



Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778  
Nº 2, volume 5, artigo nº 13, Julho/Dezembro 2019  
D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v5n2a13>

## **EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA DUREZA DE CHUMBADORES PARA USO COMO CONECTORES DE ESTRUTURAS MISTAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza<sup>1</sup>**

Engenheiro Civil Especialista em Engenharia de Estruturas

**Robson Rubelton Rodrigues Ramos Junior<sup>2</sup>**

Engenheiro Civil

**Cristiano Pena Miller<sup>3</sup>**

Mestre em Engenharia Civil

**Fernanda Rangel Azevedo de Paula<sup>4</sup>**

Mestre em Engenharia Civil

**Amanda Camerini Lima<sup>5</sup>**

Doutora em Engenharia de Materiais

### **Resumo**

Durante o processo de dimensionamento de ligações em projeto de estruturas mistas é comum o uso de conectores, mais especificamente de chumbadores, quando trata-se de projeto de estruturas de concreto armado e aço. Um dos problemas encontrados é o número

<sup>1</sup> Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, e-mail: romulorcoelho@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, e-mail: robsonrubelton@hotmail.com

<sup>3</sup> Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, e-mail: robsonrubelton@hotmail.com

<sup>4</sup> Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, e-mail: fernandarap@gmail.com

<sup>5</sup> Centro Universitário Redentor, Engenharia Civil, Itaperuna-RJ, e-mail: amandacamerinilima662@gmail.com

elevado de conectores para resistir os esforços solicitantes. Através deste artigo busca-se, por ensaios em laboratório, de tratamento térmico, aumentar a dureza do chumbador.

**Palavras-chave:** tratamento térmico; conectores; estruturas mistas.

### **Abstract**

During the sizing process of connections in the design of composite structures, it is common to use connectors, more specifically, anchors, when it comes to the design of reinforced concrete structures and steel. One of the problems encountered is the high number of connectors to withstand the applicant efforts. Through this article it is sought, by laboratory tests, of thermal treatment, to increase the hardness of the anchor, and consequently its resistance.

**Keywords:** heat treatment; connectors; structures.

## **INTRODUÇÃO**

Em estruturas mistas, as junções entre as peças de diferentes materiais são ligadas através de procedimentos de conexões, conectores ou soldas. Ao analisar uma estrutura mista de concreto armado e aço, é usual a utilização de conectores, em geral chumbadores mecânicos, que são uma espécie de haste roscada constituídos de uma porca e/ou rosca e uma jaqueta, muito parecida com uma bucha de parafuso. Esta jaqueta, ao aplicar torque na porca/parafuso se expande, fixando-a no furo. Aplicando ao exemplo, chumbadores são peças inseridas diretamente no concreto e posteriormente ligadas aos perfis metálicos com auxílio de uma chapa de aço, a figura abaixo demonstra exemplos de chumbadores.



**Figura 01 – Exemplo de chumbadores**

Fonte: Adaptado do Catálogo Ciser.

O dimensionamento, trata-se tanto da determinação das dimensões desses chumbadores, quanto do número necessário, para resistir os esforços solicitantes. Por

vezes, devido aos padrões de chumbadores comercializados, o resultado desse dimensionamento é número de chumbadores elevado, podendo até atingir valores que impeçam a conexão, por não respeitar os valores mínimos de distanciamento entre conectores. Ou seja, não sendo possível com os parâmetros iniciais (com menores valores) atingir o resultado esperado, sendo necessário atribuir novos materiais, conectores mais resistentes.

Contudo, muitas das vezes, devido aos espaçamentos mínimos estabelecidos nas Normas Técnicas não é viável nem o aumento do número dos conectores, nem mesmo de suas dimensões, sendo ainda necessária a aplicação de conectores mais resistentes.

Uma maneira de tornar o conector mais resistente é através do tratamento térmico. O tratamento térmico em aço-carbono consiste em aumentar de maneira considerável sua temperatura e posteriormente controlar o seu processo de resfriamento, através do controle dos meios em que ele se resfria, com o objetivo de regular a resistência final esperada para o objeto. Logo, com o tratamento térmico a liga de aço-carbono pode ter sua resistência aumentada, tanto que os parafusos de alta resistência, tratados em normas de estruturas metálicas, passam por esse processo, para que atinjam as resistências esperadas, sem que tenham suas dimensões alteradas.

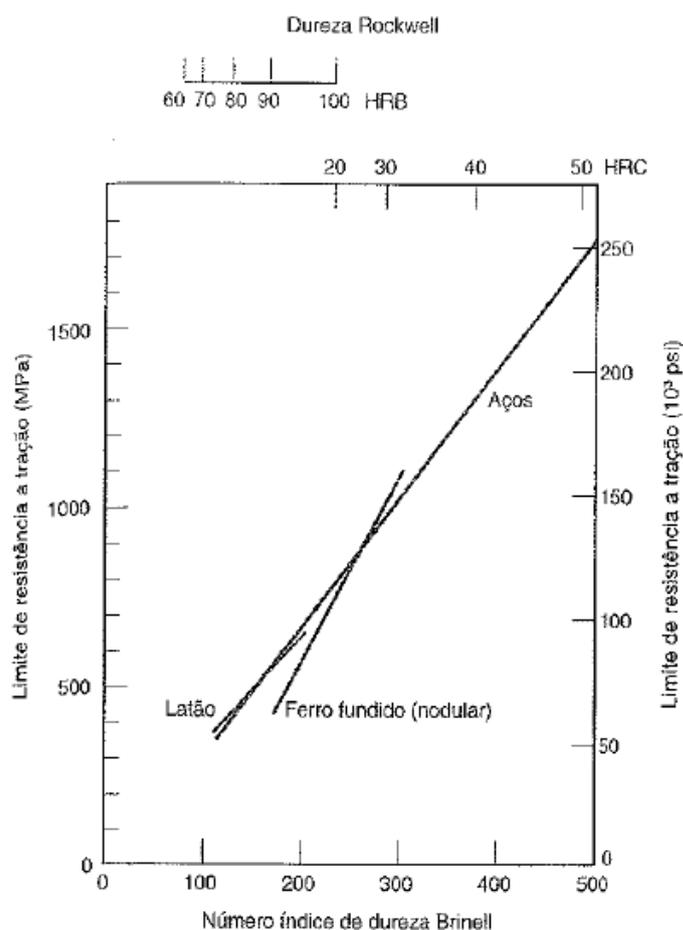
Uma forma de aferir a resistência desse material alterado, ou antes de sua alteração, é através do ensaio de dureza. Dureza, é, sucintamente, a característica de um determinado material resistir ao risco ou abrasão. Tecnicamente, dureza é a medida da resistência de um material a uma deformação plástica local. Além disso, o ensaio de dureza é um ensaio não-destrutivo, ou seja, o corpo de prova não é faturado, nem tampouco excessivamente fraturado, uma pequena marcação é infringida em sua superfície para que se obtenha os resultados esperados.

A dureza de um material pode ser mensurada em HRC (escala de dureza), e analisada através da escala Rockwell. Os métodos de ensaio de Rockwell são comumente usados por se tratarem de procedimentos de simples execução e não exigirem habilidades específicas para sua realização. Ressalta-se que diversas escalas podem ser usadas a partir de combinações possíveis de vários penetradores e diferentes cargas.

O estudo dos metais, principalmente das ligas de aço-carbono deixa claro que a relação dos entre a resistência a tração e a dureza de um material são diretamente proporcionais. De acordo com Callister (2002), a resistência a tração e a dureza de um material são praticamente proporcionais, sendo possível até a simplificação em uma

expressão para a correlação entre eles. Logo, se um material tem sua dureza aumentada, de maneira linear, sua resistência à tração também é aumentada.

A figura a seguir mostra graficamente a relação entre dureza e limite de resistência à tração.



**Figura 02 – Relação dureza/limite de resistência a tração**  
Fonte: Callister (2002).

Destarte, é possível aplicar a um chumbador comum os métodos de tratamento térmico com a finalidade de obter um material mais resistente que possibilite a diminuição do número de chumbadores a serem aplicados em uma determinada ligação estrutural entre perfis metálicos e concreto armado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para os ensaios foram utilizados chumbadores da marca Ciser, modelo CBC com parafuso com dimensão nominal de 3/8", e parafuso com comprimento de 3.1/2", fabricado em aço baixo carbono, conforme demonstra a figura abaixo.



**Figura 03 –Chumbador usado no ensaio**  
Fonte: Acervo do autor.

Em um primeiro momento o chumbador, amostra A, foi submetido ao durômetro, equipamento que afere a dureza do material, conforme mostra a figura 03. Foi aplicada uma carga de 100Kgf, e obtidas 10 leituras em pontos diferentes do material gerando os resultados da tabela 01, e a análise no gráfico 01.



**Figura 04 –Chumbador no ensaio no durômetro**

Fonte: Acervo do autor.

Como o objetivo é aumentar a resistência do material através do tratamento térmico, duas amostras, B e C, foram submetidas a alta temperatura, atingindo a 930°C em forno. Após atingir essa temperatura foram mantidas por cerca de uma hora nessa condição, para atender aos procedimentos descritos na ABNT NBR 9769:1987.



**Figura 05 –Chumbadores no forno à 930°C**

Fonte: Acervo do autor.

Passado o tempo exigido em norma os parafusos foram resfriados separadamente, em meios diferentes. A amostra B resfriada em óleo, e a amostra C resfriada em água.



**Figura 06 –Resfriamento das amostras B e C, respectivamente.**

Fonte: Acervo do autor.

Após 20 horas, as amostras B e C foram submetidas a aferição da dureza do material no durômetro, assim como feito anteriormente com a amostra A.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

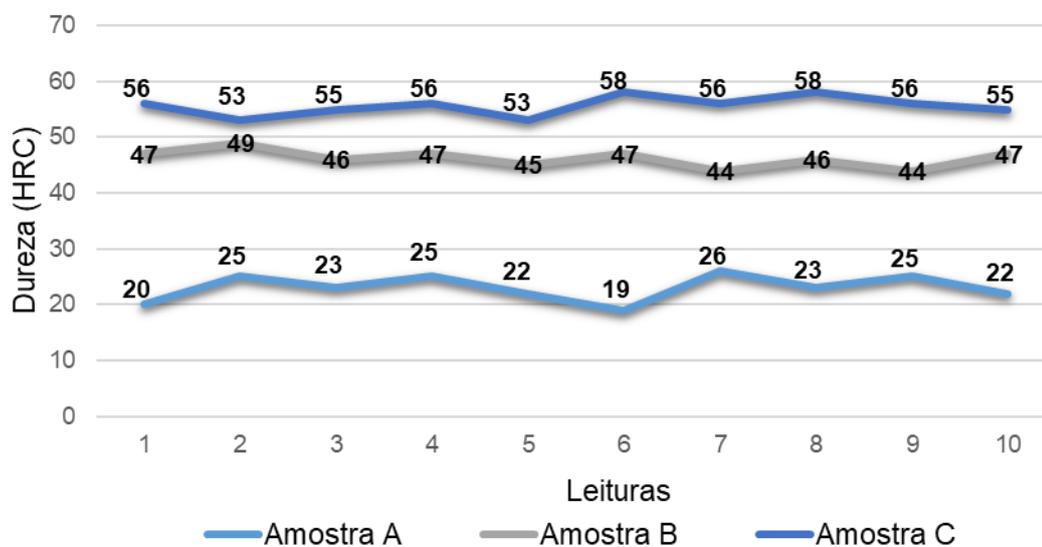
De acordo com os dados apresentados nesse ensaio é possível estabelecer que a dureza relativa obtida para este chumbador é de 23 HCR, valor da média de todos os resultados dos pontos de leitura da amostra A e também os valores do desvio padrão, conforme descrito na Tabela 01 e no gráfico 01, a seguir.

**Tabela 01 – Resultados das amostras no durômetro**

Leitura	Amostra A	Amostra B	Amostra C
1	20	47	56
2	25	49	53
3	23	46	55
4	25	47	56
5	22	45	53
6	19	47	58
7	26	44	56
8	23	46	58
9	25	44	56
10	22	47	55
Valor médio	23	46	56
Mínimo	19	44	53
Máximo	26	49	58
Amplitude	7	5	5
Desvio padrão	2,3094	1,5492	1,7127

Fonte: Ensaio

### Resultados das amostras no durômetro



**Gráfico 01 - Resultados das amostras no durômetro**

Fonte: Ensaio

Ao analisar o gráfico 01 é possível observar que os valores obtidos em cada amostra não flutuam muito além da linha do valor médio, ou seja, não existem discrepâncias nos valores obtidos no ensaio de dureza em nenhuma das amostras.

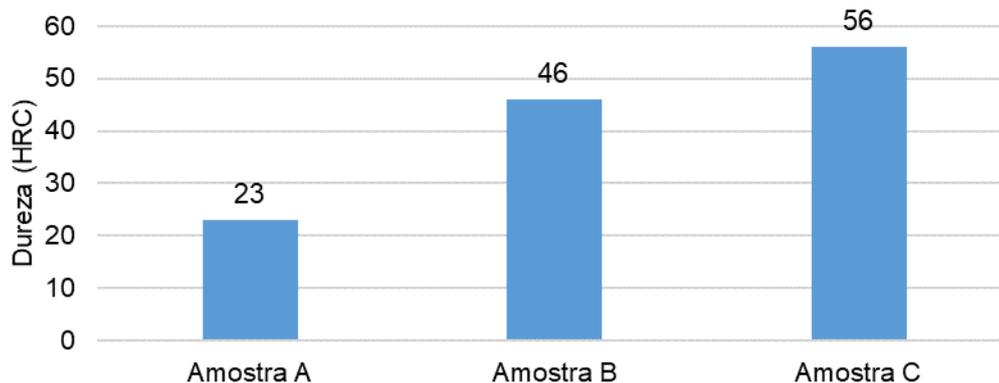
Após os procedimentos de resfriamento das amostras B e C, essas obtiveram o valor médio de dureza de 46 HRC e 56 HRC, respectivamente. Para a amostra B um aumento de 100%, e para a C um aumento de 143,5% na dureza do material.

**Tabela 02 - Valor médio da dureza obtida nos ensaios**

	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Dureza média	23	46	56

Fonte: Ensaio

### Valor médio da dureza obtida nos ensaios



**Gráfico 02 – Valor médio da dureza obtida nos ensaios**

Fonte: Ensaio

Existem diferenças de resultados tão distantes, pelo fato de terem sido resfriadas em meios diferentes, a água propicia um resfriamento mais rápido, resultando em um material mais duro, já o óleo propicia um resfriamento mais lento aumento a dureza do material, mas não tanto quanto a água.

O procedimento com uso do óleo não deve ser descartado, pois seu resfriamento mais lento pode auxiliar na conservação das demais características do aço.

### CONCLUSÕES

De acordo com os dados alcançados nos ensaios é possível afirmar que o tratamento térmico é uma opção viável para se reduzir o número de conectores no processo de dimensionamento das ligações. Logo em situações onde número encontrado de conectores não atende aos quesitos de espaçamentos mínimos entre esses conectores, é possível utilizar chumbadores, tratados termicamente, quantidades menores, sem perder a resistência necessária para atender os esforços solicitantes, e sem também que seja necessário o uso de conectores com dimensões superiores ao desejado.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **9769**: Tratamento térmico de normalização de barras laminadas ou forjadas de aço-carbono e aço ligado - Procedimento. Rio de Janeiro: Moderna, 1987.

CALLISTER, William. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CISER (Brasil) (Org.). **Catálogo de produtos**. Disponível em: <<http://www.ciser.com.br/htcms/media/pdf/destaques/br/catalogo-geral-de-produtos.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 357 p.

### **Sobre os Autores**

**Autor 1: Rômulo Rodrigues Coelho Delfino Souza.** Engenheiro Civil, graduado pelo Centro Universitário Redentor, especialista em Engenharia de Estruturas e docência superior. Professor dos cursos de Engenharia Civil da IES Centro Universitários Redentor. E-mail: engenheioromulocoelho@gmail.com

**Autor 2: Robson Rubelton Rodrigues Ramos Júnior.** Engenheiro Civil graduado pelo Centro Universitário Redentor. E-mail: robsonrubelton@hotmail.com

**Autor 3: Cristiano Pena Miller.** Professor dos cursos de Engenharia Civil da IES Centro Universitários Redentor. Mestre em Estruturas pela Universidade Estadual Norte Fluminense. E-mail: cristianomiller@yahoo.com.br.

**Autor 4: Fernanda Rangel Azevedo de Paula.** Professora dos cursos de Engenharia Civil da IES Centro Universitários Redentor. Mestre em Estruturas pela Universidade Estadual Norte Fluminense. E-mail:fernandarap@gmail.com

**Autor 5: Amanda Camerini Lima.** Professora dos cursos de Engenharia Civil da IES Centro Universitários Redentor. Doutora em Engenharia de materiais. E-mail: amandacamerinilima662@gmail.com