

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SANTA CATARINA – CAMPUS RAU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA**

**INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE EM  
CONCENTRAÇÕES DISTINTAS NA USINAGEM DO AÇO INOX 304**

**MARLO FIAMONCINI**

**JARAGUÁ DO SUL  
2018**

**MARLO FIAMONCINI**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA**

**INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE EM  
CONCENTRAÇÕES DISTINTAS NA USINAGEM DO AÇO INOX 304**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao campus Geraldo  
Werninghaus do Instituto Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do  
diploma de Graduação em Tecnologia  
em Fabricação Mecânica

Orientador: Tiago da Silva, Me.

**JARAGUÁ DO SUL**  
**2018**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IPSC

Fiamoncini, Marlo

**INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE EM CONCENTRAÇÕES  
DISTINTAS NA USINAGEM DO AÇO INOX 304 / Marlo Fiamoncini  
, orientação de Tiago da Silva. Jaraguá do Sul,  
SC, 2018.**

53 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul -**

**Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .**

Inclui Referências.

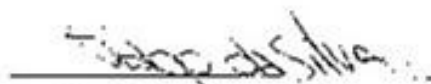
**1. Usinagem. 2. Aço inox. 3. Fluido de corte. I.  
Silva, Tiago da. II. Instituto Federal de Santa Catarina.  
. III. Título.**

MARIO FIAMONCINI

**INFLUÊNCIA NA APLICAÇÃO DE FLUÍDO DE CORTE EM CONCENTRAÇÕES  
DISTINTAS NA USINAGEM DO AÇO INOX 304**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em  
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo  
indicada.

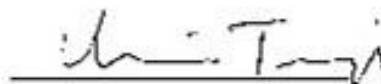
Jaraguá do Sul 28 de junho de 2018



Prof. Me. Tiago da Silva

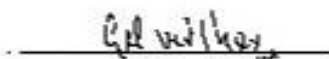
Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Dr. Almir Turazi

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Dr. Gil Magno Portal Chagas

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus por ter permitido que até aqui eu chegasse.

Ao meu orientador professor Tiago da Silva pela oportunidade de estudo, sugestões, orientações, confiança, diretrizes e apoio na realização deste trabalho;

À minha namorada Sylvana Freire do Prado, pelo amor, carinho, compreensão e parceria;

Aos meus pais, Mario Fiamoncini e Marina Schmitt Fiamoncini, e a minha irmã Morgana Fiamoncini por todo o incentivo e confiança que depositaram em mim;

Ao Instituto Federal de Santa Catarina, por disponibilizarem os laboratórios para que fossem feitos os ensaios;

À minha orientadora geral professora Miriam Hennig pelas sugestões, orientações, diretrizes e apoio na realização deste trabalho;

O professor Edson Sidnei Maciel Teixeira por viabilizar e apoiar a elaboração deste trabalho através da disciplina de TCC, fornecendo as condições necessárias para que este se tornasse possível.

Ao professor Gerson Ulbricht pelas orientações e ajuda com os gráficos do trabalho;

Ao meu colega e amigo Pedro Dias Johnston pela ajuda com partes do trabalho onde tive dificuldades;

À professora Estela Ramos de Souza Oliveira pelas orientações iniciais do meu trabalho na matéria de projeto integrador IV;

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento, não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

A todos os meus amigos pela força e motivação durante este período.

## RESUMO

Ao tratar-se de usinagem, é muito importante a utilização de fluidos de corte para que se obtenham bons resultados, tanto em aparência e acabamento do material usinado, quanto no aumento de vida útil das ferramentas empregadas, neste caso mais especificamente do torneamento. O torneamento é uma operação de usinagem largamente utilizada na indústria metal mecânica e neste trabalho será abordado, o torneamento de aço inox 304, utilizando-se primeiramente de uma concentração de óleo de corte de 5%, que é a metade da concentração usualmente empregada em operações de torneamento, e posteriormente, os 10% usuais. Também será variado velocidades de corte em três valores, sendo estes 100m/min, 150m/min e 210m/min, conforme sugestão do fabricante da ferramenta. Após os ensaios será feita uma comparação dos resultados através de medição de rugosidade e medição do desgaste de ferramenta afim de efetivar a metodologia utilizada e a condição com  $V_c=150M/min$ . e com diluição do fluido de corte em 10%, obteve os melhores resultados, tanto de rugosidade como de desgaste da ferramenta.

Palavras chaves: Usinagem. Aço inox. Fluido de corte.

## **ABSTRACT**

In the case of machining, it is very important to use cutting fluids in order to obtain good results, both in the appearance and finish of the machined material, and in the increase in the useful life of the tools used, in this case specifically turning. Turning is a machining operation widely used in the metalworking industry and in this work will be approached the turning of stainless steel 304, using first a concentration of cut oil of 5%, which is half the concentration usually employed in and then the usual 10%. Cutting speeds will also be varied in three values, being these 100m / min, 150m / min and 210m / min, as suggested by the tool manufacturer. After the tests, a comparison of the results will be made by measuring the roughness and measuring the wear of the tool in order to implement the methodology used and the condition with  $V_c = 150M / \text{min}$ . and with dilution of the cutting fluid by 10%, obtained the best results, both roughness and tool wear.

Keywords: Machining. Stainless steel. Cutting fluid.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TORNEAMENTO.....	15
FIGURA 2- AÇO INOXIDÁVEL .....	17
FIGURA 3- PARÂMETROS DE CORTE.....	19
FIGURA 4- FERRAMENTAS DE CORTE.....	19
FIGURA 5-INSERTOS DE METAL DURO.....	20
FIGURA 6- APLICAÇÃO DE FLUIDO DE CORTE.....	22
FIGURA 7– CORPO DE PROVA.....	26
FIGURA 8- TORNO CNC ROMI .....	27
FIGURA 9- PARÂMETROS DE CORTE INDICADOS PELO FABRICANTE .....	28
FIGURA 10– MEDIÇÃO DE RUGOSIDADE NO INÍCIO DA BARRA.....	29
FIGURA 11– DESGASTE DE FLANCO AP1,5MM À SECO .....	32
FIGURA 12– DESGASTE DE PONTA AP1,5MM À SECO .....	32
FIGURA 13– DESGASTE DE FLANCO Vc 100 5% DE DILUIÇÃO .....	40
FIGURA 14– DESGASTE DE PONTA Vc 100 5% DE DILUIÇÃO .....	40
FIGURA 15– DESGASTE DE FLANCO Vc 150 5% DE DILUIÇÃO .....	41
FIGURA 16– DESGASTE DE PONTA Vc 150 5% DE DILUIÇÃO .....	42
FIGURA 17– DESGASTE DE FLANCO Vc 210M/MIN 5%.....	42
FIGURA 18– DESGASTE DE PONTA Vc 210M/MIN 5% DE DILUIÇÃO .....	43
FIGURA 19– DESGASTE DE FLANCO Vc 100 10% DE DILUIÇÃO .....	44
FIGURA 20– DESGASTE DE PONTA Vc 100 10% DE DILUIÇÃO .....	44
FIGURA 21– DESGASTE DE FLANCO Vc 150 10% DE DILUIÇÃO .....	45
FIGURA 22– DESGASTE DE PONTA Vc 150 10% DE DILUIÇÃO .....	45
FIGURA 23– DESGASTE DE FLANCO Vc 210 10% DE DILUIÇÃO .....	46
FIGURA 24– DESGASTE DE PONTA Vc 210 10% DE DILUIÇÃO .....	47
FIGURA 25 - CAVACO PRODUZIDO NOS ENSAIOS.....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- PRÉ-TESTE À SECO .....	31
GRÁFICO 2- ENSAIO COM VC100M/MIN E 5% .....	34
GRÁFICO 3- ENSAIO COM VC100M/MIN E 10% .....	34
GRÁFICO 4- ENSAIO COM VC150M/MIN E 5% .....	35
GRÁFICO 5- ENSAIO COM VC150M/MIN E 10% .....	36
GRÁFICO 6-ENSAIO COM VC210M/MIN E 5% .....	37
GRÁFICO 7- ENSAIO COM VC210M/MIN E 10% .....	38
GRÁFICO 8- RUGOSIDADE NO TEMPO DE 10MIN .....	38
GRÁFICO 9- DESGASTE DE FLANCO .....	47
GRÁFICO 10- DESGASTE DE PONTA .....	48

## LISTA DE SÍMBOLOS

l/min - Litros por minuto

Q - Vazão

h - Hora

mm - Milímetro

m/min - Metros por minuto

mm/rev - Milímetro por revolução

$\mu\text{m}$  - Micrómetro

Ra - Rugosidade média aritmética ( $\mu\text{m}$ )

Rt - Rugosidade total ( $\mu\text{m}$ )

Rz - Rugosidade média ( $\mu\text{m}$ )

n - Rotações por minuto

Vc - Velocidade de corte

f - Avanço longitudinal

Ap - Profundidade de corte

$\varnothing$  - Diâmetro

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Objetivos .....	12
1.1.1 Objetivo geral .....	12
1.1.2 Objetivos específicos .....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	14
2.1 Usinagem .....	14
2.1.1 Torneamento .....	15
2.2 Aços Inoxidáveis .....	16
2.2.1 Aços inoxidáveis austeníticos .....	17
2.3 Ferramentas de corte .....	18
2.3.1 Ferramentas de Metal duro .....	20
2.3.2 Revestimento ou cobertura das ferramentas .....	21
2.4 Lubrificação e refrigeração .....	22
2.4.1 Óleos minerais .....	23
2.4.2 Óleos emulsionáveis minerais .....	23
2.5 Rugosidade .....	23
3 METODOLOGIA .....	25
3.2 Os ensaios .....	26
3.3 Definição dos equipamentos para a realização dos ensaios .....	27
3.3.1 O torno CNC .....	27
3.3.2 A ferramenta .....	27
3.3.3 Análise de rugosidade .....	29
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	31
4.1 O pré-teste .....	31
4.2 Ensaio de rugosidade .....	33
4.2 Análise de desgaste .....	39
6 CONCLUSÃO .....	50
7 REFERÊNCIAS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico das máquinas de usinagem presentes hoje no mercado e com a grande necessidade de produção de peças maquinários e ferramentas, são necessárias velocidades de corte cada vez mais altas. Portanto é indispensável o uso de fluídos de corte, durante a usinagem de metais a fim de se conservar por mais tempo a vida útil das ferramentas de corte.

Os fluidos de corte possuem uma vida útil, o que faz com que precisem ser substituídos periodicamente. A substituição de fluídos de corte pode gerar um descarte do fluído usado, que deve ser feito em um aterro devidamente preparado para recebê-lo. Mesmo com o descarte feito nas condições corretas, isto gera um custo elevado para as empresas, sem contar que aterros sanitários também são poluentes. Para que este problema seja extinto ou ao menos, minimizado, a solução está na redução ou até mesmo a eliminação do uso de fluidos de corte.

O desenvolvimento de fluidos de corte é tradicionalmente feito utilizando óleo mineral como base. Este fato está relacionado com as boas propriedades técnicas e o preço razoável de óleos minerais. O Relatório do Clube de Roma (1972) e as duas crises do petróleo de 1979 e 1983, no entanto, afirma que o óleo mineral é por princípio, um recurso limitado. Também o óleo mineral e a sua fraca biodegradabilidade e o seu potencial para a poluição a longo prazo do meio ambiente e a saúde dos trabalhadores, abrem margem para o estudo de redução ou eliminação do uso destes elementos. (SOUZA, 2010)

O processo de usinagem é um dos processos, em que a matéria-prima é modificada em forma e tamanho final desejado, por um processo de remoção de cavacos. Os processos que têm este tema comum, hoje são conhecidos coletivamente como fabricação subtrativa, em distinção de processos de adição de material controlado que são conhecidos como aditivos de fabricação. (NEHRING, 2013)

Grande parte da usinagem moderna é realizada por controle numérico computadorizado (CNC), em que os computadores são usados para controlar o movimento e o funcionamento dos tornos, fresadoras e outras máquinas de corte. Estas máquinas realizam a usinagem em diversos tipos de materiais metálicos e não metálicos.

Dentre os metálicos que podem ser usinados está o aço inoxidável. Os aços inoxidáveis mais comuns e, portanto mais frequentemente usinados são os tipos austeníticos, tais como classes 304 e 316. Estes são caracterizados por suas altas taxas de endurecimento para trabalho e baixas propriedades de quebra de cavacos dificultando a usinagem. Devido a estas características a utilização de fluidos de corte na usinagem do aço inox se faz necessária.

Diante disso, este trabalho busca investigar se a redução pela metade na diluição do fluido de base, pode ser uma opção aceitável na usinagem de aço inox austenítico 304.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

De um modo geral, este trabalho é um experimento focado na utilização do fluido de corte de origem mineral solúvel em água, para a usinagem do aço inox 304. Será verificada a possibilidade da usinagem com uma quantidade reduzida na diluição do óleo, sem que haja alterações consideráveis nas características de rugosidade do material, das ferramentas, mais precisamente, do desgaste dos insertos, e também dos parâmetros de corte já utilizados cotidianamente para as realizações de torneamento, neste caso, as velocidades de corte mais utilizadas.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de óleo na rugosidade
- Verificar o desgaste da ferramenta nas diferentes condições;
- Analisar a influência do fluido de corte na formação do cavaco.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Usinagem

Ferraresi (1969) define usinagem como uma operação de corte onde se é produzido cavaco, fazendo com que seja dado forma, dimensões ou acabamento, ou ainda, a combinação dos três itens à peça a ser produzida.

A usinagem é muito mais antiga do que se imagina, tanto que a mesma já era feita na era paleolítica, quando os homens pré-históricos já fabricavam facas e pontas de lanças com pedras e paus, mas só com a revolução industrial que este processo começou a ganhar destaque, onde máquinas e ferramentas foram aprimoradas para se ganhar qualidade e produtividade. (Nehring, 2013).

Este processo está difundido pelo mundo inteiro, nos mais variados segmentos e aplicações, tanto que grande parte do que se possui nas residências é usinado ou tem alguma ligação com processos de usinagem. Segundo Machado *et al.* (2009), a usinagem é um processo tão importante que de toda a produção mundial de metais, 10% vira cavaco.

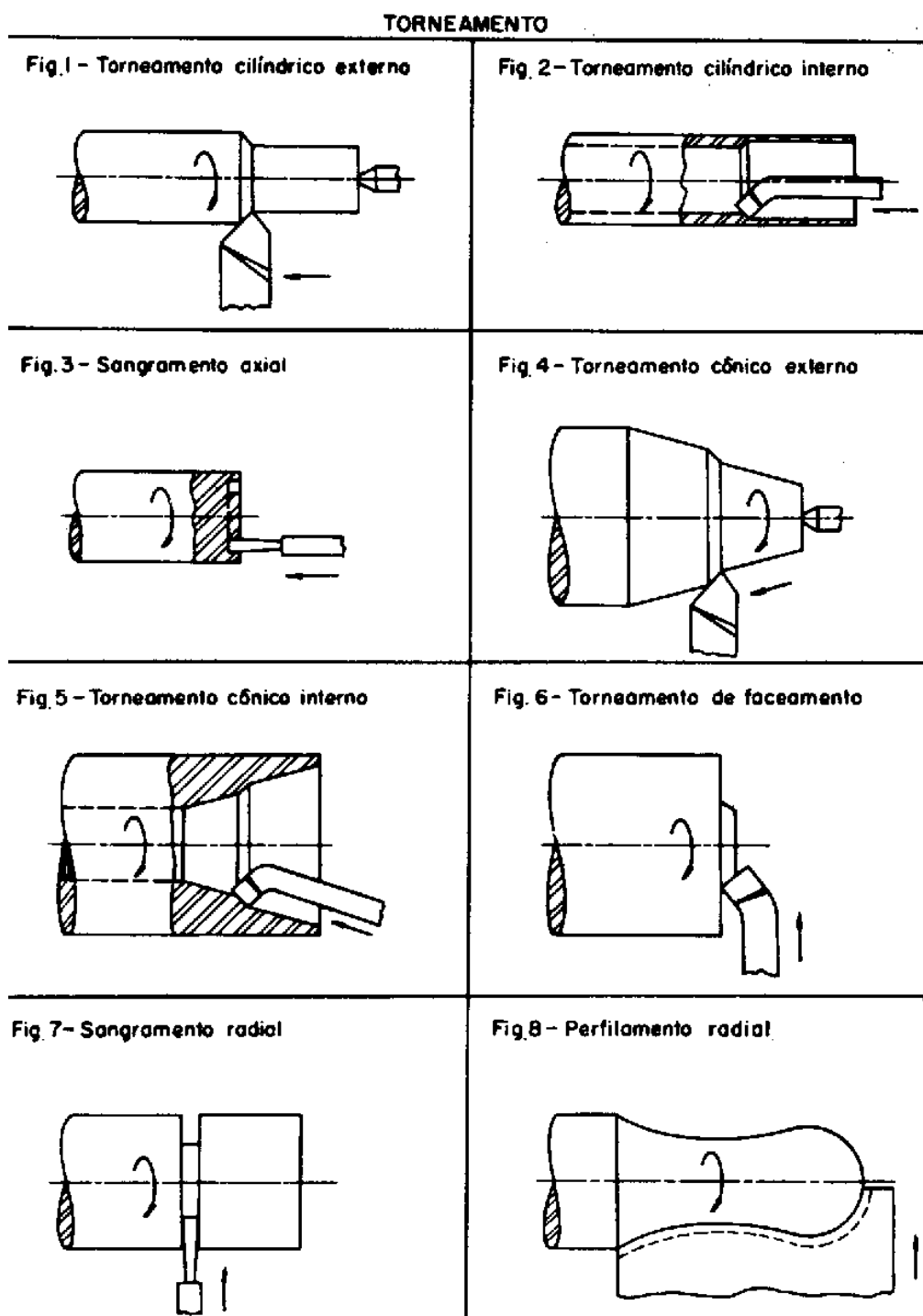
Para que este importante processo continue sendo um fundamento crescente nas indústrias, pesquisas são constantemente necessárias, não só no processo em si, mas também no que o envolve, e um dos pontos que será fortemente abordado neste trabalho, são os fluidos de corte.

Machado *et al.* (2009), salienta que o grande avanço conquistado em máquinas e ferramentas para usinagem, possibilitou um aumento expressivo nas velocidades de corte empregadas, o que reforça ainda mais a utilização dos fluidos de corte, e estes por sua vez, estão sendo melhorados constantemente, afim de suportar a exigência dos trabalhos solicitados, bem como a preservação do meio ambiente e da saúde dos operadores.

## 2.1.1 Torneamento

O torneamento é hoje um dos processos mecânicos mais utilizados na indústria para a obtenção de peças e componentes cilíndricos. (figura 1)

Figura 1 - Torneamento



Fonte: Nehring (2013)

Segundo Ferraresi (1969), torneamento é um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes, e para tanto, a peça gira em torno de seu eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo. Um material, geralmente cilíndrico é fixado numa placa giratória, e uma ferramenta de corte avança sobre este material, cortando-o e conformando-o até que se transforme na peça desejada.

FERRARESI, (1969) ainda divide a operação de torneamento quanto à forma da trajetória, podendo ser retilíneo ou curvilíneo, e subdivide em torneamento retilíneo, cilíndrico, cônico, radial e perfilhamento, porém, o torneamento não é somente um simples processo de corte de materiais, mas também pode ser um processo de acabamento ou até mesmo polimento.

Geralmente usa-se um parâmetro de usinagem para desbaste, e outro especificamente para dar acabamento, ganhando assim, tempo de produção. Por exemplo: usa-se um avanço grande e uma profundidade de corte também grande para o desbaste de um material, e deixa-se uma pequena porção de material para uma retirada mais lenta, afim de se proporcionar um acabamento superficial melhor, com menor rugosidade.

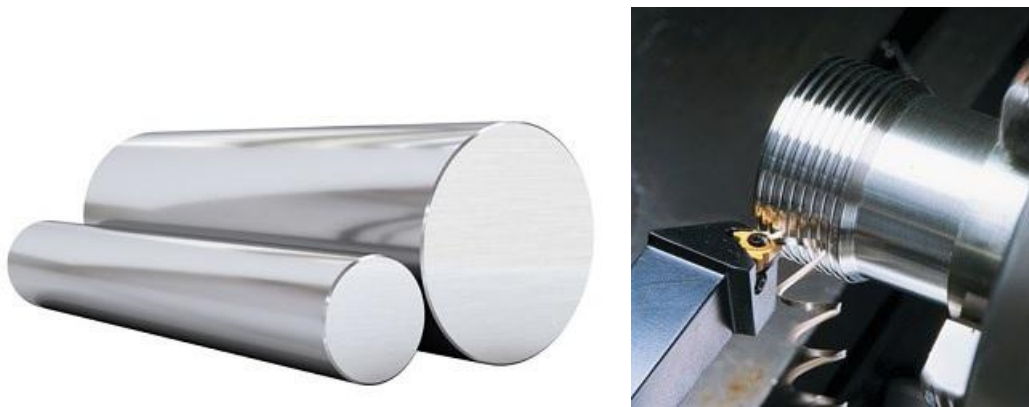
## **2.2 Aços Inoxidáveis**

Com certeza a maioria das pessoas têm em casa pelo menos uma faca, uma bacia, um utensílio doméstico, ou até mesmo uma cuba feita com aço inox. Estes exemplos fazem perceber o quanto este material está presente no cotidiano das pessoas.

(Ningsshen, 2007) diz que os aços inoxidáveis são ligas de ferro com no mínimo 10,5% de cromo em sua composição química, fazendo com que este material crie uma camada superficial de óxido de cromo, chamada de camada passiva, inibindo assim a corrosão do material.

O cromo presente na composição torna este material duro, e portanto, ruim de ser usinado, e, segundo Ferraresi (1969), estes aços são caracterizados por ter usinabilidade ruim, mas este problema melhora quando os mesmos possuem alguns elementos de liga como o enxofre, fósforo ou selênio na sua composição

Figura 2- Aço inoxidável



Fonte: Usinagem Brasil

(Chiaverini,2012) afirma que existem cinco classes de aços inoxidáveis, sendo eles austeníticos, martensíticos, ferríticos, duplex e endurecidos por precipitação.

### 2.2.1 Aços inoxidáveis austeníticos

Sedriks, (1996) diz que os aços pertencentes à classe 300 são os mais utilizados, por apresentarem boa resistência a corrosão, elevada tenacidade e boa soldabilidade, e o 304 é o mais utilizado de todos. Bell (2016), ainda acrescenta que seu uso mais solicitado é em produtos e equipamentos da indústria alimentícia, bem como utensílios domésticos.

Bell (2016) também apresenta um modelo do aço inox 304L, onde esta letra L sugere a presença de pouco carbono (Low-carbon). A vantagem deste material com menos carbono é uma facilidade maior em obter-se juntas soldadas feitas com ele, mas possui a desvantagem de ser menos resistente à corrosão.

Outras características deste aço são, por exemplo, a ausência de magnetismo e a impossibilidade de sofrer tratamentos térmicos, salvo o recozimento à 1045°C para reestabelecimento da ductilidade do material, quando submetido à trabalhos à frio. (Bell, 2016).

Bell (2016) ainda caracteriza o aço inoxidável austenítico 304 com um percentual de 18% de cromo e 8% de níquel na sua composição química. O acréscimo de 2% de molibdênio já o torna um aço inox 316.

Por ser o aço inoxidável 304 o mais utilizado em maior variedade nas aplicações, este tipo foi o escolhido para ser estudado, afim de se conseguir caracterizar semelhanças e diferenças entre concentrações diferentes de fluido de corte na emulsão.

### **2.3 Ferramentas de corte**

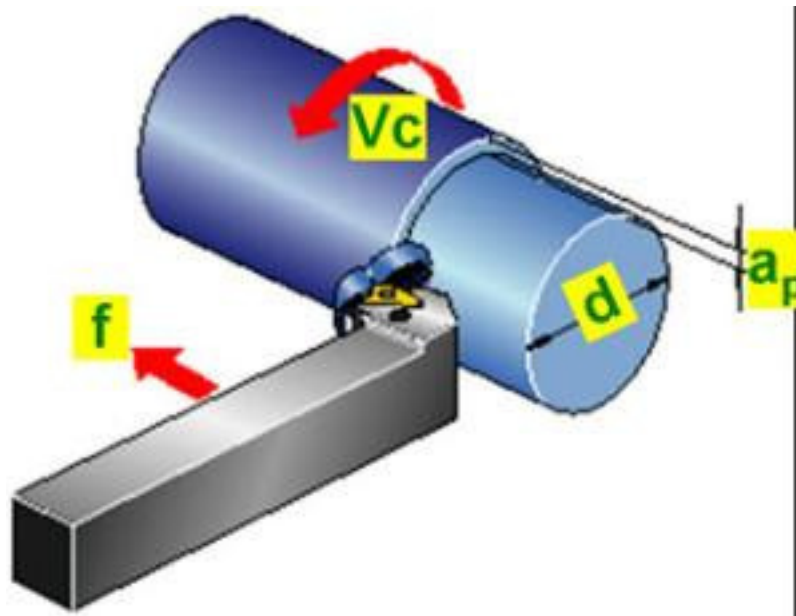
Quando se fala sobre ferramentas de corte, pode-se imaginar desde uma simples serra manual até uma sofisticada ferramenta geralmente fabricada em material especial projetada para trabalhar com velocidades de corte extremamente altas em máquinas muito modernas.

Penteado (2013) caracteriza ferramentas de corte como um material mais duro do que a peça a ser usinada, mas não tão duro a ponto de ser quebradiço.

Mas este material mais duro não pode ser qualquer material. Têm-se materiais específicos para a realização das mais diversas operações de usinagem e os mais variados parâmetros de corte.

Valio (2014) cita velocidade de corte ( $V_c$ ), avanço ( $f$ ) e profundidade de corte ( $A_p$ ) como parâmetros de corte básicos para a operação de torneamento. (figura 3)

Figura 3- Parâmetros de corte



Fonte: Rafael Mascarenhas (2013)

Hoje em dia, existe uma gama enorme de ferramentas para os mais variados tipos de usinagem, das mais variadas marcas e modelos para todo o tipo de material a ser usinado. A Figura 4 mostra algumas das opções de ferramentas mais utilizadas. Não seria prudente entrar em detalhes desse enorme leque de opções de ferramentas, por isso o trabalho está focado em apenas um tipo de ferramenta, para a usinagem do aço inox, que é o alvo deste estudo.

Figura 4- Ferramentas de corte



Fonte: Ancoblast (2018)

A escolha da ferramenta deve levar em consideração, não somente o material a ser usinado e os parâmetros de corte indicados pelo fabricante, mas também o tipo de material da composição da ferramenta e sua cobertura, que pode influenciar consideravelmente no desgaste da mesma.

Fernandes e martendal (2017) afirmam que desgaste é um dano causado a uma superfície em relação à outra substância através de progressividade, e podem ser divididos em desgaste por abrasão, erosão, adesão, oxidação, fadiga e fretting.

Os fabricantes das ferramentas sempre dispõem de catálogos bem completos, para que, mesmo tendo pouco conhecimento sobre o assunto, seja possível escolher uma ferramenta adequada para o seu uso sem grandes dificuldades.

### 2.3.1 Ferramentas de Metal duro

Segundo SANDVIK (2012) o metal duro é um pó composto de partículas de carboneto de tungstênio (WC) e um ligante rico em cobalto metálico (Co), que é prensado ou injetado para ser conformado, e após, é sinterizado para tornar-se extremamente denso, e o metal duro hoje representa cerca de 80% das pastilhas de corte nas indústrias.

Figura 5-Insertos de metal duro



Fonte: CPZ Tools

### 2.3.2 Revestimento ou cobertura das ferramentas

Segundo RODRIGUES (2012), existem dois tipos de coberturas para ferramentas de corte, sendo elas o CVD (Chemical Vapour Deposition), que é um método por deposição química, onde o material é depositado lentamente sobre a ferramenta utilizando-se de alta temperatura e uma reação química entre os materiais. E também há um método por deposição física PVD (Physical Vapor Deposition), onde a reação acontece em temperatura menos elevada. Este método é o mais utilizado justamente por causa da temperatura menos elevada, que não altera as características da ferramenta.

### 2.3.3 Revestimento PVD de Carboneto de Titânio

Este processo (Physical Vapour Deposition) é realizado em baixa temperatura (250° - 450°C), podendo cobrir metal duro (sem redução de dureza) e HSS (aço rápido), gerando uma fina camada e aresta de corte mais positiva.” (Guhring 2012)

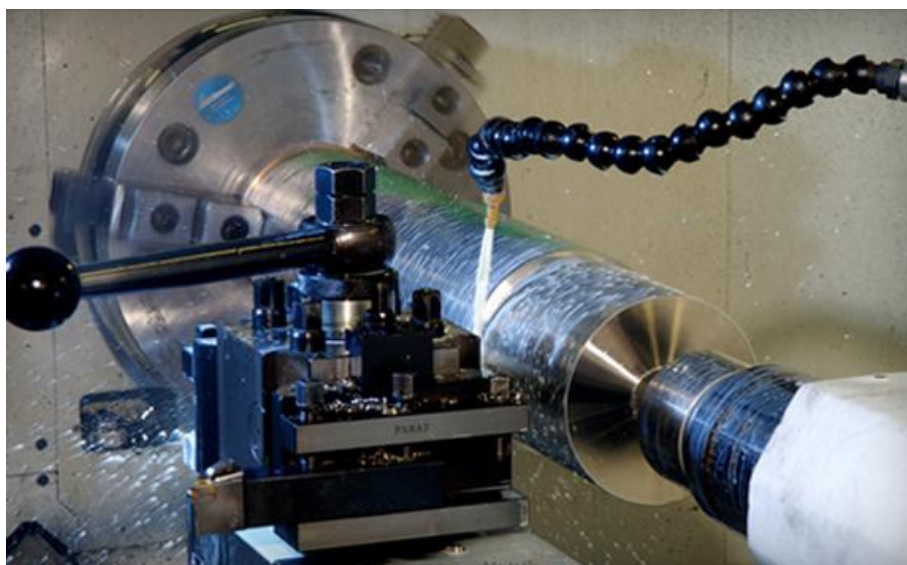
Este é o tipo de revestimento indicado para as ferramentas usadas na usinagem de aços inoxidáveis. Neste caso, o inserto intercambiável para torneamento que possui o material base como um pó de metal duro sinterizado, recebe apenas uma fina camada de PVD sobre o inserto.

Esta camada é chamada cobertura e em alguns casos pode ser o Carboneto de titânio (TiC). O Carboneto de titânio (TiC), que dá a coloração cinza à ferramenta é muito empregado devido a sua propriedade de lubrificação da ferramenta, resistência ao desgaste, dureza elevada, e resistência ao calor. (RODRIGUES, 2012); (SANDVIK 2012).

## 2.4 Lubrificação e refrigeração

Segundo Trent, (1991); Kustas et al, (1997) e Machado et al, (2011), os fluidos de corte tem várias funções, como lubrificar e refrigerar a região de corte, efetuar a retirada do cavaco, proteger a superfície da peça a ser usinada, entre outras funções, garantindo com que as peças fabricadas atendam as medidas, tolerâncias e acabamentos dimensionais solicitados (figura 6).

Figura 6- Aplicação de fluido de corte



Fonte: Adesivo industrial (2015)

Greeley (2004) lembra que com o uso, os fluidos de corte se contaminam, e precisam ser tratados e descartados, e esse descarte está se tornando um problema sério para o meio ambiente devido a sua demanda química por oxigênio e toxicidade.

Mas Gloyna (1998) afirma que esses tratamentos não são suficientemente eficazes, e são ambientalmente inaceitáveis e diz ainda que o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias são altamente necessários.

Ruffino (1995) reforça a empregabilidade de fluidos de corte a fim de se retirar o calor gerado pelo atrito peça-ferramenta, e assim obter-se dimensões e acabamentos superficiais de qualidade.

### 2.4.1 Óleos minerais

Os óleos minerais foram os primeiros a serem estudados e desenvolvidos para as operações diversas de usinagem e ainda hoje são largamente utilizados nas indústrias por oferecerem um variado leque de aplicações por um preço acessível. Ferraresi (1969) recomenda este tipo de óleo para a usinagem em aço inox, sendo a opção da época.

Com a crescente evolução da usinagem, das máquinas e ferramentas, é necessário que os fluidos de corte também evoluam, mas isso não vem acontecendo com muita ênfase, principalmente referindo-se aos óleos de origem mineral. Parte disso se dá à preocupação com o meio ambiente, que é fortemente prejudicado com o descarte destes produtos.

### 2.4.2 Óleos emulsionáveis minerais

(Shashidhara, 2006) afirma que 60% dos fluidos de corte utilizados nas indústrias são de origem mineral, devido a sua facilidade de obtenção e custo menor, e ainda salienta que a mistura utilizada é uma composição de 10% de óleo para 90% de água, em média.

## 2.5 Rugosidade

Fabiani (2013) caracteriza rugosidade como pequenos erros geométricos, onde pequenas saliências e reentrâncias, chamadas mecanicamente de picos e vales caracterizam a superfície dos materiais, influenciando na qualidade de deslizamento, resistência ao desgaste, possibilidade de ajuste do acoplamento forçado, resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluidos e lubrificantes, qualidade de aderência que a estrutura oferece às camadas protetoras, resistência à corrosão e à fadiga, vedação, e aparência.

De acordo com Fabiani (2013), a ferramenta utilizada para que se possa medir rugosidade com precisão de até um milésimo de micron, é o rugosímetro, e este equipamento apresenta os parâmetros de Rugosidade média ( $R_a$ ), Rugosidade máxima ( $R_y$ ), Rugosidade total ( $R_t$ ) e d) Rugosidade média ( $R_z$ )

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será abordado todos os procedimentos e equipamentos necessário para a realização desta pesquisa.

O procedimento foi tornear barras cilíndricas com um comprimento útil pré-determinado de 200mm do aço inox 304, utilizando fluido de corte de base mineral variando a concentração entre 5% e 10% de óleo dissolvidos em água, com uma determinada vazão sobre a região de corte, distribuídos em seis ensaios, com um tempo de corte pré-determinado de aproximadamente dez minutos, indiferente da quantidade de passes necessárias para tal, onde variou-se também as velocidades de corte a cada ensaio, totalizando seis ensaios.

Iniciou-se os testes utilizando a concentração de 5% de óleo de corte diluído em água, e com vazão de 7,2 l/min. A vazão foi medida enchendo-se um galão de 5l no tempo de aproximadamente 41,6 segundos, o que resultou na vazão de 7,2l/min.

A tabela a seguir mostra o esquema de parâmetros de corte utilizados como base para os ensaios, e mostra também os tempos de corte efetivos totais (Tc).

Tabela 1- Parâmetros de corte e desgastes

Porcentagem de Diluição	Ensaio	Velocidade de Corte (m/min)	Avanço (mm/rev)	Profundidade de Corte (mm)	Tempo de Corte (min)
5%	01	100	0,2	1	10,4
	02	150			9,99
	03	210			10,09
10%	04	100			10,35
	05	150			9,99
	06	210			10,36

Fonte: O autor (2017)

### 3.1 O corpo de prova

Os corpos de prova foram preparados com o diâmetro de 76,2mm e comprimento total de 245mm, afim de que o comprimento fosse suficiente para usinagem e para prender na placa do torno. Um furo de centro foi necessário para que os corpos de prova ficassem presos firmemente com a utilização do contra-ponta da máquina (Figura 07).

Figura 7– Corpo de prova



Fonte: O autor (2017)

### 3.2 Os ensaios

Os ensaios consistem na utilização dos fluidos de concentrações diferentes, sendo elas 5% de óleo em 95% de água nos primeiros três ensaios, onde varia-se somente as velocidades de corte, sendo elas 100m/min, 150m/min e 210m/min respectivamente, e outros três ensaios, com o emprego das mesmas velocidades de corte, na mesma sequência, mas com 10% de óleo de corte em 90% de água e comparar os resultados.

Para que se pudesse ter uma comparação qualitativa dos resultados, foram feitos ensaios de rugosidade e medição de desgaste em cada inserto utilizado, além de uma comparação entre os cavacos produzidos durante os ensaios, este último, com a intenção de verificar se a formação do cavaco seria contínuo.

### 3.3 Definição dos equipamentos para a realização dos ensaios

#### 3.3.1 O torno CNC

O torno CNC utilizado para a realização dos ensaios foi um torno ROMI GL 240, do IFSC Rau, com comando FANUC series oi-TD, representado pela Figura 08.

Figura 8- Torno CNC ROMI



Fonte: O autor (2017)

#### 3.3.2 A ferramenta

A ferramenta de corte a ser utilizada no ensaio foi o inserto TNMG 160408-NN, do fabricante LAMINA com suporte MTJNR/L 2020 K16, que são os adequados para a usinagem deste tipo de material.

O fabricante LAMINA sugere parâmetros de usinagem a serem seguidos com a utilização dos seus insertos. Estes parâmetros estão impressos na embalagem dos insertos, conforme mostrado na figura 09.

Figura 9- Parâmetros de corte indicados pelo Fabricante



Fonte: PTN Tooling (2017)

Neste caso, foram utilizados três parâmetros de velocidades de corte para teste, sendo eles 210m/min, 150m/min e 100m/min respectivamente, que são velocidades de corte recomendadas pelo fabricante.

O avanço utilizado foi o 0,2mm/revolução, e a profundidade de corte aplicada de 1,0mm, que é adequada para ferramentas de corte de raio 0,8mm.

Neste caso, não utilizamos a profundidade de 1,5mm indicada pelo fabricante, pois não haveria corpos de provas suficientes para a realização dos ensaios, inviabilizando assim esta pesquisa.

O tempo de corte estipulado para que se haja um desgaste visível na ferramenta foi de aproximadamente dez minutos, este só não foi maior, pois demandaria muito material a ser usinado, e para tal, os cálculos foram feitos tendo como base um corpo de prova com diâmetro de três polegadas, para garantir que houvesse profundidade de corte o suficiente para realizar os ensaios.

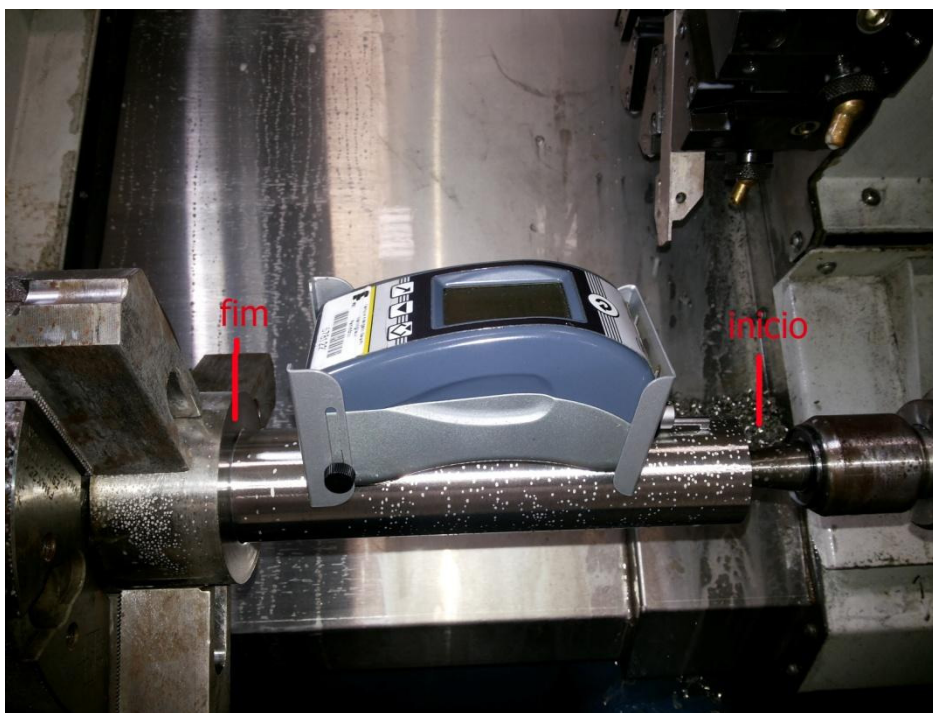
### 3.3.3 Análise de rugosidade

A norma ABNT NBR ISO 4288, sugere três medições de rugosidade à 120° de defasagem em cada passe, que neste caso foram feitas no início e no final do corpo de prova, obtendo-se um total de 342 medições.

Em cada três medições foram tiradas as médias e estas médias foram passadas para uma tabela e dos resultados de maior e menor rugosidade obtidos, foi tirado novamente a média, e estas transformadas em gráficos.

A rugosidade foi medida através de um rugosímetro TESA Rugosurf 20, apresentado na Figura 10. Esse equipamento fornece os parâmetros de rugosidade Ra, Rq, Rt e Rz dos quais, foi analisado apenas Ra.

Figura 10– Medição de rugosidade no início da barra



Fonte: O autor (2017)

Foi denominado “início da barra”, o ponto onde a ferramenta de corte inicia a usinagem, e “final da barra”, o ponto onde a ferramenta termina a operação de usinagem.

### 3.3.4 O estereoscópio

Segundo LABOR (2015) o microscópio estereoscópio tem uma capacidade de aumento de 10x à 160x, e é utilizado para visualizar tridimensionalmente e detalhadamente objetos.

Neste trabalho, o microscópio estereoscópio tem a sua utilização voltada para visualizar e fotografar o desgaste de aresta e desgaste de flanco das ferramentas após cada teste.

### 3.3.5 A emulsão

A preparação da emulsão foi feita da seguinte forma: O tanque foi limpo, e preenchido com 190l de água, e adicionados 10l de óleo de corte conforme sugerido pelo fabricante Lub Kort, realizados os três primeiros ensaios. Em seguida foram adicionados os outros 10l de óleo de corte para realizar os outros três ensaios.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 O pré-teste

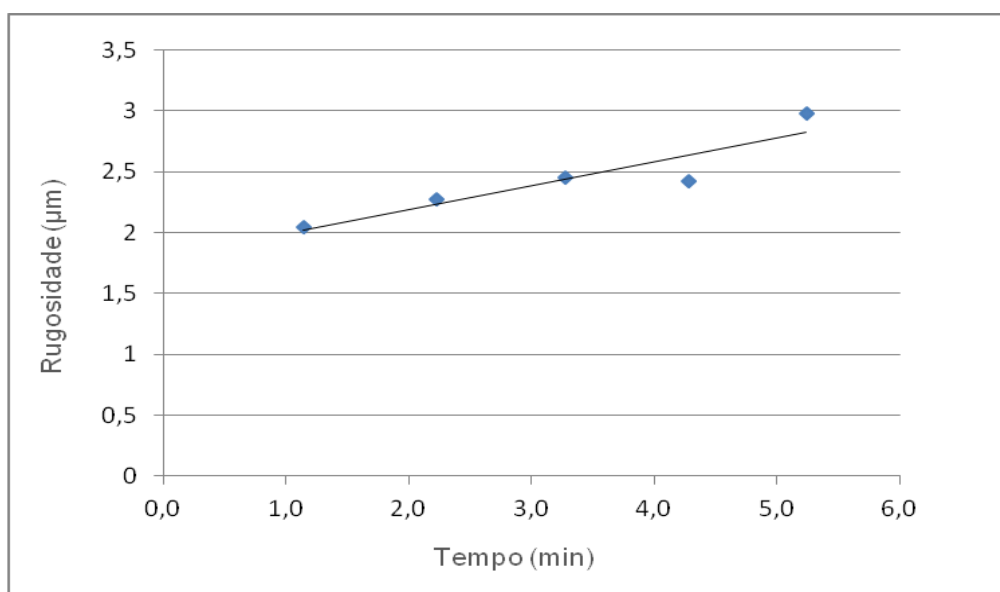
O primeiro teste realizado foi o pré-teste à seco, onde utilizou-se velocidade de corte de 210m/min, avanço de 0,2mm/rev. e profundidade de corte de 1,5mm.

O tempo de corte estipulado foi de cinco minutos. Este pré-teste foi o único caso onde foi utilizado profundidade de corte de 1,5mm.

Nos demais casos, foram utilizados 1,0mm. Isto ocorreu, pois, o fabricante LAMINA sugere profundidades de corte de 1,5mm, e o pré-teste comprovou a eficácia do corte neste Ap, porém, o mais usual no cotidiano é o Ap de 1,0mm, que será o utilizado nos testes.

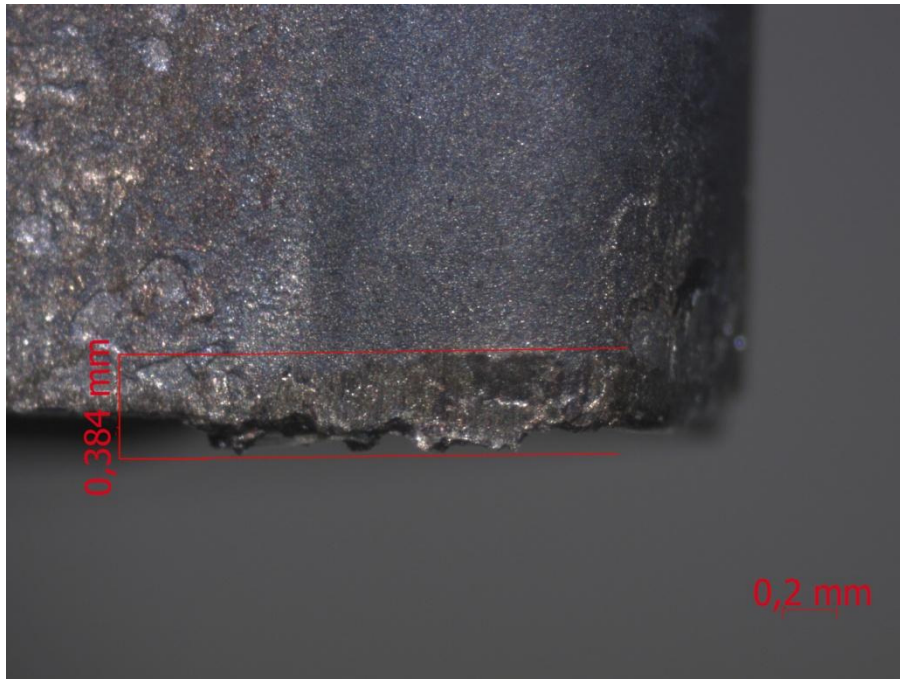
O gráfico 01 mostra um aumento drástico na rugosidade por passe num período curto de tempo, inutilizando a aresta de corte rapidamente neste pré-teste.

Gráfico 1- Pré-teste à seco



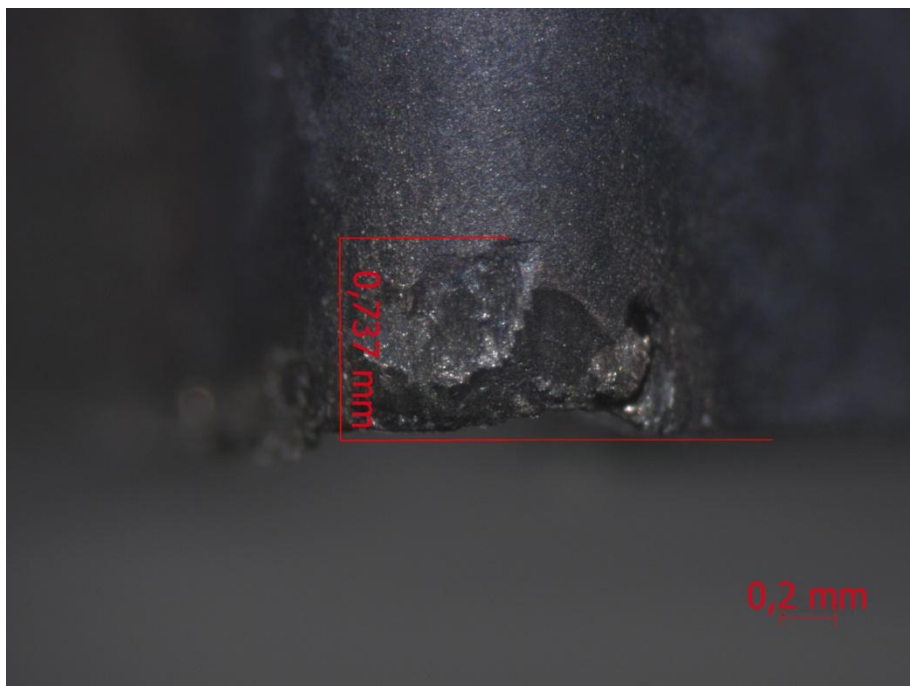
Fonte: O autor (2017)

Cinco minutos foram suficientes para desgastar a aresta de corte a ponto de inutilizá-la, conforme representado nas figuras 11 e 12.

Figura 11– Desgaste de flanco  $A_p1,5\text{mm}$  à seco

Fonte: O autor (2017)

A figura 12 representa o desgaste de flanco (ponta da ferramenta), no mesmo inserto.

Figura 12– Desgaste de ponta  $A_p1,5\text{mm}$  à seco

Fonte: O autor (2017)

Observa-se da mesma forma, um desgaste bastante acentuado, e até mesmo cavidades e aresta postiça na ferramenta, o que mostra o arrancamento de material da ferramenta causado pela condição de stress a que a mesma foi submetida.

Aresta postiça de corte é a deposição de material sobre a ponta da ferramenta e atua como aresta cortante, prejudicando a operação de usinagem. (FERRARESI 1969).

Ao final do pré-teste chegou-se a conclusão de acordo com os resultados de desgaste, que os parâmetros próximos ao trabalhado neste teste, iriam ser efetivos para a realização dos ensaios.

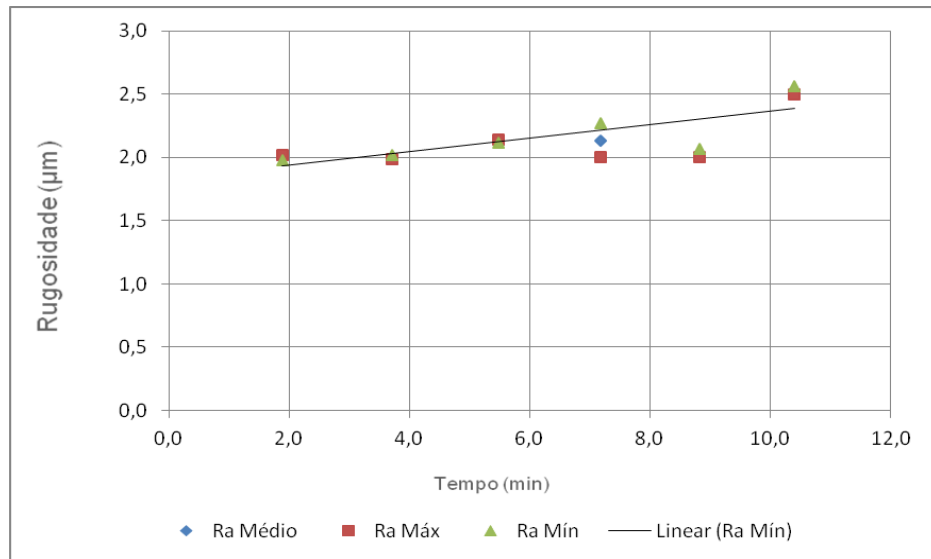
## **4.2 Ensaios de rugosidade**

Foram realizados dois ensaios com cada uma das velocidades de corte indicadas pelo fabricante, e citadas no início deste trabalho ( $V_c=100\text{m/min}$ ;  $V_c=150\text{m/min}$  e  $V_c=210\text{m/min}$ ). Em cada ensaio com uma das velocidades de corte, foram utilizadas concentrações diferentes de óleo na composição da água (5% e 10% respectivamente). A título de comparação, foram agrupados os gráficos pertencentes à cada velocidade de corte ensaiada.

### **4.2.1 Ensaios de rugosidade com $V_c$ 100m/min**

O gráfico 2 demonstra os resultados das médias de rugosidade obtidas no ensaio 1 ( $V_c=100\text{m/min}$ ; 5% de diluição) utilizando-se de seis passes e um tempo total de corte de 10,4 min e o gráfico 3 demonstra os resultados das médias de rugosidade obtidas no ensaio 4 ( $V_c=100\text{m/min}$ ; 10% de diluição) utilizando-se de oito passes e um tempo total de corte de 10,35 min.

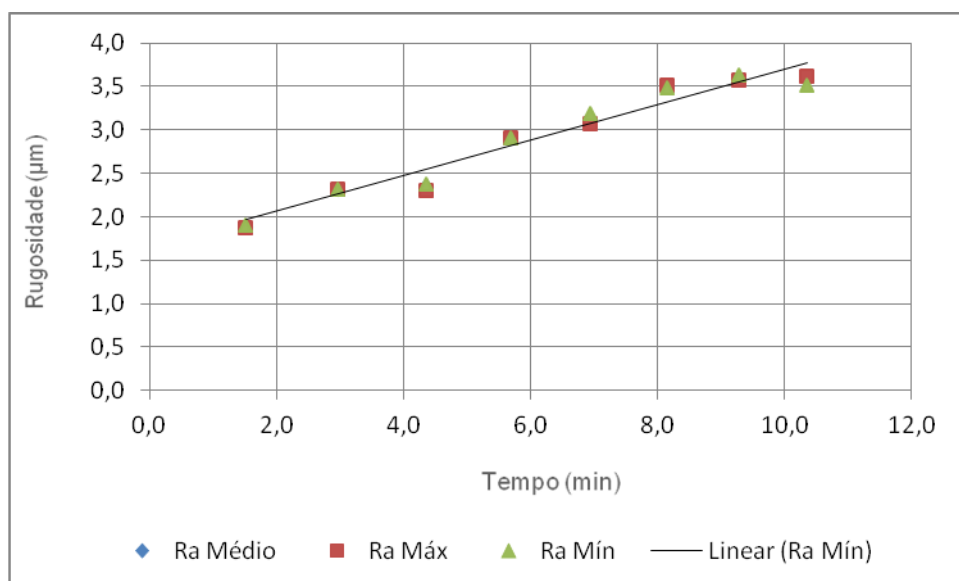
Gráfico 2- Ensaio com VC100m/min e 5%



Fonte: O autor (2017)

Após alterado a concentração de óleo para 10% de diluição, foi iniciado o ensaio 04 (Vc100m/min; 10% diluição) O gráfico abaixo demonstra os valores de rugosidade obtidos.

Gráfico 3- Ensaio com VC100m/min e 10%



Fonte: O autor (2017)

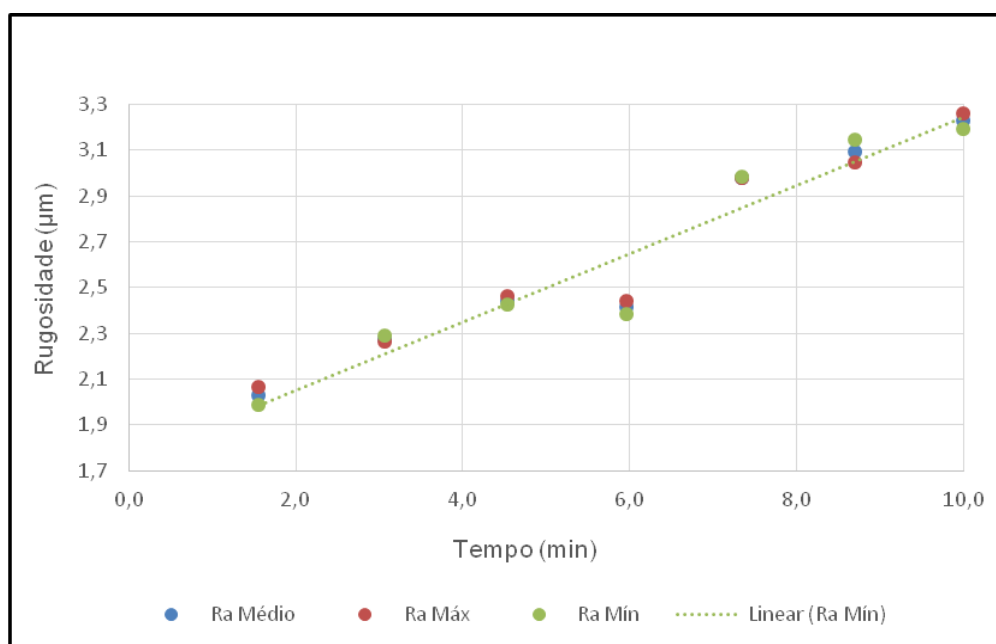
Ao comparar o resultado do ensaio 01, que foi feito com os mesmos parâmetros de corte do ensaio 4, porém com 5% de diluição, é possível afirmar que os valores de rugosidade aumentaram com a concentração maior de óleo de corte.

Este aumento na rugosidade pode ter sido ocasionado devido ao fato de que, com 10% de diluição, houve uma redução na capacidade de resfriamento do fluido, já que nestas condições havia menos água do que no ensaio 01.

#### 4.2.2 Ensaio de rugosidade a 150m/min

O gráfico 4 demonstra a rugosidade obtida no ensaio 2 ( $V_c=150\text{m/min}$ ; 5% de diluição) utilizando-se de sete passes e um tempo total de corte de 9,99 min e o gráfico 5 demonstra os resultados das médias de rugosidade obtidas no ensaio 5 ( $V_c=150\text{m/min}$ ; 10% de diluição) utilizando-se de seis passes e um tempo total de corte também de 9,99 min.

Gráfico 4- Ensaio com VC150m/min e 5%

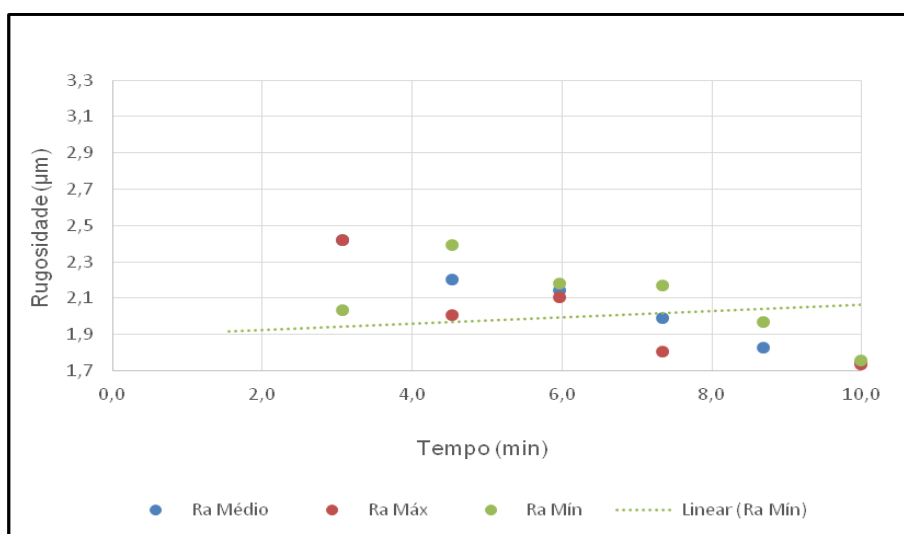


Fonte: O autor (2017)

Este segundo ensaio ainda demonstra uma rugosidade crescente, porém, constante.

Foi realizado o ensaio 05 (Vc 150m/min; 10% de diluição). Os resultados de rugosidade obtidos estão no gráfico abaixo.

Gráfico 5- Ensaio com VC150m/min e 10%



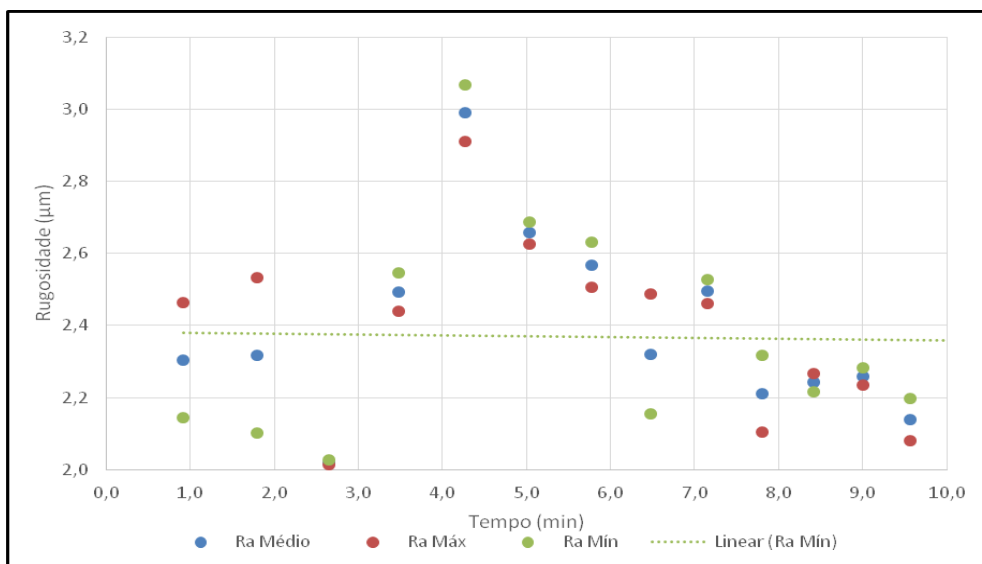
Fonte: O autor (2017)

A rugosidade neste ensaio apresenta uma diminuição drástica nos valores, indicando o menor valor de todos os ensaios. Este comportamento indica que esta condição pode ser uma ótima opção para a usinagem deste material.

#### 4.2.3 Ensaios de rugosidade a 210m/min

O gráfico 6 demonstra a rugosidade obtida no ensaio 3 (Vc=210m/min; 5% de diluição) utilizando-se de treze passes e um tempo total de corte de 10,09 min e o gráfico 7 demonstra os resultados das médias de rugosidade obtidas no ensaio 6 (Vc=210m/min; 10% de diluição) utilizando-se de quinze passes e um tempo total de corte também de 10,36 min.

Gráfico 6-Ensaio com VC210m/min e 5%



Fonte: O autor (2017)

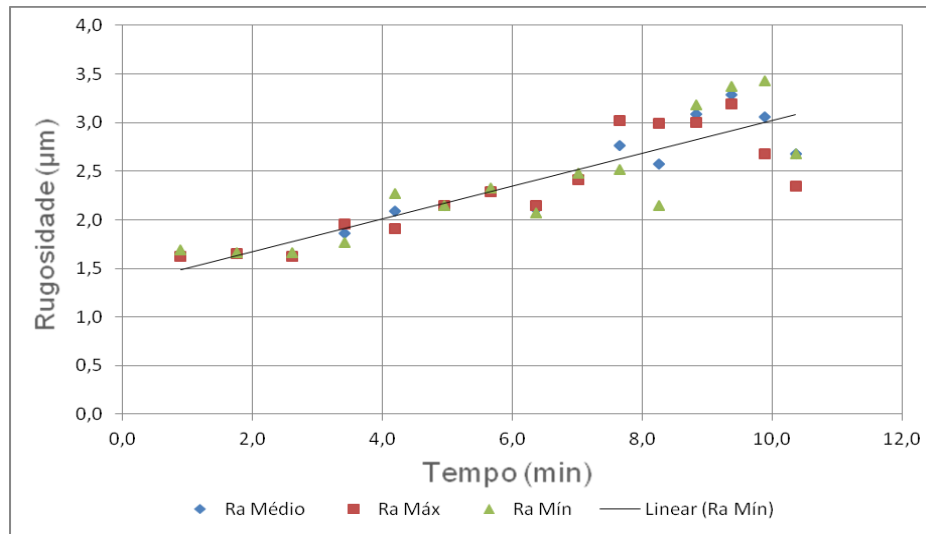
Os valores de rugosidade apresentados sofreram uma grande dispersão em relação ao tempo de corte. Não se sabe ao certo o porquê da rugosidade ter sofrido uma variação de valores tão grande, mas este caso foi o único em que os resultados sofreram uma tendência de diminuição da rugosidade ao longo do ensaio.

Esta variação pode ter sido ocasionada pelo excesso de vibração do corpo de prova em decorrência da fixação não ter sido tão eficiente. Conforme o corpo de prova foi sendo usinado, a fixação e o processo pode ter sofrido uma estabilização, favorecendo assim a redução na rugosidade.

Enfim, o último ensaio foi realizado com as mesmas especificações dos testes anteriores, porém, com concentração de óleo alterada para 10%.

:

Gráfico 7- Ensaio com VC210m/min e 10%



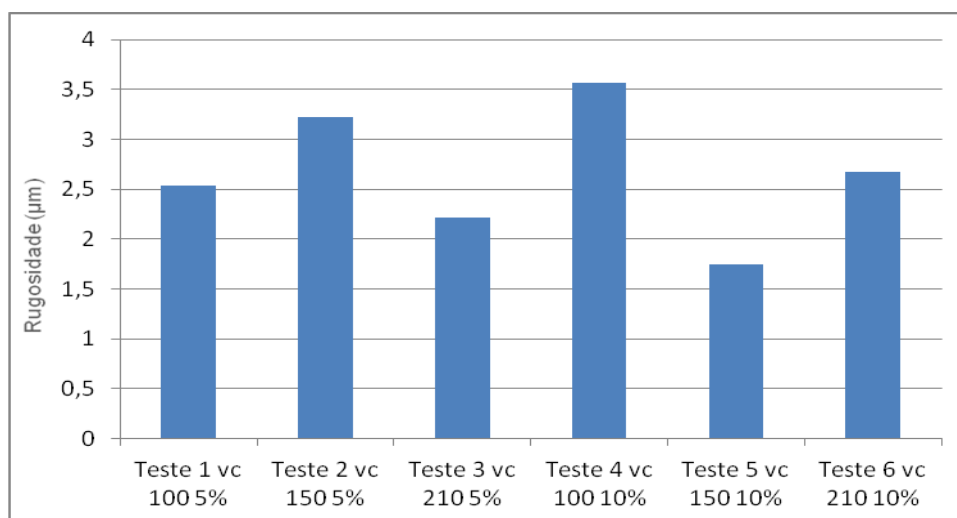
Fonte: O autor (2017)

Apesar da concentração de óleo maior na água, o desgaste de ferramenta aparenta uma tendência de crescimento, com valores relativamente altos.

Se comparado ao ensaio 03 feito nas mesmas condições, porém com 5% de diluição, o valor ao término do tempo de corte também é maior. Este mesmo comportamento foi obtido na comparação do ensaio 04.

Para sintetizar estas conclusões sobre a rugosidade, foi feito o gráfico 08 onde é possível visualizar os dados de rugosidade no término de cada ensaio (aproximadamente 10 minutos).

Gráfico 8- Rugosidade no tempo de 10min



Fonte: O autor (2018)

Uma hipótese é que no caso dos ensaios 1 e 4 onde houve maior força de corte e conseqüentemente maior geração de calor, a maior capacidade de refrigeração do fluido de corte com 5%, influenciou para que o ensaio 1 obtivesse menor rugosidade.

Comparando-se os ensaios 3 e 6, também se teve um aumento de rugosidade final com a maior concentração de óleo.

No único caso onde a  $V_c$  era o meio termo e conseqüentemente a força de corte não era nem muito grande, nem muito pequena, a maior capacidade de lubrificação do fluido, influenciou para que os testes com 10% de diluição tivessem menores valores de rugosidades, mas não tão diferentes a ponto de se justificar o uso de 10% de óleo.

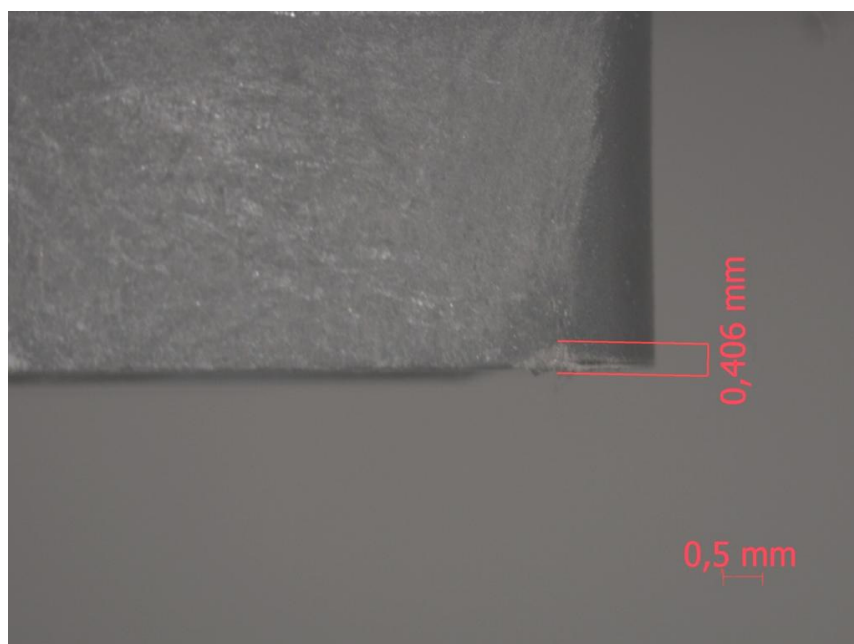
## **4.2 Análise de desgaste**

### **4.2.1 Ensaio 01(Desgaste)**

Tanto o desgaste de flanco quanto o desgaste de ponta nos insertos, não demonstraram valores muito distantes dos apresentados nos ensaios. Isso indica que a solução de óleo de corte em água se mostra eficaz em diferentes velocidades de corte na usinagem do aço inox 304.

A figura 13 demonstra um desgaste de flanco do ensaio realizado utilizando-se da  $V_c$  100m/min e 5% de diluição do fluido de corte.

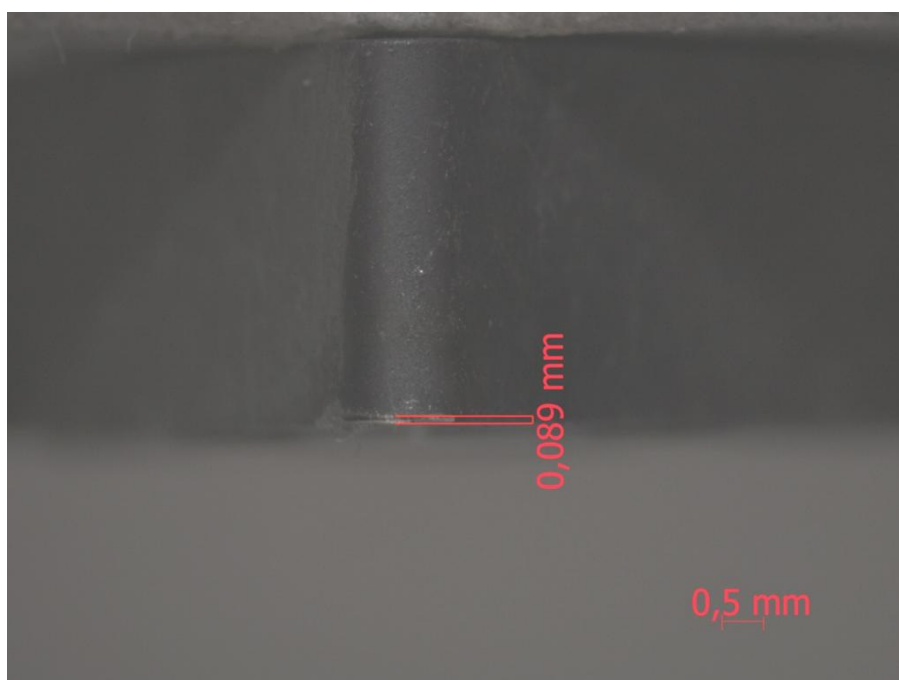
Figura 13– Desgaste de flanco Vc 100 5% de diluição



Fonte: O autor (2017)

Pode-se notar que houve um valor de desgaste de flanco considerável alto se comparado aos outros ensaios. E na figura 14 está o desgaste de ponta.

Figura 14– Desgaste de ponta vc 100 5% de diluição



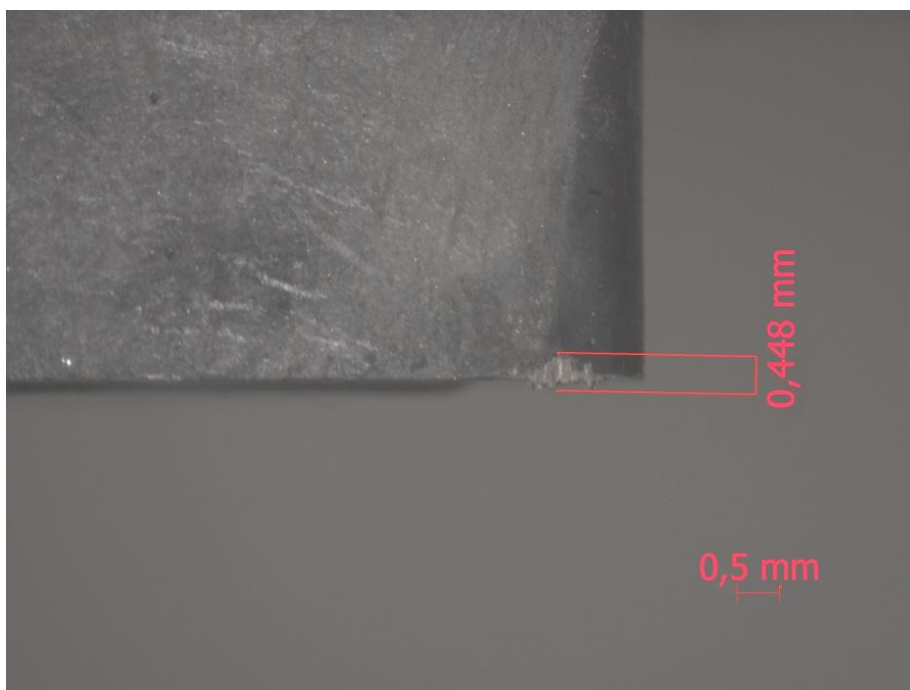
Fonte: O autor (2017)

Já o desgaste de ponta apresentou um valor baixo, se comparado aos outros ensaios. Isto pode ter ocorrido em função da baixa Vc não promover um efeito de desgaste acentuado na ponta da ferramenta.

#### 4.2.2 Ensaio 02 ( Desgaste)

A figura 15 demonstra um desgaste de flanco do ensaio realizado utilizando-se da Vc 150m/min e 5% de diluição do fluido de corte.

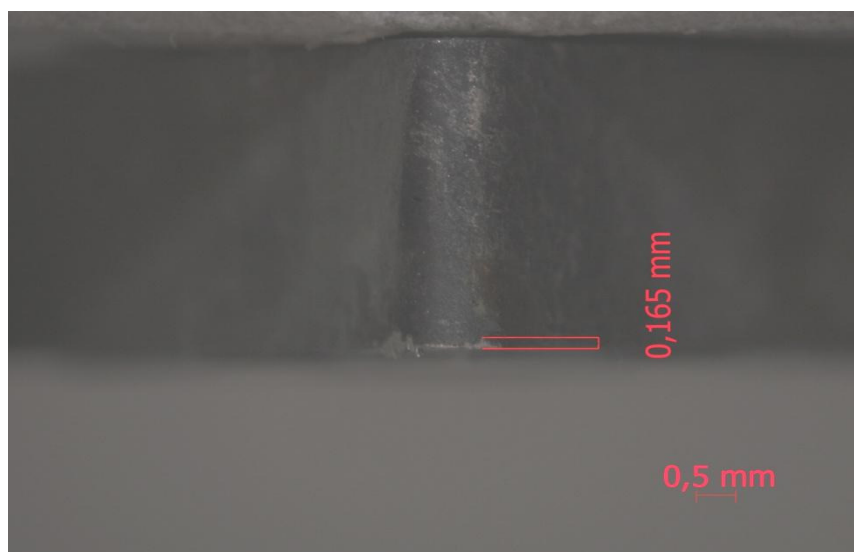
Figura 15– Desgaste de flanco Vc 150 5% de diluição



Fonte: O autor (2017)

O desgaste de flanco apresentado foi maior do que no ensaio anterior, algo que já era esperado. Porém como será apresentado nos gráficos futuros esta foi a condição que obteve maior desgaste de flanco. E na figura 16 está o desgaste de ponta

Figura 16– Desgaste de ponta Vc 150 5% de diluição



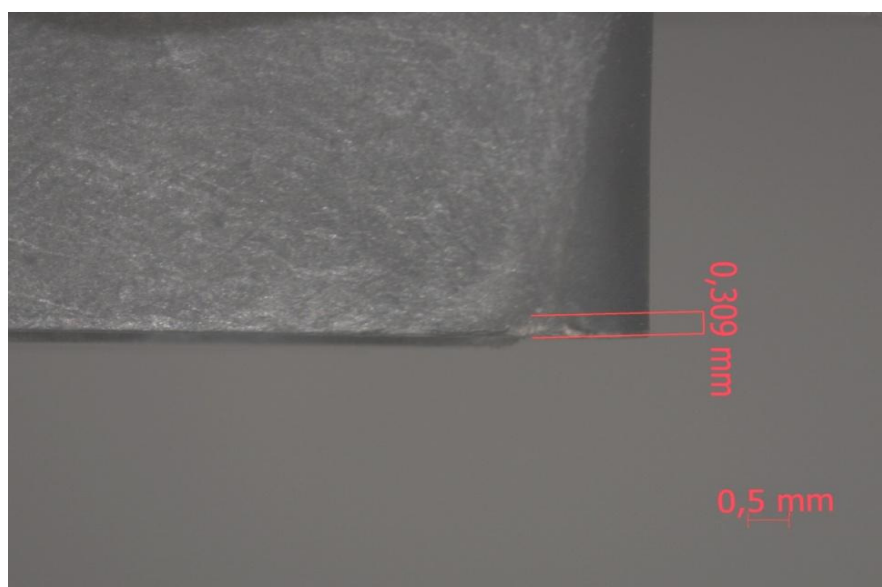
Fonte: O autor (2017)

O desgaste de ponta neste ensaio também foi maior que o do ensaio anterior e obteve o maior desgaste de ponta entre todos os resultados.

#### 4.2.3 Ensaio 03 (Desgaste)

Este ensaio demonstrou resultados expressos nas figuras 17 e 18 onde é possível visualizar um desgaste de flanco e de ponta respectivamente após dez minutos de tempo de corte.

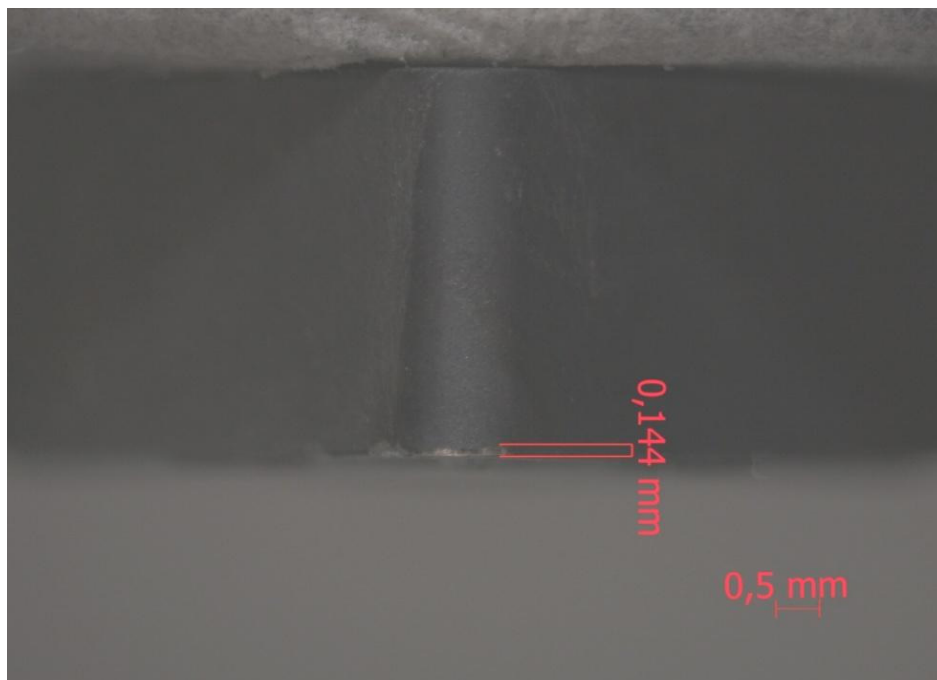
Figura 17– Desgaste de flanco Vc210m/min 5%



Fonte: O autor (2017)

Dentre os ensaios com 5% de diluição, esta condição foi a que apresentou um menor desgaste de flanco entre todos os outros ensaios. Na figura 18 está o desgaste de ponta.

Figura 18– Desgaste de ponta Vc210m/min 5% de diluição



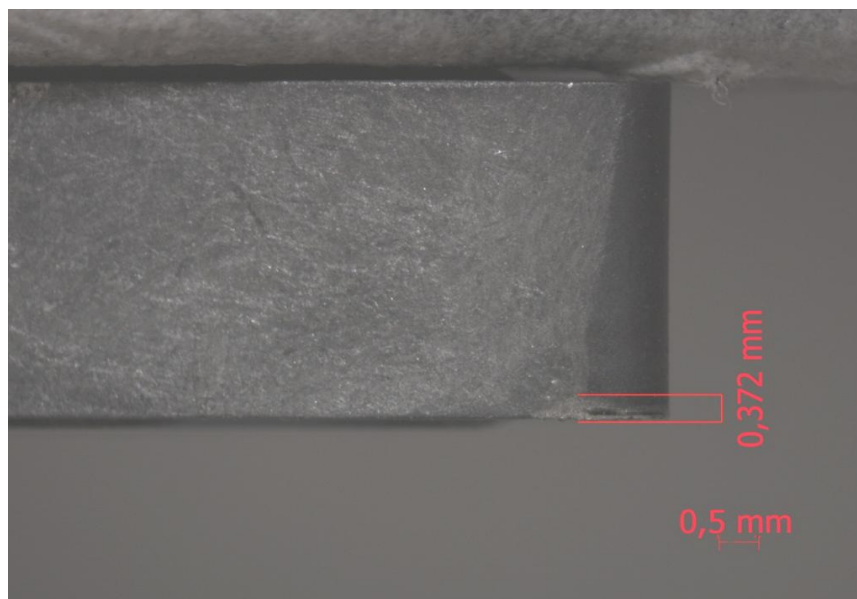
Fonte: O autor (2017)

Já o resultado de desgaste de ponta foi razoável sendo o segundo melhor.

#### 4.2.4 Ensaio 04 (Desgaste)

Com a concentração de óleo de corte dobrada agora no quarto teste, observa-se imediatamente uma redução no desgaste do flanco de corte do inserto, mesmo que pequena, utilizando-se da mesma velocidade de corte do teste anterior, conforme apresentado na figura 19.

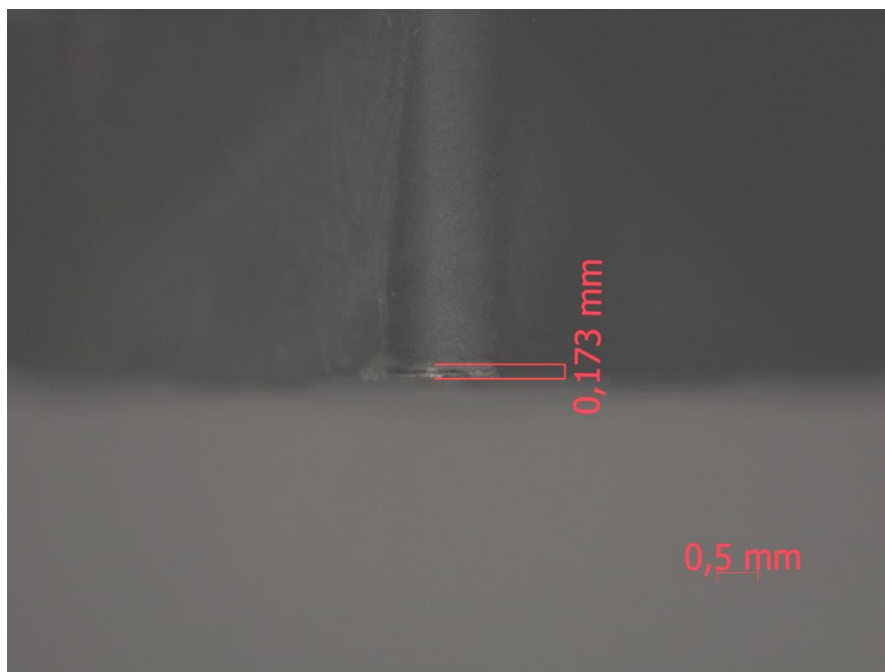
Figura 19– Desgaste de flanco vc 100 10% de diluição



Fonte: O autor (2017)

O desgaste de ponta não obteve uma variação significativa, bem diferente do desgaste de flanco, que reduziu significativamente após o incremento de 10% na concentração de óleo de corte.

Figura 20– Desgaste de ponta Vc 100 10% de diluição

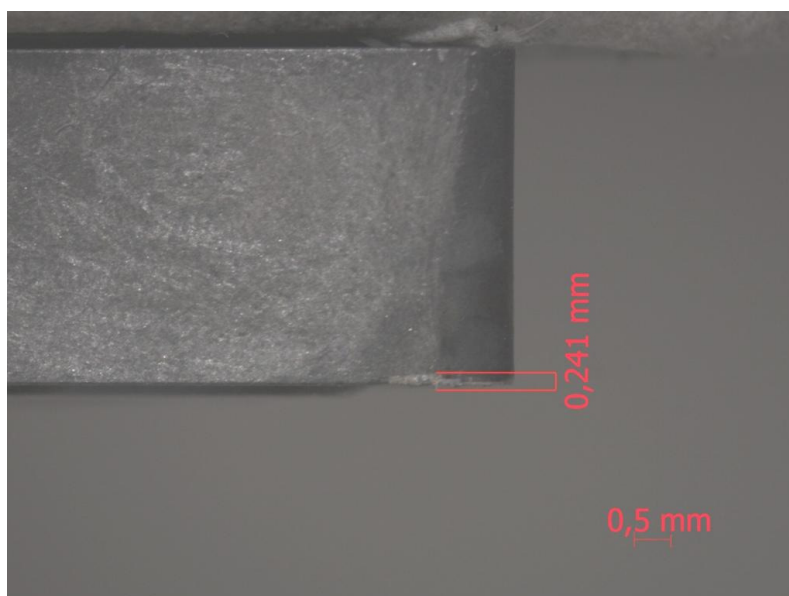


Fonte: O autor (2017)

#### 4.2.5 Ensaio 05 (Desgaste)

Agora, com a velocidade de corte aumentada para 150m/min, o desgaste de flanco mostrou-se ainda menor no teste 05, apesar da velocidade de corte ser maior do que no ensaio 04.

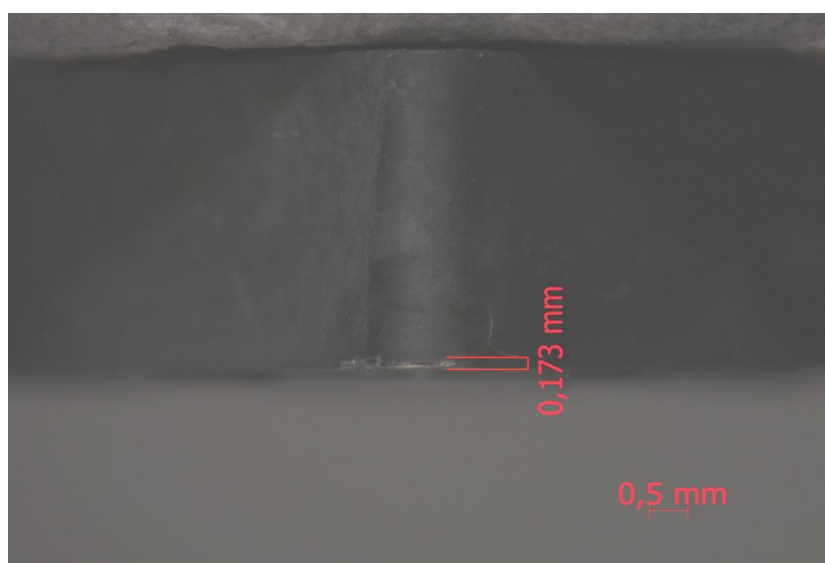
Figura 21– Desgaste de flanco Vc 150 10% de diluição



Fonte: O autor (2017)

O desgaste de ponta continua pequeno como é apresentado na figura 22.

Figura 22– Desgaste de ponta vc 150 10% de diluição

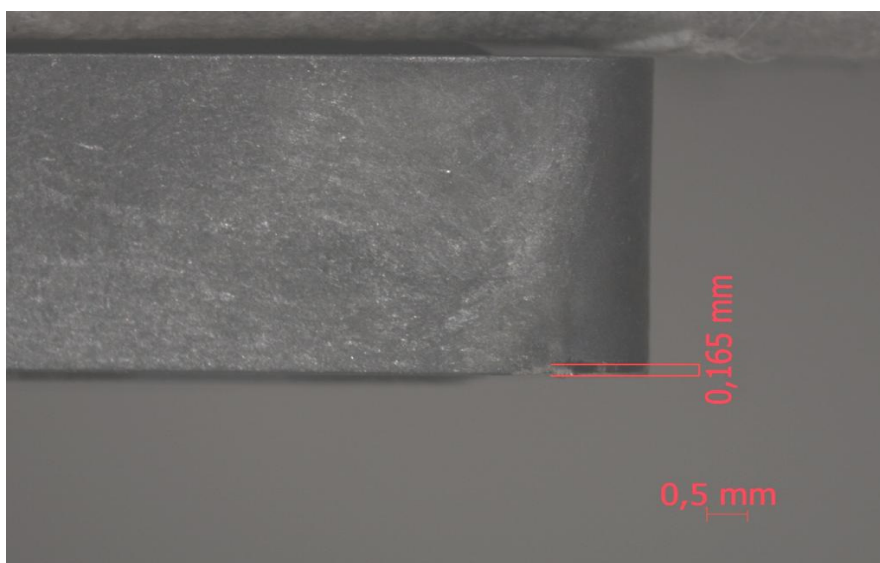


Fonte: O autor (2017)

#### 4.2.6 Ensaio 06 (Desgaste)

O sexto e último teste com  $v_c=210\text{m/min}$  exibiu um desgaste de flanco pequeno, em torno de  $0,1\text{mm}$ , o que conclui que utilizando refrigeração, os desgastes não sofrem grande variação com diferentes velocidades de corte

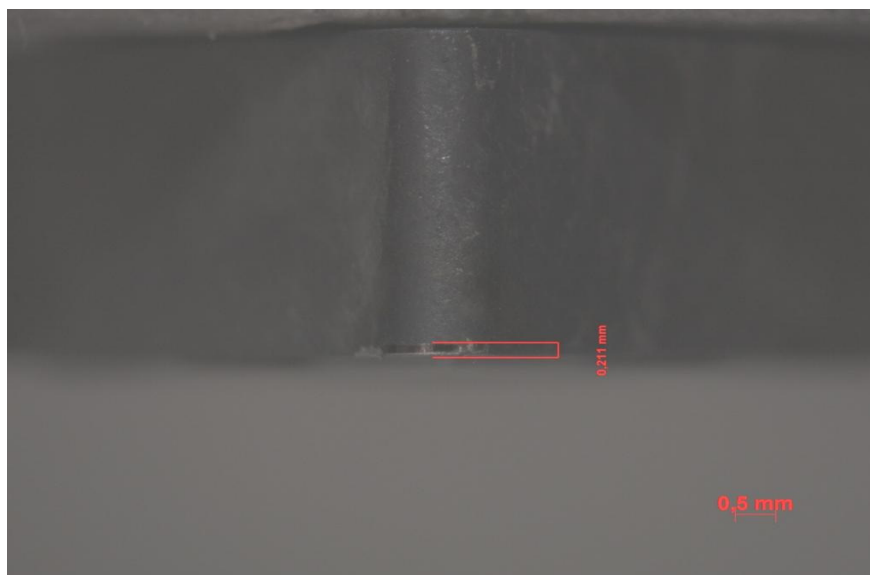
Figura 23– Desgaste de flanco  $V_c$  210 10% de diluição



Fonte: O autor (2017)

E da mesma forma. O desgaste de ponta não apresentou valor muito distante dos ensaios anteriores, o que demonstra mais uma vez que o desgaste de ferramenta não é tão afetado pela velocidade de corte, e, tampouco pela quantidade de fluido refrigerante misturado com a água.

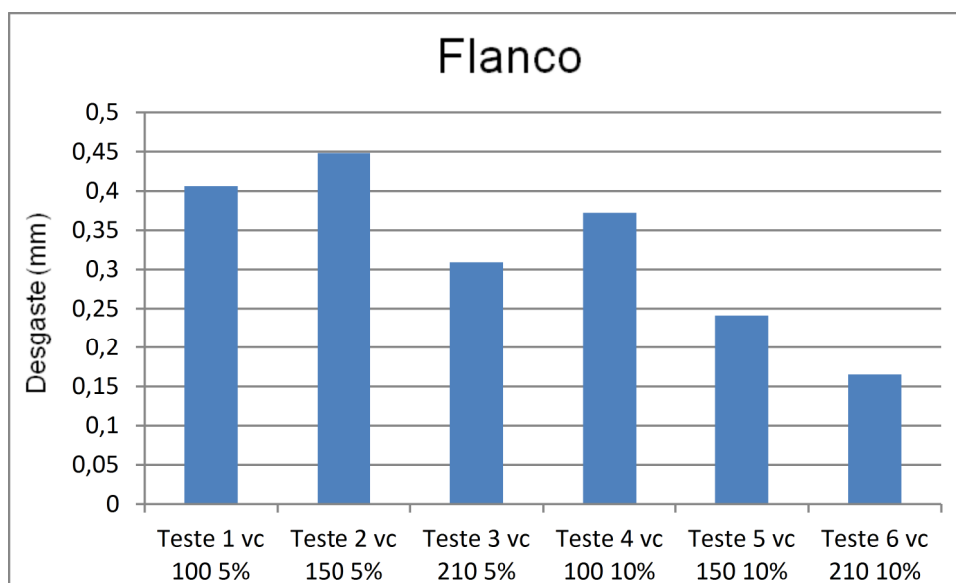
Figura 24– Desgaste de ponta Vc 210 10% de diluição



Fonte: O autor (2017)

Da mesma forma que na avaliação dos resultados de rugosidade, foram gerados um gráfico para os resultados de desgaste de flanco das ferramentas, e outro para o desgaste de ponta, a fim de se comparar os resultados também de desgaste de ferramenta. O gráfico 9 apresenta os valores medidos de desgaste de flanco:

Gráfico 9- Desgaste de Flanco



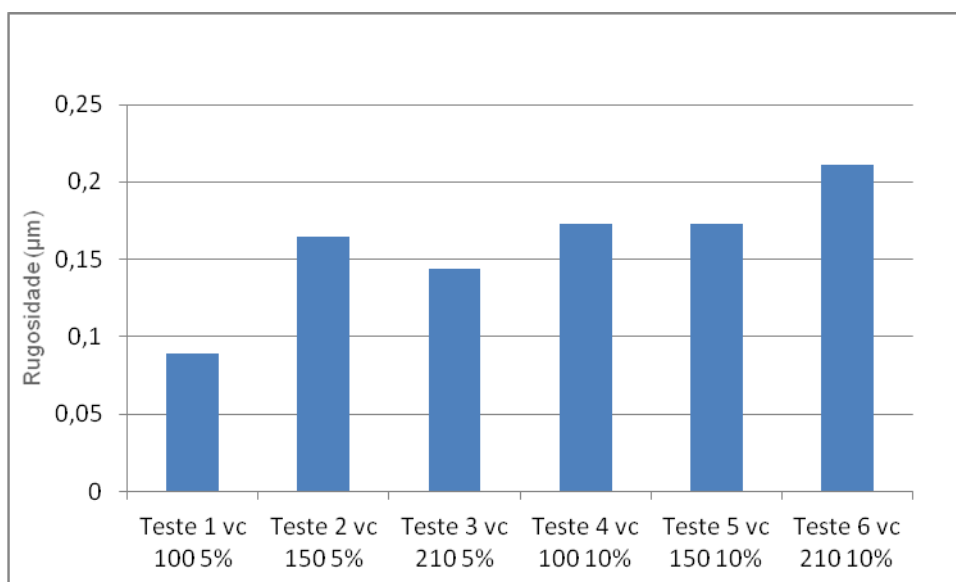
Fonte: O autor (2018)

Observa-se uma tendência de aumento de desgaste de flanco ao passo que a velocidade de corte diminui, independente da concentração de óleo presente na água, o que prova que quanto maior a velocidade de corte, desde que respeitadas as condições do fabricante, maior a vida útil da ferramenta.

Com exceção dos valores na velocidade de corte de 100m/min, que sofreu uma variação relativamente grande, o desgaste de ponta apresentou-se com um pouco mais de equilíbrio em seus valores, conforme mostra o gráfico 10.

Observa-se também que com concentração de óleo maior, obteve-se um resultado com valores de desgaste de flanco menores, porém, maiores valores de desgaste de ponta.

Gráfico 10- Desgaste de Ponta



Fonte: O autor (2018)

Partindo da análise destes gráficos de desgaste, é possível levantar a hipótese de que o fluido de corte com maior taxa de refrigeração, ou seja, com maior quantidade de água, resulta em um menor desgaste de ponta nos insertos. Já o fluido de corte com maior taxa de lubrificação, ou seja, com maior quantidade de óleo, proporciona um menor desgaste de flanco.

A figura 25 a seguir apresenta amostras de cavaco resultantes dos seis ensaios realizados.

Em todos os casos o cavaco apresentou-se curto e quebradiço. Provavelmente esta semelhança tenha ocorrido, pois em todas as situações o jato de fluido foi projetado com pressão contra o cavaco quente, não permitindo que o mesmo se tornasse contínuo.

A única exceção foi no ensaio com Vc 210m/min e 5% de concentração de óleo,, onde algumas lamelas de cavaco saíram com aspecto contínuo no início do corte, mostrando que não é um bom parâmetro a ser seguido, pois o cavaco contínuo não é desejado durante a usinagem.

Figura 25 - Cavaco produzido nos ensaios



Fonte: O autor (2017)

## 6 CONCLUSÃO

Neste capítulo são mencionadas as conclusões obtidas neste trabalho, que teve como objetivo analisar o comportamento de duas concentrações diferentes de óleo de corte, variando três velocidades de corte durante dez minutos de torneamento de aço inox 304 para cada  $V_c$  utilizada. As velocidades de corte utilizadas para os ensaios foram respectivamente  $V_c=100\text{m/min}$ ;  $V_c=150\text{m/min}$  e  $V_c=210\text{m/min}$ , e em cada uma delas um ensaio foi realizado com o percentual de 5% de óleo de corte em água, e mais um ensaio com cada  $V_c$ , porém, com 10% de óleo na mistura com água.

Para obter-se resultados, foram feitas medições de rugosidades durante os ensaios, e os valores nos ensaios ficaram a maioria entre  $2\mu\text{m}$  e  $3\mu\text{m}$  aproximadamente, indiferente da concentração de óleo utilizada. No contexto geral, a única melhora obteve-se na  $V_c 150\text{m/min}$ , com a maior concentração de óleo.

Além dos ensaios de rugosidade, foi medido e avaliado o desgaste de flanco e da ponta de cada ferramenta após os ensaios, e por um lado, houve diminuição no desgaste de flanco após a adição de óleo, ao passo que houve piora no desgaste de ponta após a adição, o que torna indiferente a concentração de 5% e 10% de óleo de corte em água nestes casos.

Por último, uma breve avaliação do cavaco mostrou que o mesmo também não mudou muito no decorrer dos ensaios, com exceção da condição de corte  $V_c 210\text{m/min}$  e 5% de óleo de corte, que foi a única que formou cavaco parcialmente contínuo, enquanto em todas as outras condições, o cavaco foi curto, que é o mais requerido nas operações de usinagem.

Diante das análises efetuadas e do estudo realizado, conclui-se através dos gráficos de rugosidade, bem como das fotos de desgaste dos insertos, que a duplicação da quantidade de óleo de corte não apresenta resultados tão satisfatórios a ponto de justificá-la, portanto, conclui-se que não é necessário utilizar 10% de óleo na preparação da emulsão.

## 7 REFERÊNCIAS

ALVES, S. M., “Adequação Ambiental do processo de retificação através de um novo conceito de fluido de corte”. Tese (doutorado), 199 f., Departamento de Engenharia Mecânica, EESC/USP, São Carlos. 2005.

BELL, TERENCE. AK Steel Product Data Sheet. 304/304L Stainless Steel. Disponível em: <http://metals.about.com/od/specification1/a/Types-304-And-304L-Stainless-Steel.htm>  
Acesso em 29 de março de 2017.

BOOTHROYD, G.; KNIGHT, W. A., “Fundamentals of machining and machine tools”. 2nd edition – New York: Marcel Dekker, 1989.

CHIAVERINI, V., 2012, “Aços e Ferros Fundidos”. ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo.

FERNANDES, Viviane Kettermann; MARTENDAL, Caroline Pereira. Desgaste e os seus mecanismos. Disponível em: <http://engenheirodemateriais.com.br/2017/11/03/desgaste-e-os-seus-mecanismos/>  
Acesso em 24/06/2018.

FABIANI, Matheus. Rugosidade das superfícies. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfXcgAB/rugosidade#>.  
Acesso em 24/06/2018.

FERRARESI, Dino. Fundamentos da usinagem dos metais. Ed. Edgard Blücher, São Carlos, p XXVI, 369, 512 e 552

GLOYNA, E.F., LI, L., 1998. “Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation”. Wiley, New York.

GREELEY, M., Rajagopalan, N., 2004. "Impact of environmental contaminants on machining properties of metal working fluids". Tribol, Int. 37, p. 327–332.

GUHRING, Hollfelder. Motivos para revestir ferramentas de corte. Disponível em: <http://www.guhring.com.br/servicos/revestimentos>: Acesso em: 10/03/2018.

KUSTAS, F. M.; Fehrehnbacher, L. L.; Komanduri, R., 1997, "Nanocoatings on cutting tools for dry machining". Annals of the CIRP, v. 46, n.1, p. 39-42. Germany: ANSI, Oct. 1982.

LABOR, Max. Funcionamento do estereoscópio. Disponível em: <http://www.maxlabor.com.br/blog/estereoscopio/> Acesso em 23/06/2018.

MACHADO, A.R.; COELHO, R.T.; ABRÃO, A.M; DA SILVA, M.B., 2009, Teoria da Usinagem dos Materiais. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, p 384.

Metal duro. Disponível em: [https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/coated\\_cemented\\_carbide](https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide) Acesso em 19/05/2018.

Metal Profile: Austenitic Stainless. Disponível em: <http://metals.about.com/od/properties/fl/Metal-Profile-Stainless-Steel.htm> Acesso em 29/03/17.

NEHRING, José Eduardo – Usinagem completa. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPKwAF/usinagem-completa#> Acesso em 23/06/2018.

NINGSHEN, S., Mudali, U. K., Mittal, V. K., Khatak, H. S., 2007, "Semiconducting and Passive Film Properties of Nitrogen-containing tyoe 316LN stainless steel". Corrosion Science, v. 49, p. 481-496.

PENTEADO, Prof. Fernando. Ferramentas para usinagem. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACH8AH/ferramentas-usinagem>.

Acesso em 24/06/2018.

RODRIGUES, Julio. Revestimento em PVD. Disponível em: <http://blog.acafonline.com.br/revestimento-ou-cobertura/>

RUFFINO, Engenheiro Rosalvo Tiago. Fundamentos da usinagem dos metais. Fluidos de corte. Ed. Edgard Blücher, São Carlos, p. 512 à 519.

SEDRIKS, A. J., 1996, "Corrosion of Stainless Steel ". A Wiley-Interscience Publications, New York.

SHASHIDHARA, Y.M.; Jayaram, S.R. "Vegetable oil Based Lubricants for Industrial Applications-A Review". In: Proceedings of the International Conference on Industrial Tribology-06, 30th November–2nd December, Indian Institute of Science, Bangalore, India, 2006.

SOUZA, J.F., Kawachi, E. Y. Vegetable-based cutting fluids evaluation in drilling compacted iron II: International Conference of Sustainable Life in Manufacturing – SLIM2010, 2010, Isparta. In: Proceeding... Isparta: Suleyman University, 2010. V.1.p 70-80

TRENT, E. M., 1991, "Metal Cutting", Department of Metallurgy and Materials, University of Birmingham. p.132. Disponível em: <http://allaboutmetallurgy.com/wp/wp-content/uploads/2016/12/Metal-Cutting-by-Trent.pdf>

Acesso em 23/06/2018.

VALIO, Roberto. Torneamento: Princípios e Produtos para melhorar a produtividade. Disponível em: <http://www.kennatech.com.br/admin/uploadck/files/Torneamento.pdf>.

Acesso em 24/06/2018.