

## FABRICAÇÃO DE UMA FORJA A GÁS

PAULENA, Oberdan<sup>1</sup>

DE VASCONCELOS, Jessica Hipólito<sup>2</sup>

**RESUMO:** A forja a gás é um equipamento que serviu para a conformação de materiais e desenvolvimento de estudos na área de metalúrgica. Esse processo aquece o metal para alterar suas estruturas e propriedades mecânicas, obtendo a possibilidade de criação de peças e objetos usando metais de acordo com as necessidades da humanidade. Este trabalho tem como objetivo a realização de um projeto e construção de uma forja à gás. A fabricação de uma forja à gás de baixo custo para o Centro Universitário Campo Real tem como principal foco colaborar com o curso de Engenharia, facilitando os estudos e experimentos realizados, e abrindo espaço para a discussão entre a teoria e a prática na execução dos estudos em têmpera, fundição de materiais e conformação de estruturas e microestruturas, das mais variadas ligas metálicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Forja. Têmpera. Ligas.

**ABSTRACT:** The gas forge is an equipment that was used for the conformation of materials and the development of studies in the metallurgical area. This process heats the metal to change its structures and mechanical properties, obtaining the possibility of creating parts and objects using metals according to the needs of humanity. This work aims to carry out a project and construction of a gas forge. The manufacture of a low-cost gas forge for Centro Universitario Campo Real has as its main focus to collaborate with the Engineering course, facilitating the studies and experiments carried out, and opening space for the discussion between theory and practice in the execution of the studies. in tempering, foundry of materials and conformation of structures and microstructures, of the most varied metallic alloys.

**KEYWORDS:** Forge. temper. leagues.

### 1 JUSTIFICATIVA DO PRODUTO

A forja a gás é um equipamento que proporcionou a evolução e facilitação de um processo criado no século XI A.C, serviu para a conformação de materiais e desenvolvimento de estudos na área de metalúrgica. Esse processo aquece o metal para alterar suas estruturas e propriedades mecânicas, obtendo a possibilidade de criação de peças e objetos usando metais de acordo com as necessidades da humanidade. Ele também proporciona a estudantes, técnicos e engenheiros a possibilidade de estudos mais aprofundados em metais (CALLISTER, 2016).

O forjamento é um dos processos mais antigos para confecção de ferramentas e objetos metálicos. Durante a revolução industrial, essa técnica passou a ser mais mecanizada, possibilitando a fabricação não só de peças pequenas, mas também peças maiores, como asas de avião.

---

<sup>1</sup> Graduando (a) de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Campo Real.

Email\_eng-oberdanpaulena@camporeal.edu.br

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professora no Centro Universitário Campo Real. prof\_institucional@camporeal.edu.br

Normalmente o processo de forjamento passa por uma série de passos como: corte, aquecimento, forjamento livre ou forjamento em matriz, rebarbação e tratamento térmico. Algumas peças podem ser necessário passar por um processo com melhor acabamento, como a usinagem por exemplo. Mas, para que cada processo obtenha resultados bons, é necessário um equipamento de qualidade, e um bom forjamento garante um equipamento sem porosidade ou falhas internas.

Para todos os processos de fabricação de um equipamento, há a necessidade de um maquinário específico para que se chegue ao projeto final. Por isso, é importante conhecer cada etapa do processo, bem como o equipamento a ser utilizado para fabricação de determinada peça.

Segundo Bresciani (1991) a função do forjamento de uma peça é resumidamente, a deformação mecânica e resfriamento com temperaturas e intervalos de tempo específico, para alcançar o resultado desejado conforme o projeto em que se está trabalhando.

Na construção de uma forja, é preciso levar em consideração o revestimento do forno, já que este precisa ter uma segurança externa, para que pessoas que estão ao redor ou manipulando o forno, não sofram queimaduras. Além disso, é preciso fazer uma análise internamente para que não reaja com nenhum material e ocorra reações químicas.

O objetivo deste trabalho é projetar e construir uma forja a gás de menor custo em relação às existentes no mercado, tendo como referência as que já estão no mercado a mais tempo e que possuem um volume de aproximadamente 8 a 15 litros. A forja que está sendo realizada no trabalho tem aproximadamente 40 litros, onde será analisado o desempenho do equipamento, fornecendo no final um forno de aquecimento a ser utilizado em aulas práticas no curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Campo Real. Com a construção da forja vai ser possível facilitar o entendimento de disciplinas voltadas a área de materiais já que poderão ser realizados experimentos, e abrindo espaço para a discussão entre a teoria e a prática na execução dos estudos em têmpera, fundição de materiais e conformação de estruturas e microestruturas, das mais variadas ligas metálicas.

Além disso, existem outras lacunas que geram oportunidade do projeto, tais como a motivação pessoal e incentivos para os acadêmicos a explorar mais sobre o tema. O projeto tem como característica, também, o baixo custo de fabricação, em vista do que já existe no mercado atual. Foram efetuados diversos orçamentos de

diferente marcas e peças específicas para montagem da forja, e chegando a uma conclusão da fabricação das mesmas para obtenção de um baixo custo, e também um desenvolvimento técnico na produção, pois o projeto foi criado e desenvolvido por um aluno colocando em prática aquilo que foi passado a ele durante sua passagem acadêmica.

## 2 METODOLOGIA

Para todos os processos de fabricação de um equipamento como esse, há a necessidade de um maquinário específico para que se chegue ao projeto final. Por isso, é importante conhecer cada etapa do processo, bem como o equipamento a ser utilizado para fabricação de determinadas peças.

A construção da forja não possui complexidade em relação a confecção da mesma, porém é necessário escolher adequadamente os materiais para que o projeto final funcione de forma adequada como o esperado. Além disso, existe a limitação de custos financeiros, por isso a qualidade pode refletir em sua funcionalidade, já que podem refletir diretamente em custos de determinados materiais.

A metodologia para execução do projeto deve passar por algumas etapas:

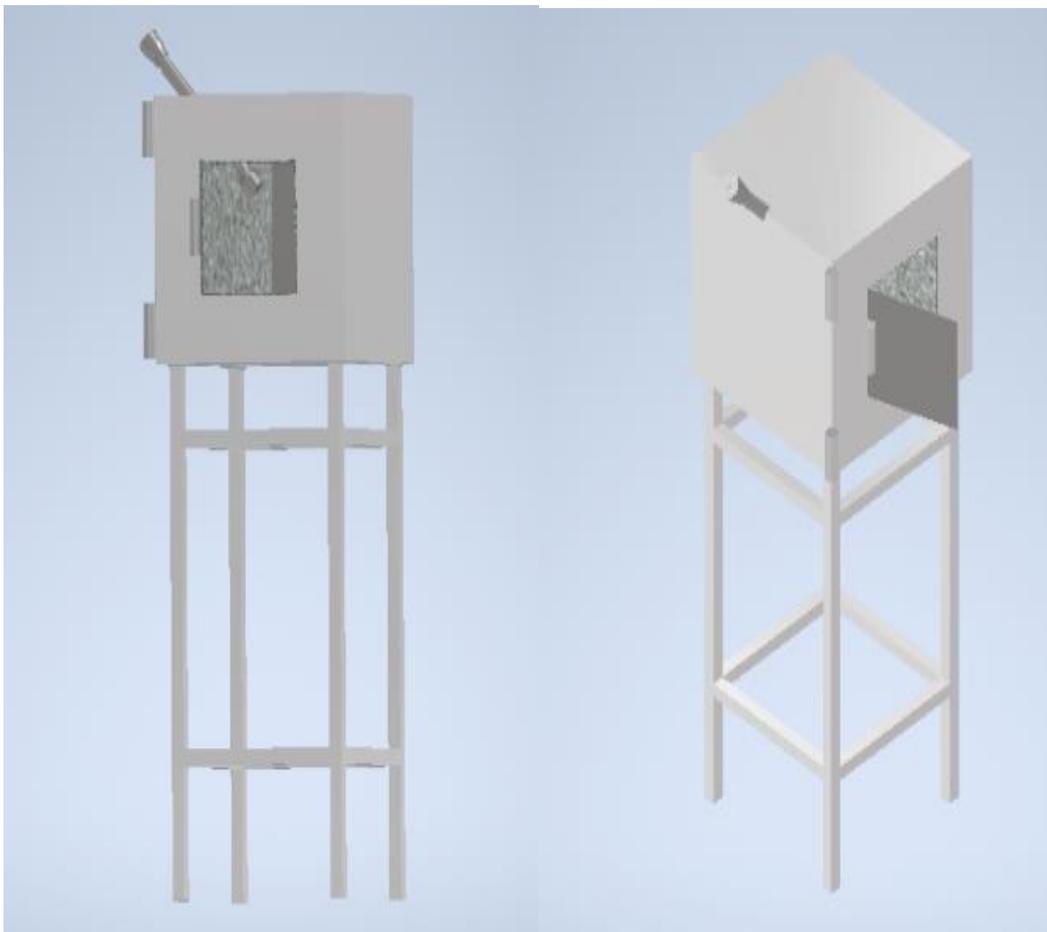
- Primeira etapa: Iniciar um esboço para a definição da estrutura, passando para um escopo com o dimensionamento da estrutura definida, onde é possível visualizar na figura 1.
- Segunda etapa: após a aprovação do escopo é necessário fazer uma revisão dos cálculos, dimensões e necessidades, com auxílio de um de *software* chamado Inventor disponível na instituição, que dispõe de um desenho técnico, com cotas, lista de materiais, e vista do produto finalizado seguindo as normas da ABNT onde é possível visualizar nas figura 2 .
- Terceira etapa: realização de orçamentos e a verificação de eventuais contratemplos, compra dos materiais e conferência dos mesmos.
- Quarta etapa: inicialização da fabricação utilizando o laboratório de processos de fabricação mecânica da instituição, com os conhecimentos de técnicas de produção. Fundamentados em segurança no trabalho, foi utilizado EPI 's para

a fabricação (corte, solda, montagem, aferição de medidas) do equipamento proposto em projeto sendo visto na figura 3 , seguindo as especificações pré-definidas, realizando também algumas modificações necessárias para o melhor procedimento na montagem podendo ser verificado na figura 4;

- Quinta etapa: realização de testes e verificação de funcionalidade do equipamento.
- Sexta etapa: entrega do produto

A figura 1 mostra um escopo realizado no *software* Inventor, onde a instituição disponibiliza o uso do mesmo de forma acadêmica para realização de projetos.

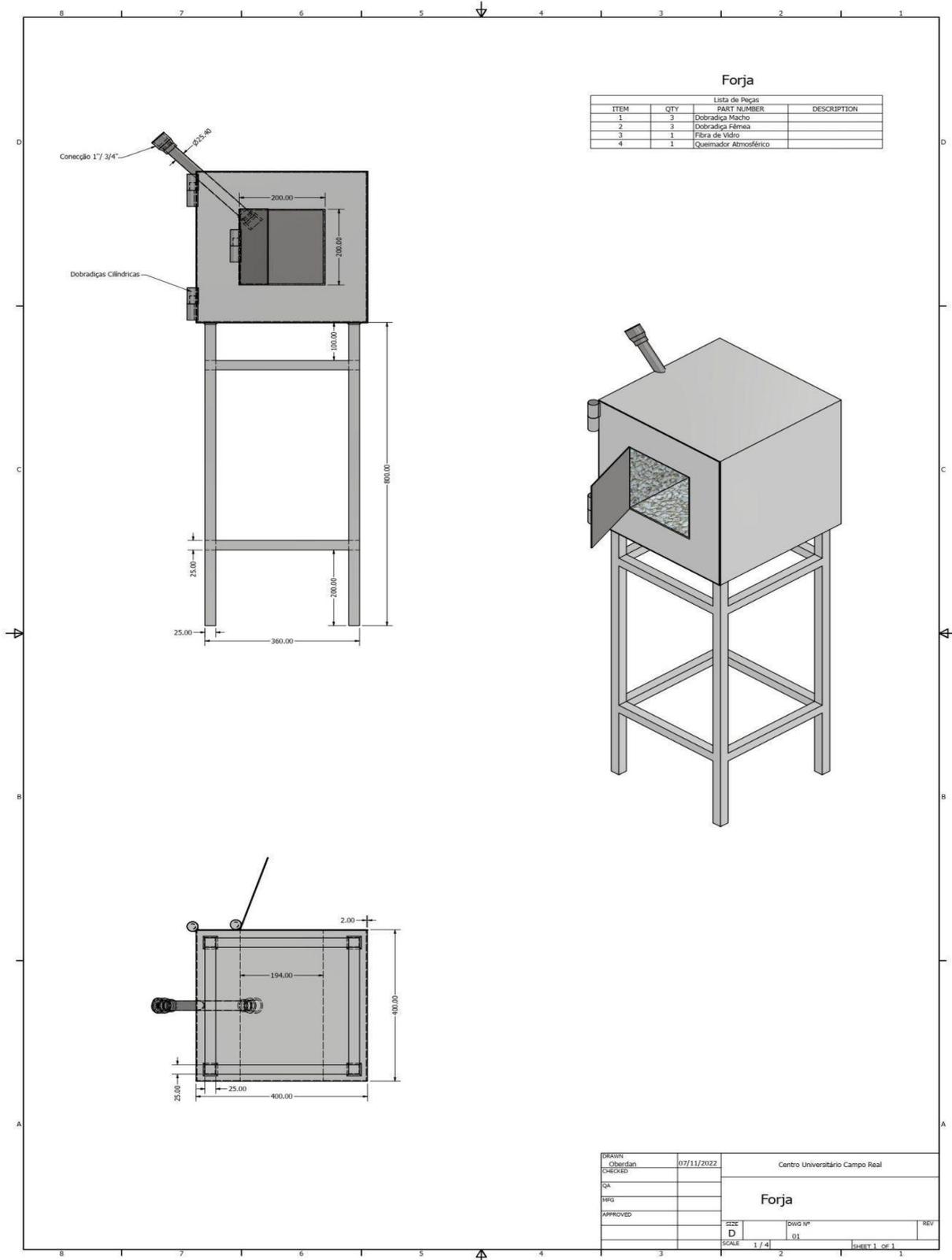
Figura 1 – pré-projeto forja a gás



Fonte: Autor (2022)

A figura 2 mostra um desenho técnico do projeto apresentando cotas detalhadas do produto.

Figura 2 - Desenho técnico



Fonte: Autor (2022)

A figura 3 mostra a fabricação da estrutura com a utilização dos equipamentos corretos e uso dos equipamentos de segurança.

Figura 3 - Fabricação da estrutura de sustentação



Fonte: Autor (2022)

A figura 4 mostra a execução da caixa onde irá ser montada a forja, este local será aplicado camada de manta térmica para resistência de calor.

Figura 4 - Soldagem da caixa “forja”



Fonte: Autor (2022)

## 2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

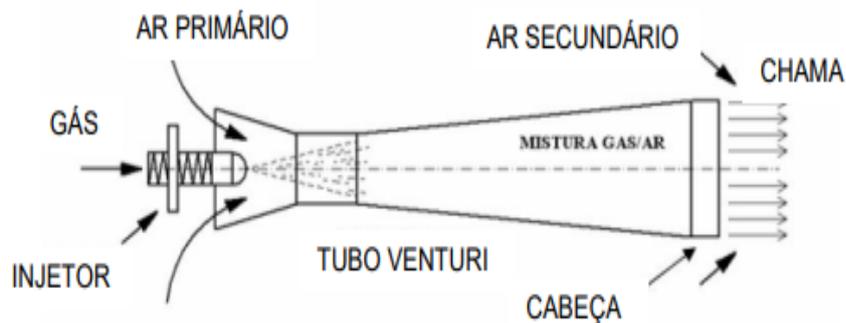
- Corte e dobra de chapa para molde da forja: Utilizado aço SAE 1020 para a fabricação das peças necessárias para modular o formato da forja tendo ela um desenho único;
- Tubo para estrutura: Utilizado um tubo de aço SAE 1020 (25x25x6000) representado na figura 5 para fabricação da estrutura do equipamento e sustentação do mesmo;
- Materiais variados; fabricação do bico de combustão onde no mesmo foi utilizado tubo de aço SAE 1020, Bronze, Latão, onde foi realizado a usinagem em todos materiais, o bico de combustão segue o modelo estudado (tubo de Venturi) como é chamado, onde o mesmo faz a mistura homogênea do combustível injetado e ar que entra pelo tubo podendo ser verificado na figura 6.
- Conexões (válvulas, mangueira): Utilizado esses materiais para complemento da ligação de combustível, figura 7;
- Manta térmica de fibra de cerâmica: Cerca de 4m<sup>2</sup> de manta foi utilizado na aplicação da forja, isso para criar uma barreira térmica fazendo com que calor não se disperse, imagem da manta na figura 8;
- Cola para manta de fibra de cerâmica: utilizado cola específica para fazer a aplicação da manta, figura 9.

Figura 5 - Tubo de aço SAE 1020 (25x25x6000)



A figura 6 mostra o tubo de Venturi que será executado para testes, caso comprovado que aumenta potencial do queimador será feito uma pequena modificação para alocar esse tubo ao projeto. Para que haja o funcionamento adequado do sistema é de extrema importância que o queimador funcione de forma adequada. A figura 6 mostra os componentes principais de um queimador, em resumo, o dimensionamento do bocal é o responsável pelo potencial de aspiração do ar atmosférico do queimador, e o controle da mistura é feito pela abertura da entrada de fluxo de ar secundário.

Figura 6 - Representação tubo de Venturi



Fonte: Componentes do queimador Baseado de Ibañez (2005, p.23)

O efeito Venturi, foi criado por um físico italiano chamado Giovanni Battista Venturié responsável por aumentar o potencial do queimador de atingir várias mudanças de mistura, homogeneizando o gás combustível com o ar primário. Devido ao tubo possuir uma seção mais larga e outra seção mais estreita, o que resulta em uma diferença de pressão e velocidade da mistura.

Figura 7 - Complemento da ligação de combustível



Fonte: [luciflex.com.br](http://luciflex.com.br) (2022)

Figura 8 - Manta de fibra de cerâmica



Fonte: [casadorefratario.com.br](http://casadorefratario.com.br) (2022)

Figura 9 - Cola de alta temperatura



Fonte: casadorefratario.com.br (2022)

## 2.2 ORÇAMENTO

A tabela 1 mostra orçamento da forja fabricada no projeto, esse orçamento foi realizado em lojas físicas e virtuais para obtenção de um melhor custo benefício para execução do produto.

Tabela 1 - Orçamento da forja a gás proposta

MATERIAIS	PREÇO R\$
Corte e dobra de chapa	R\$ 67,00
Tubo para estrutura	R\$ 48,00
Bico de combustão	R\$ 80,00
Conexões	R\$ 30,00
Manta térmica 4m <sup>2</sup>	R\$ 240,00
Cola para manta de fibra de cerâmica	R\$ 61,00
Tijolo refratário (3 unidades)	R\$ 60,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 586,00</b>

Fonte: Autor (2022)

### 2.3 PESQUISA DE MERCADO

Para uma análise de custo-benefício, foi realizada uma pesquisa de mercado para comparar valores da forja realizada no projeto com as que existem no mercado atual. A Tabela 2 mostra os valores mais altos comparados com o que foi gasto para realização da forja.

Tabela 2 - Pesquisa de Mercado

	<b>FORJA 1</b>	<b>FORJA 2</b>
<b>MATERIAL</b>	Forja 1 Bico Profissional - XT 18825A Modelo: Forja Profissional 1 Bico Dimensões Aprox. (CxLxA)30cm x 30cm x 44cm	Forja A Gás Profissional Cutelaria 2 Queimador Atmosférico
<b>FORNECEDOR</b>	RODEOWEST.COM.BR	MERCADOLIVRE.COM.BR
<b>DESCRIÇÃO DO PRODUTO</b>	Fabricada com paredes em aço carbono; 1 bico em ferro fundido; Mangueira especial com bico para encaixe em botijão de gás, além de registro extra de alta pressão acoplado ao bico; O isolamento térmico interno é feito em manta de fibra cerâmica (kawool spun), e base em tijolo refratário. Espaço interno de 20cm de profundidade, 20 cm de largura e 8cm de altura. Possui ainda aberturas laterais para controle da temperatura	Queimador Ember com regulagem do ar através de rosca (sistema patenteado); Adaptável em botijão P13 (normal de cozinha) Forja com abertura na frente e atrás, permitindo o uso com lâminas de diversos tamanhos; Produzida em aço com isolamento fibra cerâmica, garantindo excelente resistência e durabilidade; Medidas internas: 15 cm de diâmetro e 40cm de comprimento; Consumo de 1Kg de gás por hora, isso com o registro de gás totalmente aberto, pode-se trabalhar com consumo menor;

<p>IMAGEM</p>		
<p>VALOR</p>	<p>R\$ 2.773,20</p>	<p>R\$ 769,00</p>

Fonte: Autor (2022)

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

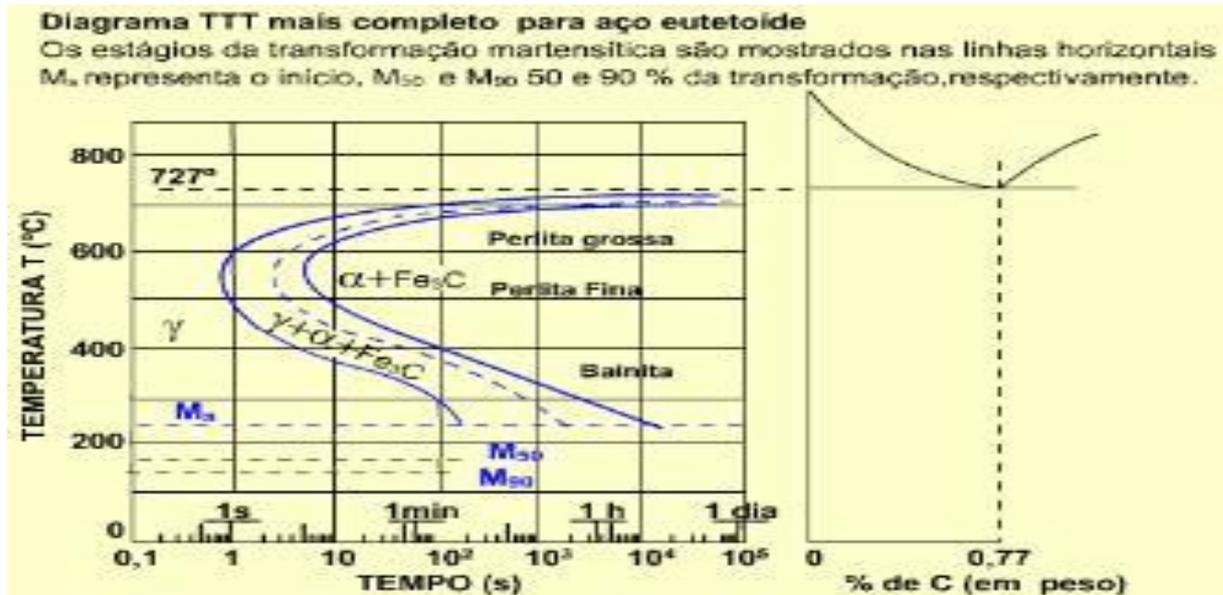
A forja construída tem uma grande portabilidade, visto que após atingir a temperatura necessária é possível diminuir o combustível e a mesma irá manter a temperatura devido seu isolamento térmico, não permitindo a troca de calor com ambiente externo. Sendo assim, atingindo a temperatura esperada em um tempo consideravelmente curto. Além disso, não produz resíduos, o combustível utilizado é de fácil aquisição, tendo como desvantagem apenas o custo com combustível e a dificuldade de aquecer pontos específicos de uma peça ou material.

Os testes se iniciaram juntamente com a execução do projeto, pois as aferições devem ser feitas desde o primeiro momento para que problemas futuros não venham a aparecer. A necessidade de alta temperatura no equipamento faz com que se busque o melhor isolamento térmico, utilizando materiais isolantes específicos, a instalação da tubulação do combustível deve ser aferida para que não haja vazamento, assim evitando acidentes, após essas verificações é possível chegar a conclusão e êxito daquilo que foi estimado .

O processo de têmpera é realizado no equipamento para se chegar a temperatura de 727° C, utilizando uma liga de aço carbono sem composição específica, após o material ultrapassar a temperatura de 727° C é preciso realizar o resfriamento pré-estipulado baseando-se em um gráfico TTT onde é possível ser visualizado na figura 10, de aço eutético, com base nesse gráfico e no processo em

laboratório espera-se obter a transformação da microestrutura do material, transformando um aço austenítico em um aço com propriedade martensita assim o tornando um material mais duro e mais resistente.

Figura 10 – Grafico TTT



Fonte: <https://edisciplinas.usp.br> (2022)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Norma ABNT 14762. 2001. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/23426433/NBR-14762-Dimensionamento-de-estruturas-de-aço-perfis-formados-a-frio> . Acesso em: 02 ago. 2021

BRASIL. Norma ABNT 10582. 1988. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/albertojunior/disciplinas/nbr-10582-apresentacao-da-folha-para-desenho> . Acesso em: 02 ago. 2021

BRASIL. Norma ABNT 9637. 2012. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/36463/nbr9637-materiais-refratrios-conformados-densos-para-lingotamento-indireto-requisitos-gerais> . Acesso em: 02 set. 2021

BRASIL. ARCELORMITTAL. 2022. Aço para Construção, Arames. Disponível em: <https://loja.arcelormittal.com.br/>. Acesso em: 01 out. 2022.

BRASIL. LUCIFLEX.2022. Disponível em: <https://www.luciflex.com.br>. Acesso em: 01 out. 2022.

BRASIL. **CASA DO REFRAATÓRIO.** 2022. Disponível em:  
<https://www.casadorefratario.com.br>. Acesso em: 01 out. 2022.

BRASIL. **Processo de forja de metais.** 2019. Disponível em:  
<https://blog.lojadocuteleiro.com.br/processo-forja-de-metais/>. Acesso em: 11 set. 2021.

BRASIL. Físico Químico I. 2022. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br>. Acesso em: 09 dez. 2022.

BENITE, Anna M. Canavarro. **FERRO, FERREIROS E FORJA: O ENSINO DE QUÍMICA PELA LEI Nº 10.639/03.** 2016. 34 f. Artigo apresentado à Universidade Federal de GO.

DANTAS, Marcelo Araujo. **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM QUEIMADOR INFRAVERMELHO FUNCIONANDO COM GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO E GLICERINA.** 2010. 94 p. DISSERTAÇÃO (Pós-Graduação em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

RAAD, Henrique Jardim. **Influência das Condições de Mistura e Moldagem na Permeabilidade de Concretos Refratários Aluminosos.** 2008. DISSERTAÇÃO (PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, [S. I.], 2008.

SILVA, Darlan Henrique. **PROJETO DE UM FORNO À RESISTÊNCIA ELÉTRICA PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO.** Orientador: Prof. Me. Lober Hermany. 2016. 51 p. 25 Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2016

CALLISTER, William. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução.** 9ª. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BRESCIANI FILHO, Ettore; ZAVAGLIA, C A C; BUTTON, S T; GOMES, Edson; NERY, Fernando Antonio da Costa. **Conformação plástica dos metais.** [S.l: s.n.], 1991.

SILVA, D. G. M. VASCONCELOS W. L. Isolante térmico fibroso. **Motivos de sua utilização como revestimentos de trabalho em equipamentos industriais que operam em altas temperaturas - revisão da literatura - parte I,** [s. l.], ano 2017, p. 281-294