

## **XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande - RS**

# **ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROCESSOS DE USINAGEM DO AÇO ENDURECIDO VC131 COM RETIFICAÇÃO E TORNEAMENTO**

**Hector Di Maiochi**

**Geomario Gomes**

**José Marcos Anzolini**

**Priscila Eduarda Kraft Lopes**

**Gil Magno Portal Chagas**

**Tiago da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Geraldo Werninghaus

Rua dos Imigrantes nº445 – Rau – Jaraguá do Sul/SC

hector.maiochi@gmail.com

**RESUMO:** O aço VC131 é classificado como aço para trabalho a frio e é amplamente utilizado na indústria metal mecânica por sua vida útil elevada. Utilizado principalmente na fabricação de ferramentas, devido a elevada temperabilidade, capacidade de se manter indeformável, tenacidade, resistência mecânica, resistência à abrasão e estabilidade de gume, servindo aos setores de ferramentas de grande rendimento. Por muito tempo a retificação foi o único processo viável para usinagem de aços endurecidos, porém, com o desenvolvimento tecnológico das ferramentas de corte para torneamento, abriu-se uma grande possibilidade para a produção de geometrias complexas com maior flexibilidade no processo. Neste trabalho foi analisado o comportamento superficial e acabamento do aço ferramenta VC131 temperado e revenido. Foram retirados 0,300 milímetros da espessura inicial dos corpos de prova no torneamento e 0,150 milímetros no processo de retificação. Além disso, foram realizados ensaios de dureza e análise da rugosidade de cada corpo de prova. Com os ensaios de dureza Rockell e medidas de rugosidade, pode-se observar perda de dureza em todos os corpos de provas ensaiado, com perda significativa na retificação sem fluido. Para a rugosidade, a configuração que apresentou maior rugosidade foi o torneamento, seguido da retificação sem fluido e retificação com fluido.

### **Palavras-Chave:**

**ABSTRACT:** VC131 steel is classified as cold working steel and is widely used in the metalworking industry for its long service life. Used mainly in the manufacture of tools, due to high temperability, undeformable holding capacity, toughness, mechanical strength, abrasion resistance and sharpness stability, serving the sectors of high performance tools. For a long time, grinding was the only feasible process for machining hardened steels, but with the technological development of cutting tools for turning, a great possibility was opened for the production of complex geometries with greater flexibility in the process. In this work the surface behavior and finishing of tempered and tempered VC131 tool steel were analyzed. The initial thickness of the samples in the turning and 0.150 mm in the rectification process were removed 0.300 mm. In addition, tests of hardness and roughness analysis of each sample were performed. With the Rockell hardness tests and roughness measurements, hardness loss can be observed in all samples tested, with significant loss in rectification without fluid. For the roughness, the configuration that presented the greatest roughness was the turning, followed by the rectification without fluid and rectification with fluid.

**Keywords:** VC131 steel, tempered steel, Machining

## **INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas na engenharia os aços ferramenta vêm ganhando espaço em diversas aplicações práticas para trabalhos a frio, principalmente quando são exigidos requisitos de elevada resistência ao desgaste, tenacidade e resistência à corrosão (SANTOS e SALES, 2007).

O aço VC131 é utilizado para trabalhos a frio, pois tem alto grau de inderfomabilidade, elevada temperabilidade, alta resistência mecânica e boa tenacidade, servindo aos setores de ferramentas de grande rendimento para estampagem, punções matrizes, ferramentas para trabalhar madeira, facas, cilindros para laminação a frio, calibradores, etc. (AÇOS FAVORIT).

Segundo a fabricante, *Villares Metals*, a composição do aço VC131 se dá por: cromo, carbono, tungstênio e vanádio. Podemos verificar a composição exata conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química do aço VC131 segundo fabricante

C	Cr	W	V
2,10%	11,50%	0,70%	0,15%

A adição de tungstênio confere a este aço uma alta resistência ao desgaste e boa retenção de corte. O alto teor de carbono e cromo, fornece a alta resistência ao desgaste, alta dureza e alta tenacidade.

O torneamento de materiais endurecidos sempre foi um desafio na indústria, porém, com a crescente requisição de materiais endurecidos houve-se a busca de novas formas de produção, como também a busca por novos materiais para ferramentas de corte. Até a década de 70, o único processo de usinagem possível para a usinagem de materiais endurecidos era a retificação, mas com o desenvolvimento científico e tecnológico das ferramentas de corte do tipo PCBN (Nitreto Cúbico de Boro Policristalino), CBN (Nitreto de Boro Cúbico), Cerâmicos, entre outros, passou a ser possível a usinagem destes materiais com ferramentas de corte de geometria definida nos processos de torneamento, fresamento, furação, etc. Comparado ao processo de retificação, o torneamento de peças endurecidas oferece grandes benefícios devido à alta flexibilidade no processo, como por exemplo, a alta taxa de remoção de material, eliminação de fluido de corte na maioria dos casos, várias operações realizadas em um mesmo setup e a eliminação de recozimento antes da usinagem. Com a intenção de aumentar a flexibilidade e capacidade de fabricar geometrias complexas aliadas à maior agilidade, o torneamento duro foi introduzido devido ao fato da retificação, às vezes, ser um processo muito restrito (KONIG et. al., 1984).

Segundo Vieira et. al. (1999), o objetivo do processo de retificação é melhorar o acabamento superficial, porém, garantindo a integridade superficial dos componentes usinados, não importando se eles tenham passado por tratamento térmico ou não. Entretanto, altas temperaturas geradas durante o processo de retificação podem causar danos térmicos aos produtos, podendo ser a níveis mecânicos ou até microestruturais. Segundo Shaw (1994), os danos na camada superficial da peça podem ser vistos como resultados da realização de operações de retificação mal executadas pelo operador ou que não haja controle dimensional e geométrico do processo. A escolha incorreta dos elementos fluido e ferramenta, a utilização de condições de usinagem e de afiação da ferramenta inadequados e uma lubrificação/refrigeração não eficiente podem afetar, negativamente as propriedades mecânicas do componente usinado, pela diminuição de sua resistência à fadiga e ao desgaste. Isto se deve à ocorrência dos danos térmicos oriundos do processo de retificação, os quais provocam alterações microestruturais, pela introdução de uma zona termicamente afetada pelo calor.

A condição final de uma superfície usinada é resultado de um processo que envolve deformações plásticas, rupturas, recuperação elástica, geração de calor, vibração, tensões residuais e, às vezes, reações químicas. Todos esses fatores podem ter efeitos diferentes na nova superfície, assim, o termo integridade superficial é utilizado para descrever a qualidade de uma superfície, e, portanto, engloba um grande número de alterações sofridas por ela (MACHADO et al., 2012).

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo a análise superficial e acabamento do aço ferramenta VC131 temperado e revenido. e da qualidade superficial do aço VC131 temperado e revenido, submetido a dois dos métodos mais usuais de usinagem: torneamento (CNC) e retificação com e sem fluido de corte, analisando a rugosidade superficial e a dureza Rockwell, comparando os dados, para atestarmos as capacidades resultantes de cada processo.

## METODOLOGIA

### Corpos de prova

Para realização dos experimentos foram utilizados nove corpos de prova do aço VC131, usinados a um diâmetro de 62,5mm com espessura de 10 mm. A obtenção inicial dos corpos de prova foi realizada através de torneamento entre pontas de uma barra inteira com comprimento de 100 mm de área usinada partindo do diâmetro bruto de 63,5mm até a dimensão nominal para as amostras. Após esse processo foi feito o corte das amostras com a espessura especificada anteriormente. Obtido os corpos de provas finais, foi realizado o processo de têmpera e revenimento, deixando os corpos de prova com aproximadamente 63HRC.

### Retificação

Para os ensaios de retificação foram utilizados os parâmetros mostrados na Tabela 2, além de serem feitos com e sem o uso de fluido refrigerante.

**Tabela 2.** Especificações do ensaio de retificação

Rebolo	Dimensões do rebolo (mm)	Remoção do material - profundidade (mm)	Passes (mm)
Óxido de alumínio	254,00 x 25,4	0,155	7 x 0,022mm

Para a operação de dressagem utilizou-se dressador multigranular do tipo fliesen. O equipamento utilizado para a retificação é da fabricante Mello Maquinas, modelo de retificação tangencial. O fluido lubrificante usado foi o Lubmaster semi-sintético.

### Torneamento

O processo de torneamento foi feito em uma máquina CNC ROMI CENTUR 30D, utilizando a ferramenta da série cerâmica HC2TNGA332-TND, tendo como composição o óxido de alumínio e o carbeto de titânio ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ), que segundo a fabricante NKT, sofrem sinterização a baixa pressão. A ferramenta é recomendada para torneamentos de aços de alta dureza e aços endurecidos com uma faixa de HRC50 à HRC65.

Para realizar o ensaio de torneamento, foram utilizados os parâmetros conforme Tabela 3. Neste ensaio não utilizou-se fluido de refrigeração.

**Tabela 3.** Parâmetros do processo de torneamento

Velocidade de Corte	Avanço	Profundidade de corte
120m/min	0,04 mm/rev	0,3mm

### Ensaio de dureza Rockwell

Este ensaio foi feito na escala C de dureza Rockwell, onde foram feitas 10 indentações, com uma pré-carga de 10kgf e uma segunda carga de 187kgf aplicada durante 15 segundos.

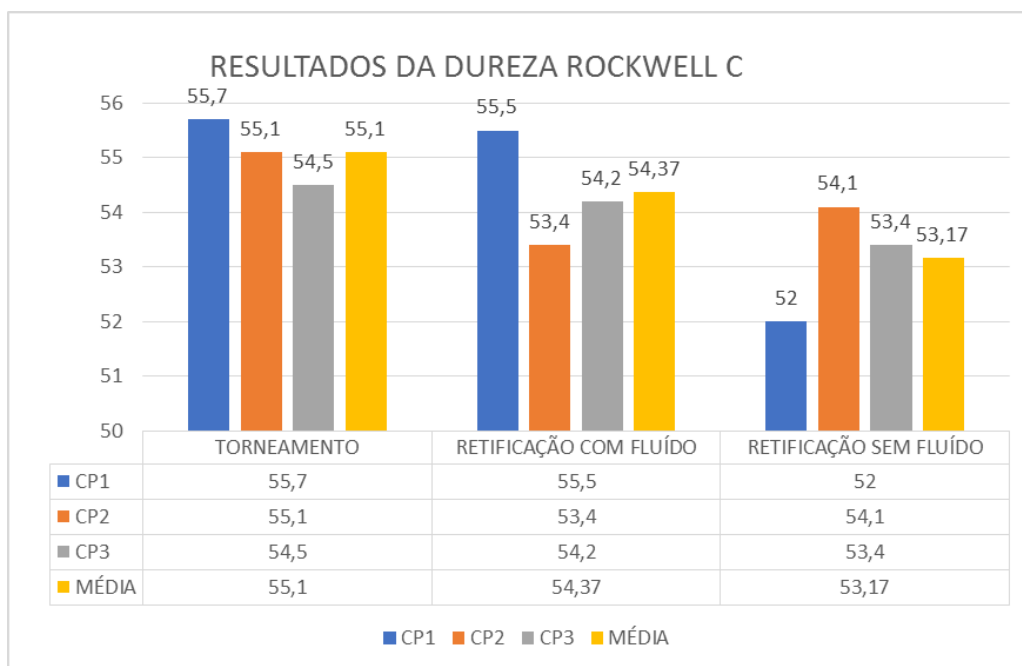
### Rugosidade

As medidas de rugosidade foram coletadas em 10 pontos de cada corpo de prova, logo após a usinagem. Foi utilizada a rugosidade média  $R_a$  como parâmetro e o equipamento utilizado foi o rugosímetro portátil TESA, com força de medição 0,75mN (ISO3274) e 5 cut-off de 0,8mm de comprimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Ensaio de dureza Rockwell

A partir dos valores obtidos com o ensaio de dureza, pôde-se observar que o processo de torneamento obteve menor perda de dureza em relação aos outros processos, mesmo que essa redução foi de aproximadamente 6,9HRC em relação o material-base tratado com têmpera e revenido (Fig. 1).

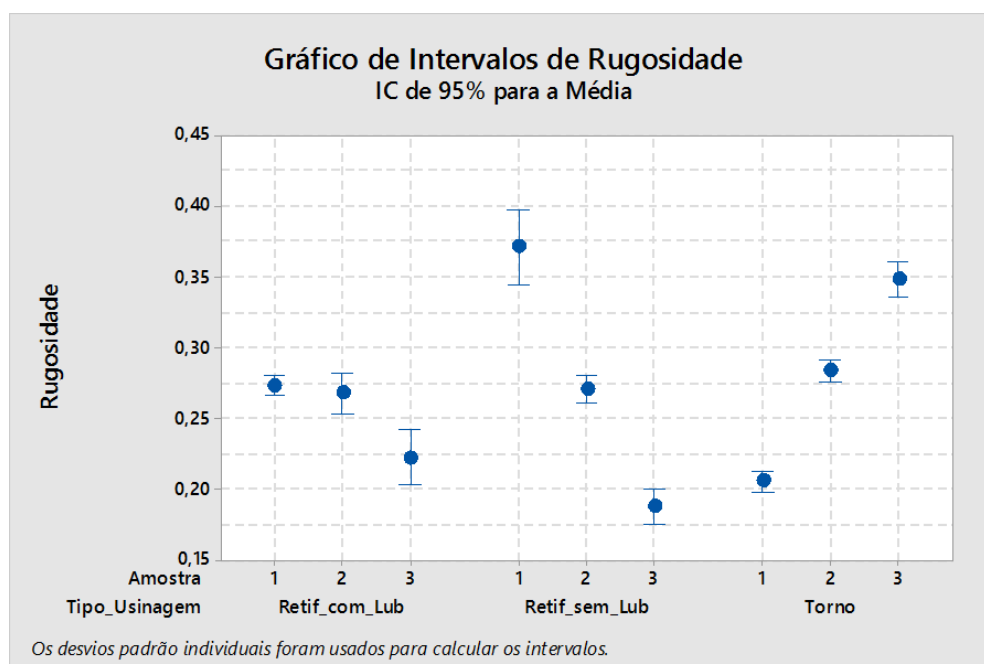


**Figura 1.** Dados dos ensaios de dureza.

Para os resultados de retificação com fluido e retificação sem fluido, a variação em relação ao material de base com tratamento foi de 7,6HRC e 8,8HRC. As durezas da retificação sem fluido apresentou perda significativa de 10HRC em comparação ao material base – temperado e revenido.

### Rugosidade (Ra)

Os resultados de rugosidade foram demonstrados na Figura 2.



**Figura 2.** Intervalo de rugosidade

As medidas realizadas apontam variações entre os processos de torneamento e retificação sem fluido. Para analisar estatisticamente os dados apresentados na figura 2 foi realizada a análise de variância (ANOVA) para identificar se as variações são significativas entre cada processo, para um índice de significância de 5%. Os dados são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** ANOVA – Análise de variância para rugosidade

ANOVA - Análise de Variância para Rugosidade					
fonte	gl	SQ	QM	F	P
tipo usinagem	2	0,011102	0,005551	1,55	0,219
amostra	2	0,014710	0,007355	2,05	0,135
erro	85	0,304843	0,003586		
total	89	0,330656			
S = 0,0598865		R <sup>2</sup> = 7,81%		R <sup>2</sup> (AJ) = 3,47%	

A ANOVA comprovou estatisticamente que o tipo de usinagem e o número da amostra não foram significativos para a rugosidade.

#### Análise Visual

A análise visual da superfície foi realizada após a finalização do processo de usinagem material. O processo da retífica sem fluido apresentou um melhor acabamento. Em contrapartida, este processo apresentou queimas da superfície de alguns corpos de prova. A dureza nesses pontos de queima não apresentou alteração em comparação a média da dureza obtida nesse processo.

No torneamento, as amostras se mostraram estáveis, sem apresentar queima ou avarias. Para o processo de retificação com fluido as amostras obtiveram pequenas queimas, não comprometendo o acabamento superficial das amostras (Fig. 3).



**Figura 3.** Amostras com processo de retificação com fluido

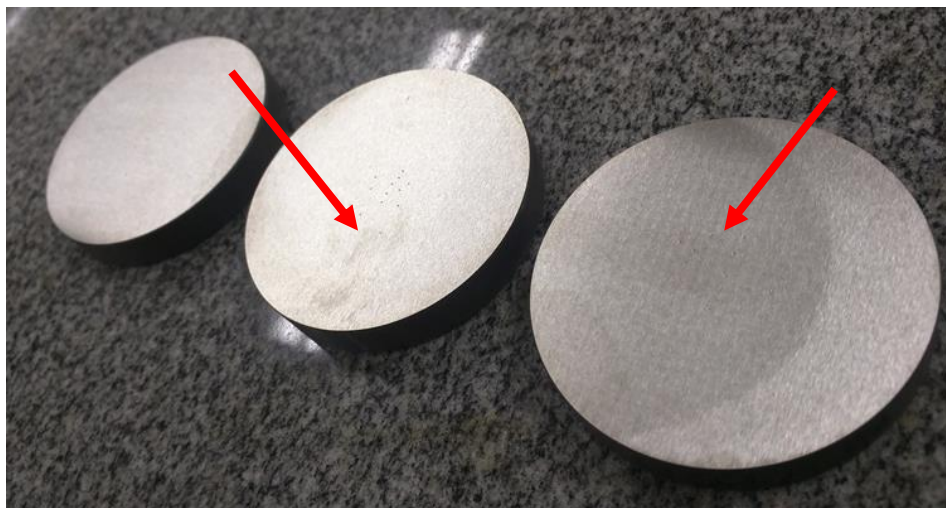
A Figura 4 apresenta avarias, não comprometendo o acabamento superficial das amostras.



**Figura 4.** Amostra com processo de retificação com fluido e avarias



Amostras do processo de retificação sem fluído, que obtiveram bom acabamento, com regiões de queima em regiões de amostras (Fig. 5).



**Figura 5.** Amostras com processo de retificação sem fluído e avarias  
As amostras após o processo de torneamento apresentadas na Figura 6.



**Figura 6.** Amostras com processo de torneamento

No torneamento, pode-se verificar que as amostras não apresentaram queima ou avarias.

## CONCLUSÃO

Com a realização dos testes descritos neste trabalho, comparando a literatura e estudos anteriores, foi possível concluir que mesmo com a variação das medidas de rugosidade, não houve variação significativa da rugosidade Ra, confirmado com controle estatístico, ANOVA. O processo de retificação com fluído de corte apresentou os menores valores de rugosidade com uma variação de 0,025mm em relação ao processo de torneamento, no qual apresentou o maior valor. O processo de torneamento apresentou menor perda de propriedade de dureza, tendo seu valor médio aproximado de 55HRC. O processo de torneamento obteve a maior rugosidade, sendo também possível confirmar visualmente o acabamento superior em comparação os processos de retificação. A retificação sem fluído teve perda considerável na propriedade de dureza devido falta de fluído para refrigeração do material, causando um processo similar ao revenimento. Para os processos de retificação, a profundidade de material removido foi apenas de 50% em comparação ao processo de torneamento pois foi verificado “emplastamento” do rebolo devido as altas durezas do material utilizado;



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina pela oportunidade da realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Machado, A.; Abrão, A.; Coelho, R.; BACCI, M. “Teoria da Usinagem dos Materiais”, 2012.
- Souza, A. “Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos”, 1996.
- Schlatter, D. “Efeito da Têmpera e Revenido Nas Propriedades Mecânicas e Microestruturais de Aços Rápidos Obtidos Por Processos Convencionais e Metalurgia do Pó” <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/101032/312827.pdf?sequence=1>>.
- Silva, R.; MELLO, B.; CARDOSO V.; KIELING, A.; NETO, J. “Análise Comparativa com Diferentes Tratamentos Térmicos no Aço VC 131” <<http://www.confea.org.br/media/contecc2016/mecanica/an%C3%A1lise%20comparativa%20com%20diferentes%20tratamentos%20t%C3%A9rmicos%20no%20a%C3%A7o%20vc%20131.pdf>>
- Santos, C.; Sales, W. F. “Aspectos Tribológicos da Usinagem dos Materiais”, 2007.
- AÇOS FAVORIT, *acesso em Junho 2017*; “Aços Ferramenta” <[http://www.favorit.com.br/sites/default/files/tabelas/acos\\_ferramentas\\_0.html](http://www.favorit.com.br/sites/default/files/tabelas/acos_ferramentas_0.html)>
- Konig, W.; KOMANDURI, R.; TOSHOFF, K.; ACKERSON, G. “Machining of hard materials”, 1984.
- Vieira J.; LIBARDI, R.; CANCELIERI, A.; LIMA, A. “Como o Calor pode Afetar a Integridade Superficial das Peças”. 1999.
- Shaw, M. “Heat-affect Zones in Grinding Steels”, 1994.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.