



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO**

**Caracterização de Propriedades Mecânicas Em Aços de Baixa, Média e  
Alta Liga**

**Caracterização de um aço Inoxidável VC – 150 utilizado em Indústrias  
produtoras de acessórios para o polo de confecções de Caruaru e  
Toritama**

**BRUNO CAYMMI DA COSTA DUDA  
CAMPUS CARUARU  
09/2016**

## RESUMO

O presente trabalho consistiu-se num estudo para a caracterização de um aço inoxidável do tipo martensítico, o VC-150, utilizado em matrizes injetoras do setor têxtil, produtora de acessórios para os polos de confecção de Caruaru e Toritama. O estudo foi embasado em literaturas, artigos, sites e catálogos disponibilizados pelo próprio fabricante do aço em questão. Após a caracterização do aço inoxidável VC-150, a segunda etapa do projeto, consistiu em aplicar todos os procedimentos contidos na literatura, para tornar o aço em questão com as melhores propriedades mecânicas possíveis, com ênfase numa melhor resistência a corrosão e resistência à repetição de ciclos térmicos. Para isso, foram efetuados diversos ciclos de tempera e revenido, bem como a realização de ensaios de dureza na escala Rockwell C. Após toda análise de dados obtidos dos processos citados, foi realizado um cruzamento de dados com as literaturas e constatou-se que o aço inoxidável VC-150, do tipo martensítico, tratado termicamente com tempera e revenido, é ideal para aplicação em matrizes injetoras do setor têxtil, de acordo com sua alta resistência ao desgaste em ciclos térmicos e resistência a corrosão.

**Palavras chave:** Martensítico, VC-150, injetoras, propriedades mecânicas, ciclos térmicos, tempera, revenimento, Rockwell C.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Justificativa**

Descoberto por Harry Brearley em meados de 1912, o aço inoxidável foi inicialmente utilizado no setor de fabricação de armas. Composto basicamente por uma liga de ferro crômio, podendo conter também pequenas quantidades de níquel, molibdênio e outros elementos que obtenham propriedades superiores aos aços comuns (alta resistência a oxidação atmosférica). Subdividido de acordo com a sua microestrutura, o aço inoxidável pode ser classificado em três principais grupos: austenítico, ferrítico e martensítico.

Os aços inoxidáveis têm grande aplicabilidade em meios que requeiram resistência mecânica e ao desgaste. Em função dessas e outras propriedades mecânicas, algumas empresas do polo de confecção de Caruaru e Toritama utilizam ligas de aços inoxidáveis em Matrizes e Injetoras para produção de acessórios de confecções. Levando-se em consideração que essas Matrizes e Injetoras trabalham em situações variadas de temperatura e cargas, um estudo das propriedades mecânicas dessas ligas sob essas condições deve ser realizado.

Este trabalho apresenta um estudo relativo às propriedades mecânicas de um Aço VC-150, muito utilizado nas Matrizes e Injetoras para a fabricação de botões, fechos, etc. A liga a ser estudada é um aço inoxidável martensítico que será submetido a metalografia e posteriores ensaios mecânicos de dureza e tração, além de tratamentos térmicos específicos.

### **1.2 Fundamentações teóricas**

O conhecimento das propriedades mecânicas dos materiais é de fundamental importância para os engenheiros mecânicos, o estudo dessas propriedades é necessário para o projeto de estruturas e componentes que utilizem materiais predeterminados, a fim de que não falhas dos componentes. Propriedades mecânicas de dureza e resistência à tração são imprescindíveis

sua determinação no desenvolvimento componentes estruturais (HIBBELER, 2004). Ensaios de dureza e tração são amplamente utilizados nas indústrias, com o fim de se avaliar diversas propriedades mecânicas dos metais. A dureza de um material é uma propriedade que apresenta definições distintas, as quais dependem da área a ser considerada (FRANÇA, 2013). Para a Engenharia Mecânica, a dureza pode ser definida como a Resistência que um Material oferece a penetração, já em outras áreas da Engenharia a dureza pode ser definida como a resistência que um material oferece ao risco. O ensaio de tração consiste em se aplicar uma carga uniaxial crescente em um corpo de prova de formato específico, onde se pode avaliar propriedades como: limite de resistência a tração, módulo de elasticidade, tenacidade etc. (CALLISTER, 2006). O Ensaio de dureza consiste na aplicação de uma carga na superfície do material empregando um penetrador padronizado, produzindo uma marca superficial ou impressão. A medida da dureza do material ou da dureza superficial é dada como função das características da marca de impressão e da carga aplicada em cada tipo de ensaio realizado (CALLISTER, 2012). Diversas técnicas podem ser utilizadas para a obtenção da dureza, podendo-se citar a dureza Brinell (HB), Vickers (HV), Rockwell (HR) (GARCIA, 2012). Os aços são bastante utilizados na confecção de componentes mecânicos de máquinas, onde o carbono e outros elementos de liga desempenham um importante papel nas propriedades mecânicas. O aumento do teor de carbono nos aços promove aumento da dureza e resistência mecânica (SILVA, 2006). Determinados tratamentos térmicos e certos elementos de ligas ao serem adicionados ao aço, também promovem melhorias de suas propriedades mecânicas (CHIAVERINI, 1988). A temperatura influencia significativamente o desempenho dos materiais quando postos em serviço, visto que suas propriedades mecânicas são alteradas em função de em certos níveis de temperatura, podendo-se haver em certos casos influência de precipitação de fases. Uma forma de se avaliar as fases que ocorrem nas ligas é através da técnica metalográfica (COLPAERT, 2008).

### 1.2.1 Características do VC-150

Composto basicamente por uma liga de ferro cromo, o aço inoxidável pode conter também pequenas quantidades de níquel, molibdênio e outros elementos que obtenham propriedades físico-químicas superiores aos aços comuns (alta resistência a oxidação atmosférica). Subdividido de acordo com a sua microestrutura, o aço inoxidável pode ser classificado em três principais grupos, sendo eles:

- Austeníticos: ligas não magnética de ferro-cromo-níquel (tipicamente 8% de níquel) com baixo teor de carbono. Com relação as suas propriedades mecânicas, possuem uma boa soldabilidade, trabalhabilidade a frio e resistência a corrosão. Na adição de elementos de liga, como o molibdênio e redução no teor de carbono, melhora-se sua resistência à corrosão; (MANUAL TÉCNICO AÇO INOXIDÁVEL, 2005)

- Ferrítico: ligas de ferro-cromo, possuindo entre 12 a 17% de cromo com baixo teor de carbono. Não são endurecíveis por tratamento térmico e são magnéticos de boa resistência a corrosão em meios menos agressivos. Trabalho a frio os endurece moderadamente; (MANUAL TÉCNICO AÇO INOXIDÁVEL, 2005)

- Martensíticos: ligas de ferro-cromo, contendo entre 12 a 14% de cromo com baixo teor de carbono. São endurecíveis por tratamentos térmicos e magnéticos. Ao serem temperados, se tornam muito duros e pouco dúcteis, tornando-se assim nesta condição, resistentes a corrosão (MANUAL TÉCNICO AÇO INOXIDÁVEL, 2005).

### 1.2.2 Características martensíticas

A liga é constituída basicamente de ferro-cromo e tem a capacidade de obter endurecimento ao ser resfriada bruscamente a partir de elevadas temperaturas. O revenimento em temperatura adequada confere uma grande escala de dureza e propriedades mecânicas. Com sua boa resistência a corrosão em meio atmosférico e propriedades mecânicas até 500°C, o aço inoxidável martensítico pode ser aplicado também em meios que se requer resistência ao calor. Sua resistência diminui com o aumento do teor de

carbono, fósforo e enxofre. A liga ao ser submetida a soldagem, necessita cuidados especiais, pois tende a trincar em função das transformações martensíticas. Sua melhor resistência à corrosão é obtida através dos tratamentos de têmpera e revenido com a superfície polida (NHOZINHO METALÚRGICA, 2006)

### **1.2.3 Composição específica e aplicações do VC-150**

A liga apresenta composição básica de ferro-cromo, o VC-150 contém 0,35% de carbono (baixo teor) e 13% de cromo. Tratando de algumas características gerais, tem-se que o VC-150 é inoxidável. No estado recozido, apresenta uma estrutura ferrítica, no estado temperado a estrutura é predominantemente martensítica.

### **1.2.4 Tratamentos térmicos**

Recozimento – visando-se uma dureza mais baixa, deve-se aquecer o aço VC-150 de 870 a 900°C, mantendo cerca de seis horas nessa temperatura e resfriando muito lentamente no forno. Visando melhorar sua usinabilidade, é recomendado um recozimento a cerca de 760°C (VILLARES METALS, 2004).

Têmpera – O tratamento térmico de têmpera consiste no aquecimento do material dentro do campo austenítico, seguido de resfriamento até uma temperatura abaixo da temperatura  $M_i$ , rápido o suficiente para obtenção de martensita (Balan et al., 1998; Leslie, 1981; Leem et al., 2001; Rodrigues et al., 2000). Deve-se aquecer lentamente até uma temperatura entre 980 a 1040°C, mantendo cerca de meia hora nessa temperatura e logo após resfriamento em óleo. Para têmpera nas peças de grande porte, deve-se ter pré-aquecidas a cerca de 700°C e em seguida levadas a temperatura de têmpera. Nas peças de pequeno porte, o resfriamento pode ser feito com soprano (VILLARES METALS, 2004).

Revenimento – é recomendado revenir logo após a tempera, evitando assim a ocorrência de trincas térmicas. A temperatura de revenimento é determinada pelas características mecânicas desejadas. Porém, a faixa de temperatura entre 420 a 600°C deve ser evitada, pois o revenimento produzido

entre essa faixa de temperatura tende a fragilizar a peça e provocar uma queda na sua resistência à corrosão (VILLARES METALS, 2004).

### **1.2.5 Resistência à corrosão do VC-150**

O aço VC-150 apresenta as melhores características à corrosão no estado temperado e com a superfície polida (VILLARES METALS, 2004).

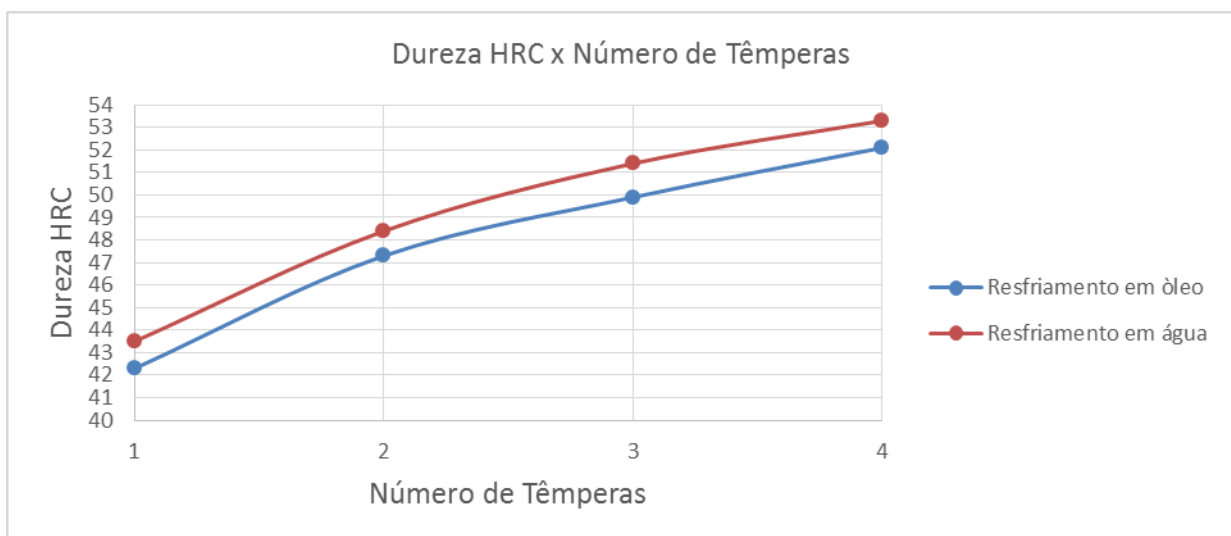
## **2. METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS.**

Inicialmente foi realizado um estudo criterioso sobre os tipos de aço inoxidável. O estudo foi embasado em literaturas de materiais, estudos de internet e catálogos de fornecedores do produto. Por seguinte, foi feito um estudo sobre as características dos aços inoxidáveis, bem como suas propriedades mecânicas e sua disponibilidade em mercado. Após estudo realizado, foram também estudados os tipos de aço inoxidável austenítico, ferrítico e martensítico, com ênfase nas propriedades do tipo martensítico, visto que esse é o tema principal do projeto. Depois de todo esse processo, uma criteriosa revisão bibliográfica sobre o aço inoxidável VC-150 foi realizada. Em seguida, foi aprofundado o conhecimento no aço inoxidável VC-150 martensítico, e também realizada a caracterização do mesmo durante todo o projeto. Pós todas essas etapas, os corpos de provas que seriam submetidos a tratamentos térmicos e ensaios mecânicos começaram a ser fabricados, no próprio Instituto Federal de Pernambuco – Campus Caruaru, com auxílio do orientador deste Projeto, Fábio França, Doutor na área de materiais. Pós o serem fabricados os corpos de prova, os mesmos tratados termicamente com tempera e revenido. Os tipos de resfriamento escolhidos para o processo de revenido foram o resfriamento em água e resfriamento em óleo. Logo após, ensaios mecânicos de dureza foram realizados no aço tratado para fins de análises de propriedades, tanto pós tempera, quanto após o revenido. O trabalho consistiu-se em sucessivos ciclos de tratamentos térmicos, ensaios mecânicos e análise destas propriedades a cada ciclo realizado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado o ensaio de dureza no VC-150 no estado recozido. O método de dureza utilizado foi o Rockwell, pela disponibilidade de penetradores na instituição e pela facilidade de execução. Na preparação para o ensaio, alguns cuidados foram tomados a fim garantir resultados mais satisfatórios. Foram verificados alguns itens, como exemplo se a peça e a mesa de apoio do durômetro estavam devidamente limpas e bem apoiadas. Também foi verificado se o penetrador quando montado sobre a peça, tivesse um perpendicularismo em relação a peça ensaiada. As medidas de dureza foram realizadas em Rockwell B com um mínimo de cinco impressões sobre a superfície das amostras, todas realizadas após a certificação de calibragem da máquina nas condições tratadas termicamente. O método é realizado em três etapas, inicialmente o corpo de prova foi posto sobre a mesa de apoio, em seguida aplicou-se uma pré-carga de 10kgf para acomodação do penetrador na peça, na segunda parte aplica-se a carga maior que é somada juntamente com a pré-carga e resulta na carga total do ensaio. Na terceira, e última parte, é retirada a carga, sendo a profundidade da impressão dada no mostrador como forma de um número de dureza, lido numa escala apropriada ao penetrador (Rockwell B).

Figura 1 – Representação gráfica da Dureza em HRC x Número de temperas



Fonte: O próprio – Bruno Caymmi



#### 4. CONCLUSÃO

Nesse trabalho, abordamos a caracterização de um aço inoxidável do tipo martensítico, o VC-150, utilizado em matrizes injetoras do setor têxtil, produtora de acessórios para os polos de confecção de Caruaru e Toritama. Concluiu-se ao fim desse estudo, que o aço inoxidável VC-150 é ideal para aplicação em matrizes injetoras do setor têxtil, de acordo com sua alta resistência ao desgaste em ciclos térmicos e resistência a corrosão.

As condições da liga temperada e resfriada em óleo foram aquelas que apresentaram os menores valores de dureza Rockwell em comparação com a liga tratada e resfriada em água. Dessa forma a liga tratada termicamente e resfriada em óleo, mostra-se em condições mais favoráveis em aplicações que necessitem de maior ductilidade. O aumento do número de têmperas, independente do meio de resfriamento, promoveu o aumento da dureza, de forma que a liga a ser submetida a condições de aquecimento e resfriamento consecutivos, tem a tornar a liga menos dúctil, porém tendendo a aumentar sua resistência à penetração.

As técnicas estudadas no presente trabalho podem ser utilizadas em projetos futuros que necessitem da aplicação do VC – 150 sob condições térmicas.

Todo o trabalho desenvolvido foi importante para aplicação dos conhecimentos teóricos já vistos em salas de aulas em situações práticas.

O trabalho também permitiu um maior conhecimento não só na área de materiais, mas também na área de projetos, noções de usinagem e manuseamento máquinas térmicas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**VILLARES METALS** – Aço Inoxidável para Moldes – VP 420 IM, Aços.  
Ferramenta Villares, Catálogo Técnico, 1a Ed., Abril, 1997.

**BALAN ET AL.**, 1998; Leslie, 1981; Leem et al., 2001; Rodrigues et al., 2000

**CALISTER JR., WILLIAM D.**, Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais, 2a ed., Rio de Janeiro, LTC, 2006.

**CALISTER JR., WILLIAM D.**, Fundamentos da Ciência e Engenharia dos Materiais, 8a ed., Rio de Janeiro, LTC, 2012.

**HIBBELER, R.C.**, Resistência dos Materiais, 5 ed., 2004.

**CHIAVERINI, VICENTE**, Aços e Ferros Fundidos, 6ed., São Paulo, 1988.

**COLPAERT, HUBERTUS**, Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns, 4ed., 2008.

**NHOZINHO, METALS**, 2008. Web. 10 de Janeiro de 2016.

**AÇOS E LIGAS ESPECIAIS**, André Luiz V. da Costa e Silva & Paulo Roberto Mei – Editora Edgard Blücher, 2ª edição, São Paulo, 2006.

**R.CASTRO & J.J. CADENT-** Welding Metallurgy of Stainless and Heat-Resisting Steels - Cambridge University Press, first edition, Cambridge, UK, 1975