

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
JOSÉ CARLOS DE MEDEIROS JUNIOR

**ANÁLISE DE UMA FERRAMENTA DE CORTE NO AÇO VC 131 VISANDO
MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS POR MEIO DE TRATAMENTO
TÉRMICO DE TÊMPERA E REVENIMENTO**

Comentado [SM1]: Sugestão: ANÁLISE DAS VARIAÇÕES
DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UMA FERRAMENTA DE
CORTE DE AÇO VC131 SOB TÊMPERA E REVENIMENTO

CASCADEL- PR
2016

JOSÉ CARLOS DE MEDEIROS JUNIOR

**ANÁLISE DE UMA FERRAMENTA DE CORTE NO AÇO VC 131 VISANDO
MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS POR MEIO DE TRATAMENTO
TÉRMICO DE TÊMPERA E REVENIMENTO**

Comentado [SM2]: REPETIR O TÍTULO ANTERIOR

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz.

Prof. Orientador: Sergio Rodrigues Henrique Mota

CASCADEL- PR

2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus
que iluminou o meu caminho durante esta caminhada,
também a minha família pela compreensão e a Engenharia Mecânica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, José Carlos de Medeiros e Nivalda José Moreira, e a minha esposa Thays Regina de Oliveira Bueno, pelo amor e incentivo incondicional. A minha Irma, Tatiane Moreira de Medeiros por estarem ao meu lado, e acreditarem na minha formação.

A minha família por entender minha ausência diária durante esta longa caminhada.

Agradeço aos meus amigos que sempre estiveram por perto, dos quais muitas vezes me auxiliaram mesmo involuntariamente no decorrer do curso, com uma conversa, alguns conselhos e um apoio.

Agradeço a todo pessoal do laboratório de metalografia da fundação Assis Gurgacz, pela dedicação e esforço em ajudar os alunos.

Agradeço a todos os professores, em especial os professores Engenheiros Mecânicos, Sergio Rodrigues Henrique Mota, Roberson Roberto Parizotto, Elizeu Avelino Zanella Junior, José Claudio Terra Silveira, José Sebastião Garcia, Carlos Alberto Breda, Emerson Eduardo Formigoni, Rogério Luiz Ludegero, Carlos Eduardo Goulart Ferreira

Ao Professor orientador, Sergio Rodrigues Henrique Mota, pela orientação para o desenvolvimento deste trabalho e pela grande dedicação ao longo do curso de Engenharia Mecânica.

RESUMO

O aço VC 131 é um dos produtos mais utilizados na confecção de ferramentas de corte para conformação de chapas na utilização de equipamentos para armazenagem de grãos, essas ferramentas sofrem uma força gerada pela máquina onde são fixadas, que tem por objetivo cortar as chapas através de impactos, porém essas ferramentas exigem máxima resistência ao desgaste, abrasão e retenção de corte. Em muitas aplicações o contato da ferramenta com a chapa causa trincas e fratura nas ferramentas causando parada de máquinas e atraso de produção. Para fabricação das ferramentas esse aço passa por tratamentos térmicos de tempera e revenimento sujeito a altas temperaturas, após os tratamentos são feitas análises microestruturais e ensaios de dureza Rockwell para analisar se o material está com excesso de dureza e de acordo com as especificações citadas anteriormente. O trabalho pretende analisar se a ferramenta fornecida pelo fabricante se rompeu por excesso de dureza, e procura uma solução para diminuir a dureza mudando as temperaturas de tratamento térmico de tempera e revenimento e o modo como são resfriadas, serão analisados também ensaios de dureza e microestrutura da ferramenta e dos corpos de prova. Após os tratamentos térmicos de Têmpera e Revenimento no aço VC 131 foi realizado ensaio 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 a ferramenta atual fornecida pelo fabricante Villares. Comprovou – se entãotodas as amostras sofrem mudanças estruturais devido aos tratamentos térmicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quatro fases de corte na chapa	13
Figura 2 - Processo de compressão e tração.....	13
Figura 3 - Punção de corte.....	15
Figura 4 - formatos de punção.....	16
Figura 5 - Quebra do punção no aço VC131	21
Figura 6 - Quebra do punção no aço VC131	22
Figura 7 - Forno para tratamento térmico.....	26
Figura 8 - Durometro para medição de dureza do aço	27
Figura 9 - microscópio metalográfico	27
Figura 10 - Máquina para lixamento	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do Aço VC131 pela Villares metals	18
Tabela 2 - Influência dos elementos químicos nos aços.....	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVO	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 PUNÇONAMENTO	12
2.2 CONCEITOS GERAIS DE PUNÇÃO.....	14
2.3 CARACTERÍSTICAS DO PUNÇÃO	15
2.4 TIPOS DE PUNÇÃO	16
2.5 MATERIAIS USADOS EM FERRAMENTAS DE CORTE.....	16
2.6 AÇO MAIS UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DO PUNÇÃO	17
2.7 PROPRIEDADES DO AÇO VC131.....	17
2.8 TRATAMENTO TÉRMICO NO AÇO VC131 INDICADO PELA VILLARES.....	18
2.9 INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NOS AÇOS.....	19
2.10 QUEBRA DO PUNÇÃO NO AÇO VC131.....	20
2.11 TRATAMENTO TÉRMICO.....	22
2.11.1 Têmpera	22
2.11.2 Revenimento.....	23
2.12 METALOGRAFIA.....	23
2.13 PREPARO DAS AMOSTRAS	24
2.13.1 Lixamento	24
2.13.2 Polimento.....	24
2.13.3 Limpeza	24
2.13.4 Ataque químico	25
2.14 ENSAIO DE DUREZA	25
2.14.1 Dureza rockwell.....	25
2.15 ANÁLISE DE FRATURA	25
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 MATERIAIS E METODOS.....	26

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 SEPARACAO DOS CORPOS DE PROVA.....	28
4.2 TRATAMENTO TÉRMICO.....	28
4.3 PREPARACAO DOS CORPOS DE PROVA	29
4.3.1 Lixamento.....	29
4.3.2 Polimento.....	30
4.3.3 Ataque químico	30
4.3.4 Ensaio de dureza	30
4.4 ENSAIO METALOGRAFICO	31
5 CRONOGRAMA.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
6 RESULTADOS ESPERADOS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho se deu na Indústria Silobras com a constatação da baixa vida útil dos punções que fazem o furo da chapa dos silos para armazenagem de grãos. Esta ferramenta é constituída de aço AISI-D6 ou conhecido como aço VC131 temperado e revenido.

Tendo em vista aprimorar o tratamento térmico e consequentemente aumentar a vida útil dos punções, foram confeccionados 3 corpos de prova, os quais foram temperados com parâmetros distintos de tratamento térmico.

Porem a empresa utiliza o aço VC 131 da Villares em ferramenta de corte. O aço VC-131 possui características de alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas. Depois de temperado este aço alcança dureza de até 65 HRC. (VILLARES METALS, 2009).

Os trabalhos laborais de preparação metalográfica, análise de dureza teste de tração dos corpos de prova foram realizados no laboratório da Faculdade Assis Gurgacz.

Para o melhor resultado obtido com os experimentos foi confeccionado um punção para a verificação de dureza e tração.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é analisar se o punção se rompeu por excesso de dureza, e realizar uma comparação de microestrutura e dureza HRC nos corpos de prova após o tratamento térmico, com a ferramenta atual. Os corpos de prova serão tratados em temperatura diferente da ferramenta, buscando uma opção para que não ocorra quebra ou trincas na ferramenta durante o processo.

Este objetivo pode ser desdobrado em outros objetivos específicos, como:

- Determinação do melhor ciclo de tratamento térmico para os punções;
- Análise de imagem e dureza – dos punções tratados termicamente de acordo com o modo tradicional do fabricante;
- Análise de resistência por meio de microscópio;
- Verificar a distribuição dos carbonetos em função da temperatura de tempêra.

- Analise da fratura em um punção;

1.1.2 Objetivos específicos

- Selecionar 8 corpos de prova do material aço VC 131 sem tratamento térmico, e um punção com tratamento térmico realizado pelo fabricante Villares para comparação.
- Preparo dos corpos de prova.
- Tratamento térmico de tempera e revenimento.
- Ensaio de dureza HCR.
- Ensaio metalográfico.
- Analise da fratura da ferramenta (Punção).
- Comparar testes de dureza nos corpos de prova com o temperado pela Villares.

Comentado [SM3]: PREPARAR CORPO DE PROVA

Comentado [SM4]: REALIZAR TRATAMENTO TÉRMICO ...

Comentado [SM5]: REALIZAR ENSAIO DE DUREZA HCR

Comentado [SM6]: REALIZAR ENSAIO METALOGRÁFICO

Comentado [SM7]: ANALISAR FRATURA DA FERRAMENTA

1.2 JUSTIFICATIVA

O resultado desta pesquisa terá uma boa contribuição, pois evitará parada de máquinas durante o processo de conformação de chapas metálicas na confecção de equipamentos para armazenagem de grãos, por causa de quebra de ferramenta, atraso de fabricação de equipamentos, economia ferramental.

Comentado [SM8]: A PESQUISA SE JUSTIFICA POSSIBILITAR A REDUÇÃO DE PARADAS DE MÁQUINAS DURANTE O PROCESSO ETC ETC ETC

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Excesso de dureza em ferramentas, quebra de ferramenta durante o processo de conformação de chapas metálicas, atraso de equipamentos, gastos com ferramentas, máquinas paradas.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Serão utilizados oito corpos de prova com aço do tipo VC 131, porém sem tratamento térmico, e um punção com os tratamentos térmicos realizados pelo fabricante Villares, para comparação.

Os corpos de prova passaram por tratamento térmico de tempera em temperaturas diferentes, porém com temperatura de revenimento iguais e resfriamento em óleo e em água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PUNCIONAMENTO

O puncionamento é um processo de corte por compressão e cisalhamento, utilizando como ferramenta de corte o punção. A pressão aplicada pela máquina na ferramenta de corte na superfície a ser cortada ocasiona o puncionamento, quando esta pressão provoca uma tensão superior à tensão admissível ao cisalhamento do material cortado, ocorre então a separação de uma parte da superfície da chapa (SOARES 2009).

O puncionamento é normalmente o método mais econômico para conformação de chapas metálicas, na média e alta produção industrial. Obtendo resultados de qualidade, e satisfatória para a maioria das aplicações de chapas perfuradas e recortadas (BIANCO 2003).

As principais ferramentas necessárias para o puncionamento é composta necessariamente por punção, matriz e base da ferramenta. Há outros componentes necessários para o processo, porém é necessário para que punção, matriz e a base propiciem a estampagem da chapa por tração (BIANCO 2003).

O processo de puncionamento ocorre quando o punção é pressionado sobre a chapa metálica através da operação programada na puncionadeira, contra a matriz. E no momento em que o mesmo entra em contato com a chapa metálica, inicia-se sobre a chapa uma ação de compressão seguida de uma deformação por dobramento, quando o esforço exercido pelo punção for maior que o limite de ruptura da chapa ocorre o rompimento deste (BIANCO 2003).

Esse processo pode ser feito tanto para furar a chapa com o formato do punção quanto para se fazer o recorte.

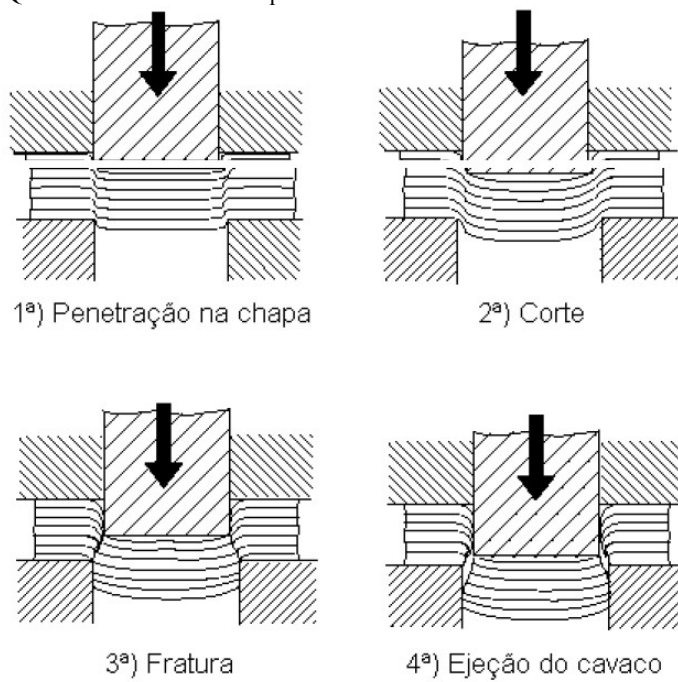
Antes de ocorrer a ruptura do material, o mesmo passa por dois estágios, o primeiro é quando o material sofre deformação plástica, até o momento em que o punção encontra maior

resistência devido a força contrária exercido pela matriz. O segundo estágio é quando ocorre a penetração (ou corte) de uma determinada superfície da espessura do material, após este estágio ocorre a ruptura do material da chapa metálica, e por ultimo a ejeção do cavaco ou parte da chapa cortada (BIANCO 2003).

Exemplo das quatro fases para ocorrer o corte da chapa por punçionamento do punção, representado na figura 1.

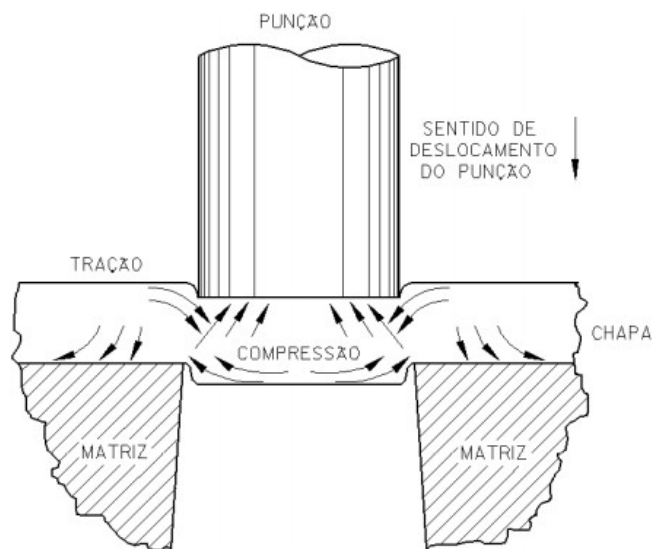
Na figura 2 representa o punção e a chapa e como ocorre a tração e a compressão do material.

Figura 1 - Quatro fases de corte na chapa



Fonte: BIANCO (2009)

Figura 2 - Processo de compressão e tração



Fonte: SOARES (2009)

2.2 CONCEITOS GERAIS DE PUNÇÃO

Entende-se por punção uma ferramenta que transmite esforços de compressão e gera tensões de cisalhamento sobre a peça que se pretende cortar. Os parâmetros importantes na fabricação de um punção são: relação de dureza entre punção e material a ser puncionados, comprimento e geometria do punção. O punção tem por objetivo perfurar e cortar chapas através de movimentos e força transmitida pela máquina determinada puncionadeira (SOARES 2009).

Figura 3 - Punção de corte



Fonte: SIGMA MATRIZ (2015)

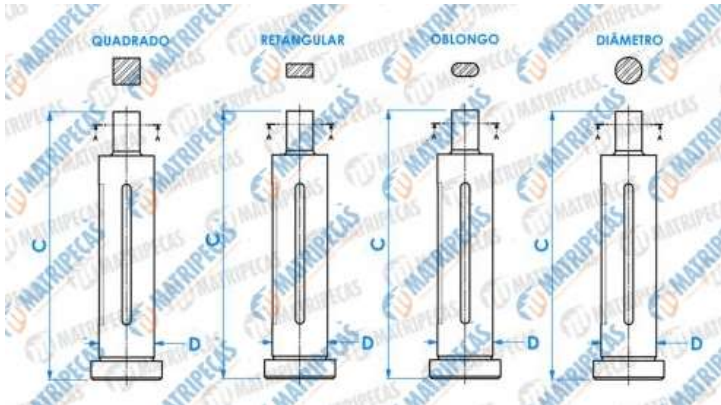
2.3 CARACTERÍSTICAS DO PUNÇÃO

O punção é fabricado em aços especiais, temperados, disponíveis em diversos tamanhos e formatos, fabricados conforme a necessidade, abaixo segue uma tabela dos principais aços padrão utilizada na indústria, para ferramentas de corte de punção.

2.4 TIPOS DE PUNÇÃO

O punção pode ser encontrado em vários tipos e tamanhos, dependendo de sua aplicação, eles podem ser na forma redondo, oblongo, quadrado e retangular, representado na figura 4.

Figura 4 - formatos de punção



Fonte: MATRIPEÇAS (2015)

2.5 MATERIAIS USADOS EM FERRAMENTAS DE CORTE

As exigências a fazer para um material de corte são:

- Resistência a abrasão;
- Estabilidade química;
- Elevada dureza a quente;
- Elevada dureza a frio bem superior a da peça usinada;
- Tenacidade para resistir a consideráveis esforços de corte e impactos;
- Facilidade de obtenção a preços econômicos;

Nos dias de hoje, nenhum dos inúmeros materiais de corte disponíveis possui estas qualidades no maior grau. Alguns apresentam excelente grau em algumas, mas inferior a outras,

porem em cada trabalho específico deve-se verificar quais exigências primordiais e secundarias, de modo a escolher o material mais adequado para o tipo de procedimento (STEMMER, 2007). Os materiais de corte podem ser agrupados em;

- Aços ferramenta;
- Aços rápidos comuns;
- Aços rápidos com cobalto;
- Ligas fundidas;
- Carbonetos sintetizados;
- Cerâmica;
- Diamantes;
- Nitreto de boro cristalino cúbico;

2.6 AÇO MAIS UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DO PUNÇÃO

O aço mais usado na fabricação do punção são os aços ferramenta, definido como sendo aços carbono com teores de 0.8 a 1.5 % de carbono. Não tem outros elementos de liga, a não ser em mínimas porcentagens.

Este aço é usado ainda nos dias de hoje por serem os aços mais baratos e de facilidade usinagem, tratamento térmico relativamente simples, quando é bem temperado atinge uma boa resistência ao desgaste e elevada dureza e boa tenacidade (STEMMER, 2007).

2.7 PROPRIEDADES DO AÇO VC131

O aço VC131 objeto deste estudo, pertence aos aços de alto teor de carbono, indicados para trabalhos a frio, que são utilizados para ferramentas de cortes, quando temperados e revenidos atingem boa tenacidade e resistência.

Porem este tipo de aço se encontra classificado no grupo dos aços para trabalho a frio de alta liga e temperáveis em óleo. Este aço possui carbono e cromo elevados - 2,1% C e 12% Cr, tem excelente resistência ao desgaste, que lhe é atribuída pelos numerosos carbonetos de cromo, ao quais são duros, e não deformabilidade. (CHIAVERINI, 1986)

No entanto este aço tem como característica alta estabilidade dimensional e excelente resistência ao desgaste, especialmente em condições abrasivas. (VILLARES METALS, 2009)

O aço VC131 é um aço que contém C, V, Cr, W, o que lhe confere uma boa resistência mecânica, a composição química pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1- Composição química do Aço VC131 pela Villares metals

COMPOSIÇÃO QUÍMICA			
C	V	Cr	W
2.10	0.15	11.5	0.70

Fonte: VILLARES METALS, (2009)

Comentado [SM9]: CENTRALIZAR FIGURAS / TABELAS / QUADROS / ETC

2.8 TRATAMENTO TÉRMICO NO AÇO VC131 INDICADO PELA VILLARES

O aço VC131, para que possam ser utilizados em ferramentas de corte e furação de chapas, é adequada que o mesmo passe por tratamentos térmicos, obtendo a dureza e resistência.

A Villares Metals afirma que o alívio de tensões pré-têmpera deve ser realizado após a usinagem, sendo necessário em peças com gravuras e perfis, nas quais a retirada de material tenha sido superior a 30%, a fim de minimizar as distorções durante a têmpera. O procedimento de alívio deve envolver aquecimento lento até temperaturas entre 500 °C e 600 °C e resfriamento em forno até a temperatura de 200 °C. Se aplicado após a utilização em serviço da ferramenta, o alívio de tensões deve ser realizado em uma temperatura 50 °C inferior a temperatura do último revenimento. (VILLARES, 2009)

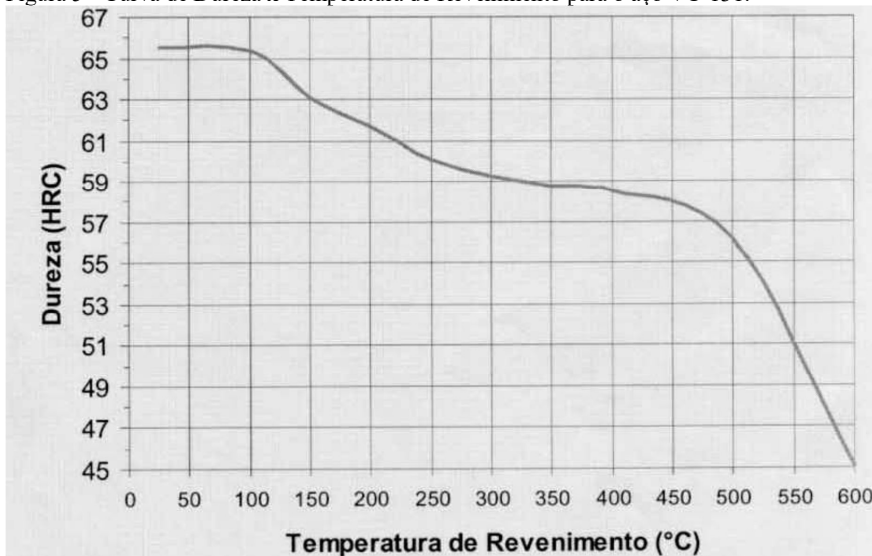
O aquecimento para têmpera deve ser entre 950 e 970 °C, com pré-aquecimento das ferramentas em temperaturas entre 500 e 600°C por uma hora, aproximadamente. O resfriamento pode ser realizado em óleo apropriado, com agitação e aquecido entre 40 °C e 70 °C, em banho de sal fundido, mantido entre 500 e 550°C ou ao ar calmo. (VILLARES, 2009)

As ferramentas devem ser revenidas imediatamente após a têmpera, tão logo atinjam 60 °C. Fazer, no mínimo, 2 revenimento e entre cada revenimento as peças deve resfriar lentamente até a temperatura ambiente. O tempo de revenimento deve ser de, no mínimo, 2 horas. Para peças maiores que 70 mm, devem-se calcular o tempo em função de sua dimensão. Considerar uma hora para cada 25 mm de espessura. As temperaturas de revenimento devem

ser escolhidas conforme a dureza desejada. A curva de dureza [HRC] x Temperatura de revenimento para o aço VC-131 está apresentada a seguir para o aço VC-131.

O revenido para este aço normalmente é feito entre 200 e 280 °C. O primeiro entre as temperaturas de 200 a 250 °C e o segundo entre as temperaturas de 200 a 220 °C. O tempo de permanência a estas temperaturas normalmente é bastante longo, uma vez que se quer a precipitação de carbonetos secundários, que ocorre pelo mecanismo da difusão, e a difusão a temperaturas baixas é bastante lenta. Sem a precipitação destes carbonetos, mesmo que a dureza seja elevada, se verifica uma redução sensível da resistência ao desgaste. As temperaturas de revenimento devem ser escolhidas conforme a dureza desejada mostrada na figura 5. (VILLARES, 2009)

Figura 5 - Curva de Dureza x Temperatura de Revenimento para o aço VC-131.



Fonte: VILLARES METALS (2009)

2.9 INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NOS AÇOS

Como em aços ferramentas a um teor médio e alto de carbono, e para que sejam adquiridas características especiais é adicionado algumas porcentagens de elementos específicos, podemos observar na tabela 3 a influência dos elementos químicos nos aços.

Tabela 2 - Influência dos elementos químicos nos aços

Influência na Propriedade	Elemento									
	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V	Al
Aumento da Resistência	●	●	●		●				●	
Aumento da Dureza	●	●	●		●					
Aumento da Resistência ao Impacto						●				
Redução da ductilidade	●		●	●						
Aumento da Resistência em altas temperaturas						●		●		
Aumento da Temperabilidade	●						●	●		
Ação Desoxidante		●			●					●
Aumento da Resistência à Corrosão						●	●			
Aumento da Resistência à Abrasão							●			
Redução da Soldabilidade	●			●						

Fonte: FAVORITI, 2006

2.10 QUEBRA DO PUNÇÃO NO AÇO VC131

A quebra do punção pode ocorrer, devido á realização inadequada de tratamento térmico de tempera e revenimento, não atingindo a dureza e resistência no material, a figura 5 e 6 representa um punção do aço VC131, utilizado em uma empresa de pequeno porte, para

corte de chapas e processo de furação, o punção é puncionado através de uma máquina CNC, quebrado após três meses de uso.

Figura 5 - Quebra do punção no aço VC131



Fonte: O Autor

Figura 6 - Quebra do punção no aço VC131



Fonte: O Autor

2.11 TRATAMENTO TÉRMICO

Tratamento térmico é o processo de aquecimento e resfriamento, dependendo do tipo de material processado, onde se objetiva modificar suas propriedades, através de temperaturas controladas. Para se obter uma variedade de propriedades que permitem que as ligas sejam adequadas e satisfatórias para diversas aplicações.

2.11.1 Têmpera

Têmpera é o resfriamento rápido de uma temperatura acima da temperatura crítica. Aproximadamente 50 graus celsius, podendo ser inserido em água, sal, óleo ou submetido a ar

soprado, o objetivo desse tratamento sob o ponto de vista de propriedades mecânicas é o aumento de dureza, redução da ductilidade (baixos valores de alongamento e estrição), da tenacidade (VALE, 2011).

2.11.2 Revenimento

O revenimento é um tratamento térmico realizado após á tempera que tem por objetivo aliviar as tensões obtidas no tratamento anterior, corrigir a dureza excessiva e a fragilidade da peça aumentando a tenacidade, resistência e desgaste (VALE, 2011).

2.11.3 Tenacidade

A tenacidade é quando o material em um processo absorve grande capacidade de energia sem se romper, sendo uma característica desejável em qualquer ferramenta. Tensões internas, encruamento, granulação grosseira, dureza excessivamente alta, alta segregassões anormais e o teor em ligas são os fatores que afetam a tenacidade do aço. (AMÉRICO, 2007)

2.11.4 Temperabilidade

A tendência de diminuir a diferença de dureza entre a superfície e o centro gera o aumento do teor de elementos de liga, pois uma maior penetração de dureza garante uma perfeita uniformidade de característica mecânico em seções apreciáveis. (AMÉRICO, 2007)

2.12 METALOGRAFIA

É a análise tecnológica que estuda a estrutura íntima dos aços e ligas metálicas, e a sua relação para com a sua composição química. Estuda também o tamanho e a forma do grão de

um aço após o tratamento térmico, a observação dessas microestruturas permite identificar o percentual de elementos de liga, verificação e identificação de trincas em um material. (Rohde, 2010)

2.13 PREPARO DAS AMOSTRAS

2.13.1 Lixamento

O lixamento serve para eliminar riscos e marcas mais profundas da superfície dando um acabamento a esta superfície, preparando-o para a próxima etapa que será o polimento, existem dois processos de lixamento, o manual (úmido ou seco) e o automático.

O lixamento manual visa lixar a superfície sucessivamente com lixas de granulometria cada vez menor, mudando-se de direção em cada lixa, ate desaparecerem os riscos da lixa anterior.

Há sequência adequada para o lixamento nas amostras para trabalho metalográfico com aços e 100, 220, 320, 400, 600 e 1200 podendo haver variações. (Rohde, 2010)

2.13.2 Polimento

O polimento é uma operação que ocorre após o lixamento têm por objetivo dar acabamento na superfície lixada, eliminando todas as marcas possíveis, utilizando pastas de diamante ou alumina. (Rohde, 2010)

2.13.3 Limpeza

A operação de limpeza pode ser feita por lavagem com água, e aconselhável usar-se líquidos de baixo ponto de ebulição (álcool, etílico, freon líquido, etc) para que a secagem da superfície seja mais rápida. (Rohde, 2010)

2.13.4 Ataque químico

A ataque químico tem por objetivo permitir que a lenta microscopia transmita a imagem da superfície da amostra sem ter reflexos após o polimento, permitindo a visualização dos contornos de grãos e as diferentes fases na microestrutura.

Ao incidir a luz sobre a superfície metálica polida há uma reflexão uniforme, de modo que se faz necessário um contraste para distinguirem-se os detalhes de sua estrutura.

E utilizado reagentes ácidos, colocados em contato com a superfície da amostra por certo tempo, o reagente causara a corrosão da superfície. (Rohde, 2010)

2.14 ENSAIO DE DUREZA

A dureza de um material é uma propriedade difícil de definir, a dureza identifica a resistência do material a deformação para os metais. Para identificação existe dois principais testes, como Dureza Brinell e Dureza Rockwell. (Rohde, 2010)

2.14.1 Dureza rockwell

A dureza rockwell permite a determinação de praticamente todos os aços e ligas metálicas, desde que utilize a escala rockwell apropriada aos diferentes tipos de materiais, cada escala usa-se um tipo de penetrador sendo ponta esférica ou cônica de diamante, e uma carga principal (kg). (Rohde, 2010)

2.15 ANÁLISE DE FRATURA

A análise de fratura é uma falha que ocorre quando a deformação elástica de um componente que apresenta comportamento frágil, e conduzido ao extremo, de modo que as ligações interatômicas primárias são quebradas e os componentes se separam em duas ou mais

partes, excesso de dureza ou crescimento de trincas, falhas catastróficas deixando uma superfície de fratura granular. (COLLINS, 2006)

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E METODOS

Para estudo, os corpos de provas serão aplicados a tratamentos térmicos de tempera e revenimento em temperaturas diferentes ao atual, para ser analisado qual corpo de prova apresentou melhor resultado em dureza e melhor resultado na distribuição de grãos de carbono e contorno de microconstituintes de ferrita e perlita, bem definidos comparados com a ferramenta (punção).

Esses procedimentos foram realizados no laboratório do bloco de engenharia do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, utilizando um forno para os tratamentos térmicos de tempera e revenimento, óleo lubrificante de estabilidade térmica elevada resistente a oxidação utilizado como fluido térmico e água para resfriamento dos materiais, durometrô para teste de dureza do aço e o microscópio metalográfico para demonstrar o resultado do aço após a tempera se obteve alguma diferença, demonstrado nas figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 - Forno para tratamento térmico



Fonte: O Aut

Figura 8 - Durometro para medição de dureza do aço



Fonte: O Autor

Figura 9 - microscópio metalográfico



Fonte: O Autor

Após os testes, os dados obtidos em relação á dureza HRC, serão adicionados a uma tabela e comparados, á microestrutura também será comparado com a ferramenta atual (punção). Assim analisado, qual corpo obteve média dureza em relação a ferramenta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SEPARACAO DOS CORPOS DE PROVA

Para a realização do tratamento térmico e dos ensaios foram utilizados um tipo de aço, sendo 8 amostras cilíndricas de 25,4 x 70 mm em aço ferramenta VC131, as amostras foram cortadas no equipamento poli-corte.

4.2 TRATAMENTO TÉRMICO

As temperaturas de tempera e revenimento foram definidas pelo autor do trabalho, para análise de dureza e microestrutura fora das temperaturas indicadas pelo fabricante, podendo observar a diferença de dureza e granulometria.

Os tratamentos térmicos dos corpos de prova foram realizados do seguinte modo;

- Tempera: 960 °C, 970 °C, 980 °C e 1000°C por 30 minutos, seguido de resfriamento em óleo.
- Tempera: 960 °C, 980 °C e 1000°C por 45 minutos, seguido de resfriamento em óleo.
- Tempera; 970 °C por 45 e 30 minutos, seguido de resfriamento em água.
- Foram realizados revenimento nos corpos de prova em temperatura iguais a 200°C.

A tabela 4 mostra as temperaturas e os tempos de tratamento térmico para os 8 corpos tratados.

Tabela 4 – Temperatura e tempo de tempera nos corpos de prova

Corpo de prova	Temperatura de austenização (°C)	Tempo de austenização (min)	Resfriamento	Revenimento (°C)
1	960	30	Óleo	220
2	960	45	Óleo	220
3	970	30	Água	220
4	970	45	Água	220

5	980	30	Óleo	220
6	980	30	Água	220
7	1000	30	Óleo	220

Fonte; O Autor.

4.3 PREPARACAO DOS CORPOS DE PROVA

Em seguida após o tratamento térmico todos os corpos de prova foram submetidos ao processo de preparação, composto por quatro etapas: lixamento, polimento, limpeza, ataque químico, que serão descritos a seguir:

4.3.1 Lixamento

Foram utilizados sete tipos de lixas e uma lixadeira para realização do lixamento. O processo começou com a lixa mais grossa como a de 150 em seguida para a de 180, 240, 400, 600, 800, até a mais fina como a de 1200, para o lixamento foi utilizado uma máquina denominada polipan 2, apresentado na figura 10.

Figura 10 - Máquina para lixamento



Fonte; O Autor

4.3.2 Polimento

Para o polimento foi utilizado uma politriz, um pano de polimento e a substância alumina um micron.

4.3.3 Ataque químico

Para análise metalográfica precisamos atacar a amostra quimicamente, assim a mesma não refletirá a luz quando for submetida a análise microscópica. Para o ataque foi utilizado nital 2% (98% de álcool e 2% de ácido nítrico). As amostras ficaram submersas por um período de 20 segundos, logo após foi retirada a substância nital com álcool etílico.

4.3.4 Ensaio de dureza

O ensaio de dureza rockwell foi realizado com durômetro digital em todas as amostras, a escala utilizada para comparação de dureza foi a escala C de dureza rockwell.

Foram obtidos os seguintes resultados.

Tabela 5 – Resultada de dureza nos corpos de prova

Corpo de prova	Temperatura de tempera	Tempo de tempera	Resfriamento	Dureza HRC
Punção	960 – 980	-	Óleo	64
1	960	30	Óleo	54
2	960	45	Óleo	56
3	970	30	Água	60
4	970	45	Água	61
5	980	30	Óleo	58
6	980	30	Água	59
7	1000	30	Óleo	55
8	1000	30	Água	59

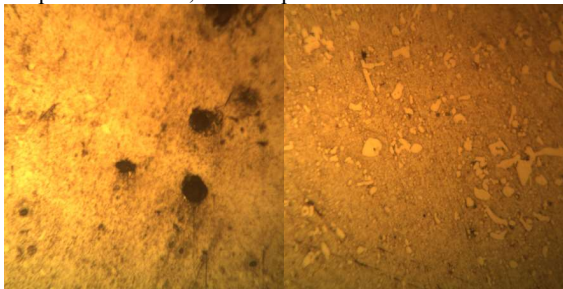
Fonte; O Autor

4.4 ENSAIO METALOGRAFICO

O objetivo do ensaio metalografico era comparar a microestrutura dos corpos de prova com a do punção para melhorar a distribuição de carbonetos no aço ou visualizar se o carbono esteve compatível com o material, porem com a distribuição dos carbonos na matriz de sementita ou de ferrita o material absorvera mais energia trabalhando por meio de impactos.

A figura 11 representa o corpo de prova 1, e que apresentou a menor dureza entre os corpos. Este corpo de prova foi temperado a uma temperatura de 960 °C, por 45 minutos com resfriado á óleo, a microestrutura aparece com contornos bem definidos de ferrita, e com os carbonetos bem dispersos e distribuídos.

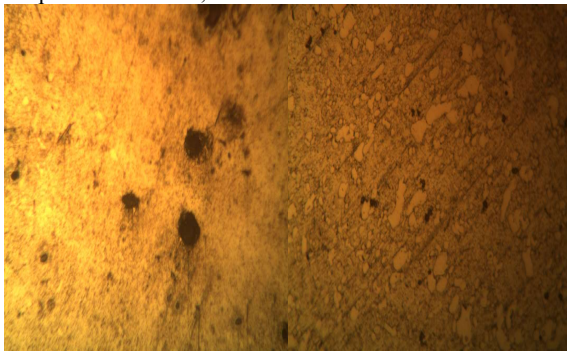
Figura 11 – Micrografia do aço tratado pela villares, e a segunda imagem da amostra de temperada a 960 °C, com tempo de 45 minutos resfriado á óleo.



Fonte; Próprio Autor

O corpo de prova 2 como será visto a seguir apresentou dureza de 56 HRC foi temperado a uma temperatura de 960 °C por 30 minutos com resfriamento a óleo, porem foi observado que teve boa distribuição de carbonetos, mas com microconstituintes de ferrita pouco definidos, isso define que esse aço e de media dureza.

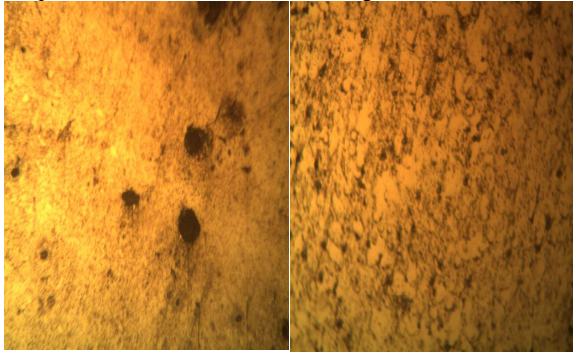
Figura 12 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 960 °C, com tempo de 30 minutos, resfriado á óleo.



Fonte; Próprio Autor

O corpo de prova 3 apresentou dureza de 60 HRC, foi o aço que apresentou considerável dureza em relação a ferramenta, porem com pouca diluição de alguns microconstituintes, mas com boa distribuição dos carbonetos. Este aço foi temperado a uma temperatura de 970°C por 30 minutos com resfriamento em água.

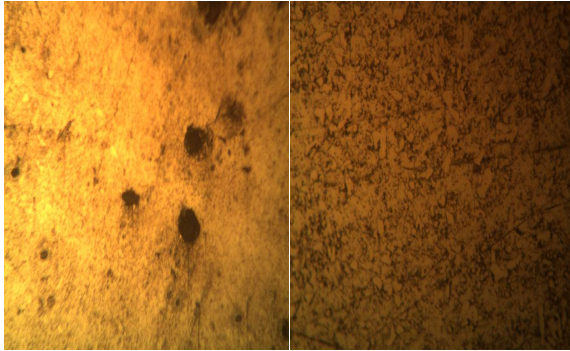
Figura 13 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 970 °C, com tempo de 30 minutos e resfriado em água,



Fonte; Próprio Autor

A seguir o corpo de prova 4 foi o que apresentou maior dureza com 61 HRC, sua microestrutura apresenta boa distribuição de carbonetos, e uma matriz martensítica, com grãos bem definidos.

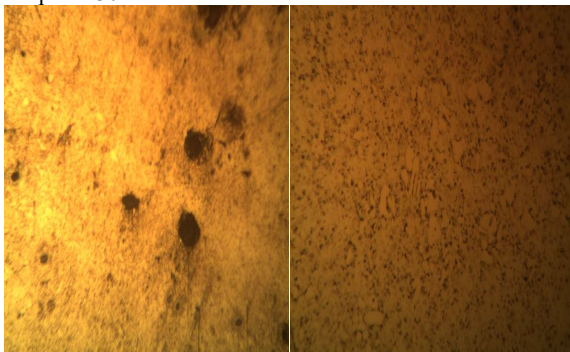
Figura 14 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 970 °C, com tempo de 45 minutos e resfriado em água



Fonte; Próprio Autor

O corpo de prova 5 como pode ser observado a seguir, apresenta dureza de 58 HRC, sua microestrutura apresenta carbonetos dispersos e microconstituintes de perlita e ferrita bem definidos, este corpo foi temperado a uma temperatura de 980°C por 30 minutos com resfriamento em óleo.

Figura 15 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 980 °C, com tempo de 30 minutos e resfriamento em óleo.

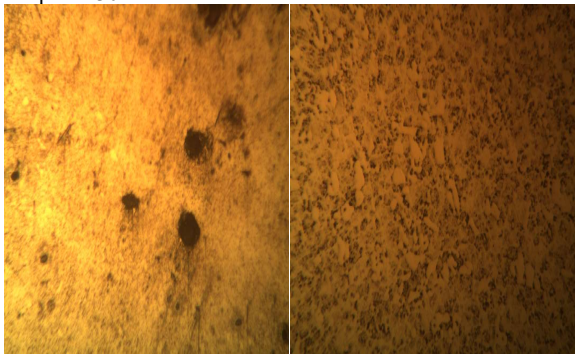


Fonte; Próprio Autor

A seguir o corpo de prova 6 apresentou uma dureza de 59 HRC, sua microestrutura apresenta boa distribuição de carbonetos em uma matriz martensítica, apresentou também granulação

grosseira adquirindo tenacidade no material. Este corpo foi temperado a uma temperatura de 980°C por 30 minutos com resfriamento em óleo.

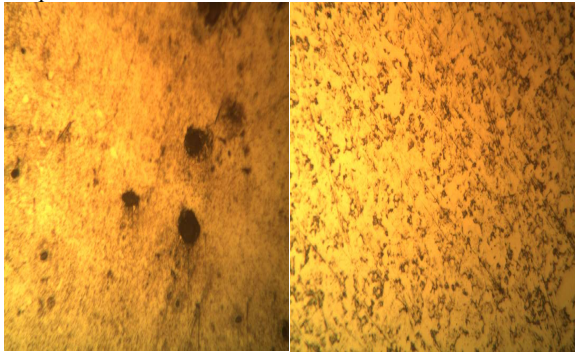
Figura 16 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 980 °C, com tempo de 30 minutos com resfriamento em óleo.



Fonte; Próprio Autor

O corpo de prova 7 como pode observar na figura 17 foi temperado fora das temperaturas que é indicado pelo fabricante, temperado com temperatura de 1000°C por 30 minutos resfriado em óleo, sua microestrutura apresenta má distribuição de carbonetos, e baixa dureza, isto comprova que pela indicação do fabricante aços a 1000°C ou acima tem pouca diluição de óxidos e forma de contornos bem definidos.

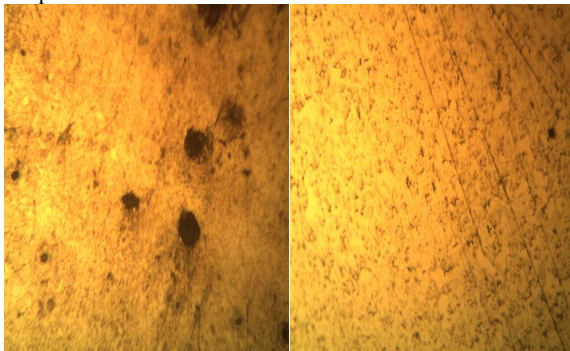
Figura 17 - micrografia do aço tratado pela villares, e da amostra de temperada a 1000 °C, com tempo de 30 minutos com resfriamento em óleo.



Fonte; Próprio Autor

A figura 18 apresenta o corpo de prova 8, que também foi temperado fora da indicação do fabricante, temperado a uma temperatura de 1000°C por 30 minutos e com resfriamento em água, apresentando uma dureza de 59 HRC, sua microestrutura apresentou granulação mal definida, difícil de identificar.

Figura 18 - Micrografia do aço sem tratamento, e da amostra de temperada a 1000 °C, com tempo de 30 minutos e com resfriamento a óleo.



Fonte; Próprio Autor

4.5 ANÁLISE DA FRATURA DO PUNÇÃO

4.5.1 Análise visual

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do tratamento térmico foi possível alterar a dureza e a microestrutura do aço VC 131, dentre a temperatura e tempo de tempera testados, obtiveram resultados inferiores ao tratamento térmico obtido pela Villares tanto em termos de microestrutura quanto de dureza.

Observamos também que as temperaturas acima dessas indicadas pela Villares obteve boa dureza, porém com dificuldades para indicação dos carbonos e os microconstituintes.

O melhor resultado da pesquisa comparado com o punção que obteve uma dureza desejável pelo autor foi o corpo de prova 4, temperado a 970°C por 45 minutos resfriado a água, a microestrutura obtida neste corpo de prova apresentou boa distribuição de carbonetos, e uma matriz martensítica, com grãos bem definidos, sendo compatível com o aço, com diminuição de 3 HRC em relação ao punção, com 61 HRC.

Esta estrutura como apresentou grãos de carbonos dispersos em uma estrutura perlítica (grãos escuros), faz com que o aço seja mais resistentes a impactos e tenha uma boa absorção de energia, sendo possível trabalhar por meios de funcionamento.

Os experimentos mostraram que a temperatura de tempera tem grande influência direta na composição química da matriz e dos carbonetos, e diferenciação com ganho de dureza.

Comentado [SM10]: PARA FACILITAR SUAS CONSIDERAÇÕES FINAIS, FAÇA UMA RELEITURA DE TODOS OS SEUS OBJETIVOS ESPECÍFICOS. AQUI NAS CONCLUSÕES VOCÊ DEVE DEIXAR CLARO SE SEU TRABALHO ATINGIU TODOS OS OBJETIVOS. SE SIM, EXPLIQUE COMO/PORQUE CADA OBJETIVO FOI ATENDIDO. SE OBJETIVOS NÃO FORAM ATENDIDOS, VOCÊ DEVE JUSTIFICAR PORQUE.

FINALIZE EXPLICANDO O QUE SEU TRABALHO CONTRIBUIR PARA A ENGENHARIA, PARA A ACADEMIA (UNIVERSIDADE), PARA A INDÚSTRIA, ETC.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho apresentou grandes mudanças na microestrutura dos aços com diferentes temperaturas, a partir deste estudo é possível desenvolver outro estudo sobre o tema apresentado. Sugestões;

- Teste de impacto.
- Ensaio dos corpos de prova diretamente da máquina.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCO, D. L. D., **Desgaste de Ferramentas de Puncionamento**. Disponível em: www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3712/000403348.pdf. Acesso em: 02 Set. 2016

CHIAVERINI, V., **Tecnologia Mecânica Estrutura e Propriedades das Ligas Metálicas**, 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

FAVORIT, **Aços Especiais**. Disponível em: www.favorit.com.br. Acesso em: 01 Set. 2016

HELMAN, H., CETLIN, P. R., **Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais**, 2. ed. Guanabara Dois SA: 1983.

MENDES, M. A. R. S., **Estudo do desgaste de ferramentas com e sem revestimentos de filmes finos utilizadas em operações de conformação a frio**. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-18122009.../Mestradorevisado.pdf. Acesso em: 05 Ago. 2016

MORAIS L. A., **Estudo das Condições de Tempera e Revenido nas Propriedades Mecânicas de Aço VND**. Disponível em: www.fatecorocaba.edu.br/iniciacao/relatorio_Luciano_Antonio_Moraes.pdf. Acesso em: 09 Ago. 2016

STEMMER, C. E., **Feramentas de Corte 2 Brocas, Alagadores, Feramentas De Roscar, Fresas, Brochas, Rebolos, Abrasivos**, 4. ed, Florianópolis, UFSC, 2008.

STEMMER, C. E., **Feramentas de Corte 1 Brocas, Alagadores, Feramentas De Roscar, Fresas, Brochas, Rebolos, Abrasivos**, 7. ed, Florianópolis, UFSC, 2007.

SANTANA, S. M., **Estudo de Parâmetros de Usinagem no Aço SAE 4140 no Torneamento CNC**. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/tcc-parametros-usinagem-torneamento-cnc-aco-sae-4140.html>. Acesso em: 09 Ago. 2016

SARTORI, H. C., **Tratamentos Térmicos de Aços Ferramenta**. Disponível em: www.heattech.com.br/boletins/Boletim-Técnico-09-2010.pdf. Acesso em: 05 Ago. 2016

SOARES, J. A., **Modelamento da Operação de Puncionamento Utilizando o Critério de Falha Dúctil**. Disponível em: www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_111_joao_almir_soares.pdf. Acesso em: 05 Set. 2016

VALE, A. R. M., **Tratamento Térmico**. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifpa/tecnico_metalurgica/tratamento_termico.pdf>. Acesso em: 01 Ago. 2016

WITTE, H., **Maquinas Ferramenta Elementos Básicos de Maquinas e Técnicas de Construção**, 7. Ed. Alemã Vogel Bhverlag,