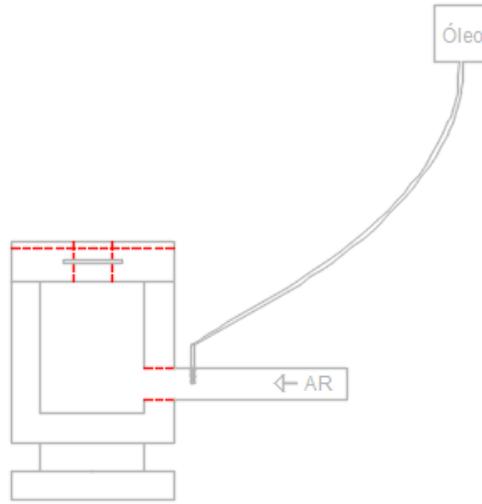
## **2.4 Alumínio**

Segundo Baldman e Vieira (2014) o alumínio teve o início de sua comercialização dado a cerca de 150 anos. O alumínio e suas ligas representam um dos materiais metálicos mais multifuncionais, tornando-o, além dos aspectos financeiros, atrativo para uma série de aplicações, como, por exemplo, na indústria de automóveis, tendo uma densidade de apenas  $2,7\text{g/cm}^3$ , ele apresenta uma ótima relação de



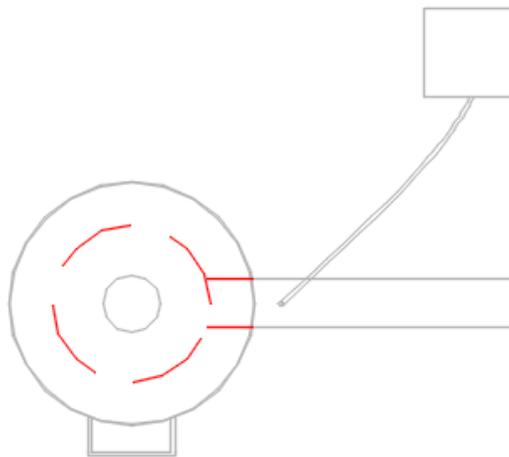
### 3.2 Desenho técnico

Figura 1. Desenho vista frontal



Fonte: Próprios Autores

Figura 2. Desenho vista superior



Fonte: Próprios autores

**Tabela 2. Lista de materiais**

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Possui / Não Possui</b>	<b>Custo</b>
Tambor 20 litros	1	Sim	Nenhum
Material Refratário	25 Kg	Sim	R\$ 90,00
Tubo 55mm	1	Sim	Nenhum
Tubo 65mm	1	Sim	Nenhum
Cadinho	1	Sim	Nenhum
Tubo 5mm	1	Sim	Nenhum
Reservatório de óleo	1	Sim	Nenhum
Soprador de ar	1	Sim	Nenhum
Mangueira	1	Sim	R\$ 3,00
Dosador de óleo	1	Sim	R\$ 3,45
Spray colore	1	Sim	R\$ 15,45

Fonte: Próprios autores

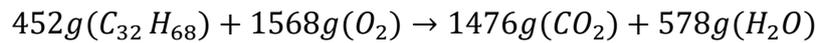
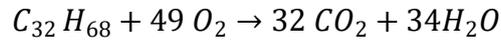
**Figura 3: Protótipo Finalizado**



FONTE: PROPRIOS AUTORES

### 3.3 Estequiometria da combustão completa do óleo diesel

Equação química balanceada da queima completa do óleo diesel:



Conclui-se que é necessário aproximadamente 3,47kg de  $O_2$  para que haja a queima de 1kg de  $C_{32}H_{68}$  (óleo diesel).

Figura 4. Composição do ar



Fonte: <<https://bit.ly/2J8NGLK>>

O ar atmosférico é constituído por 21% de  $O_2$ , com isso temos a conclusão de que é preciso de aproximadamente 16,5 kg de ar atmosférico para efetuar a queima completa de 1kg de óleo diesel.

### 3.4 Transferência de calor e quantidade de energia

Para a transferência de calor foi considerada somente a perda de calor por condução, pelo fato das perdas por convecção e irradiação serem ínfimas se comparadas a perda por condução.

### 3.4.1 Área do forno

A área da base é dada pela seguinte fórmula:

$$A_C = \pi r^2$$

E a área total do forno é dada pela fórmula:

$$A_{TF} = 2.A_C + 2.\pi.r.h$$

O raio  $r$  tem o valor de 0,14 m, e  $h$  vale 0,35 m. Então,

$$A_{TF} = 0,431 \text{ m}^2$$

### 3.4.2 Transferência de calor do forno para o ambiente por convecção

A transferência de calor do forno é dada pela seguinte fórmula:

$$Q_{FA} = \frac{(K.A)}{L} . \Delta T$$

Onde  $Q_{FA}$  é a quantidade de calor transferida do forno para o ambiente,  $K$  é condutividade térmica que possui um valor de aproximadamente  $2.08 \frac{W}{m.K}$ ,  $A$  é a área total do forno, cujo valor é  $0,431 \text{ m}^2$ ,  $L$  é a espessura da parede do forno, que é igual a  $0.05m$ ,  $\Delta T$  é a diferença entre a temperatura final e a inicial onde a temperatura inicial é  $298 \text{ K}$  e a temperatura final é de  $933 \text{ K}$ . Assim obtém-se o resultado:

$$Q_{FA} = 11386 \text{ W}$$

### 3.4.3 Quantidade de energia necessária para a fusão do alumínio

A energia necessária para a fusão do alumínio é dada pela seguinte fórmula:

$$Q_{Al} = m.c.\Delta T$$

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  $0,22 \frac{cal}{(g.^{\circ}C)}$ ,  $\Delta T$  é a

diferença entre a temperatura final e a inicial onde a temperatura inicial é 25°C e a temperatura final é de 660°C. Assim obtém-se o resultado:

$$Q_{Al} = 209,55 \text{ kcal}$$

### 3.4.4 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

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$Q = 209,55 \text{ Kcal}$$

$$T = 953 \text{ K}$$

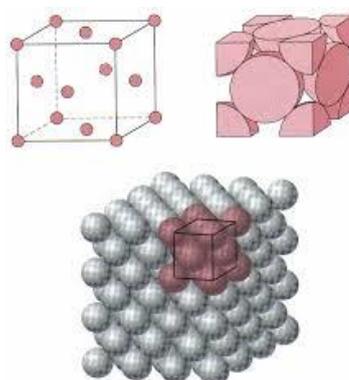
$$1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J}$$

$$\Delta S = \frac{87675,720}{933} = 93,972 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

### 3.5 Massa específica

O alumínio tem uma estrutura cristalina formada por células unitárias CFC, cubica de faces centradas.

**Figura 5. Ilustração da estrutura cristalina e célula unitária CFC**



Fonte: < <https://bit.ly/2RVGWn9> >

### 3.5.1 Volume

Tabela 3. Raio atômico dos elementos e tipo de célula unitária

Metal	Raio atômico (nm)	Estrutura cristalina	Metal	Raio atômico (nm)	Estrutura cristalina
Alumínio	0,1431	CFC	Molibdênio	0,1363	CCC
Cádmio	0,1490	HC	Níquel	0,1246	CFC
Cromo	0,1249	CCC	Platina	0,1387	CFC
Cobalto	0,1253	HC	Prata	0,1445	CFC
Cobre	0,1278	CFC	Titânio	0,1445	HC
Ouro	0,1442	CFC	Tungstênio	0,1371	CCC
Ferro	0,1241	CCC	Zinco	0,1332	HC
Chumbo	0,1750	CFC			

Fonte: < <https://bit.ly/325HtaP> >

O volume da célula unitária CFC é dado pela seguinte fórmula:

$$V_{CFC} = a^3$$

onde  $a$  é o comprimento da aresta da célula unitária, que é dada pela fórmula:

$$a = 2 \cdot r \cdot \sqrt{2}$$

Com  $r$ , raio atômico, assumindo o valor de 0,1431 nm, temos

$$V_{CFC} = 6,62 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

### 3.5.2 Cálculo da massa específica

A massa específica é dada pela seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{n \cdot A}{V_{CFC} \cdot N_A}$$

onde  $n$  é a quantidade de átomos no interior da célula unitária,  $A$  é o peso atômico do elemento,  $V_{CFC}$  é o volume da célula unitária, e  $N_A$  é o número de Avogadro.

$$\rho = \frac{4 \cdot 26,9815}{(6,62 \times 10^{-23} \cdot 6,022 \times 10^{23})}$$

$$\rho = 2,71 \text{ g/cm}^3$$

$$V_{CFC} = 6,62 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

### 3.5.3 Tabela de dureza

O cimento refratário que foi usado no projeto tem uma composição em sua maioria de 69% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , além de 24% de  $\text{SiO}_2$ , e 7% de outros compostos. A dureza é vista pela escala de Mohs que varia de 1 a 10, como mostra a tabela a dureza do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tem o valor de 9 na escala Mohs ficando atrás no quesito dureza, apenas do diamante, o  $\text{SiO}_2$  tem um valor de 7 Mohs em dureza. Então conclui-se que o refratário terá uma elevada dureza, comprovando o que já foi citado anteriormente, que os materiais cerâmicos possuem elevada dureza.

**Tabela 4 : Dureza dos Minerais**

<b>Escala de Mohs</b>	<b>Mineral</b>	<b>Dureza Absoluta</b>
1	Talco	1
2	Gipsita	3
3	Calcita	9
4	Fluorita	21
5	Apatita	48
6	Feldspato Ortoclásio	72
7	Quartzo	100
8	Topázio	200
9	Coríndon	400
10	Diamante	1500

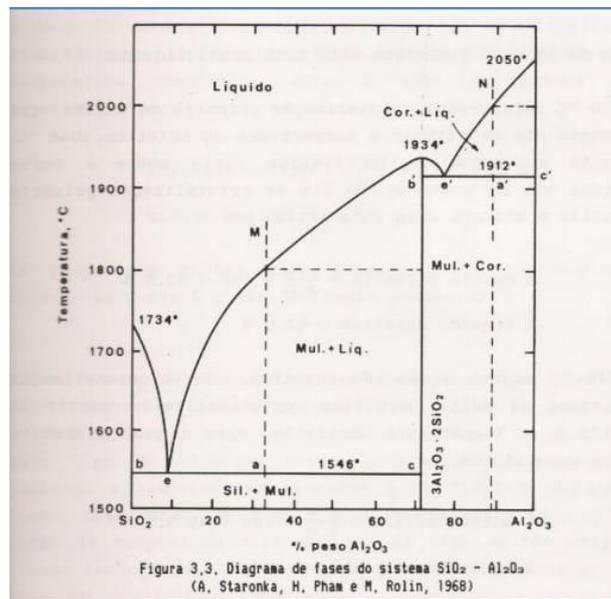
Fonte: Proprios Autores

### 3.5.4 Diagrama de fases

Falando especificamente dos principais compostos do cimento refratário usado no projeto, o diagrama de fases mostra que o ponto de fusão do  $\text{SiO}_2$  é  $1734^\circ\text{C}$  e ponto de fusão do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é  $2050^\circ\text{C}$ . O diagrama mostra que há dois pontos eutetoides onde um deles é pobre em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e o outro pobre em  $\text{SiO}_2$  sucessivamente, assim como as temperaturas dos pontos que se diferem onde no primeiro é de  $1546^\circ\text{C}$  e no segundo  $1912^\circ\text{C}$ . Então com a análise do diagrama foi constatado que a temperatura de fusão do refratário com composição de 69% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é de aproximadamente  $1900^\circ\text{C}$ , porém em sua especificação diz que o mesmo suporta até  $1550^\circ\text{C}$  pois acima desta temperatura

haverá duas fases, uma sólida mulita e outra líquida.

**Figura 6: Diagrama de fases**



Fonte: <<https://bit.ly/2NyROc0>>

### Legenda diagrama:

sil - silicato, composto por silício (Si) e oxigênio (O)

mul - mulita, composto pela sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

cor - corindo, composto pela alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

### 3.6 Material Cerâmico

Os materiais cerâmicos possuem a característica de suportar altas temperaturas, ou seja, são bons isolantes térmicos. Além de terem uma elevada dureza, porém uma alta fragilidade. Os mesmos possuem ligações atômicas do tipo covalente e iônica, ou até mesmo a combinação das mesmas. A matéria-prima para estes materiais é na forma de pó.

### 3.7 Suporte do reservatório de óleo

Foi produzido um tripé com finalidade de suporte para o recipiente de óleo, o mesmo possui angulação de  $120^\circ$  entre os pés no plano xy, e cada faz um ângulo de  $30^\circ$  com o eixo z. Então foi calculado como é mostrado abaixo a força que cada pé fez para

suportar o recipiente de óleo. Os dados tabelados usados nos cálculos foram a aceleração da gravidade no valor de  $9,81 \text{ m/s}^2$ , e a densidade do óleo diesel no valor de  $0,853 \text{ kg/L}$ , além de um volume de  $1 \text{ L}$  de óleo.

$$\Sigma F_x = \vec{F}_C \cdot \text{sen}30^\circ \cdot \text{cos}60^\circ + \vec{F}_D \cdot \text{sen}30^\circ \cdot \text{cos}60^\circ - \vec{F}_B \cdot \text{sen}30^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = \vec{F}_D \cdot \text{sen}30^\circ \cdot \text{cos}60^\circ - \vec{F}_C \cdot \text{sen}30^\circ \cdot \text{cos}60^\circ = 0$$

$$\Sigma F_z = -\vec{P} - \vec{F}_C \cdot \text{cos}30^\circ - \vec{F}_B \cdot \text{cos}30^\circ - \vec{F}_D \cdot \text{cos}30^\circ = 0$$

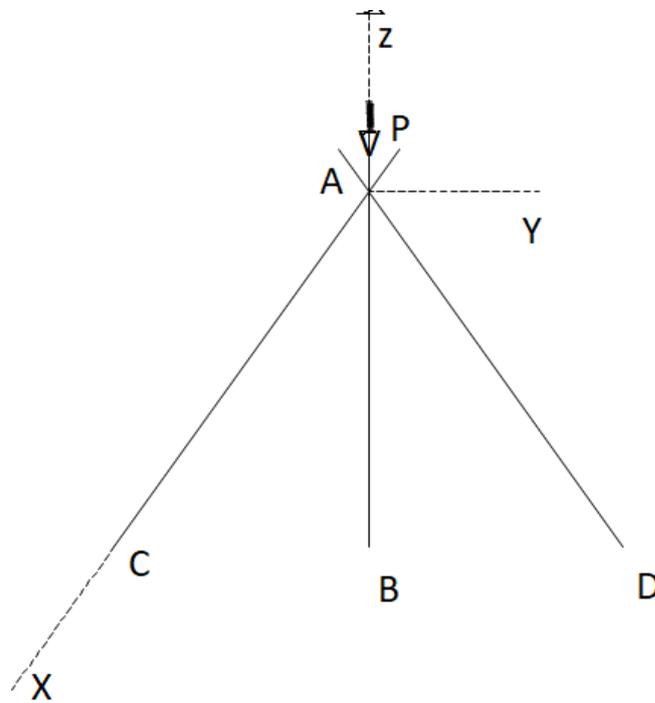
$$0,25\vec{F}_C + 0,25\vec{F}_D - 0,5\vec{F}_B = 0$$

$$0,25\vec{F}_D - 0,25\vec{F}_C = 0$$

$$-\vec{P} - 0,866\vec{F}_C - 0,866\vec{F}_B - 0,866\vec{F}_D = 0$$

$$\vec{F}_C = \vec{F}_B = \vec{F}_D = 3,22\text{N}$$

**Figura 7: Desenho do diagrama**



Fonte: Próprios Autores

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo abrangente sobre o desenvolvimento orientado de um forno de fundição de alumínio.

O primeiro passo do trabalho foi identificar através de ementas as matérias a serem estudadas durante o semestre, e a partir disso identificar o que mais atenderia ao grupo em no que se refere ao projeto escolhido a ser desenvolvido. Após um brainstorm, o grupo escolheu algo que fosse de baixo custo e também atendesse aos interesses grupo/insituto, visto que o forno é de alta utilidade, interesse e custo benefício.

Projeto que demandou bastante dedicação, e de forma paralela a isso muito conhecimento adquirido, já que foram feitas visitas, em alguns momentos utilizadas materias que ainda não foram abordadas e conteúdos complexos.

Conclui se que o projeto é de excelente desempenho, com custo benefício baixo e extremamente funcional dentre as limitações por ser um protótipo, atendendo as expectativas iniciais, podendo ser ainda melhorado para o próximo e ou próximos trabalhos acadêmicos integradores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OLIVEIRA, B. Fundação. Rede e-Tec, 2013. Belém, Julho 2013. Disponível em: <<http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpa/tecnicometalurgica/fundicao.pdf>>.

Acesso em: 14 Abril. 2019. Citado na página 19.

PEREIRA, M. et al. Aplicação do gás natural na indústria metalúrgica. Instituto Superior Tupy – Sociedade Educacional de Santa Catarina, 2005. Joinville-SC, 2005. Citado na página 19.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL. Fundamentos e aplicações do alumínio. São Paulo. 2007.

BALDMAN, Roquemar de Lima; VIEIRA, Estéfano Aparecido. Fundação: processos e tecnologias correlatas. São Paulo: Saraiva, 2014.

SOUZA, Manoel. Arcomáquinas Limitada. Arcos, Julho de 1977. Disponível em <<http://www.arcomaquinas.com.br/>> Acesso em: 16 Julho. 2019.

RAMOS, João Paulo. Projeto de um queimador para forno de cadinho utilizando gás liquefeito de petróleo - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Pato Branco. Citado na página 31.

CORONA. Corona Cadinhos. 2017. Disponível em: <<http://www.coronabrasil.com/cadinhos-carbeto-silicio.html>>. Acesso em: 15 de Julho de 2017. Citado na página 47.

## APÊNDICE A – Visita técnica

Foi feita uma visita a empresa Arcomáquinas LTDA, onde se fábrica moldes através do processo de fundição, lugar que proporcionou a oportunidade de aumentar e elevar bastante o conhecimento sobre fundição, e até mesmo outras áreas da engenharia e agregados.

O forno da empresa embora tenha diferenças em relação ao desse projeto, como alimentação, dimensões, entre outros, tem muita coisa a agregar, tais como: a também fundição de alumínio, temperatura, molde (areia que se resfria o alumínio já líquido), relação do tempo/peso a ser fundido.

Fundição do alumínio: O alumínio foi também o material a ser fundido nesse projeto, detalhes como temperatura de fusão  $660^{\circ}\text{C}$ , escória deixada até mesmo pelo alumínio puro que é retirada durante o período que é derramada no molde.

Molde: O molde utilizado na empresa é composto por betonita, grafite, areia filtrada e pedaços de madeira, que não podem estar molhados, pelo fato da combinação líquido quente e umidade gerarem bolhas, o que causa defeito na peça podendo perde la, por isso todo o material passa por um processo de secagem a ar.

Relação peso/tempo de fundição: A cada 100 kg de alumínio, são necessário 60 min para fundir.

Palavras chave:

Betonita: É a designação dada a uma mistura de argilas geralmente impura de grãos muito finos. O tamanho das partículas é seguramente inferior a 0,03% do grão médio da caolinita.

Grafite: É um mineral, um dos alótropos do carbono.

**Figura 8: Forno de Fundição**



Fonte: Proprios autores

**Figura 9: Molde da peça**



Fonte: Proprios Autores

**Figura 10: Peça pronta**



Fonte: Proprios Autores