

*CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção*

# *Mecânica*

## *Tratamentos Térmicos*



## Tratamentos Térmicos - Mecânica

© SENAI - ES, 1997

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

Coordenação Geral	Luís Cláudio Magnago Andrade (SENAI) Marcos Drews Morgado Horta (CST)
Supervisão	Alberto Farias Gavini Filho (SENAI) Rosalvo Marcos Trazzi (CST)
Elaboração	Evandro Armini de Pauli (SENAI) Fernando Saulo Uliana (SENAI)
Aprovação	José Geraldo de Carvalho (CST) José Ramon Martinez Pontes (CST) Tarcilio Deorce da Rocha (CST) Wenceslau de Oliveira (CST)
Editoração	Ricardo José da Silva (SENAI)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
DAE - Divisão de Assistência às Empresas  
Departamento Regional do Espírito Santo  
Av. Nossa Senhora da Penha, 2053 - Vitória - ES.  
CEP 29045-401 - Caixa Postal 683  
Telefone: (027) 325-0255  
Telefax: (027) 227-9017

CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão  
AHD - Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos  
AV. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Jardim Limoeiro - Serra - ES.  
CEP 29160-972  
Telefone: (027) 348-1322  
Telefax: (027) 348-1077

---

## Sumário

Tratamentos Térmicos .....	04
• Tipos de tratamentos térmicos .....	05
• Têmpera .....	05
• Revenimento .....	07
• Recozimento.....	08
• Cementação .....	10
• Nitretação .....	12
Aços para Construção Mecânica.....	13
• Sistema de classificação dos aços .....	14
• ANEXO 1 .....	14

## Tratamento Térmico dos Aços

### Generalidades

Há muitos séculos atrás o homem descobriu que com aquecimento e resfriamento podia modificar as propriedades mecânicas de um aço, isto é, torná-los mais duro, mais mole, mais maleável, etc.

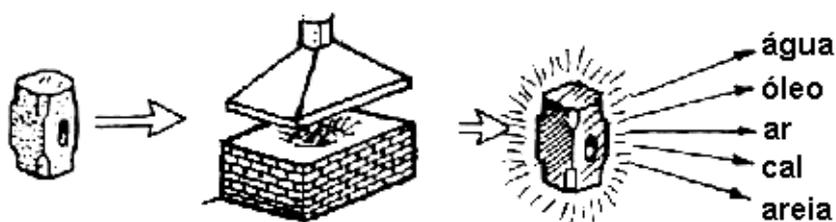


Mais tarde, descobriu também que a rapidez com que o aço era resfriado e a quantidade de carbono que possuía influíam decisivamente nessas modificações.

O processo de aquecer e resfriar um aço, visando modificar as suas propriedades, denomina-se *TRATAMENTO TÉRMICO*. (Fig. 1).

Um tratamento térmico é feito em três fases distintas:

- 1 - aquecimento
- 2 - manutenção da temperatura
- 3 - resfriamento



## **Tipos de tratamentos térmicos**

Existem duas classes de tratamentos térmicos:

- 1 - Os tratamentos que por simples aquecimento e resfriamento, modificam as propriedades de toda a massa do aço, tais como:
  - a - Têmpera
  - b - Revenimento
  - c - Recozimento
- 2 - Os tratamentos que modificam as propriedades somente numa fina camada superficial da peça. Esses tratamentos térmicos nos quais a peça é aquecida juntamente com produtos químicos e posteriormente resfriado são:
  - a - Cementação
  - b - Nitretação

## **Têmpera**

É o tratamento térmico aplicado aos aços com porcentagem igual ou maior do que 0,4% de carbono.

O efeito principal da têmpera num aço é o aumento de dureza.

### **Fases da têmpera**

1ª Fase:

– Aquecimento – A peça é aquecida em forno ou forja, até uma temperatura recomendada. (Por volta de 800°C para os aços ao carbono).



2ª Fase:

– Manutenção da temperatura – Atingida a temperatura desejada esta deve ser mantida por algum tempo afim de uniformizar o aquecimento em toda a peça.

### 3ª Fase:

– Resfriamento – A peça uniformemente aquecida na temperatura desejada é resfriada em água, óleo ou jato de ar.



### Efeitos da Têmpera

- 1 - Aumento considerável da dureza do aço.
- 2 - Aumento da fragilidade em virtude do aumento de dureza. (O aço torna-se muito quebradiço).

Reduz-se a fragilidade de um aço temperado com um outro tratamento térmico denominado revenimento.

### Observações:

- 1 - A temperatura de aquecimento e o meio de resfriamento são dados em tabelas:

MATERIAL A TEMPERAR	TÊMPERA			
	TEMP. DE PRÉ - AQUEC.	TEMP. DE TÊMPERA	COR DO MAT. NA TEMP.	RESFRIAR EM
AÇO 1.040 a 1.050	500 °C	830 °C	Vermelho	Água
AÇO 1.060 a 1.080	500 °C	790 °C	Vermelho escuro	Água ou Óleo
AÇO 1.090	500 °C	775 °C	Vermelho cereja	Óleo
AÇO PRATA	550 °C	800 °C	Vermelho escuro	Óleo
AÇO P/ MOLAS	600 °C	875 °C	Vermelho claro	Óleo
AÇO RÁPIDO	550 °C a 900 °C	1.300 °C	Branco	Óleo

- 2 - O controle da temperatura durante o aquecimento, nos fornos, é feito por aparelhos denominados pirômetros.

Nas forjas o mecânico identifica a temperatura pela cor do material aquecido.

- 3 - De início o aquecimento deve ser lento, (pré-aquecimento), afim de não provocar defeitos na peça.
- 4 - A manutenção da temperatura varia de acordo com a forma da peça; o tempo nesta fase não deve ser além do necessário.

## Revenimento

É o tratamento térmico que se faz nos aços já temperados, com a finalidade de diminuir a sua fragilidade, isto é, torná-lo menos quebradiço.

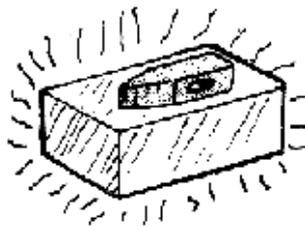
O revenimento é feito aquecendo-se a peça temperada até uma certa temperatura resfriando-a em seguida. As temperaturas de revenimento são encontradas em tabelas e para os aços ao carbono variam entre 210°C e 320°C.

### Fases do Revenimento

1ª Fase:

– Aquecimento – Feito geralmente em fornos controlando-se a temperatura com pirômetro.

Nos pequenos trabalhos o aquecimento pode ser feito apoiando-se a peça polida, em um bloco de aço aquecido ao rubro.



O forte calor que desprende do bloco, aquece lentamente a peça, produzindo nesta uma coloração que varia à medida que a temperatura aumenta. Essas cores, que possibilitam identificar a temperatura da peça, são denominadas cores de revenimento.

Tabela de cores de revenimento dos aços ao carbono.

Amarelo claro	210°C	Castanho avermelhado	270°C
Amarelo palha	220°C	Violeta	280°C
Amarelo	230°C	Azul escuro	290°C
Amarelo escuro	240°C	Azul marinho	300°C
Amarelo ouro	250°C	Azul claro	310°C
Castanho claro	260°	Azul acizentado	320°

2ª Fase:

– Manutenção da Temperatura – Possível quando o aquecimento é feito em fornos.

3ª Fase:

– Resfriamento – O resfriamento da peça pode ser:

- Lento – deixando-a esfriar naturalmente.
- Rápido – mergulhando-a em água ou óleo.

### **Efeitos do revenimento**

Diminui um pouco a dureza da peça temperada, porém aumenta consideravelmente a sua resistência aos choques.

Geralmente, toda peça temperada passa por um revenimento, sendo até comum dizer-se “peça temperada” ao invés de “peça temperada e revenida”.

### **Recozimento**

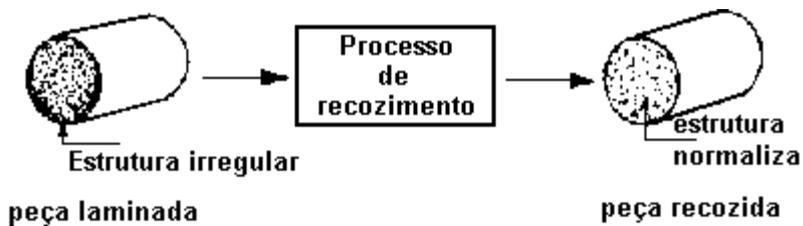
O recozimento é o tratamento térmico que tem por finalidade eliminar a dureza de uma peça temperada ou normalizar materiais com tensões internas resultantes do forjamento, da laminação, trefilação etc..

### Tipos de recozimento

1 - Recozimento para eliminar a dureza de uma peça temperada.



2 - Recozimento para normalizar a estrutura de um material.



### Fazes do recozimento

1ª Fase:

Aquecimento – A peça é aquecida a uma temperatura que varia de acordo com o material a ser recozido. (Entre 500°C e 900°C).

A escolha da temperatura de recozimento é feita mediante consulta a uma tabela. Exemplo de tabela:

Material	Temp. de recozimento
Aço 1040 - 1050	800°C
Aço 1060 - 1080	785°C
Aço 1090	770°C
Aço rápido	900°C

2ª Fase:

Manutenção da temperatura – A peça deve permanecer aquecida por algum tempo na temperatura recomendada para que as modificações atinjam toda a massa da mesma.

3ª Fase:

Resfriamento – O resfriamento deve ser feito lentamente, tanto mais lento quanto maior for a porcentagem de carbono do aço.

No resfriamento para recozimento adotam-se os seguintes processos:

- 1 - Exposição da peça aquecida ao ar livre. (Processo pouco usado).
- 2 - Colocação da peça em caixas contendo cal, cinza, areia ou outros materiais.



Observação – O material para resfriamento da peça deve estar bem seco.

- 3 - Interrompendo-se o aquecimento, deixando a peça esfriar dentro do próprio forno.

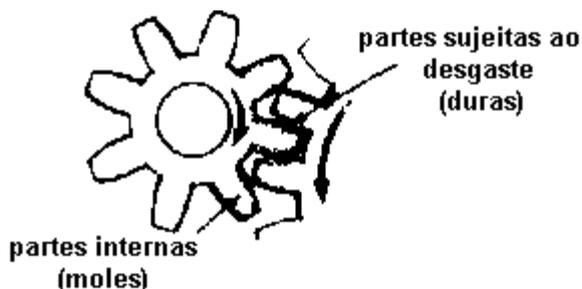
Nota – No recozimento do cobre e latão o resfriamento deve ser o mais rápido possível.

### **Efeitos do recozimento no aço**

- Elimina a dureza de uma peça temperada anteriormente, fazendo-se voltar a sua dureza normal.
- Torna o aço mais homogêneo, melhora sua ductilidade tornando-o facilmente usinável.

### **Cementação**

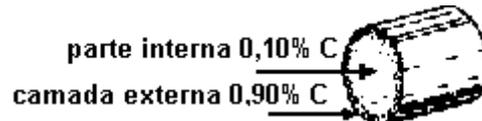
Muitas peças de mecânica necessitam ter elevada dureza externa para resistirem ao desgaste; entretanto, internamente precisam permanecer “moles”, para suportarem solavancos.



Essas peças geralmente são em aço de baixa porcentagem de carbono e recebem um tratamento denominado CEMENTAÇÃO.

### **Cementação**

A cementação é um tratamento que consiste em aumentar a porcentagem de carbono numa fina camada externa da peça.



Após a cementação tempera-se a peça; as partes externas adquirem elevada dureza enquanto as partes internas permanecem sem alterações. (Fig. 10)



A cementação é feita aquecendo-se a peça de aço de baixo teor de carbono, junto com um material rico em carbono (carburante). Quando a peça atinge alta temperatura (750°C a 1.000°C) passa a absorver parte do carbono do carburante.

Quanto mais tempo a peça permanecer aquecida com o carburante, mais espessa se tornará a camada.

Os carburantes podem ser sólidos, (grãos ou pós), líquidos ou gasosos. A qualidade dos carburantes influi na rapidez com que se forma a camada.

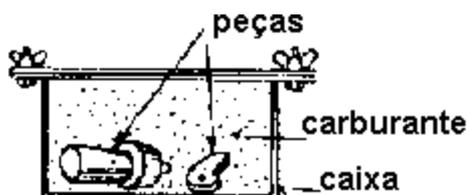
## Fases da cementação

1ª Fase:

### Aquecimento

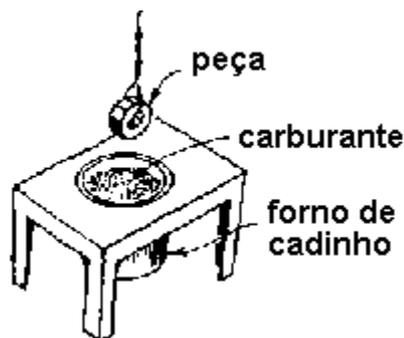
– Cementação em caixa:

As peças são colocadas em caixas juntamente com o carburante, fechadas hermeticamente e aquecidas até a temperatura recomendada.



– Cementação em banho:

As peças são mergulhadas no carburante líquido aquecido, através de cestas ou ganchos.



2ª Fase:

Manutenção da temperatura – O tempo de duração desta fase varia de acordo com a espessura da camada que se deseja e da qualidade do carburante utilizado. (0,1mm a 0,2mm por hora).

3ª Fase:

Resfriamento – A peça é esfriada lentamente dentro da própria caixa.

Após a cementação as peças são temperadas.

## Nitretação

É um processo semelhante à cementação, que se faz aquecendo o aço a uma temperatura de 500°C a 525°C na presença de um gás denominado Nitrogênio. Após algum tempo, obtém-se uma fina camada, extremamente dura, não havendo necessidade de se temperar a peça.

## Aços para Construção Mecânica

### Sistema de classificação dos aços

O número de tipos de aço é muito elevado, pois além dos aços simplesmente ao carbono com teores variáveis de carbono, é muito grande a quantidade de aços ligados.

Para facilitar sua seleção, associações técnicas especializadas classificam os aços pela sua composição química, dando origem aos sistemas **SAE** e **AISI** (americanos), **DIN** (alemão), **ABNT** (brasileiro) etc.

Alguns desses sistemas estão indicados no **Anexo 1**.

O sistema brasileiro da **ABNT** baseou-se nos sistemas americanos. Neles, basicamente, os vários tipos de aços até 1% de carbono, com os elementos comuns manganês, silício, fósforo e enxofre ou com a presença de elementos de liga em baixos teores, são indicados por quatro algarismos: os dois últimos correspondem ao teor de carbono médio e os dois primeiros à presença ou não de elementos de liga. Assim, toda vez que os dois primeiros algarismos sejam 1 e 0, trata-se de aços-carbono; a mudança de um desses algarismos ou de ambos indica um novo tipo de aço, com a presença de outros elementos que não os comuns, ou com estes elementos comuns em teores superiores aos que são considerados normais. Por exemplo:

- 1045 - aço-carbono com teor médio de C 0,45%
- 1120 - aço de usinagem fácil, ao enxofre, com 0,20% de carbono médio
- 4420 - aços ao Ni-Cr-Mo, com 1,85% Ni, 0,50% Cr, 0,25% Mo e 0,20% C
- 5140 - aço ao Cr com 0,70% a 0,90% Cr e 0,40% C.

A norma alemã **DIN** adota outro critério para classificar os aços. Os aços comuns, por exemplo, são indicados pelo símbolo St (**Stal = aço**), seguido de um algarismo que corresponde ao valor mínimo de resistência à tração - St42, St35 etc.

Os aços especiais, com teores de carbono acima de 1% ou com a presença de elementos de liga em altos teores, como aços para ferramentas e matrizes, resistentes à corrosão e ao calor etc., obedecem a outros critérios de classificação.

## ANEXO 1

## SISTEMAS SAE e AISI DE CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

Designação		Tipo de aço
SAE	AISI	
10XX	C10XX	Aços-carbono comum
11XX	C11XX	Aços de usinagem fácil, com alto S
13XX	13XX	Aços-Mn com 1,75%Mn médio
23XX	23XX	Aços-Ni com 3,5%Ni
25XX	25XX	Aços-Ni com 5,0%Ni
31XX	31XX	Aços-Ni-Cr com 1,25%Ni e 0,65%Cr e 0,80Cr
33XX	E33XX	Aços-Ni-Cr com 3,50%Ni, 1,50 e 1,57%Cr
303XX	-	Aços resistentes à corrosão e ao calor Ni-Cr
40XX	40XX	Aços-Mo com 0,25%Mo médio
41XX	41XX	Aços-Cr-Mo com 0,50% ou 0,95%Cr e 0,12%, 0,20%, 0,25% e 0,30%Mo
43XX	43XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,82%Ni, 0,50% ou 0,80%Cr, 0,25%Mo
46XX	46XX	Aços-Ni-Mo com 0,85% ou 1,82%Ni e 0,20% ou 0,25%Mo
47XX	47XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,05%Ni, 0,45%Cr, 0,20% e 0,35%Mo
48XX	48XX	Aços-Ni-Mo com 3,50%Ni e 0,25%Mo
50XX	50XX	Aços-Cr com 0,27%, 0,40%, 0,50%Cr e 0,65%Cr
51XX	51XX	Aços-Cr com 0,80% a 1,05%Cr
501XX	-	Aços para rolamentos de baixo cromo, com 0,50%Cr
511XX	E511XX	Aços para rolamentos de médio cromo, com 1,02%Cr
521XX	E521XX	Aços para rolamentos de alto cromo, com 1,45%Cr
514XX	-	Aços resistentes à corrosão e ao calor ao Cr
515XX	-	Aços resistentes à corrosão e ao calor ao Cr
61XX	61XX	Aços-Cr-V com 0,60%, 0,80% e 0,95%Cr e 0,10% ou 0,15%V (mín.)
86XX	86XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55%Ni, 0,50% ou 0,65%Cr, 0,20%Mo
87XX	87XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55%Ni, 0,50%, 0,25%Mo
92XX	92XX	Aços-Si,Mn com 0,65%, 0,82%, 0,85% ou 0,87%Mn, 1,40% ou 2,00%Si e 0%, 0,17%, 0,32% ou 0,65%Cr
93XX	93XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 3,25%Ni, 1,20%Cr e 0,12%Mo
98XX	98XX	Aços-Ni-Cr.Mo com 1,00%Ni, 0,80%Cr e 0,25%Mo
950	-	Aços de baixo teor em liga e alta resistência
XXBXX	XXBXX	Aços-boro com 0,0005% de B mín.
XXLXX	CXXLXX	Aços-chumbo com 0,15% a 0,35% de chumbo