

# **INFLUENCIA DA VISCOSIDADE DO ÓLEO NA DUREZA DO AÇO ABNT 1045 TRATADO POR TÊMPERA**

*Jose Antonio da Silva<sup>1</sup>*

*Edson Roberto da Silva<sup>2</sup>*

## **RESUMO**

O presente trabalho de estudo objetiva analisar se a viscosidade de diferentes óleos influencia sobre a dureza do aço ABNT 1045 tratado termicamente por têmpera, em que os óleos utilizados para o tratamento de têmpera foram os óleos SAE 90, SAE 68 e 15W40. Para a obtenção dos resultados foram realizadas medidas de dureza sem tratamento e após tratamento, para verificar se os corpos de prova adquiriram alguma alteração na dureza após tratamento térmico. Os resultados mostraram que após o tratamento térmico os corpos de prova resfriados nos fluidos SAE 90, SAE 68 e 15W40 diminuíram suas durezas em comparação com a amostra não tratada. No entanto, notou-se que os corpos de prova resfriados no fluido SAE 90 em relação aos resfriados no fluido 15W40 houve uma pequena perda de dureza. Devido ao aço 1045 possuir baixa temperabilidade, independentemente do tipo de óleo utilizado a velocidade de resfriamento não é suficiente para que se observe diferença no material analisado.

Palavras-chave: Aquecimento. Resfriamento. Dureza.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica pela Uni RV- Universidade de Rio Verde, GO.

<sup>2</sup> Orientador mestre processo e fabricação de materiais.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos tempos muitas pesquisas foram realizadas, descobrindo que com o aquecimento e o resfriamento controlado dos aços pode-se mudar suas propriedades mecânicas, tendo em consideração que o aço pode ficar mais duro, mais mole ou resistente adequando-o a cada aplicação. Quanto mais rápido o resfriamento de determinados aços (no caso será usado aço ABNT 1045), maior será a resistência mecânicas.

O tratamento térmico é realizado em três etapas, a primeira etapa é o aquecimento, a segunda etapa é a manutenção da peça acima da temperatura de austenitização do aço a fim de obter uma dissolução dos carbonetos de ferro no ferro gama e, por último, resfriamento, sendo o fator mais importante pois determinara as propriedades finais e estruturais do material com a variação da velocidade do seu resfriamento (CHIAVERINI, 1987).

Têmpera é o tratamento térmico aplicado aos aços com porcentagens iguais ou superiores do que 0,4% de carbono tendo, como seu principal objetivo, o aumento de dureza no determinado aço. Seu resfriamento pode ser obtido por “água, salmoura, óleo ou ar forçado”, sendo que, neste estudo, será obtido por determinados tipos de óleos influenciados por suas viscosidades (KAEISKI, ÁVILA, 2012).

O objetivo geral deste trabalho é estudar a influência da viscosidade de diferentes óleos na dureza do aço ABNT 1045 tratado por têmpera. Como metas específicas, visa-se aquecer e resfriar corpos de prova em aço ABNT 1045 com diâmetro de 6,35 mm e resfriá-los em óleos com diferentes viscosidades o que provavelmente afeta na taxa de resfriamento, verificando se a viscosidade do óleo influencia na dureza dos aços após o tratamento.

### 1.1. FATORES DE INFLUÊNCIA NO TRATAMENTO TÉRMICO

Os fatores inicialmente considerados no tratamento térmico são: aquecimento, tempo de permanência à temperatura e resfriamento.

Tratamento térmico do aço consiste em aquecer e resfriar o aço para que se atinja suas propriedades mecânicas desejadas como aumento ou diminuição da dureza com o objetivo de melhorar a usinabilidade, ductilidade, elasticidade, resistência à tração, corrosão e ao calor, que são chamados de propriedades mecânicas dos metais.

A têmpera consiste no aquecimento do aço até sua temperatura de austenitização que é a solução sólida de carbono no ferro gama que se obtém com a temperatura do aço entre 815 °C e 870 °C, seguido de seu resfriamento rápido (CHIAVERINI, 1987; BUERGER, *et al* [S. d]).

Inicialmente o aquecimento do aço carbono, tem que ser superior à sua temperatura crítica que é de 727 °C, sendo que nesta temperatura, obtém-se a formação da austenita, no qual se mantém estável somente acima da temperatura crítica (KAEISKI, ÁVILA 2012).

Quanto mais alta a temperatura de aquecimento do aço acima de sua zona crítica maior será a segurança da completa dissolução das fases no ferro gama. Por outro lado, maior será o tamanho do grão da austenita, no qual se o grão austenítico tornar grosseiro, logo o material ficará mais frágil, aumentando a possibilidade do surgimento de deformações na superfície, ocasionando, eventualmente, fissuração (CHIAVERINI, 1987).

Deve-se aquecer o aço a uma temperatura entre 820 °C a 850 °C mantendo nesta faixa de temperatura por 5 a 10 minutos por cada centímetro de espessura ou diâmetro da peça (aço ABNT 1045), sendo feito em seguida a obtenção de seu resfriamento (AZEVEDO, 2002).

De acordo com Chiaverini (1987), tempo de permanência da temperatura de aquecimento tem a mesma função do aquecimento, pois quanto maior o tempo na temperatura de austenitização, maior será a completa dissolução de ferro no ferro gama e maior será seu grão resultante.

O resfriamento é o fator mais importante do tratamento térmico, pois é ele que determinará a microestrutura e as propriedades finais do aço, tendo em consideração a variação da velocidade de resfriamento, podendo assim, obter-se a martensita (que é considerada a microestrutura mais dura dos aços), tendo em conta que os meios mais comuns de resfriamento são, água, óleo e ar. Espera-se que o óleo promova diferentes tipos de comportamento devido a seus diferentes tipos de viscosidades (CHIAVERINI, 1987).

O resfriamento brusco provoca um choque térmico, podendo provocar possíveis danos irreparáveis no material. Com o resfriamento brusco obtém-se a formação da martensita, assim, dependendo da composição química do aço pode-se resfriar de forma menos severa usando o óleo. Tendo em conta que a velocidade de resfriamento dependera muito do tipo do aço, da forma e das dimensões da peça. Para a obtenção do endurecimento da peça, a velocidade de resfriamento deve ser de modo que se impeça, nas temperaturas mais altas, a transformação da austenita (CALLISTER, 1999).

## 1.2. COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO AÇO ABNT 1045

De acordo com a NBR 172/2000 o aço carbono e ligados estão classificados como aço para construção mecânica.

Segundo a norma NBR NM 87/2000, que estabelece composições químicas dos aços para construção mecânica, o aço ABNT 1045 deve apresentar a seguinte composição química: C (Carbono 0,43-0,50); Mn (Manganês 0,60-0,90); P<sub>máx</sub> (fósforo máximo 0,040); S<sub>máx</sub> (Enxofre máximo 0,050); Si (Silício 0,10-0,50) (MACHADO, [S. d]).

## 1.3. VISCOSIDADE

De acordo com Munson, Young e Okiiishi (2004), a massa específica e o peso específico indicam propriedades do peso de um fluido, sendo que estas propriedades não caracterizam suficientemente o comportamento dos fluidos. Pois, dois fluidos (como água e o óleo) podem apresentar massas específicas com uma proximidade iguais, mas quando escoam seu comportamento é totalmente diferente, tornando necessária uma propriedade para descrever a “fluidez” dessas substâncias (fluidez viscosa).

Viscosidade é a resistência da medida quantitativa de um fluido ao escoamento, determinando assim a taxa de deformação do fluido gerado pela aplicação de uma dada taxa de cisalhamento. O ar tem uma viscosidade muito baixa comparado à da água, pois a viscosidade da água é 50 vezes maior do que a do ar. Pode-se encontrar uma resistência maior no óleo SAE 30, que possui viscosidade 300 vezes menor do que a da água (WHITE, 2011).

Segundo a lei de Newton, a viscosidade dinâmica e absoluta é indicada pela sigla  $\mu$ , tendo em conta que esta grandeza é uma propriedade de cada fluido e de suas condições. Sendo que nos líquidos a viscosidade diminui com o aumento da temperatura e nos gases a viscosidade aumenta com o aumento da temperatura. O índice de viscosidade é um número indicado de acordo com uma escala arbitrária que indica o grau de variação da viscosidade de um óleo com a sua temperatura (BRUNETTI, 2008).

Viscosidade de um fluido é considerada como sendo propriedade determinante do valor da resistência ao cisalhamento devido a interação entre as moléculas do fluido (CARRETEIRO, BELMIRO, 2008, citado por SILVA, 2011).

Viscosidade pode ser dita como a resistência apresentada pelo fluido durante seu deslizamento sobre uma superfície, sendo que um óleo com muita viscosidade tem uma maior

dificuldade de fluidez em comparação ao com pouca viscosidade, ou seja, viscosidade é a resistência ao escoamento de um determinado fluido. Existem dois tipos de viscosidade: viscosidade dinâmica e cinemática, sendo que a viscosidade dinâmica é relacionada a uma força aplicada sobre uma determinada superfície e a resistência que haverá em contato com um determinado fluido, assim podendo oferecer uma determinada resistência ao cisalhamento. Já a cinemática é considerada como o tempo de escoamento de um fluido em um tubo capilar de dimensão conhecida, variando com o comprimento do tubo. As medidas da viscosidade variam a determinadas temperaturas, sendo que o método mais usado para expressa essa variação é o índice de viscosidade, que simplesmente é um parâmetro usado para identificar e diferenciar a natureza do óleo (SILVA, 2011).

#### 1.4. ENSAIO DE DUREZA ROCKWELL

No ano de 1982, Rockwell desenvolveu com um sistema de pré-carga, um método de ensaio de dureza que, em relação ao ensaio Brinell apresentava algumas vantagens, pois permitia avaliar a dureza de diferentes tipos de metais, sendo do mais mole ao mais duro (PENTEADO, 2003 citado por BERTOLDI, 2014).

De acordo com Bertoldi (2014), na máquina de ensaio de dureza Rockwell os penetradores utilizados são dos tipos, esférico (esfera de aço temperado) ou cônico (cone de diamante com 120° de conicidade), onde ao se utilizar o penetrador cônico de diamante, a leitura deve ser feita pelo resultado na escala externa do mostrador, de cor preta. E ao esférico sua leitura será feita pela escala de cor vermelha. Para se analisar a dureza Rockwell normal é necessário que se aplique um valor de carga maior que 45 kgf, chegando no máximo a 150 kgf, e para dureza Rockwell superficial aplicam-se valores até 45 kgf.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

Para a realização desta pesquisa foram utilizados a máquina de ensaio de dureza, ROCKWELL HARDESS TESTER, MODEL 200HR-150, SERIAL NO. 014, DATE 2008 6.

O forno elétrico do laboratório de Ensaio de Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UniRV.

Utilizou-se dez corpos de prova em aço ABNT 1045 com diâmetro de 6,35 mm, comprimento de 85 mm.

Utilizou-se um litro de cada dos seguintes fluidos, SAE 90 (fluido de engrenagem) de baixa viscosidade, SAE 68 (fluido hidráulico) fluido de viscosidade intermediária menor que o SAE 68, e o 15W40 (fluido de motor) que para a pesquisa é um fluido de alta viscosidade em relação aos fluidos anteriores.

Na Figura 1 é mostrada a ilustração do forno utilizado na pesquisa para o tratamento dos corpos de prova.

**FIGURA 1** – Forno usado para a realização dos tratamentos térmicos



Fonte: José Antonio da Silva, 2016.

A Tabela 1 mostra o índice de viscosidade dos óleos utilizados para a realização do projeto de pesquisa.

**TABELA 1** - Índice de viscosidade GRAU SAE dos fluidos utilizados na pesquisa

<b>Fluidos</b>	<b>Óleo</b>	<b>Óleo</b>	<b>Óleo</b>
	<b>SAE 90</b>	<b>SAE 68</b>	<b>15W40</b>
Índice de viscosidade	94	102	142

Fonte: José Antonio da Silva, 2016.

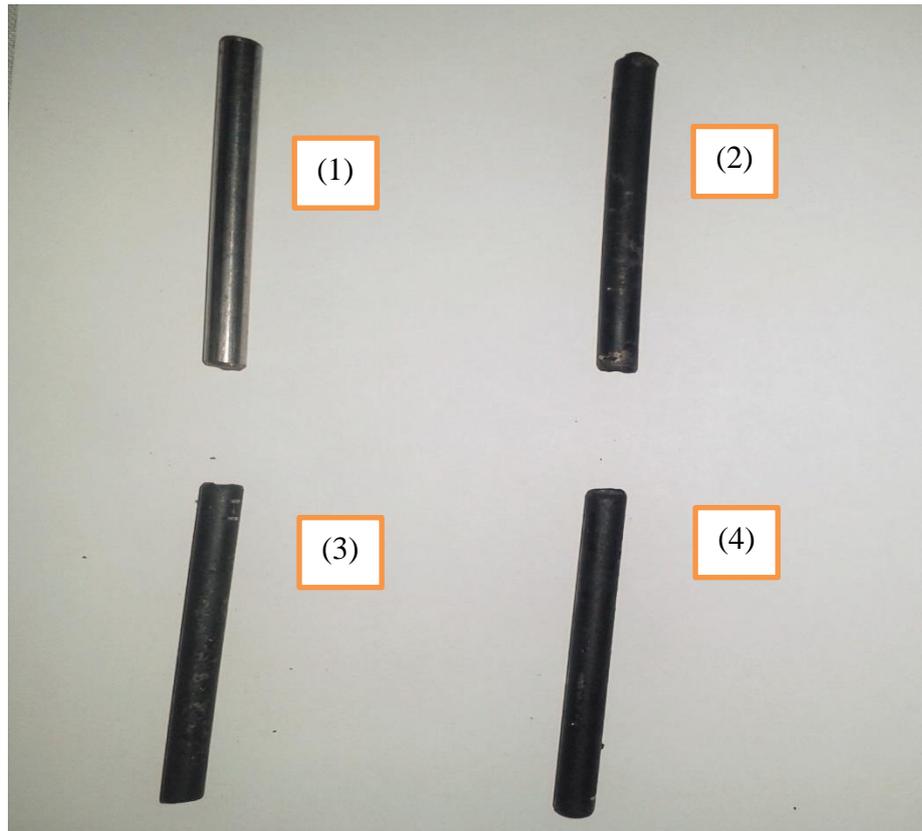
## 2.2 MÉTODOS

Primeiramente foi feito um ensaio de dureza em um dos corpos de prova para a obtenção da dureza do material sem o tratamento térmico, logo após os corpos de prova em aço ABNT 1045 foram levados ao forno a 900 °C, deixando-o por 25 minutos, para que todos os corpos de prova ficassem totalmente austenitizados. Após o aquecimento dos corpos de prova, estes foram resfriados bruscamente, sendo três corpos de prova resfriado no fluido SAE 90, três corpos de prova resfriados no fluido SAE 68 e três corpos de prova resfriados no fluido 15W40. Em seguida foi feito um novo ensaio de dureza para verificar a influência da viscosidade do óleo na dureza dos corpos de prova ensaiados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos de prova sem tratamento térmico e com o tratamento térmico resfriados nos fluidos 15W40, SAE 68, SAE 90 são mostrados na Figura 2.

**FIGURA 2** – Fotografia dos corpos de prova sem-tratamento e com tratamento térmico



Fonte: José Antonio da Silva, 2016.

Cada amostra foi numerada para identificação (Figura 2), como se segue:

- (1) corpo de prova sem tratamento;
- (2) corpo de prova tratado termicamente resfriado no fluido 15W40;
- (3) corpo de prova tratado termicamente resfriado no fluido SAE 68 e
- (4) corpo de prova tratado termicamente resfriado no fluido SAE 90.

Ao analisar os resultados dos tratamentos térmicos, pode-se notar que a dureza das peças do aço ABNT 1045 estudados apresentaram resultados distintos devido à variação de seus resfriamentos nos diferentes tipos de fluidos onde tais resultados estão apresentados na Tabela 2.

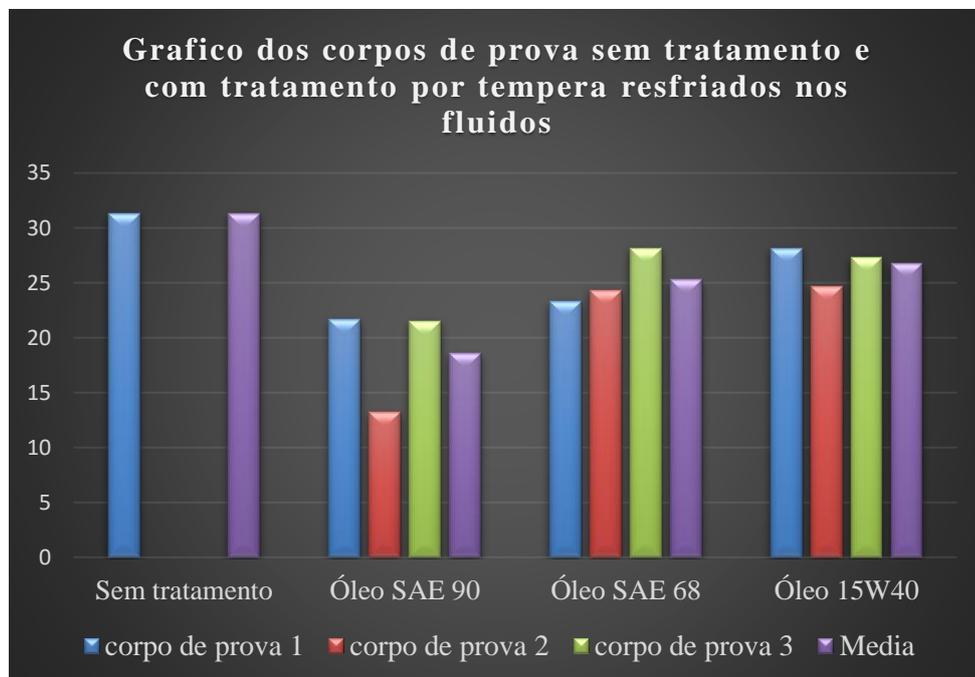
**TABELA 2** - Média das durezas em HRC dos corpos de prova sem tratamento térmico e tratados em três diferentes tipos de óleo.

Corpos de prova	Sem tratamento	Óleo SAE 90	Óleo SAE 68	Óleo 15W40
1		21,67	23,33	28,17
2	31,33	13,17	24,33	24,67
3		21,5	28,17	27,33
<b>Media</b>	31,33	18,56	25,28	26,72

Fonte: José Antonio da Silva, 2016.

Para se ter uma melhor visualização e mostrado abaixo o gráfico da média das durezas dos aços sem tratamento térmico e com tratamento térmico, tratados por tempera e resfriados em diferentes tipos de fluidos, onde pela tabela será mais fácil a observação se há uma variação significativa dos diferentes tipos de resfriamentos na dureza dos aços tratados termicamente.

**FIGURA 3** – Gráfico da média dos corpos de prova sem tratamento por tempera e com tratamento.



Fonte: José Antonio da Silva, 2016.

Pode-se observar ao analisar a Tabela 2 que a média da dureza dos corpos de prova tratados termicamente com os diferentes tipos de óleos diminuiu a dureza em relação ao corpo

de prova sem o tratamento. Este fato pode ser explicado devido ao fato de o aço ABNT 1045 possuir baixa temperabilidade. Todos os meios de resfriamentos utilizados neste trabalho não foram suficientes para temperar o aço, provavelmente os corpos de prova foram normalizados obtendo como microestrutura uma perlita fina ao invés de martensita.

Ao analisar a dureza dos corpos de prova em relação aos diferentes índices de viscosidade dos óleos ( TABELA 1 ), nota-se que os corpos de prova resfriado no óleo de menor índice de viscosidade (SAE 68) obteve uma maior redução de dureza em relação aos corpos de prova resfriados no óleo (15W40), e ao analisar os corpos de prova resfriados no óleo (SAE90) em relação aos corpos de provas resfriados no óleo (15W40), notando-se que também houve uma pequena redução de dureza, devido ao aço 1045 ser um aço de baixa temperabilidade os diferentes tipos de óleo não influenciaram na microestrutura do material mesmo mediante a possibilidade de diferentes taxas de resfriamento dos corpos de provas.

#### **4. CONCLUSÕES**

Analisando os resultados obtidos e com base no objetivo do trabalho, verificou-se que os corpos de prova tratados termicamente e resfriados em diferentes tipos de óleo houve perda em sua dureza em relação aos corpos de prova sem o tratamento térmico.

Verificou-se também uma pequena variação na dureza dos corpos de prova tratados termicamente nos diferentes óleos utilizados, concluindo que os diferentes fluidos não afetam de maneira significativa a dureza dos corpos de prova.

Óleos com menores índices de viscosidade apresentam durezas menores.

*INFLUENCE OF OIL VISCOSITY ON STEEL HARDNESS ABNT 1045  
TREATY PER TEMPERA*

**ABSTRACT**

The present study aims to analyze if the viscosity of different oils influence the hardness of ABNT 1045 Steel ABNT 1045 heat treated by temper, where the oils used for the temper treatment were oils SAE 90, SAE 68 and 15W 40. In order to obtain the results, hardness measurements were performed without treatment and after treatment, to verify if the proof bodies acquired any change in hardness after heat treatment. The results show that after the heat treatment the proof bodies cooled in the SAE 90, SAE 68 and 15W40 fluids decreased their hardness in comparison to the untreated sample. However, it was noted that the proof bodies cooled in the SAE 90 fluid with respect to the cooled in the 15W40 fluid there was a small loss of hardness. For the steel 1045 be a low temperabilit steel regardless of the type of oil used, the cooling rate is not sufficient to observe a difference in the material analyzed.

Keywords: Heating. Cooling. Toughness.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, Alessandra Gois Luciano de. APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA DUPLA CAMADA NA SOLDAGEM DO AÇO ABNT 1045. Fortaleza – CEARÁ. Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica e Produção, Programa de Mestrado em Engenharia e Ciências de Materiais, p. 10, 2002.
- BERTOLDI, Evandro. ANÁLISE DE ENSAIOS DE DUREZA BRINEL E ROCKWELL EM CORPO DE PROVA. Horizontina – RS. 4ª Semana Internacional de Engenharia e Economia FAHOR, 2014.
- BRUNETTI, Franco. MECÂNICA DOS FLUIDOS. São Paulo - SP, 2º ed. 2008.
- BUERGER, G. R; DOMINGUES, T. R; JOSE, D. R; MANSKE, G. A; OLIVEIRA, R. D; VIEIRA, L. N. ESTUDO DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE A CONFORMAÇÃO DO AÇO 1045. Joinville – SC. Universidade do Estado de Santa Catarina. [S. d.].
- CALLISTER JUNIOR, Willian D. CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS: UMA INTRODUÇÃO. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- CHIAVERINI, V. AÇOS E FERROS FUNDIDOS. ABM, São Paulo, 5º ed. 1987.
- KAEISKI, Romulo; AVILA, Roque. RELATÓRIO AÇOS 1080 E 1045 TEMPERADOS E REVENIDOS. São Leopoldo. Maio. 2012.
- MACHADO, Izabel F. TRATAMENTOS TÉRMICOS E DE SUPERFÍCIE. São Paulo – SP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Depto. De Engenharia mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. P. 11. [S. d.].
- MUNSON, Bruce R; YOUNG, Donald F; OKIISHI, Theodore H. FUNDAMENTOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS. São Paulo - SP, 1º ed. 2004.
- SILVA, Alberto Eduardo de Oliveira e. TRASPOSIÇÃO DIDÁTICA: A QUÍMICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES. Brasília - DF, p.37 a 40, 2011.
- WHITE, Frank M. MECÂNICA DOS FLUIDOS. São Paulo - SP, 6º ed. 2011.