

## **ANÁLISE COMPARATIVA COM DIFERENTES TRATAMENTOS TÉRMICOS NO AÇO VC 131**

RAIMUNDO NONATO ALVES DA SILVA<sup>1\*</sup> BRUNO MELLO DE FREITAS<sup>2</sup>, VALDIR CARDOSO DE OLIVEIRA<sup>3</sup>, ANTÔNIO CLAUDIO KIELING<sup>4</sup>, JOSÉ COSTA DE MACEDO NETO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> MSc. Professor em Engenharia dos Materiais UEA/EST, Manaus-AM, raimundo.nonato.silva@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Engenharia Mecânica, UFRJ/COPPE, MSc. Prof. em Engenharia dos Materiais UEA/EST, Manaus-AM, bfreitas@uea.edu.br

<sup>3</sup> Graduando em Tecnologia de Manutenção Mecânica, UEA/EST, Manaus-AM, vco.mec@uea.edu.br

<sup>4</sup> Dr. Professor em Engenharia Mecânica UEA/EST, Manaus-AM, antonio.kieling@yahoo.com

<sup>5</sup> Dr. Professor em Engenharia de Materiais, UEA/EST, Manaus-AM, jotacostaneto@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** O aço VC 131 é um produto muito utilizado no mercado para confecção de matrizes de corte e facas de tesouras de alto rendimento, para cortes de chapas de aço silício e chapas de aço até 4 mm de espessura, estampos para cortes de precisão na indústria de cartonagem e relojoaria, placas de revestimentos de moldes para tijolos e ladrilhos, ferramentas para prensagem de pós-metálicos e materiais altamente abrasivos; guias para máquinas operatrizes, régua para retificadoras, peças de desgastes de calibres, micrometros e ferramentas em geral, onde se exige máxima resistência a abrasão e retenção de corte. Após os tratamentos térmicos de Recozimento, Normalização, Têmpera e Revenimento no aço VC 131 foi realizado ensaios de dureza Rockwell em todas as amostras, além da análise de micrografia, verificando-se a microestrutura obtida pela realização desses tratamentos e comparando-a com um padrão previamente estabelecido. Comprovou-se que ocorreu uma diminuição da dureza na amostra recozida, enquanto que nas amostras que sofreram tratamentos de normalização, tempera e revenimento houve aumentos da dureza. Todas as amostras sofreram mudanças estruturais devido ao tratamento térmico aplicado.

**PALAVRAS-CHAVES:** Tratamento Térmico, Dureza Rockwell, Microestrutura, aço VC 131.

**ABSTRACT:** The steel VC 131 is a product widely used in the market for the manufacture of cutting dies and high yield scissors knives, steel plates cuts silicon and steel sheets up to 4 mm thick, dies for precision cuts in the industry cardboard and clocks, mold coatings plates for bricks and tiles, tools for post-metal pressing and highly abrasive materials; guides for machine tools, rules for grinding, wear parts gauges, micrometers and tools in general, which requires maximum resistance to abrasion and cutting retention. After the heat treatment of annealing, normalization, quenching and tempering the steel VC 131 was performed Rockwell hardness tests on all samples, and the micrograph analysis, checking the microstructure obtained by carrying out such treatments and comparing it with a standard previously established. It has been shown that there was a decrease in hardness in the annealed sample, while in samples which have undergone normalization treatments, quenching and tempering hardness was increased. All part suffered structural change due to the heat treatment applied.

**KEYWORDS:** Heat Treatment, Rockwell Hardness, Microstructure, steel VC 131.

### **INTRODUÇÃO**

Os materiais ferrosos encontrados no comércio, na maioria das vezes, antes de sua utilização final, são submetidos a diferentes tipos de tratamentos térmicos. Estes tratamentos podem ser descritos como, procedimentos utilizados para modificação da estrutura interna ou obtenção de nova formação estrutural do material. (Celestino, 2007).

Para avaliar as características das propriedades mecânicas, foi aplicado os ensaios de dureza rockwell, neste método, a carga do ensaio é aplicada em etapas, ou seja, primeiro se aplica uma pré-carga, para garantir um contato firme entre o penetrador e o material ensaiado, e depois aplica-se a carga

do ensaio propriamente dita. A metalografia é o processo no qual é observado o material que forma a peça, sua composição, propriedade, estrutura, aplicação, etc. Pode ser: físico, químico, metalográfico e especial de análise microscópica para definição das microestruturas, podendo-se assim relacionar os diferentes tipos de tratamento térmico com suas resistências e microestruturas (Rohde, 2010).

O recozimento é um processo no qual o aço é aquecido a temperaturas acima da zona de austenitização, é um tratamento térmico realizado com o fim de alcançar um ou vários seguintes objetivos: remover tensões devidas ao tratamento mecânico a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço, alterar as propriedades mecânicas como resistência, ductilidade etc., (Spectru, 2013).

A normalização visa refinar a granulação grosseira de peças de aço fundido principalmente, frequentemente, e com o mesmo objetivo, a normalização é aplicada em peças depois de laminadas ou forjadas. A normalização é ainda usada como tratamento preliminar à têmpera e ao revenido, justamente para produzir estrutura mais uniforme do que a obtida por laminação. Os constituintes que se obtêm na normalização são Ferrita e Perlita fina ou Cementita e Perlita fina. Eventualmente, dependendo do tipo de aço, pode-se obter a Bainita (Spectru, 2013)

A tempera consiste no resfriamento rápido do aço de uma temperatura elevada o suficiente para promover a máxima dissolução dos carbonetos na austenita, sem que ocorra crescimento de grãos, este resfriamento geralmente é efetuado por imersão em água, óleo, solução polímera ou sal, embora o ar forçado seja utilizado algumas vezes. O objetivo precípua da tempera é a obtenção da estrutura martensítica, ou, sob o ponto de vista de propriedades mecânicas, é o aumento do limite de resistência a tração do aço e sua dureza (Américo, 2007).

O revenido é o processo realizado no aço após a têmpera, no qual o mesmo é aquecido até temperaturas abaixo da faixa de transformação  $A_1$  e resfriado a taxas baixas, objetivando aumentar a ductibilidade e tenacidade. O revenido permite obter valores específicos de propriedades mecânicas e o alívio de tensões, assegurando estabilidade dimensional. (Américo, 2007).

## MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foi selecionada uma barra de aço - VC 131 para ser seccionada para obtenção das amostras, a composição química deste aço e constituída por (C = 2,10 %; Cr = 11,5 %; W = 0,70 %; V = 0,15 %), normas/similares DIN X 210 CrW 12; Wnr 1.2436; AISI D6; ABNT D6; JIS G 4404-72; Tipo SDK 2, cores de identificação Amarelo – Verde – Amarelo, características gerais, alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas, as amostras foram confeccionadas em forma de prismas com as seguintes dimensões 30 mm x 20 mm x 12 mm na máquina de corte (ARACOR 40-ARATEC).

O recozimento foi o primeiro tratamento a ser trabalhado. A amostra foi aquecida a uma temperatura acima da zona crítica, ou seja, por volta de 960°C, que começou a marcar o tempo de cinquenta minutos, tempo necessário para se modificar as características da peça original. Após o processo de aquecimento, a peça sofreu um resfriamento lento, dentro do forno.

Na normalização, a peça foi submetida a uma temperatura de 960°C, durante cinquenta minutos, seguido de um resfriamento ao ar livre, conforme a Tabela 1, A fim de se obter a Ferrita e a Perlita fina.

Na têmpera, a peça foi pré-aquecida a 550°C para garantir uma homogeneidade de temperatura e minimizar as distorções. Em seguida foi submetida a uma temperatura de austenitização, entre 950 – 970°C, por cinquenta minutos no forno e resfriamento em óleo pré-aquecido a 70°C, sob agitação. Depois da têmpera foi feito o revenimento, o qual foi feito numa temperatura entre 300 – 340°C, por 100 minutos no mesmo forno resistivo, a fim de aliviar as tensões contidas no material devido ao resfriamento brusco.

Tabela 1: Especificações dos tratamentos térmicos realizados nas amostras.

Aço	Tratamento Térmico	Temperatura	Tempo	Resfriamento
VC 131	Recozimento	960 °C	50 min	Forno
	Normalização	960 °C	50 min	Ar livre
	Têmpera	960 °C	50 min	Óleo
	Revenimento	320 °C	100 min	Ar livre

Fonte: Silva et. al., 2016.

Na etapa seguinte, após os corpos de provas serem submetidos a temperaturas de ensaios, estes foram lixados com lixas padronizadas (120, 180, 220, 360, 400, 600, 1200 e 1500).

Na próxima etapa os corpos de prova foram para a máquina de polimento (ARATEC ARAPOL 2V), onde foi feito o polimento com o auxílio do um aglomerante de alumina, sendo realizado posteriormente o ataque químico. Esse ataque foi feito com o NITAL 5% (5% Acido nítrico e 5% álcool elítico), revelando os grãos e a estruturas dos corpos de provas analisados.

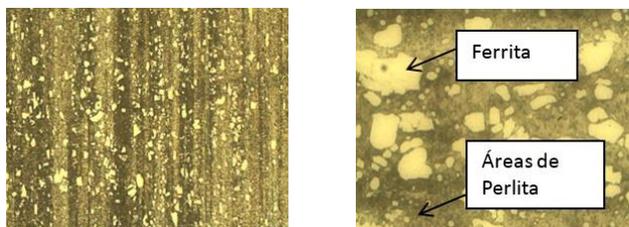
A análise metalográfica foi realizada em microscópio óptico (OLYMPUS CX31), com aumento de 40, 100 e 400 vezes. Nas figuras 04, 05 e 06, temos a micrografia da estrutura da referência, com aumentos de 100 e 400 vezes, respectivamente.

Na verificação da microdureza o equipamento utilizado foi o Durômetro de Bancada para Dureza Rockwell Normal Pré-carga de 10 kgf e maior de 60, 100 e 150 kgf. Foram tomados 5 pontos na vertical e 5 pontos na horizontal equidistantes 2 mm entre si por corpo de ensaio, com a finalidade de obter-se uma maior confiabilidade na determinação da dureza foi feito um corte transversal nos corpos de prova com a intensão de medir a dureza de seus núcleos feitas através de 2 pontos equidistantes 10 mm entre si.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

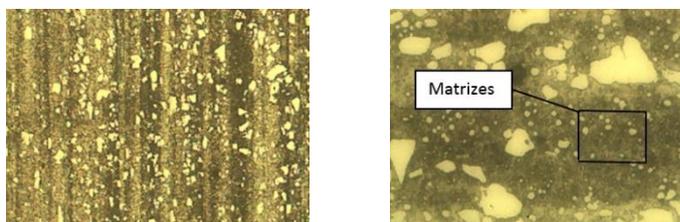
Feito a análise da micrografia da amostra de referência pode-se verificar na figura 1 que a microestrutura granular do aço e seus microconstituintes (Ferrita + Perlita). Notou-se que a quantidade de carbono é compatível com o material.

Figura 1: Micrografia da amostra de referência



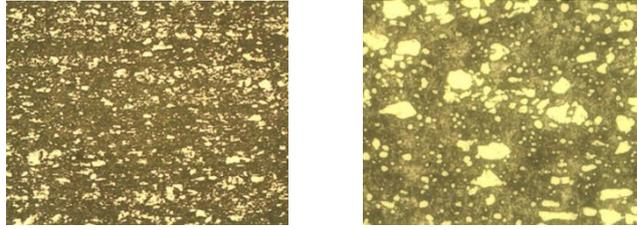
Após o recozimento foi constatado uma redução na dureza de aproximadamente 13 HRc, devido a normalização das tensões internas. Como mostra a figura 2 a microestrutura permaneceu muito similar a da amostra de referência, mais ainda sim pode-se notar uma diminuição da quantidade de grãos e seus constituintes distribuídos em matrizes perlíticas.

Figura 2: Micrografia da amostra recozida



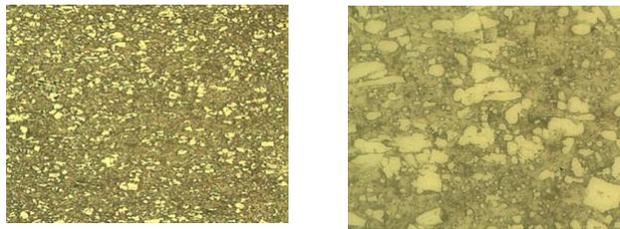
Conforme a figura 3 na amostra que sofreu o tratamento de normalização, onde constatou-se que os grãos de Ferrita (grãos brancos), se agruparam de forma mais próxima, assim tornando a estrutura mais homogênea e distribuída com a diminuição dos grãos e elevando a dureza em aproximadamente 16,3 HRc deixando o aço mais fácil de ser usinado.

Figura 3: Micrografia da amostra normalizada



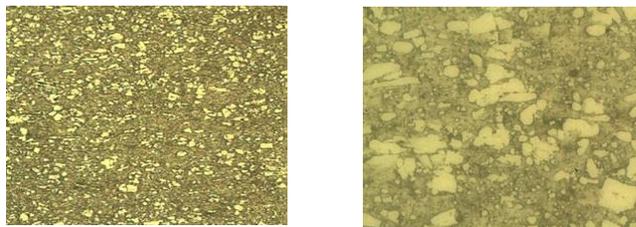
A amostra temperada foi a que apresentou a maior dureza e também uma boa homogeneidade microestrutural, com os carbonetos bem dispersos e refinados, resultado da boa diluição dos mesmo durante a austenitização. Conforme figura 4.

Figura 4: Micrografia da amostra temperada



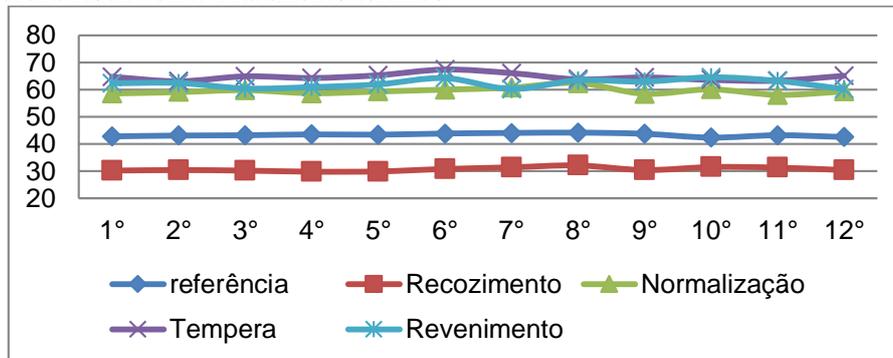
Verifica-se através da figura 5 que nesta amostra encontrasse uma estrutura granular, além das remoções das estruturas internas e redução da dureza excessiva em aproximadamente 2,4 HRc as quais aparecem no corpo de prova que foi temperado.

Figura 5: Micrografia da amostra revenida



No gráfico 1, podemos analisar e comparar como foi a dispersão das durezas encontradas em cada uma das amostras identificado o tratamento térmico pelo qual passou. E percebemos que são dispersões quase uniformes sem muitas alterações, mesmo nas medidas que foram retiradas do núcleo das amostras, medidas 11 e 12.

Gráfico 1: Dureza Rockwell x Tratamento térmico

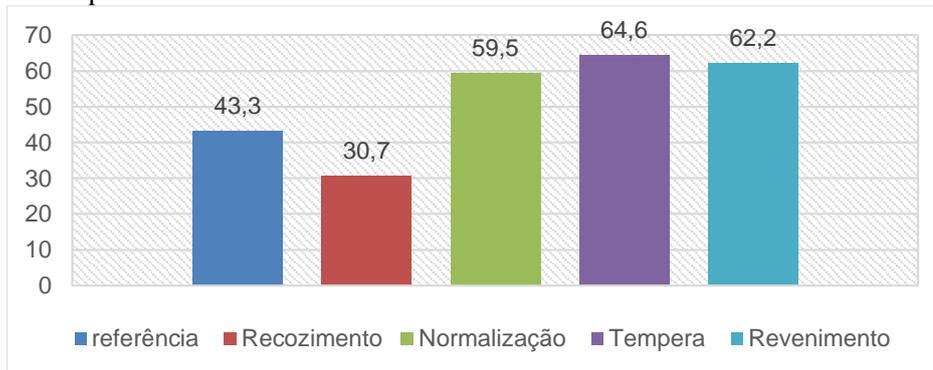


Fonte: Silva et. al., 2016.

No gráfico 2, podemos ver um comparativo entre as amostras e suas durezas, onde podemos observar que a amostra que sofreu o tratamento térmico de recozimento teve a menor dureza, enquanto

que as amostras que foram normalizadas, revenida e temperada mantiveram-se bem próximas em relação suas durezas, sendo a amostra do processo de tempera que obteve maior dureza entre todas analisadas.

Gráfico 2: Comparativo entre as amostras e suas durezas.



Fonte: Silva et. al., 2016.

## CONCLUSÃO

Com os resultados das análises micrográficas e de durezas, podemos concluir que ocorreram modificações significativas nas estruturas das amostras de aço VC 131, sendo que o recozimento apresentou uma diminuição na dureza até menor que a amostra de referência essa diminuição se deu numa média de 13 HRC, e a amostra normalizada apresentou dureza maior que a recozida por volta de 28,8 HRC em média. Na têmpera resfriada a óleo a amostra apresentou um aumento de dureza de aproximadamente 50 % em relação à amostra sem tratamento térmico. Para obtenção da dureza, deve-se ter um cuidado maior em relação o tempo e a temperatura que as amostras ficam no interior do forno, pois sempre deve haver uma completa homogeneização da estrutura.

O resultados e processos utilizados para obtenção dos dados foram satisfatórios, podendo assim posteriormente ser aplicados outros processos com um maior controle metrológico, podendo-se trabalhar amostra maiores e de outros tipos de materiais, variar a massa das amostra e suas aplicações, tempo de permanência da amostra no forno, utilização de fornos de atmosfera controlada assim tornando o processo mais rápido e eficaz, e utilizar outros tipos de resfriamento para as amostras, evitando a perda de calor como ocorre no processo de resfriamento por imersão, ainda são muitos os processos a serem testados e criados nesse campo de análises de resistências e estruturas de materiais ferrosos e não ferrosos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Américo, E. P. Estudo de caso: Tratamento Térmico de Punções da Chapa Lateral de Silos para Armazenagem de Grãos, Florianópolis – SC, 2007.
- Celestino P.A.P. Análise comparativa entre o tratamento térmico (têmpera) e o tratamento termoquímico (cementação) realizado em aço 1040. Formando em Tecnologia em Materiais pelo CEFET-RN e Estudante de Engenharia Mecânica na UFRN, 2010.
- Rohde, R. A. Metalografia preparação de amostras. Uma abordagem pratica Versão-3.0, LEMM Laboratório de Ensaio Mecânicos e Materiais, 2010.
- Spectru, Instrumental Científico Ltda. Tratamento Térmico dos Aços, 2013, disponível em: [www.spectru.com.br/Metalurgia/diversos/tratamento.pdf](http://www.spectru.com.br/Metalurgia/diversos/tratamento.pdf).