

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ**

**GIOVANI ODORIZZI**

**INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS NA RESISTÊNCIA À  
CORROSÃO AO ENSAIO DE NÉVOA SALINA DOS AÇOS SAE 1020, SAE 1045**

**CASCADEL - PR  
2018**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ**

**GIOVANI ODORIZZI**

**INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS NA RESISTÊNCIA À  
CORROSÃO AO ENSAIO DE NÉVOA SALINA DOS AÇOS SAE 1020, SAE 1045**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador: Me. Carlos Alberto Breda**

**CASCADEL - PR  
2018**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ**

**GIOVANI ODORIZZI**

**INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS NA RESISTÊNCIA À  
CORROSÃO AO ENSAIO DE NÉVOA SALINA DOS AÇOS  
SAE 1020, SAE 1045**

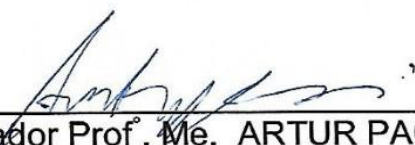
Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Carlos Alberto Breda.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Orientador Prof. Me. CARLOS ALBERTO BREDa  
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



---

Avaliador Prof. Me. ARTUR PAGNONCELI GALBIATTI  
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz  
Engenheiro Eletricista

**Cascavel, 04 de dezembro de 2018**

## **RESUMO**

Os problemas com corrosão são muito comuns, ocorrendo em vários tipos de atividades, nos diversos segmentos industriais, a partir disso, foi introduzida a questão de qual tratamento térmico pode influenciar na resistência da corrosão. Cada ano a corrosão custa milhões em prejuízos para as indústrias. Para realização deste estudo, após serem submetidos aos tratamentos térmicos, os aços foram submetidos em um ensaio de corrosão por névoa salina. Sendo assim possível analisar os resultados e obter uma taxa de corrosão, através da pesagem do material antes e depois do ensaio de corrosão, e com a medição nas amostras.

**Palavras chave:** Oxidação, transformações térmicas, influência.

## **ABSTRACT**

The problems with corrosion are very common, occurring in several types of activities, in the various industrial segments, from that, the question was raised of which thermal treatment can influence the corrosion resistance. Every year corrosion costs millions in losses to industries. To perform this study, after being submitted to the heat treatments, the steels were submitted to a corrosion test by saline mist. Thus, it is possible to analyze the results and obtain a corrosion rate, by weighing the material before and after the corrosion test, and by measuring the samples.

**Keywords:** Oxidation, thermal transformations, influence.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Gráfico de fatores dos tratamentos térmicos..... | 14 |
| Figura 2: Diagrama equilíbrio Fe+C .....                   | 15 |
| Figura 3: Exemplo de corrosão eletroquímica. ....          | 23 |
| Figura 4: Exemplo de corrosão química.....                 | 24 |
| Figura 5: Exemplo de corrosão eletrolítica .....           | 25 |
| Figura 6: Formas de Corrosão .....                         | 26 |
| Figura 7: Forno Mufla .....                                | 35 |
| Figura 8: Simulador Ensaio de Corrosão .....               | 37 |
| Figura 9: Amostra após ensaio de corrosão.....             | 37 |

## LISTA DE QUADROS

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Resultados Aço 1020 ..... | 39 |
| Quadro 2 – Resultados Aço 1045 ..... | 39 |

## LISTA DE NOTAÇÕES E UNIDADES

°C – Graus Celsius

m<sup>2</sup> – Metro quadrado

m<sup>3</sup> – Metro cúbico

mm –Milímetro

mm<sup>2</sup> – Milímetro quadrado

g – gramas

K – Constante para definir unidades ( $8,76 \times 10^4$  mm/ano)

T – Tempo de exposição em horas

A – Área em cm<sup>2</sup>

W – Perda de massa em gramas

D – Densidade em g.cm<sup>-3</sup> para o aço carbono (7,86 g.cm<sup>-3</sup>).

S – Área exposta da superfície (mm<sup>2</sup>)

## SUMÁRIO

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                             | <b>10</b> |
| 1.1 OBJETIVO GERAL .....                        | 10        |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                 | 11        |
| 1.3 ASSUNTO / TEMA .....                        | 11        |
| 1.4 JUSTIFICATIVA .....                         | 11        |
| 1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....             | 12        |
| 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....                | 12        |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                  | <b>13</b> |
| 2.1 TRATAMENTOS TÉRMICOS .....                  | 13        |
| 2.1.1 AQUECIMENTO.....                          | 14        |
| 2.1.2 TEMPERATURA DE AQUECIMENTO.....           | 16        |
| 2.1.3 TEMPO DE PERMANÊNCIA À TEMPERATURA .....  | 16        |
| 2.1.4 AMBIENTE DE AQUECIMENTO .....             | 16        |
| 2.1.5 RESFRIAMENTO .....                        | 17        |
| 2.1.6 RECOZIMENTO .....                         | 18        |
| 2.1.7 NORMALIZAÇÃO.....                         | 19        |
| 2.1.8 TÊMPERA .....                             | 20        |
| 2.1.9 REVENIDO.....                             | 21        |
| 2.2 CORROSÃO .....                              | 21        |
| 2.3 AÇOS SAE 1020, SAE 1045.....                | 28        |
| 2.4 ENSAIO DE CORROSÃO POR NÉVOA SALINA .....   | 30        |
| 2.4.1 ESCOPO .....                              | 30        |
| 2.4.2 IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO.....              | 30        |
| 2.4.3 EQUIPAMENTO .....                         | 31        |
| 2.4.5 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....       | 31        |
| 2.4.6 POSIÇÃO DOS CPS DURANTE A EXPOSIÇÃO ..... | 31        |
| 2.4.7 SOLUÇÃO SALINA .....                      | 32        |
| 2.4.8 PERÍODO DE EXPOSIÇÃO.....                 | 32        |
| 2.4.9 LIMPEZA DOS CPS TESTADOS.....             | 32        |
| 2.4.10 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....           | 32        |
| 2.5 TAXA DE CORROSÃO .....                      | 32        |
| <b>3 METODOLOGIA</b>                            | <b>34</b> |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.1 MATERIAIS .....                      | 34 |
| 3.2 MÉTODOS .....                        | 34 |
| 3.2.1 TRATAMENTOS TÉRMICOS .....         | 34 |
| 3.2.2 AÇO 1020.....                      | 35 |
| 3.2.3 AÇO 1045.....                      | 36 |
| 3.3 ENSAIO DE CORROSÃO .....             | 36 |
| 3.4 TAXA DE CORROSÃO .....               | 38 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....          | 39 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....             | 41 |
| 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ..... | 42 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....         | 43 |

## 1 INTRODUÇÃO

É conhecido que os tratamentos térmicos podem apresentar variabilidades em relação aos aspectos relacionados à dureza, fragilidade entre outras propriedades físicas dos aços. Esses tratamentos são aplicados aos aços para obter propriedades físicas ideais para uso em construções civis, automóveis, peças mecânicas em geral.

Com a crescente demanda por aços no mundo, é muito importante conhecer a resistência à corrosão do aço SAE 1020 e o SAE 1045 visando no interesse de aplicação desses aços, em novas áreas que exijam uma maior resistência à corrosão, e também uma determinada resistência mecânica, já que esses aços são muito utilizados nas peças mecânicas e outros, e está susceptível a ação corrosiva dos meios em que ele está exposto, fazendo com que sua vida útil diminua drasticamente devido à corrosão. Desta forma, saber a diferença na resistência à corrosão nos aços SAE 1020 e SAE1045 com os diferentes tratamentos térmicos mostra-se muito promissor.

Apesar da corrosão depender de muitos fatores para ocorrer, neste trabalho será acelerado o processo da corrosão, através de um ensaio de corrosão por nebulização salina.

Devido aos tratamentos térmicos que será realizado, se espera encontrar diferenças nas taxas de corrosão, que será calculada no final do processo, e assim saberá se aço ganhou ou perdeu resistência à corrosão.

Neste trabalho, serão apresentados os conhecimentos necessários para realizar os tratamentos térmicos e o ensaio de corrosão, e também como calcular a taxa de corrosão, que poderá ser feito através de duas normas.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é analisar o comportamento dos aços SAE 1020, SAE 1045, submetidos a tratamentos térmicos, para saber qual será a influência desses tratamentos na resistência a corrosão dos aços indicados, através de um ensaio de corrosão por névoa salina.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicar os procedimentos realizados nos tratamentos térmicos;
- Realizar os processos de tratamentos térmicos;
- Desenvolver os ensaios de corrosão;
- Analisar os resultados obtidos nos procedimentos;

## 1.3 ASSUNTO / TEMA

O assunto do referido trabalho é sobre Tratamentos Térmicos.

O tema abordará sobre a Influência dos Tratamentos Térmicos na Resistência a Corrosão dos Aços SAE 1020, SAE 1045.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A construção mecânica exige peças metálicas com determinados requisitos, tornando satisfatória a suportar as condições de serviço que estarão sujeitas. Os processos de produção não vão sempre fornecer os materiais nas condições desejadas. Por esses motivos há a necessidade de submeter os materiais a tratamentos térmicos antes de serem definitivamente colocadas em serviço.

Segundo CHIAVERINI (1986), os tratamentos térmicos são operações de aquecimento e resfriamento, com condições controladas de temperaturas, tempo de permanência na temperatura, ambiente para aquecimento e a velocidade de resfriamento. É comum verificar-se a melhora de uma ou mais propriedades mecânicas. Podem ser citados como os seguintes tratamentos térmicos como sendo os principais: Têmpera, Recozimento, Normalização, Revenimento.

Por conter variações na composição química, os aços podem proporcionar níveis diferentes de resistência, estando o preço do aço relacionado a liga, que é um dos responsáveis por essa mudança da resistência. Por isso, os aços ligados, que são mais resistentes a corrosão e também possuem maior resistência mecânica, têm o preço muito alto.

A corrosão pode ocorrer de diversas formas e é de muita importância seu estudo, pois o processo corrosivo pode variar, dependendo da morfologia, causas ou mecanismos, fatores mecânicos e meios corrosivos. Existem várias formas de corrosão, que podem ser classificadas como: uniforme, por placas, alveolar, por pite, intergranular, intragranular, filiforme, por esfoliação, gráfica, dezincificação, empolamento pelo hidrogênio.

Segundo GENTIL (2005), a corrosão é um processo instantâneo, que está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que suas propriedades de durabilidade e desempenho não satisfazem os fins destinados.

Devido a demanda crescente por aços no mundo, é de muita importância estudar a resistência a corrosão dos aços SAE 1020, SAE 1045. Os problemas com a corrosão são muito comuns e ocorrem em vários tipos de atividades, apresentando-se como um fator relevante para os diferentes segmentos industriais. Com isso, o estudo da corrosão faz-se muito necessário, devido aos elevados custos com os desgastes ocorridos, gerando até mesmo a substituição dos materiais e peças, fator que merece atenção já que envolve perda de lucratividade por parte das empresas.

## 1.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema central deste estudo é verificar se os aços SAE 1020 e SAE 1045 sofrem alteração na resistência à corrosão com diferentes tratamentos térmicos.

## 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo será focado apenas na taxa de corrosão obtida dos materiais submetidos a diferentes tratamentos térmicos, desconsiderando possíveis deformações sofridas nos tratamentos térmicos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

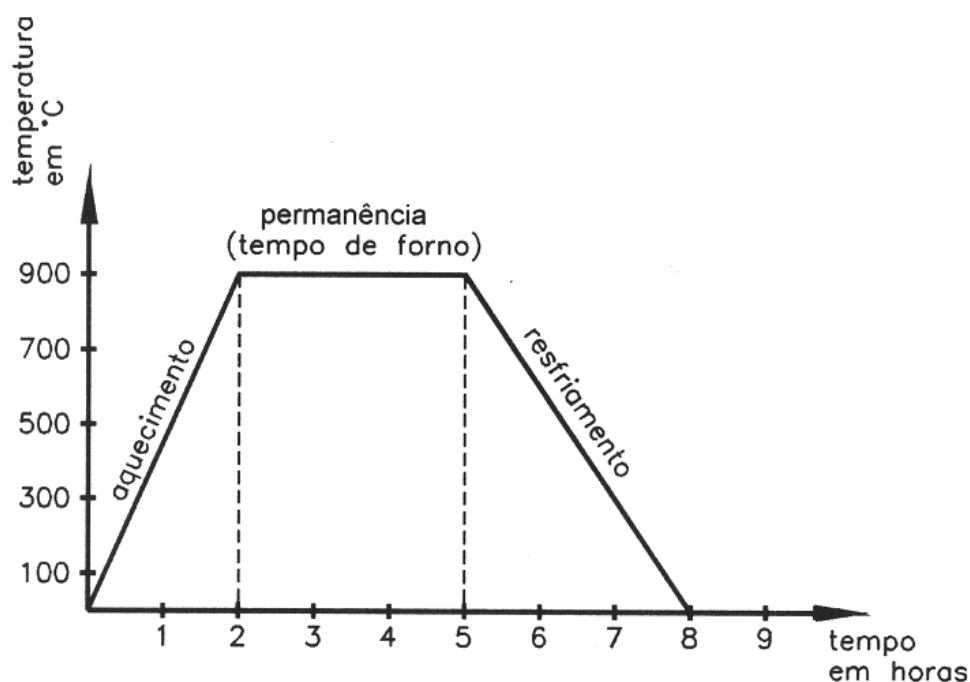
### 2.1 TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os tratamentos térmicos são um conjunto de operações de aquecimento e resfriamentos subsequentes, dentro de condições controladas de temperatura, tempo à temperatura, ambiente de aquecimento e a velocidade de resfriamento, para obter novas propriedades do material, afim de alcançar determinadas características:

- Aumento na resistência mecânica
- Melhora da resistência ao calor
- Melhora da resistência a corrosão
- Melhora da ductilidade
- Melhora na usinabilidade
- Aumento na resistência ao desgaste
- Melhora das propriedades de corte
- Modificação das propriedades elétricas e magnéticas.

Para CHIAVERINI (1986), é comum observa-se que obtendo a melhora de uma ou mais propriedades mediante há um tratamento térmico, obtém o prejuízo de outras. Sendo assim, se faz necessário a aplicação do tratamento térmico ser criteriosa, para que essas distorções sejam reduzidas ao mínimo.

Existem diversos fatores que podem afetar o resultado dos tratamentos térmicos, entre os principais ressalta-se o aquecimento, tempo de permanência na temperatura do tratamento, ambiente do aquecimento, taxa de resfriamento.



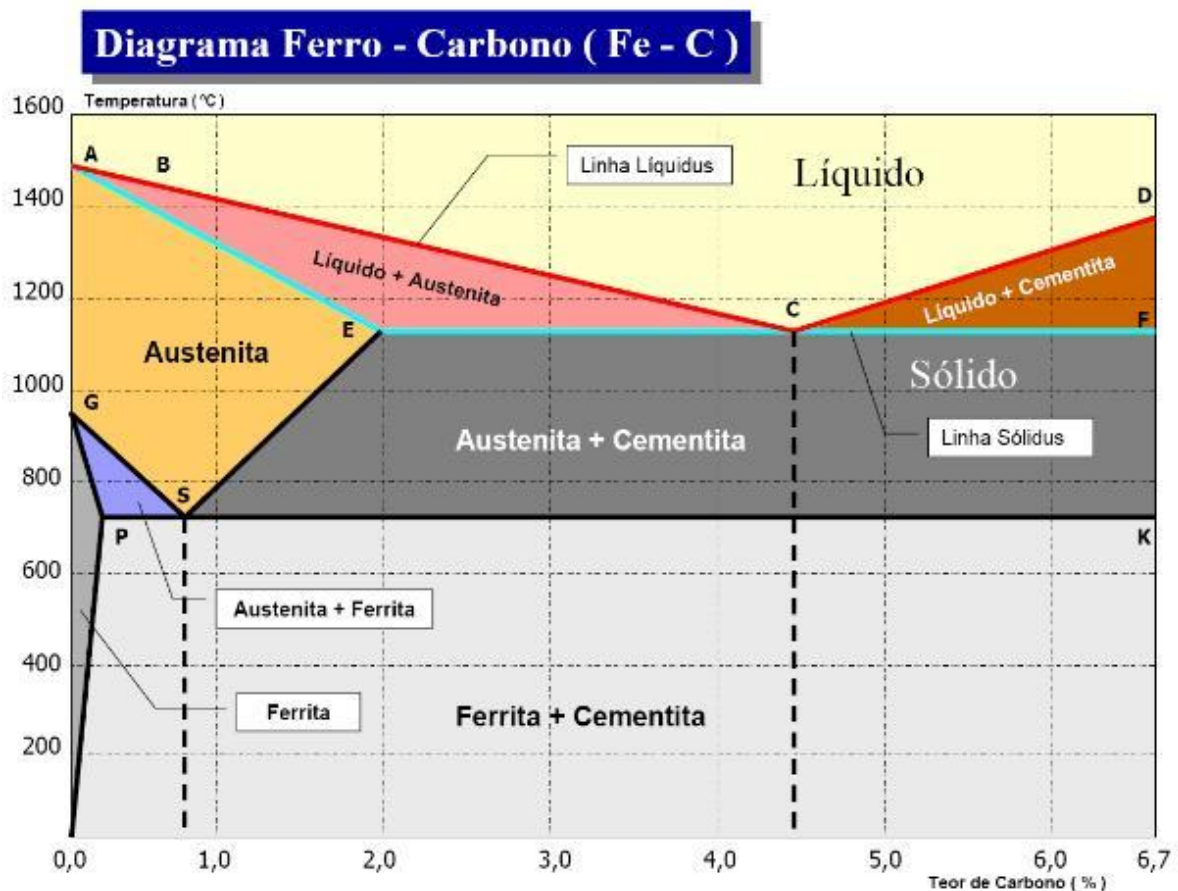
**Figura 1:** Gráfico de fatores dos tratamentos térmicos

Fonte: Prof André Paulo Tschiptschin

### 2.1.1 AQUECIMENTO

O tratamento térmico tem como seu principal objetivo alterar uma ou duas propriedades mecânicas do material, mediante há uma alteração na sua estrutura, que se faz necessário que o material seja aquecido a uma certa temperatura que possibilite essa modificação.

Esta temperatura corresponde a uma temperatura acima da de recristalização do material, sendo aço o material é a temperatura crítica, tendo então a total austenização do aço, ou seja, total dissolução do carboneto de ferro. Essa austenização é ponto inicial para as transformações da estrutura posteriormente desejadas, no qual se conseguirá através da velocidade de resfriamento realizada.



**Figura 2:** Diagrama equilíbrio Fe+C

Fonte: Prof. Carlão - Introdução à Ciência dos Materiais

Mesmo não sendo considerado na maioria das vezes um fator importante, a velocidade de aquecimento precisa de certa importância. Um aquecimento muito lento haverá crescimento de grão, pelo outro lado, se for um aquecimento muito rápido poderá provocar aparecimentos de fissuras e ocasionar o empenamento do material.

Nos casos de temperaturas finais muito elevadas, se torna comum dividir o aquecimento em duas ou mais etapas, afim de evitar tempo muito longo de aquecimento, que ocasiona crescimento do grão, e para evitar choque térmico, na hipótese de expor o material diretamente da temperatura ambiente até a temperatura muito elevada.

### 2.1.2 TEMPERATURA DE AQUECIMENTO

Varia conforma a composição da liga metálica exposta aos tratamentos térmicos. Quanto mais a temperatura ultrapassar a temperatura de recristalização ou crítica, maior será a segurança em conseguir a obtenção das modificações desejadas, porém maior será o tamanho do grão final, podendo prejudicar o resultado final esperado.

Por isso se faz fundamental ter o conhecimento dos diagramas de equilíbrio das ligas utilizadas. Isso significa que se faz necessário também ter a disposição equipamentos ou fornos aliados a instrumentação adequada para o controle e o registro das temperaturas, para que não ocorra aquecimento excessivo ou insuficiente.

### 2.1.3 TEMPO DE PERMANÊNCIA À TEMPERATURA

A importância do tempo de permanência a temperatura é quase que idêntica a temperatura de aquecimento. A permanência à temperatura deve ser o suficiente para que as peças aqueçam de modo uniforme em toda sua seção. Além disso, deve-se evitar permanecer tempo além do necessário, pois pode provocar o indesejável crescimento dos grãos, e também em determinadas ligas ocorre o aumento da oxidação ou decarbonetação do material.

Existe um tempo adequado para permanência, que é indicado pela seguinte forma: Para cada polegada de diâmetro ou espessura, permanecer por uma hora dentro do forno.

### 2.1.4 AMBIENTE DE AQUECIMENTO

Em algumas ligas metálicas, a atmosfera pode ocasionar alguns fenômenos que são prejudiciais. No caso dos aços, é comum ocorrer duas reações e causar sérios problemas: a “descarbonetação” que ocasiona a formação de uma camada

mais mole na superfície do material, e a “oxidação” que resulta no aparecimento de uma pequena camada oxidada, “casca de óxido”.

As reações mais comuns de oxidação são as seguintes:

- $\text{Fe} + \text{CO}_2 = \text{FeO} + \text{CO}$ , provocada pelo anidrido carbônico
- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO} + \text{H}_2$ , provocada pelo vapor da água
- $2\text{Fe} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$ , provocada pelo oxigênio.

A descarbonetação, que pode ocorrer junto com a oxidação, ocorre geralmente as seguintes reações:

- $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$
- $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$
- $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$

Tais fenômenos de oxidação e descarbonetação podem ser prevenidos pelo uso de uma atmosfera protetora no interior do forno. Essa atmosfera pode ser obtida através da combustão total ou parcial do carvão, gás ou óleo, pelo emprego de nitrogênio, hidrogênio, amônia dissociada e também pelo vácuo.

#### 2.1.5 RESFRIAMENTO

Este é o fator mais importante, modificando a velocidade de resfriamento após a permanência do tempo adequado à temperatura de aquecimento, é possível obter-se mudança da estrutura do material, podendo variar desde a perlita grosseira de baixa resistência mecânica até a martensita que é o resultante mais duro que se pode obter através de tratamentos térmicos.

Existem várias maneiras de resfriamento, os mais usuais são: ambiente do forno, água, óleo, soluções aquosas e o ar. A escolha do meio de resfriamento é fundamental no processo. O resfriamento mais drástico ou violentos se dá os meios líquidos, onde gera uma extrema agitação do produto. No ambiente do forno é o processo de resfriamento mais brando, e se torna um pouco mais severo à medida que se passa para ao ar.

Os meios comumente mais utilizados para o resfriamento, a partir do mais rápido, são os seguintes:

- Solução aquosa a 10% de NaCl ou NaOH ou Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- Água
- Óleos de várias viscosidades
- Ar
- Vácuo.

Cada tipo de material, tem as suas taxas de resfriamento ideal para cada tratamento térmico realizado, desrespeitando essas taxas pode ocasionar defeitos como a formação de trincas, e obtenção de características na desejáveis no projeto, entre outros.

Segundo ASKELAND e PHULÉ (2008), até mesmo uma pequena porcentagem de elementos na composição do metal, como o carbono, delimita a temperatura, o tempo, método e a sua taxa de resfriamento que devem ser utilizados no processo de tratamento térmico. Alguns processos dos tratamentos térmicos utilizados, a estrutura atômica e a microestrutura dos materiais podem sofrer modificações. Existem muitas maneiras dos metais serem submetidos ao tratamento térmico.

Podemos dizer que a realização dos tratamentos térmicos nos aços, nos possibilita a obtenção de microestruturas especiais, conferindo ao material um conjunto de propriedades mecânicas, o qual é indicado para várias aplicações específicas. (BRUNATTO, 2016, p. 68).

Os tratamentos térmicos que vou realizar nesse trabalho são os tratamentos mais comuns de serem realizados nos aços, sendo eles: Recozimento, Normalização, Têmpera, Revenido.

#### 2.1.6 RECOZIMENTO

É o tratamento térmico realizado a fim de alcançar vários objetivos, os principais são os seguintes: remover as tensões obtidas nos processos de fundição

e conformação mecânica, a quente ou a frio, melhorar a ductilidade, reduzir a dureza, ajustar o tamanho dos grãos, regularizar a textura bruta de fusão, produzir uma estrutura definida. No geral, eliminar qualquer efeito de todos tratamentos mecânicos ou térmicos que tenha sido realizado anteriormente no material.

O tratamento genérico de recozimento se compreende os seguintes tratamentos específicos:

- *Recozimento total pleno*, em que o material é aquecido acima da temperatura de recristalização (zona crítica nos aços), seguido de um processo de resfriamento lento. Esse tratamento aplica-se em todas as ligas Fe-C e na maioria das ligas não-ferrosas, tais como níquel, titânio, alumínio, entre outras.

- *Recozimento para alívio de tensões*, não é necessário aquecer o material até a temperatura de recristalização. Tem como objetivo reduzir as tensões adquiridas durante a solidificação das peças fundidas ou produzidas em processo de conformação mecânica, corte, usinagem ou soldagem. Esse tratamento aplica-se em todas as ligas Fe-C, e em algumas ligas cobre, alumínio, titânio, magnésio, níquel, etc.

- *Recozimento isotérmico ou cíclico*, consiste no aquecimento do material em condições iguais do recozimento total, seguido de resfriamento rápido do aço até a temperatura de transformação isotérmica, onde é mantido o material durante o tempo suficiente para se produzir a transformação completa. Em seguida o resfriamento pode ser apressado até a temperatura ambiente.

- *Recozimento em caixa*, é aplicado principalmente nos aços, com uma atmosfera protetora, de modo a impedir que a superfície acabada seja afetada por oxidação ou outro efeito típico de tratamento térmico. As peças dos aços são geralmente em formas de bobinas, tiras ou chapas.

### 2.1.7 NORMALIZAÇÃO

Esse processo de tratamento térmico é muito semelhante ao recozimento, quanto aos seus objetivos. Consiste no aquecimento do aço até uma temperatura acima da zona crítica, seguido de um resfriamento lento no ar. O que resulta em

uma estrutura mais fina do que a produzida no recozimento, e conseqüentemente as suas propriedades são ligeiramente superiores.

A normalização visa refinar a granulação grosseira de peças de aço fundido principalmente; e com o mesmo objetivo, é aplicada em peças depois de laminadas ou forjadas. A normalização é utilizada também como tratamento preliminar à têmpera e ao revenido, justamente para produzir estrutura mais uniforme do que a obtida por laminação.

A estrutura que se obtém no tratamento de normalização são ferrita e perlita fina ou cementita e perlita fina. Eventualmente, variando com o tipo de aço, pode-se obter a bainita.

#### 2.1.8 TÊMPERA

A têmpera é o tratamento mais utilizado e o mais importante dos aços. Suas condições de aquecimento são muito semelhantes aos processos de recozimento e normalização, entretanto, no resfriamento se confere as diferenças. É feito um resfriamento muito rápido, geralmente utilizando os meios líquidos, que pós aquecidas as peças são mergulhadas no líquido. Os aços temperados sofrem modificações intensas na sua estrutura, tendo como resultado final a obtenção de martensita, que leva a grande aumento na dureza do material, na resistência a tração e ao desgaste. A têmpera diminui também a ductilidade e a tenacidade dos aços.

Para a têmpera ser bem sucedida, deve-se levar em consideração vários fatores, a velocidade de resfriamento é o mais importante, deve ser rápido suficiente para que impeça a transformação da austenita nas temperaturas elevadas.

Nas peças com teor de baixo carbono, é realizado a cementação, que consiste no enriquecimento superficial de carbono. A temperatura de aquecimento é superior à temperatura crítica, e as peças precisam estar envolvidas por algum meio carbonetante, que pode ser na forma gasosa (atmosfera rica em CO), sólido (carvão) ou também líquido (banhos de sal à base de cianetos). As peças submetidas a cementação devem ser posteriormente temperadas.

### 2.1.9 REVENIDO

É aplicado nos aços temperados, imediatamente após a têmpera, alterando a estrutura obtida na têmpera com o aquecimento a temperaturas inferiores da zona crítica. O revenido elimina as tensões internas do material adquirida na têmpera, em consequência se obtém um aumento na ductilidade e na tenacidade do material, reduzindo a dureza e a resistência a tração.

Variando a temperatura do revenido a mudança da estrutura do material é intensa, que em determinados aços se obtém melhores condições de usinabilidade.

Os tratamentos de têmpera e revenido estão sempre associados.

Segundo ASKELAND e PHULÉ (2008), os metais respondem diferentes aos tratamentos em diversas temperaturas. Cada metal tem a sua composição química específica, portanto, as alterações nas propriedades físicas e estruturais acontecem em diferentes temperaturas críticas.

Podemos dizer que a realização dos tratamentos térmicos nos aços, nos possibilita a obtenção de microestruturas especiais, conferindo ao material um conjunto de propriedades mecânicas, o qual é indicado para várias aplicações específicas. (BRUNATTO, 2016, p. 68).

## 2.2 CORROSÃO

A corrosão é um termo químico bastante empregado no cotidiano para se referir ao processo de destruição total, parcial, superficial ou estrutural de determinado material. Geralmente, quando se fala nesse assunto o nosso primeiro pensamento é a corrosão de metais, principalmente a do ferro e do aço, gerando a ferrugem.

Segundo FOGAÇA (2018), a corrosão está muito presente em nossa sociedade e representa grandes perdas econômicas, pois todo tipo de corrosão está relacionada à diminuição do tempo de vida e desempenho de um material.

A corrosão é um processo que ocorre naturalmente, na maioria deles, ocorre através de reações de oxidação ou de corrosão eletroquímica. No processo de corrosão, os metais sofrem desgastes por causa da ação de agentes naturais,

como exemplo o gás oxigênio presente no ar. Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como por exemplo nas indústrias petrolíferas, naval, automobilística, ferroviária, entre outros.

Segundo VLACK (2004), calcula-se que apenas nos Estados Unidos, a corrosão cause prejuízos entre oito e dez milhões de dólares por ano.

Para GENTIL (2005), o material deve ter uma estabilidade para o meio em qual vai ser utilizado, é um dos fatores mais importantes para a aplicação prática. Em todos os equipamentos ocorre a corrosão, o engenheiro tem como sua função especificar o material adequado a ser usado, quando em temperaturas elevadas e devem resistir aos efeitos de radiações de alta energia, também tem a especificação correta do material. Com o avanço tecnológico mundialmente alcançado, os custos da corrosão evidentemente se elevam, tornando-se um fator de grande importância a ser considerado já na fase de projeto.

No estudo dos processos da corrosão sempre deve ser considerada as variáveis dependentes do material, da forma que foi empregado o material, e o meio corrosivo que está agindo na peça. Somente assim, fazendo um estudo com estas variáveis será possível indicar qual o material mais adequado para suportar o meio corrosivo existente. (GENTIL, 2005, p.213).

Segundo FOGAÇA (2018), a corrosão pode ocorrer de diversas formas, pois o processo corrosivo pode variar, dependendo da morfologia, causas ou mecanismos, fatores mecânicos e meios corrosivos. De modo geral pode ser classificado corrosão em 3 formas: corrosão eletroquímica, corrosão química, corrosão eletrolítica.

De acordo com FOGAÇA (2018), a corrosão eletroquímica é o tipo mais comum de acontecer, pois ela ocorre com os metais, geralmente em presença de água. Ocorre quando o metal está em contato com um eletrolítico, formando-se uma pilha de corrosão, o melhor exemplo é a ferrugem, os ferros e aços oxidam facilmente na presença de oxigênio e água.



**Figura 3:** Exemplo de corrosão eletroquímica

FONTE: Jennifer Fogaça

Segundo FOGAÇA (2018), a corrosão química, não precisa da água para formar a corrosão, pois não há a transferência de elétrons como na eletroquímica, acontece devido ao ataque de um agente químico diretamente sobre o material, não necessariamente precisa ser um metal, geralmente ocorre na presença de um solvente ou um agente oxidante, degradando por exemplo, os polímeros e os zínco metálicos.



**Figura 4:** Exemplo de corrosão química

FONTE: Jennifer Fogaça

Segundo FOGAÇA (2018), a corrosão eletrolítica, que não é um processo espontâneo, ao contrário dos outros dois tipos, ela ocorre com a existência externa de uma corrente elétrica, quando não se tem um isolamento ou pode estar com alguma deficiência, formam-se corrente de fuga, formando pequenos furos nas instalações quando a corrente elétrica escapa para o solo. Muito comum em tubulações de água e petróleo e tanques de postos de combustível.

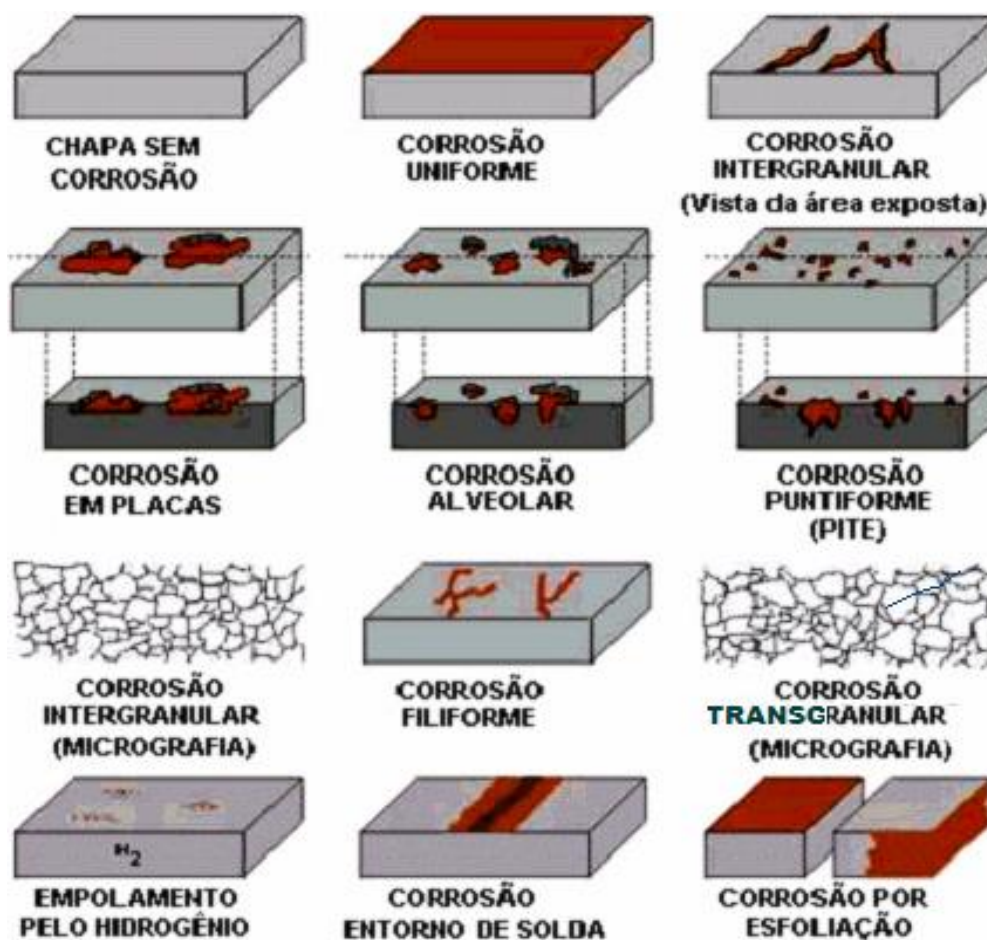


**Figura 5:** Exemplo de corrosão eletrolítica

FONTE: Jennifer Fogaça

Para CHIAVERINI (1986), as formas em qual a corrosão pode se manifestar são definidas principalmente pela aparência da superfície corroída, as principais são:

- Corrosão uniforme;
- Corrosão por placas;
- Corrosão alveolar;
- Corrosão puntiforme ou por pite;
- Corrosão intergranular (ou intercristalina);
- Corrosão intergranular (ou transgranular ou transcristalina);
- Corrosão filiforme;
- Corrosão por esfoliação;
- Corrosão gráfitica;
- Corrosão por dezincificação;
- Corrosão por empolamento pelo hidrogênio;



**Figura 6:** Formas de Corrosão

FONTE: [www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714\\_4.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714_4.PDF)

Segundo VLACK (2004), existe muitos meios para melhorar a resistência dos metais contra a corrosão, os mais conhecidos são a pintura, a galvanização, e o revestimento do metal. Os tratamentos térmicos também podem afetar a velocidade da corrosão do metal, através de uma alteração na microestrutura. O engenheiro deve conhecer os mecanismos da corrosão, para poder minimizar os seus efeitos, indicando corretamente como evitar condições de corrosão e como proteger adequadamente os metais contra a corrosão.

Existem materiais que sofrem menos com os efeitos da corrosão, que são chamados de materiais não ferrosos, como por exemplo o Alumínio, aços inoxidáveis, entre outros.

Segundo SMITH (1998), o alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, sempre aparece combinado junto com outros elementos, como o silício, manganês e o ferro.

A Bauxite, que consistem óxidos de alumínio hidratado, é o minério mais importante para a produção do alumínio. A Bauxite reage com o hidróxido de sódio a uma alta temperatura, sendo convertido em alumínio de sódio, que é precipitado a partir da solução de aluminato. O hidróxido de alumínio é parcialmente seco e após calcinado, formando óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Esse óxido de alumínio é dissolvido em um banho de criolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), fundida e electrolizado, usando ânodos e cátodos de carbono. O alumínio retirado possui normalmente entre 99,5 a 99,9% de alumínio, sendo o ferro e o silício as principais impurezas. Após, é colocado em grandes fornos revestidos de refratários, onde ele é refinado antes do vazamento.

Para SMITH (1998), o alumínio possui uma combinação de propriedades que torna ele muito útil para a engenharia em geral. Devido a sua baixa densidade, cerca de  $2,70 \text{ g/cm}^3$ , é muito utilizado em produtos manufaturados para transporte. O alumínio contém uma ótima resistência a corrosão na maioria dos meios naturais, isso devido a estabilidade de uma pequena camada de óxido que se forma da superfície do material.

O alumínio é muito utilizado na indústria elétrica, devido suas propriedades elétricas. O preço relativamente baixo aliado as muitas propriedades uteis que possui, fazem com este material seja de grande importância para a indústria.

Segundo SMITH (1998), os aços inoxidáveis são muito utilizados pela engenharia, principalmente pela sua excelente resistência a corrosão nos mais diversos meios. Isso se deve ao seu elevado teor de cromo.

Para se tornar inoxidável, o aço é necessário conter no mínimo um teor de 12% de cromo (Cr). O cromo forma um óxido superficial que protege o material da corrosão, para conseguir essa camada superficial de cromo, é preciso que o aço inoxidável é exposto a agentes de oxidação.

Os dois metais não ferrosos citados são os mais utilizados pela indústria, mas também, podem ser citados o Magnésio, Titânio, Cobre, Estanho, Chumbo, Platina, etc. Todos eles possuem uma boa resistência a corrosão, principalmente pelo fato de em suas composições não possuir ferro, ou possui em pequenas

quantidades, como elemento de liga. Apresentam menor resistência mecânica, menor resistência às temperaturas elevadas e melhor resistência em baixas temperaturas que o aço carbono.

Segundo SMITH (1998), as ligas de engenharia podem ser divididas em dois tipos: ferrosas e não ferrosas. As ligas ferrosas possuem o ferro como o principal elemento em sua composição, sendo mais vulneráveis aos efeitos da corrosão, enquanto as não ferrosas o principal elemento é outro metal, tornando assim o material mais resistente aos efeitos da corrosão.

### 2.3 AÇOS SAE 1020, SAE 1045

Segundo CHIAVERINI (1986), os aços são ligas de ferro e carbono que tem teor de carbono inferior a 2% em seu peso. O aço é o material mais empregado na fabricação nas indústrias. Um dos motivos para o aço ser tão usado pelas indústrias, é o seu baixo custo de produção, de união, de conformação, em relação aos outros materiais. Também por ter uma grande variedade de propriedades mecânicas, que pode ser adequado ao uso conforme for preciso através de diferentes composições químicas e tratamentos térmicos.

Na composição do aço tem cerca de no máximo 2% de carbono, mais também pode conter outros elementos de liga, tais como o silício (máximo de 0,6%), cobre (máximo de 0,6%), e manganês (até 1,65%).

Para IMIANOWSKY e WALENDOWSKY (2015), existe uma grande variedade de aços, que se diferenciam pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é também, pela sua composição química. Porém, sua composição pode ser alterada em função de sua aplicação final, modificando-se através da adição de determinados elementos químicos, e aços com diferentes graus de resistência mecânica, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros.

Segundo CHIAVERINI (1986), os aços podem ser classificados pelo seu teor de carbono, e para facilitar sua seleção, existem associações técnicas especializadas em classificação de aços pela sua origem química, sendo os sistemas americanos SAE (Society of Automotive Engineers) e AISI (American Iron

and Steel Institute), o sistema alemão DIN (Deutsches Institut für Normung) e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O número de tipos de aços é muito elevado, pois além dos aços simples com teor variável de carbono, é muito grande a quantidade de aços ligados.

Segundo ASKELAND e PHULÉ (2008), o aço carbono tem a classificação SAE como a mais utilizada pelo mundo, a classificação é feita através de 4 ou 5 dígitos, sendo os últimos dois representando o teor de carbono em porcentagem. A norma alemã DIN adota outro critério para a classificação dos aços, são indicados pelo símbolo St seguido de algarismo indicando sua resistência mínima a tração.

O aço SAE 1020 contém um percentual de carbono de 0,20%, é um dos aços mais utilizados pela indústria, por ser maleável e fácil de soldar e também por possuir um excelente custo benefício, comparados com os demais aços. Já o aço SAE 1045 tem o percentual de carbono de 0,45%, é um aço comum que permite uma boa têmpera, um pouco mais difícil de soldar, possui uma média resistência, é utilizado mais em componentes estruturais e máquinas.

Existem também os aços-liga, que são definidos segundo a AISI como aqueles aços que a composição dos elementos manganês, silício, cobre supere o limite citado para os aços carbonos. Um aço também é classificado como aço-liga se a concentração de dos elementos de liga Ni, Cr, Mo e Ti estiver especificada de modo bem rigoroso.

O silício tem como função auxiliar na desoxidação e na grafitização, aumenta a fluidez, tem um aumento na resistência à oxidação em temperaturas elevadas, obtém melhora da temperabilidade e da resistência à tração.

O manganês estabiliza os carbonetos. Ajuda a criar microestrutura dura por meio de têmpera, diminui a velocidade de resfriamento. Aumenta a resistência mecânica, a temperabilidade da peça e a resistência ao choque.

O níquel refina o grão e diminui a velocidade de transformação na estrutura do aço. Aumenta a resistência à tração do material.

Alguns aços especiais podem ter teores elevados de enxofre (maior que 0,1%) ou chumbo (0,15 à 0,35%), para melhorar sua usinabilidade. Porém, esses aços são mais difícil de ser soldados.

Segundo ASKELAND e PHULÉ (2008), os aços podem ser classificados com base nas suas composições químicas, ou também pela forma que foram

produzidos. Existe o aço carbono, com cerca até 2% de carbono, que pode conter outros elementos químicos, aços-liga, que possuem alguns teores importantes de outros elementos de liga além de carbono, e aços especiais, que tem seu teor de enxofre ou chumbo mais elevado, há pouco tempo foi desenvolvido o “aço verde”, substituindo o chumbo que é toxico por Estanho ou Antimônio.

Se optou pela escolha dos aços SAE 1020, SAE 1045 pelo baixo custo, pelas grandes variedades nas propriedades mecânicas que se pode obter, e por ser os dois aços mais utilizados nas indústrias atualmente.

## 2.4 ENSAIO DE CORROSÃO POR NÉVOA SALINA

Para realizar um ensaio de corrosão, deve-se seguir algumas regras, que estão descritas na norma ASTM B 117 - 03 (Norma Padrão para Operação de Equipamento de Pulverização Salina). Os principais tópicos dessa norma são os seguintes:

### 2.4.1 ESCOPO

- A norma não prescreve o uso de corpos de prova ou os tempos de exposição a serem adotados para o procedimento, nem a interpretação a ser dada para os resultados;
- Os valores estabelecidos em unidades do sistema métrico (SI) devem ser considerados como padrão.

### 2.4.2 IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO

- Esta norma estabelece um ambiente corrosivo controlado que é utilizado para produzir informações sobre resistência relativa contra a corrosão;
- A previsão de comportamento em ambientes naturais tem sido raramente correlacionada com resultados de nebulização salina.

### 2.4.3 EQUIPAMENTO

- O equipamento requerido para a exposição à nebulização salina consiste de uma câmara de névoa, um reservatório de solução salina, um ou mais bicos pulverizadores, suportes para corpo de provas (CPs). As dimensões e detalhes construtivos são opcionais;
- As gotas da solução que acumular na tampa da câmara não poderão cair sobre os CPs que estão expostos nos ensaios;
- Os materiais de construção deverão ser de tal forma que não pode afetar a corrosividade da névoa.

### 2.4.5 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

- Os CPs deverão ser devidamente limpos, o método de limpeza será opcional;
- Precauções deverão ser adotadas para que os CPs não sejam recontaminados após a limpeza por manuseio excessivo ou descuidado.

### 2.4.6 POSICÃO DOS CPs DURANTE A EXPOSIÇÃO

- Os CPs não deverão estar em contato um com o outro, ou qualquer material metálico;
- Cada CP será posicionado e forma a permitir livre exposição à névoa;
- A solução salina de um corpo de prova não deverá pingar sobre nenhum outro CP.

#### 2.4.7 SOLUÇÃO SALINA

- A solução salina deverá ser preparada dissolvendo-se 5 partes por massa de cloreto de sódio (NaCl) em 95 partes de água. O sal usado deverá ser cloreto de sódio com não mais de 0,3% por massa de impurezas totais;
- Uma fórmula comum usada para calcular o teor de sal por massa a uma solução salina de 5% é:  $0,053 \times \text{Massa de água} = \text{Massa de NaCl requerida}$ .

#### 2.4.8 PERÍODO DE EXPOSIÇÃO

- O período de exposição será conforme designado pelas especificações do material sob testes;
- Porém sugere-se que os períodos sejam múltiplos de 24 horas.

#### 2.4.9 LIMPEZA DOS CPs TESTADOS

- Os CPs serão removidos cuidadosamente;
- Os CPs serão ligeiramente lavados ou banhados a água corrente limpa com temperatura não superior a 38° C a fim de remover depósitos salinos na superfície, e então imediatamente secos.

#### 2.4.10 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

- Um exame cuidadoso e imediato será realizado conforme especificações ao material, ou de acordo com o mútuo entendimento do comprador e fornecedor.

### 2.5 TAXA DE CORROSÃO

A taxa de corrosão pode ser calculada a partir dos resultados de perda de

massa, de acordo com seguintes normas vigentes:

**a) Norma ASTM G1-90 (2003)**

$$\text{Taxa de Corrosão} = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

Onde: K = constante para definir unidades ( $8,76 \times 10^4$  mm/ano)

T = tempo de exposição em horas

A = área em  $\text{cm}^2$

w = perda de massa em gramas

D = densidade em  $\text{g.cm}^{-3}$  para o aço carbono ( $7,86 \text{ g.cm}^{-3}$ ).

**b) Norma NACE-RP 07-15 (1999)**

$$\text{Taxa de Corrosão (mm/ano)} = \frac{\text{perda de massa (g)} \times 365 \text{ (dias/ano)} \times 1000}{S \times T \times D}$$

Onde: S = área exposta da superfície ( $\text{mm}^2$ )

T = tempo de exposição em dias

D = densidade do metal em  $\text{g.cm}^{-3}$

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MATERIAIS

Para realizar os tratamentos térmicos e o ensaio de corrosão foram utilizados os seguintes materiais:

- 5 chapas de 5 mm de aço 1045;
- 5 chapas de 5 mm de aço 1020;
- Parquímetro digital Pantec;
- Esmerilhadeira Makita;
- Forno para processos térmicos Jung;
- Luvas de proteção Ansell;
- Óculos de proteção;
- Óleo de resfriamento para Têmpera;
- Simulador de névoa salina (Salt Spray)
- Escova de aço

#### 3.2 MÉTODOS

##### 3.2.1 TRATAMENTOS TÉRMICOS

Os ensaios de tratamentos térmicos realizado nesse trabalho foi realizado no laboratório de Metalografia da Fundação Assis Gurgacz, onde possui um forno tipo mufla para tratamentos térmicos (JUNG 3010), e todos os demais itens necessários, luvas e óculos de proteção, óleo para resfriamento, pinça.



**Figura 7:** Forno Mufla

FONTE: O Autor (2018)

Neste projeto em específico com os aços SAE 1020 e SAE 1045, os tratamentos térmicos foram realizados da seguinte forma:

O tempo em que a amostra permanece na temperatura elevada é definido por uma equação simples, que diz que a cada uma polegada de diâmetro da sessão transversal, deve-se deixar uma hora dentro do forno, deste modo foi definido o tempo de 12 minutos para as amostras utilizadas no experimento, nos processos realizados permaneceu-se em cerca de 20 minutos na temperatura crítica.

### 3.2.2 AÇO 1020

O ensaio de tratamento térmico de normalização foi realizado à uma temperatura de 910°C, permanecendo nessa temperatura por 20 minutos, para a homogeneização da temperatura, seguido de resfriamento lento feito ao ar.

No processo de recozimento, foi aquecido o aço até a temperatura de 845°C, permanecendo na temperatura por 20 minutos, na sequência feito o resfriamento lento dentro do forno a uma taxa de resfriamento em aproximadamente 40 °C/h.

O ensaio da têmpera foi realizado à uma temperatura de 900 °C, permanecendo na temperatura crítica por 20 minutos e logo após foi feito o resfriamento brusco no óleo.

Após realizada a tempera, foi feito o processo de revenido, aquecendo a peça a 300 °C e permanecendo nessa temperatura durante 90 minutos. Seguido de resfriamento lento ao ar.

### 3.2.3 AÇO 1045

Foi realizado o ensaio de tratamento térmico de normalização à uma temperatura de 900°C, permanecendo nessa temperatura por 20 minutos, seguido de resfriamento lento feito ao ar.

O ensaio de recozimento foi realizado uma temperatura de 900°C, permanecendo durante 20 minutos, e na sequência feito o resfriamento lento dentro do forno, como uma taxa de resfriamento de 40 °C/h

A têmpera tem os parâmetros parecidos com a normalização e recozimento, feito a temperatura de 900 °C, na sequência feito o resfriamento brusco no óleo.

Após a têmpera, foi realizado o processo de revenimento, aquecendo o material a temperatura de 415 °C, mantendo na temperatura por 120 minutos, seguido de resfriamento lento ao ar.

## 3.3 ENSAIO DE CORROSÃO

Realizou-se o ensaio de corrosão através de um simulador de névoa salina que está disponível no laboratório do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.



**Figura 8: Simulador Ensaio de Corrosão**

Fonte: O Autor (2018)

Foi utilizado uma solução salina de 5% de NaCl da massa da água, e realizado a troca da solução a cada 48 horas de ensaio. Foi totalizado 7 dias de ensaio ou 168 horas de nebulização salina. Observou-se após o processo uma grande quantidade de corrosão.



**Figura 9: Amostra do aço 1045 após ensaio de corrosão**

Fonte: O Autor (2018)

As amostras de aço utilizadas eram em perfil de chapas, com 5mm de espessura, sendo lixadas e limpas após os tratamentos térmicos. Após realizado o ensaio de corrosão as amostras foram limpas conforme a norma ASTM B 117 – 03 indica, na sequência foram secas dentro do forno mufla em uma temperatura de 70° C durante 45 minutos.

### 3.4 TAXA DE CORROSÃO

#### **a) Norma ASTM G1-90 (2003)**

A taxa de corrosão foi calculada a partir dos resultados de perda de massa, das seguintes maneiras:

$$Taxa\ de\ Corrosão = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

#### **b) Norma NACE-RP 07-15 (1999)**

$$Taxa\ de\ Corrosão\ (mm/ano) = \frac{perda\ de\ massa\ (g) \times 365\ (dias/ano) \times 1000}{S \times T \times D}$$

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do ensaio de corrosão por nebulização salina foi obtido as seguintes taxas de corrosão:

##### - Aço 1020

**Quadro 1 – Resultados Aço 1020**

| <b>Tratamentos<br/>Térmicos</b> | <b>Área (mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Perda de<br/>Massa (g)</b> | <b>TAXA DE<br/>CORROSÃO<br/>(mmlano)</b> |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| Sem Tratamento                  | 26003,25                     | 17                            | <b>4,33704</b>                           |
| Têmpera                         | 27283,50                     | 18                            | <b>4,37667</b>                           |
| Revenimento                     | 27406,00                     | 20                            | <b>4,84124</b>                           |
| Normalização                    | 25893,00                     | 16                            | <b>4,09930</b>                           |
| Recozimento                     | 26600,00                     | 20                            | <b>4,98793</b>                           |

(FONTE: O Autor, 2018)

##### - Aço 1045

**Quadro 2 – Resultados Aço 1045**

| <b>Tratamentos<br/>Térmicos</b> | <b>Área (mm<sup>2</sup>)</b> | <b>Perda de<br/>Massa (g)</b> | <b>TAXA DE<br/>CORROSÃO<br/>(mmlano)</b> |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|
| Sem Tratamento                  | 28350,10                     | 14                            | <b>3,27601</b>                           |
| Têmpera                         | 26928,00                     | 16                            | <b>3,94174</b>                           |
| Revenimento                     | 27216,00                     | 14                            | <b>3,41252</b>                           |
| Normalização                    | 27405,00                     | 15                            | <b>3,63106</b>                           |
| Recozimento                     | 27115,00                     | 12                            | <b>2,93591</b>                           |

(FONTE: O Autor, 2018)

Pode-se definir que utilizando o processo de nebulização salina não houve uma diferença larga em termos de escala de perda de massa entre ambas as amostras nos dois tipos de aço. Era esperado pelas diferenças nas características que as amostras obtiveram nos processos de tratamentos térmicos, houvesse maior diferença nas taxas de corrosão. Principalmente nos processos da tempera e do revenimento, onde se obtém martensita nos tramanetos térmicos, conforme sabemos, a martensita é uma superfície com dureza elevada.

Analisando o Quadro 1, podemos afirmar que nas amostras do aço 1020, todas tiveram um resultado muito parecido, assim não se pode afirmar que algum tratamento térmico melhorou a resistência a corrosão.

Já no aço 1045, representado no Quadro 2, as amostras também tiveram um resultado muito parecido, exceto no processo de recozimento, que obteve uma taxa de corrosão um pouco mais baixa que as demais, tendo uma resistência levemente melhorada contra a corrosão.

Entretanto, pode-se observar na que todas as amostras submetidas a nebulização salina tiveram uma alta taxa de corrosão, e todas as amostras seguiram o mesmo padrão, não evidenciando uma diferença ampla na resistência à corrosão a curto prazo entre os tratamentos térmicos. A longo prazo, essas diferenças obtidas nas taxas de corrosão ficam mais significativas.

Devemos lembrar que os comportamentos dos aços em ambientes naturais são diferentes que os resultados obtidos através de ensaio de névoa salina, pois com nebulização salina temos um processo de corrosão mais acelerado, devido a solução com 5% de NaCl.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos ensaios realizados era esperado que houvesse uma diferença significativa na taxa de corrosão entre as amostras submetidas aos diferentes tratamentos térmicos, principalmente, no tratamento de têmpera e revenimento, visto que a fase predominante presente era de martensita, como descreveu CHIAVERINI (1986) diferente dos tratamentos de normalização e recozimento que apresentavam fase de ferrita e cementita.

Nos experimentos realizados, os tratamentos térmicos nos aços SAE 1020 e 1045 afetaram muito pouco a resistência à corrosão, pois embora a composição química fosse idêntica, os ensaios alteraram a estrutura interna, o que poderia ter ocasionado processos corrosivos distintos.

Entretanto, outros fatores como o tamanho de grão diferente também poderiam ter influenciado a corrosão avaliada. O estudo indicou que independente do tratamento térmico realizado, a resistência a corrosão pouco alterou.

. Porém, esse resultado não deve ser tomado como regra, já que como sabemos, nesse estudo foi realizado o ensaio de corrosão através de névoa salina, que certamente há outro resultado como a atmosfera real.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Realizar um trabalho similar utilizando um simulador de intemperismo acelerado, que se obtém um resultado mais parecido com a atmosfera real.
- Realizar um trabalho similar utilizando soluções ácidas e básicas no ensaio de corrosão.
- Verificar a influência da pintura na resistência a corrosão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKELAND, D.R.; PHULÉ, P.P. Ciência e Engenharia dos Materiais. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ASTM B117-03, norma padrão para operar aparelhos de névoa salina (ASTM), West Conshohocken, PA, 2003,

BRUNATTO, Silvio Francisco. Introdução ao estudo dos Aços, 2016. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM052/Prof.Silvio/INTRODUÇÃO%20AO%20ESTUDO%20DOS%20AÇOS-Parte%204.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2018.

CHIAVERINI, V. Processos de Fabricação e Tratamento. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Education, 1986.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica: Materiais de Construção Mecânica. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Education, 1986.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Tipos de Corrosão, 2018. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tipos-corrosao.html>>. Acesso em 29 de Setembro de 2018.

GENTIL, V. Corrosão. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.

IMIANOWSKY, Guilherme Wanka; WALENDOWSKY, Marcus Alberto – OS Principais Aços Carbonos Utilizados na Construção Civil, 2015. Disponível em: <[www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/aços%20carbono%20construção%20civil.pdf](http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/aços%20carbono%20construção%20civil.pdf)>- Acesso em: de 2018.

SMITH, W. F. Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais. 3ª Edição. Lisboa – Portugal: McGRAW-HILL, 1998.

VLACK, L.H.V. Princípios de Ciência dos Materiais. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.