

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA MECÂNICA
EDWILSON FIRMINO DE CARVALHO

| | |
|------------|----------|
| N. CLASS. | M620.106 |
| CUTTER | C33.1e |
| ANO/EDIÇÃO | 2012 |

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO TORNEAMENTO
CONVENCIONAL DO AÇO ABNT 4340

Varginha

2012

FEPESMIG

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA MECÂNICA
EDWILSON FIRMINO DE CARVALHO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO TORNEAMENTO
CONVENCIONAL DO AÇO ABNT 4340

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do Prof. Ms. Tarcísio Gonçalves de Brito.

Varginha

2012

FEPESMIG

EDWILSON FIRMINO DE CARVALHO

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO TORNEAMENTO
CONVENCIONAL DO AÇO ABNT 4340**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia
Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas –
UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau
de bacharel pela Banca examinadora:

Aprovado em / /

Prof. Ms. Tarcísio Gonçalves de Brito

OBS.:

Dedico este trabalho a todos meus professores, pelos conhecimentos passados, aos amigos pela ajuda nos momentos difíceis e principalmente aos meus Pais pelo incentivo e compreensão e em especial minha irmã Ariela, que foi alegrar o céu com sua energia durante essa caminhada tão difícil.

"Minhas imperfeições e fracassos são como uma bênção de Deus, assim como meus sucessos e meus talentos, e eu coloco ambos a seus pés." (Mahatma Gandhi)

Grupo Educacional UNIS

RESUMO

O mercado consumidor vem exigindo cada vez mais produtividade e menor custo final dos produtos, visando isto, é muito importante no processo de fabricação por remoção de cavaco, fazer com que a durabilidade da ferramenta aumente e como consequência a mesma não impacte no o custo final do produto mais do que o esperado. Pensando nisto, com o auxilio do professor orientador, Fizemos um estudo do uso de fluido de corte durante a usinagem em um torno mecânico convencional de um aço ABNT 4340, para observar o desgaste da ferramenta e também o acabamento da superfície (rugosidade) de uma peça durante o processo, mais precisamente, tentando chegar o mais próximo da realidade possível das indústrias que trabalham com tonos convencionais, que hoje, são utilizados para usinagem de manutenção e em empresas de pequeno porte no ramo de usinagem, o propósito foi observar se o fluido de corte influencia durante o processo torneamento convencional de um aço ABNT 4340 nos aspectos de rugosidade e desgaste da ferramenta.

Palavras-chaves: Fluido de corte. Rugosidade. Desgaste da ferramenta.

ABSTRACT

The consumer market is increasingly demanding productivity and lower final cost of the product, aimed this is very important in the manufacturing process by chip removal, cause the tool life increase and as a consequence it does not impact on the final cost product more than expected. With this in mind, with the help of the tutor, we made a study of the use of cutting fluid during machining on a lathe from a conventional steel ABNT 4340, to observe tool wear and also the surface finish (roughness) of a part in the process, more precisely, trying to get as close to reality as possible industries that work with conventional tones, which today are used for machining maintenance and small businesses in the field of machining, the purpose was to observe if the cutting fluid influences during the turning of a conventional steel ABNT 4340 aspects of rugosidadel and tool wear.

Keywords: cutting fluid. Roughness. Tool wear.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Esquemática do processo de disposição de fluidos usados. | 20 |
| Figura 2 - Foto do inserto utilizado no desbaste | 29 |
| Figura 3 - Foto do inserto utilizado no acabamento | 29 |
| Figura 4 - Material usado no torneamento | 31 |
| Figura 5 - Torno utilizado no experimento | 31 |
| Figura 6 - Fluido de corte emulsionável em água utilizado no experimento | 32 |
| Figura 7 - Usinagem sem o uso de Fluido de corte (a seco) | 32 |
| Figura 8 - Usinagem com o uso de Fluido de corte..... | 33 |
| Figura 9 - Rugosímetro | 34 |
| Figura 10 - Medição sem o uso de fluido de corte | 35 |
| Figura 11 - Medição com o uso de fluido de corte..... | 35 |
| Figura 12 - Foto do material usinado e preparado para a medição de rugosidade | 37 |
| Figura 13 - Medição de Ra e Ry sem o uso de fluido..... | 39 |
| Figura 14 Medição dos parâmetros Ra e Ry com o uso de Fluido de corte..... | 41 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição química aço SAE 4340..... | 25 |
| Tabela 2 - Parâmetros indicados e utilizados..... | 33 |
| Tabela 3 - Parâmetros indicados e utilizados..... | 33 |
| Tabela 4 - Compilado dos resultados (Ra)..... | 37 |
| Tabela 5 - Compilado dos resultados (Ry)..... | 39 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 - Definição gráfica do parâmetro Ra | 23 |
| Gráfico 2 - Parâmetros de rugosidade R_y , R_{max} e percurso de medição..... | 23 |
| Gráfico 3 - Desgaste da ferramenta | 36 |
| Gráfico 4 - Torneamento a seco | 38 |
| Gráfico 5 - Torneamento com fluido | 38 |
| Gráfico 6 - Comparativo entre os processos | 38 |
| Gráfico 7 - Torneamento sem fluido (R_y) | 40 |
| Gráfico 8 - Torneamento com fluido (R_y) | 40 |
| Gráfico 9 - Comparativo entre os resultados (R_y)..... | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 Torneamento | 13 |
| 2.2 Usinabilidade | 13 |
| 2.3 Fluidos de corte | 14 |
| 2.3.1 Função dos fluidos de corte..... | 15 |
| 2.4 Classificação dos fluidos de corte | 16 |
| 2.4.1 Fluidos de corte solúveis em água..... | 16 |
| 2.4.2 Emulsões | 17 |
| 2.4.3 Fluidos sintéticos | 17 |
| 2.4.4 Fluidos semi-sintéticos | 18 |
| 2.4.5 Manutenção dos fluidos de corte..... | 18 |
| 2.4.6 Descarte..... | 19 |
| 3 RUGOSIDADE | 21 |
| 3.1 Perfil da superfície usinada | 21 |
| 3.2 Expressões para rugosidade | 22 |
| 3.3 Parâmetros de rugosidade | 22 |
| 3.3.1 Análise de rugosidade..... | 24 |
| 4 AÇO 4340 | 25 |
| 4.1 Aplicações | 25 |
| 4.2 Composição química | 25 |
| 5 METALURGIA DO PÓ | 26 |
| 5.1 Caracterização das ferramentas cerâmicas | 26 |
| 6 DESENVOLVIMENTO | 27 |
| 7 FERRAMENTA UTILIZADA | 28 |
| 8 SOBRE A PRÁTICA EXPERIMENTAL | 29 |
| 8.1 Conduzindo o experimento | 29 |
| 8.1.1 Execução do experimento | 30 |
| 9 RESULTADOS | 35 |
| 10 CONCLUSÕES | 42 |
| REFERÊNCIAS | 44 |

1 INTRODUÇÃO

Numa era de economia global, não é mais possível garantir a sobrevivência das empresas apenas exigindo que as pessoas façam o melhor que puderem. Com o avanço da tecnologia, as empresas estão tendo cada vez mais condições de gerenciar seus processos para atender seus clientes com qualidade e custo acessível. Na questão em foco, processo de fabricação por remoção de cavaco, mais precisamente torneamento, a tecnologia teve um enorme avanço. Hoje no mercado fala-se muito em usinagem CNC (Comando Numérico Computadorizado), nas indústrias de usinagem, essa tecnologia faz a diferença no mercado que está cada dia mais competitivo.

O torneamento CNC nos permite trabalhar com parâmetros que vão se ajustando de acordo com que se vai usinando a peça, ou seja, a medida que o diâmetro de um eixo vai diminuindo, a velocidade de corte não se altera de maneira considerável, para que isso aconteça, a máquina ajusta a rotação conforme o diâmetro da peça que esta sendo usinada, para que a VC (velocidade de corte) continue constante, já que a VC é calculada em função de diâmetro e rotação, $VC = \pi D N / 1000$ (m/min). Isso faz com que o torneamento CNC, esteja sempre dentro dos parâmetros corretos indicados pelo fabricante da ferramenta.

Isso não acontece na usinagem convencional, à medida que o diâmetro vai diminuindo, se o operador não alterar os parâmetros da máquina, a VC também vai diminuindo, com isso, não conseguimos fazer com que os parâmetros corretos indicados pelo fabricante, estejam sempre dentro do especificado.

Por este motivo, fizemos um estudo sobre a influência do fluido de corte no torneamento convencional de um aço ABNT 4340, este estudo foi feito para ver se é necessária a utilização de fluido de corte no torneamento convencional, pois que apesar da tecnologia CNC, esse tipo de máquina ainda é muito utilizado, principalmente em usinagem de manutenção, onde não acontece usinagens em serie, somente usinagens para reparo de máquinas, e também em empresas de pequeno porte deste ramo de trabalho. A grande maioria das empresas de grande porte tem uma manutenção a sua disposição, e nessa manutenção encontram-se maquinas convencional, dentre elas, o torno, que é a máquina em questão em nosso estudo.

A proposta do trabalho foi avaliar em uma simulação mais próximo possível da realidade de uma usinagem de manutenção se o fluido de corte influencia no torneamento convencional de um aço ABNT 4340, utilizando parâmetros dentro do indicado pelo

fabricante da ferramenta, nos aspectos de desgaste da ferramenta e rugosidade (acabamento da superfície) R_a e R_y , parâmetros escolhidos por serem os mais utilizados na medição de rugosidade de eixos. A escolha deste material se deu por ser muito utilizado para reparos de manutenção, por ter uma boa resistência mecânica e tenacidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo, analisar as contribuições teóricas que serão utilizadas para a estruturação deste estudo. Buscando todo conceito da utilização do fluido de corte durante o processo de usinagem.

2.1 Torneamento

Para assimilar melhor a ideia do artigo descrito abaixo, vamos enfatizar um pouco sobre a máquina ferramenta utilizada na prática. Segundo Ferraresi (1977), torneamento é, “Processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies por revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto a peça em torno de seu eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória retilínea.” Quanto à forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo.

Ainda segundo Ferraresi (1977), torneamento retilíneo é o processo no qual a ferramenta se desloca em uma trajetória retilínea e podem ser classificadas como:

- Torneamento cilíndrico,
- Torneamento cônico,
- Torneamento radial,
- Perfilamento.

Falando um pouco sobre o tipo de torneamento utilizado no experimento, temos. “Torneamento Cilíndrico- Processo no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo de rotação da máquina.” (FERRARESI 1977)

2.2 Usinabilidade

Segundo Diniz (2003) “usinabilidade pode ser definida como uma grandeza tecnológica que expressa, por meio de um valor numérico comparativo, um conjunto de propriedades de usinagem de um material em relação a outro tomado como padrão”. Para se obter uma boa usinabilidade, fatores devem ser levados em consideração, como,(...) “dureza do material, estrutura do equipamento, as características da ferramenta de corte devem ser apropriadas para a usinagem” (FERRARESI 1977). Analisando o quesito ferramentas de corte, Diniz (2003) identifica que “não existe uma classificação geral de materiais para

ferramentas”. Entretanto, “tomando em conta suas características químicas os materiais para construção de ferramentas de corte podem ser agrupados em aços rápidos, aços rápidos com cobertura, metal duro, metal duro com cobertura, cerâmicas, nitreto cúbico de boro e diamante” (DINIZ, 2003). Aliando-se ao aspecto da ferramenta é fundamental discutir as grandezas de corte que para Ferraresi (2003) devem ser ajustadas direta ou indiretamente durante o processo de remoção de cavaco. Avanço de corte (f_c): de acordo com Diniz (2003) “é a distancia entre duas superfícies consecutivas em usinagem, medida no plano de trabalho e perpendicular a direção de corte”. O aumento do avanço de corte caracteriza um aumento da rugosidade na superfície usinada.

É sabido que as condições de corte, com ênfase nos parâmetro avanço e velocidade de corte, exercem influência na rugosidade superficial das peças usinadas. A literatura especializada no assunto (TRENT, 2000, apud ALMEIDA et al, 2011, p. 03) aponta a velocidades de corte como sendo umas das varáveis que mais influenciam na qualidade de peças usinadas.

2.3 Fluidos de corte

Nos processos de usinagem, o corte do cavaco gera uma grande quantidade de energia devido ao atrito ferramenta-peça e cavaco-ferramenta. “A fim de minimizar o desgaste da ferramenta, a dilatação térmica da peça e o dano térmico à estrutura superficial da peça, este calor deve ser reduzido (lubrificação) e/ou extraído (refrigeração) da ferramenta e da peça” (DINIZ *et. al*, 2003).

Para redução desse calor gerado são utilizados os chamados fluidos de corte. De acordo com El Baradie (1996) “a utilização deste agente nos processos de usinagem prolonga a vida útil da ferramenta uma vez que o material da ferramenta possui dureza superior e menor taxa de difusão de seus constituintes em baixas temperaturas de trabalho”.

Os fluidos podem ser lubrificantes, refrigerantes ou exercer as duas funções ao mesmo tempo. Como lubrificantes, eles agem para reduzir a área de contato entre o cavaco e a ferramenta, e como refrigerantes eles diminuem a temperatura de corte, tanto pelo aumento da dissipação do calor como pela redução da geração do mesmo. A fim de cumprir seu papel, o fluido deveria penetrar na interface cavaco-ferramenta até a ponta da ferramenta. Existem várias vias de aplicação do fluido: através da superfície de saída (sobrecabeça), através da superfície de folga, na saída do cavaco (entre a superfície de saída da ferramenta e o cavaco) e diretamente da zona de aderência, injetando-se o fluido por dentro da ferramenta de corte. Várias pesquisas já foram feitas para avaliar a eficiência das direções de aplicação e resultados diversos foram encontrados, como Lauterbach (1952) que encontrou que a mais

eficiente para a usinagem de aços é aplicar o fluido na superfície de folga da ferramenta. (MACHADO E DA SILVA, 2004 apud ALMEIDA *et al*, 2011, p. 02).

Ao conduzir o calor para fora da zona de corte, a redução da temperatura do sistema ferramenta/cavaco/peça permite o aumento da produtividade e redução de custos, pois possibilita o aumento de alguns parâmetros de corte tais como velocidade de corte, taxa de avanço e profundidade de corte. A aplicação efetiva pode ainda aumentara vida útil da ferramenta, reduzir a rugosidade superficial, melhorar a precisão dimensional e diminuir a potência exigida. (EL BARADIE, 1996).

2.3.1 Função dos fluidos de corte

Os fluidos de corte podem exercer algumas funções diferentes durante o processo de usinagem.

A função dos fluidos de corte é introduzir uma melhoria no processo de usinagem, seja ela de caráter funcional (aquelas que conferem um melhor desempenho ao processo) ou de caráter econômico (aquelas que induzem a um processo mais econômico, como a redução do consumo de energia durante o corte, ou a redução do custo da ferramenta na operação). (FERRARESI, 1977).

(RIBEIRO *et al* 2003 apud ALMEIDA *et al*, 2011, p. 03) encontraram que a temperatura aumenta com o aumento da velocidade de corte, e que avanços menores e a utilização de fluido de corte emulsionável na concentração de 5% produzem menores temperaturas de corte. (WEBSTER 1995 apud FERNANDES, 2010, p. 08) Alguns benefícios que os fluidos de corte podem proporcionar.

- Aumento da vida útil da ferramenta pela lubrificação e refrigeração;
- Redução das forças de corte devido a lubrificação e, conseqüentemente, redução de potência;
- Melhora do acabamento superficial;
- Fácil remoção do cavaco da zona de corte;
- Menor distorção da peça pela ação da ferramenta (controle dimensional da peça).

Os fluidos emulsionáveis possuem uma maior dificuldade em retirar calor da interface quando comparados a fluidos minerais ou sintéticos, por exemplo, pois, como são fluidos misturados à água, que possui um baixo ponto de ebulição, quando entram em contato com a peça quente a troca de calor e a evaporação do líquido é imediata. Isso reduz a temperatura da peça quente, mas impede que nova quantidade de fluido penetre na interface cavaco-ferramenta, reduzindo a eficiência da troca de calor. (SALES 1999 apud ALMEIDA *et al*, 2011, p. 03)

De acordo com os autores citados acima, os fluidos de corte exercem algumas funções no processo de usinagem, dentre elas estão: Refrigerar, lubrificar, melhorar o acabamento superficial e também reduzir o desgaste das ferramentas, o Fluido de corte tem uma outra

função que as vezes deixamos passar despercebido, mas é de extrema importância para os aspectos em estudo, que é a remoção do cavaco da zona de corte durante a usinagem.

2.4 Classificação dos fluidos de corte

Webster (1995 apud FERNANDES, 2010, p. 03) relaciona algumas características dos quatro principais tipos de fluidos de corte: óleo mineral, óleo solúvel, fluidos semi-sintéticos e fluidos sintéticos, mostrados na tabela abaixo.

Quadro 1 - Características dos principais tipos de fluidos de corte utilizados nas indústrias

| | Sintético | Semi-sintético | Óleo emulsionável | Óleo mineral |
|------------------------------|-----------|----------------|-------------------|--------------|
| Calor removido | Excelente | Ótimo | Bom | Ruim |
| Lubrificação | Ruim | Bom | Ótimo | Excelente |
| Manutenção | Ótimo | Bom | Ruim | Excelente |
| Filtrabilidade | Excelente | Ótimo | Bom | Ruim |
| Danos - Meio ambiente | Excelente | Ótimo | Bom | Ruim |
| Custo | Excelente | Ótimo | Bom | Ruim |

Fonte: (WEBSTER, 1995 apud FERNANDES, 2010 p. 04)

2.4.1 Fluidos de corte solúveis em água

“Os fluidos solúveis em água são principalmente utilizados para processos a altas velocidades, pois possuem melhor capacidade de refrigeração. Esses fluidos são melhores também no resfriamento dos componentes, evitando distorções térmicas” (EL BARADIE, 1996). Esses tipos de fluidos são formados pela mistura de água e óleos, ou sais orgânicos e inorgânicos. Essas misturas variam entre emulsões e soluções dependendo da constituição básica do fluido de corte solúvel concentrado, da presença e da quantidade de emulgadores no concentrado (EL BARADIE, 1996). Segundo Diniz *et. al.* (2003), emulgadores, também conhecidos como emulsificadores, são substâncias que reduzem a tensão superficial da água, com isso facilitando a dispersão do óleo na água, formando uma emulsão estável. Dependendo da taxa de diluição e da constituição do concentrado do fluido solúvel, o fluido de corte pode apresentar uma refrigeração eficiente aliado a um moderado poder lubrificante, podendo então, ser empregado em operações de usinagem, minimizando os efeitos negativos de origem térmica. Esse tipo de fluido de corte pode ser classificado em óleos emulsionáveis, sintéticos ou semi-sintéticos, conforme ilustra a figura abaixo (EL BARADIE, 1996).

Fluxograma 1 - Tipos de fluidos



Fonte:(EL BARADIE, 1996).

2.4.2 Emulsões

As emulsões são formadas por óleos e água. Como estas duas substâncias não se misturam (imiscíveis), trata-se então de água com partículas de óleo em seu interior. Esse estado somente é obtido com a adição de emulsificadores. Segundo El Baradie (1996), os óleos solúveis combinam as propriedades de lubrificação e anti-corrosão dos óleos com a excelente característica refrigerante da água. As vantagens em relação aos óleos de corte incluem a melhor extração de calor da interface peça/ferramenta, melhor limpeza da superfície de trabalho, economia resultante da diluição em água, e condições de trabalho mais saudável e segura. Já a desvantagem reside em apresentar menor poder de lubrificação, não diminuindo de forma eficiente o atrito entre peça e ferramenta.

2.4.3 Fluidos sintéticos

Os fluidos sintéticos são soluções químicas, constituídas de materiais (sais) orgânicos e inorgânicos dissolvidos em água, não contendo óleo mineral. São compostos monofásicos de óleos dissolvidos totalmente em água. Não há a necessidade da atuação de elementos emulsificadores, pois os compostos reagem quimicamente formando fases únicas. (DINIZ *et. al.*, 2003).

Em geral, estas substâncias permitem rápida dissipação de calor, bom controle dimensional, excelente poder detergente e boa visibilidade da região de corte, facilidade no preparo da solução e elevada resistência à oxidação do fluido e à corrosão. Os fluidos sintéticos apresentam elevada estabilidade microbiológica, não necessitando ser periodicamente descartado devido ao ataque de bactérias. Esta característica dos Fluidos Solúveis em água, Emulsões, Fluidos Sintéticos e Fluidos Semi-sintéticos proporcionam uma redução de tempo de máquina parada para limpeza e reabastecimento do reservatório (DINIZ *et. al.*, 2003).

2.4.4 Fluidos semi-sintéticos

Este tipo de fluido é uma combinação de fluidos sintéticos e emulsões de óleo em água. São compostos majoritariamente por compostos sintéticos, complementados por óleos emulsionáveis numa proporção que varia entre 5 e 30% do total do fluido. Assim, pode-se obter uma emulsão translúcida, composta por minúsculas partículas de óleo. Os fluidos semi-sintéticos combinam algumas das melhores qualidades dos sintéticos com os óleos emulsionáveis. As vantagens e limitações são semelhantes às dos fluidos sintéticos, com exceção de que os semi-sintéticos possuem melhor capacidade lubrificante. Além disso, apresentam melhor resistência à corrosão e ao ataque por microorganismos [...] (EL BARADIE, 1996).

2.4.5 Manutenção dos fluidos de corte

Os fluidos de corte devem receber os mesmos cuidados que máquinas, equipamentos elétricos, instalações, etc. Os sistemas de refrigeração devem ser limpos a cada nova carga de fluido de corte. Cuidados especiais de estocagem e manuseio devem ser tomados. A remoção da camada de óleo sobrenadante é importante, pois impede a proliferação de bactérias anaeróbicas, responsáveis pelos odores característicos de emulsões contaminadas. "A remoção dos cavacos também é importante, já que impede a formação de pontos de estagnação no reservatório, fato tal que contribui para a proliferação de microorganismos" (BIANCHI *et. al.*, 2004), ainda com o mesmo autor, podemos dizer que em caso de infecções bacterianas, procedimentos padrão de limpeza devem ser tomados antes, durante e depois da colocação da nova carga de fluido de corte. Isso pode ser feito através da utilização de biocidas e produtos de limpeza adequados, devidamente indicados pelo fabricante do fluido. Deve-se evitar a mistura de fluidos de corte de procedências distintas, pela possibilidade de incompatibilidade entre os mesmos. Ainda, procedimentos referentes ao controle do pH, da concentração e da proliferação de microorganismos devem ser feitos periodicamente. Seguem abaixo providências e cuidados no manuseio de fluidos de corte, bem como dicas de higiene no uso dos mesmos:

- **Armazenamento:** locais adequados sem variações de temperaturas, limpos e livres de contaminação;
- **Alimentação:** deve-se aplicar diretamente sobre a aresta de corte, a alimentação deve ser iniciada antes do início do corte;
- **Purificação e recuperação:** por meio de decantação e filtragem;
- **Controle de odor:** contornado por meio de limpeza do local e pelo uso de bactericida da emulsão;

- **Contato e higiene:** os contatos do operador com os fluidos de corte mais os resíduos da usinagem formam compostos que aderem à pele das mãos e dos braços. Essas substâncias entopem os poros e os folículos capilares, impedindo a formação normal do suor e a ação da limpeza natural da pele, o que causa a dermatite. O controle desse problema é mais uma questão de higiene pessoal (vestir um avental a prova de óleo, lavar as áreas da pele que entram em contato com o fluido, sujeiras e partículas metálicas ao menos duas vezes ao dia. Tratar e proteger imediatamente os cortes e arranhões, aplicar cremes adequados as mãos e aos braços antes do início do trabalho e depois de lavá-los, instalar nas máquinas protetores contra salpicos, etc.).

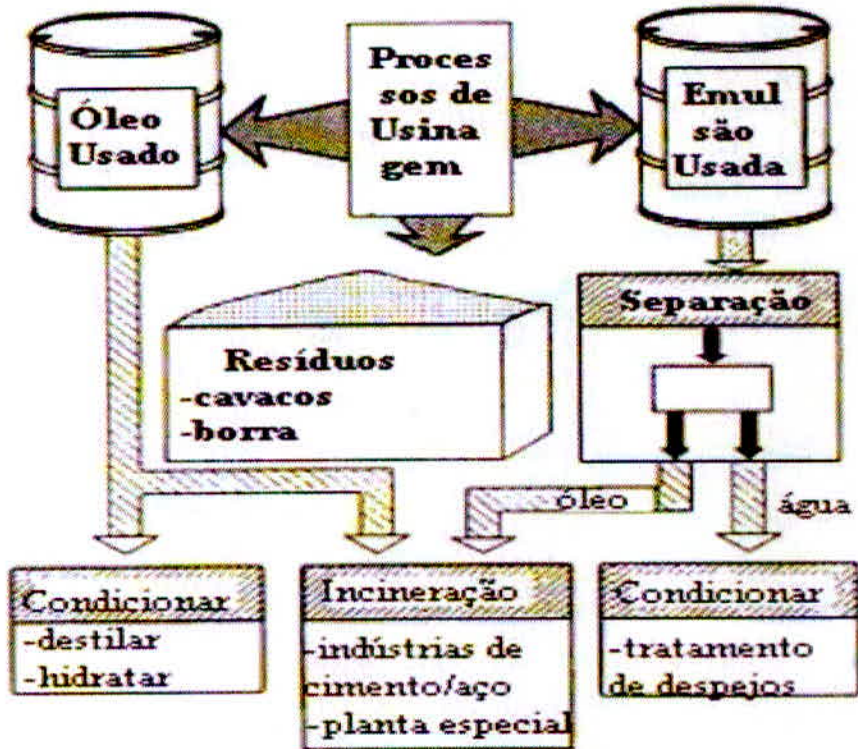
2.4.6 Descarte

Bianchi *et. al.* (2004) caracteriza alguns procedimentos para descarte de certos fluidos de corte, como segue abaixo. Os óleos integrais podem vendidos para nova refinação ou podem ser regenerados pelo fabricante do fluido ou por companhias especializadas. Esse tipo de fluido pode ser queimado em caldeira, desde que de acordo com a legislação ambiental, isto é, este esteja no estado seco e isento de impurezas, com baixa concentração de enxofre e sem cloro. Os fluidos de corte solúveis em água não podem ser descartados diretamente no sistema de esgoto. É necessário que se faça a separação do óleo e dos produtos químicos dissolvidos na água. Os processos de descarte de emulsões podem ser divididos em químicos, físicos e físico-químicos. A seleção do procedimento depende do estado da emulsão, de sua composição e do custo envolvido. Todos os processos têm em comum os seguintes estágios: quebra da emulsão, separação do óleo e tratamento da água separada. A fase aquosa resultante, após sua neutralização, deve estar de acordo com a legislação para o posterior descarte. A fase oleosa separada é removida e tratada como um fluido integral.

A água separada é neutralizada, ocorrendo a precipitação dos sais usados para quebra de emulsão em forma de hidróxidos metálicos que adsorvem o óleo remanescente na água. A borra formada deve ser desidratada antes do descarte, podendo ser descartada em depósitos especiais ou queimadas em instalações especializadas. Para cada tipo de emulsão a ser descartada aplicam-se parâmetros específicos quanto aos tipos e quantidades de produtos químicos a serem empregados nos processos de separação. A seleção do processo a ser adotado depende de uma análise econômica, na qual o volume de material a ser descartado é um fator preponderante [...] (BIANCHI *et. al.*, 2004).

A figura ilustra uma esquematização do descarte de fluidos de corte.

Figura 1 - Esquemática do processo de disposição de fluidos usados.



Fonte: (BIANCHI *et. al.*, 2004)

3 RUGOSIDADE

Conforme Novaski, (1994 apud SOUZA *et al*, 2011, p. 03) “a rugosidade ou textura primária é formada por sulcos ou marcas deixadas pela ferramenta que atuou sobre a superfície da peça e se encontra superposta ao perfil de ondulação”. Essas marcas se dão quando a máquina ferramenta está usinando um material com uma ferramenta de corte. (NOVASKI, 1994 apud SOUZA *et al*, 2011, p. 03) ainda afirma que “a ondulação ou textura secundária e o conjunto das irregularidades repetidas em ondas de comprimento bem maior que sua amplitude surgida por imprecisões de movimentos dos equipamentos”.

Para Trent (2000 apud LIMA *et al*, 2008, p. 01), algumas das características mais importantes em uma ferramenta empregada na usinagem são: dureza, tenacidade e resistência mecânica. Tais ferramentas, segundo o autor, tiveram melhorias naquelas propriedades que, anteriormente, impossibilitavam o uso em determinadas aplicações.

3.1 Perfil da superfície usinada

O perfil é o fator mais importante de todas as análises da superfície usinada, pois ele descreve a qualidade dessa superfície (BERNARDOS, 2003 apud MANSUR, 2003, p. 02). O perfil de uma superfície usinada representa o efeito combinado da rugosidade (devido ao processo), ondulação (devido à deflexão e vibração da peça, etc.), marcas de avanço e forma (devido à falta de rigidez na máquina) (MACHADO AND DA SILVA, 2000 apud MANSUR, 2003 p. 02). Porém a rugosidade é o parâmetro mais importante para ser analisado. Segundo Ferraresi (1981 apud MANSUR, 2003, p. 02), não se deve levar em consideração somente a influência geométrica do avanço e do raio de ponta da ferramenta. A microestrutura e composição química de material da peça, a existência de atrito, vibração, aresta postiça de corte, deformação plástica e recuperação elástica do material e da ferramenta, desgaste da ferramenta, entre outros, contribui para que a rugosidade de uma superfície usinada fuja dos parâmetros adequados.

O raio de ponta da ferramenta deve ser suficientemente grande para diminuir o efeito dos dentes de serra das marcas de avanço. Entretanto um raio de ponta excessivo pode gerar vibrações prejudicando assim o acabamento. (SHAW, 1984 apud MANSUR, 2010, P. 03)

3.2 Expressões para rugosidade

“O parâmetro mais importante para expressar o acabamento superficial é a Rugosidade média R_a , que pertence ao grupo dos parâmetros de amplitude. Ele é obtido medindo-se os desvios dos picos e vales em relação a uma linha média” (WHITEHOUSE, 1999 apud MANSUR, 2003, P. 04).

Outros parâmetros podem ser utilizados dependendo da necessidade que são:

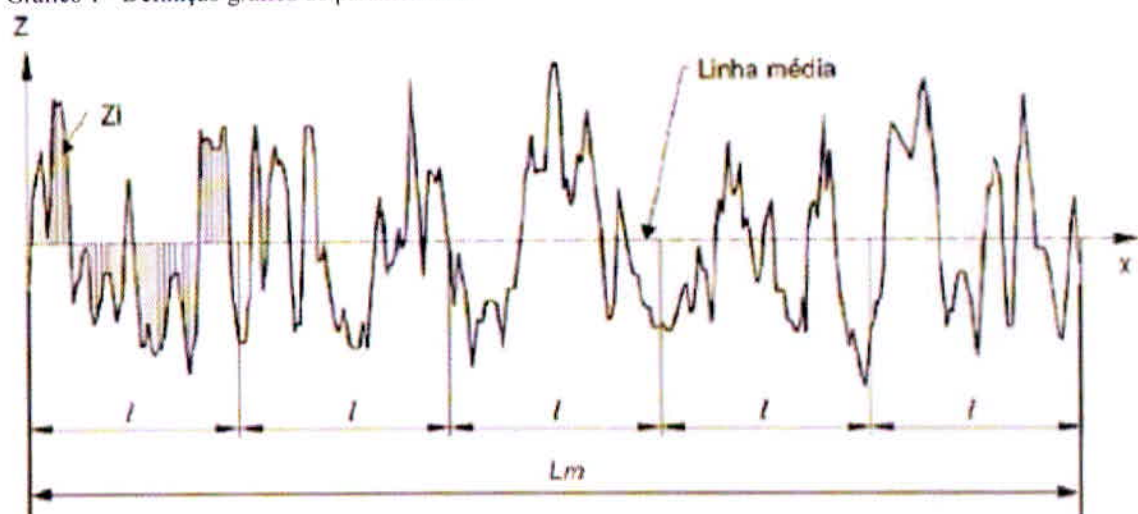
- Distância máxima pico-vale: R_y ou R_{max}
- Distância média pico-vale: R_z
- Distância máxima pico-vale: R_t
- Valor médio de R_{max} em cinco comprimentos de amostra consecutivos: RTM
- Valor médio eficaz da rugosidade: $RRMS$
- Valor do pico mais alto da linha de centro: R_p
- Valor médio de R_p em cinco comprimentos de amostra consecutivos: R_{pm}
- Simetria do perfil em relação à linha central: R_{sk} (skewness)
- Aspereza do perfil da superfície: R_{ku}

3.3 Parâmetros de rugosidade

As ondulações podem ser caracterizadas por vibrações vindas da máquina ferramenta no momento de usinagem. Os sulcos ou marcas deixadas pela ferramenta podem ser mensurados por diferentes parâmetros de rugosidade. Os mais utilizados na indústria são o R_a , R_z e o R_y . Para este estudo foram utilizados os parâmetros R_a e R_y . Para Gadelmawla *et al* (2002 apud Brunetti, 2008 p. 12) “a rugosidade média, R_a , é definida como a média aritmética dos valores absolutos dos desvios das alturas do perfil, [...], a partir de uma linha média”. Esta grandeza pode ser representada como sendo a altura de um retângulo, cuja área é igual a soma absoluta das áreas delimitadas entre o perfil de rugosidade a linha média, tendo por comprimento, o percurso de medição.

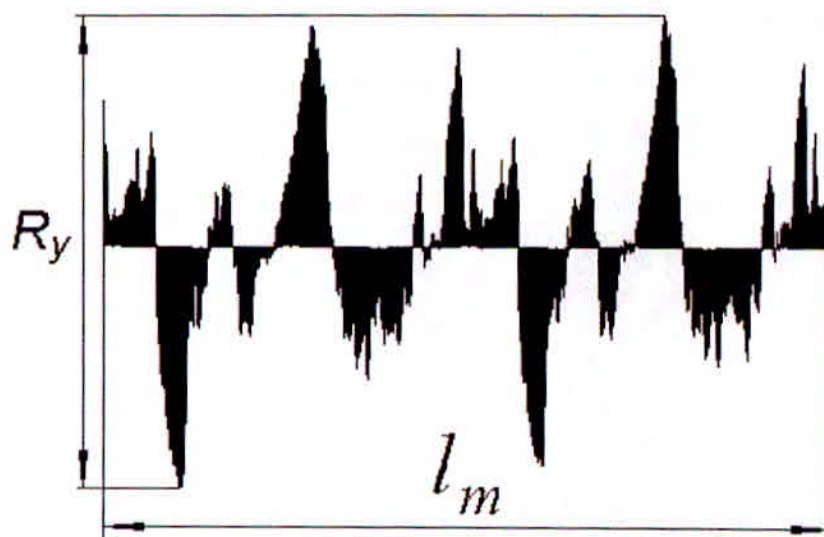
A figura 1 mostra a linha média dentro de um percurso de medição (l_m) em uma amostragem de rugosidade média (R_a).

Gráfico 1 - Definição gráfica do parâmetro Ra



Fonte:(BRUNETTI 2008)

De acordo com Camargo,(2002 apud SOUZA *et al*, 2011, p. 03) “o valor de Ra pode ser expresso em μm (sistema métrico) ou μinch (sistema inglês) e a resolução dos rugosímetro e geralmente de $0,1 \mu\text{m}$ ($10 \mu\text{inch}$) ou $0,01 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{inch}$)”. Os valores obtidos são importantes para controlar o acabamento superficial. Segundo Novaski (1994 apud SOUZA *et al*, 2011, p. 03) o parâmetro R_y , também denominado R_{max} , representa o maior valor das rugosidades (Z_i) que se expressa dentro de um percurso de medição (l_m) que pode ser observado na Figura 2 que mostra o esquema de medição dentro de um percurso de medição (l_m).

Gráfico 2 - Parâmetros de rugosidade R_y , R_{max} e percurso de medição.

Fonte:(NOVASKI, 1994, apud, SOUZA *et al*, 2011, p. 04)

3.3.1 Análise de rugosidade

As superfícies dos componentes mecânicos devem ser adequadas ao tipo de função que exercem. Por esse motivo, a importância do estudo do acabamento superficial aumenta à medida que crescem as exigências do projeto. Superfícies de componentes deslizantes, como o eixo de um mancal, devem ser lisas para que o atrito seja o menor possível. Essas exigências de acabamento não são tão rigorosas no caso das superfícies externas da tampa e da base de um mancal, por exemplo. (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 2004 apud COSTA *et al.*, 2010 p. 01).

A superfície de peças apresenta perfis bastante diferentes entre si. As saliências e reentrâncias (rugosidade) são irregulares. Para dar acabamento adequado às superfícies, é necessário, portanto, determinar o nível em que elas devem ser usinadas. Ou seja, deve-se adotar um parâmetro que possibilite avaliar a rugosidade". (ALVES, 2002 apud COSTA *et al.*, 2010 p. 03)

Com base no que dizem os autores, podemos afirmar que para cada tipo de aplicação se tem um tipo de rugosidade, assim não precisamos de um acabamento fino em uma superfície que se pode trabalhar com acabamento grosseiro, fazendo assim o produto ter um custo menor, pois um acabamento fino leva um maior tempo para se executar e quanto maior o tempo, maior o custo.

4 AÇO 4340

Os aços comerciais de alta resistência como o AISI 4340 é amplamente utilizado pelo setor industrial quando se requer níveis elevados de resistência, em particular, são de grande utilidade para a indústria aeronáutica e espacial por combinarem resistência e tenacidade. Estes apresentam elevados valores nos limites de escoamento e de resistência à tração, podendo superar a tensão de 2.000MPa, conforme o tratamento térmico aplicado. (SOUZA, *et al*, 2008 apud RANIERI, *et al*, 2010, p. 02).

Os aços são os materiais metálicos mais importantes na vida moderna devido a de seu uso.

4.1 Aplicações

O aço SAE 4340 é um aço de elevada temperabilidade e boa forjabilidade, porém sua usinagem é relativamente pobre. Dependendo do teor de carbono, a dureza na condição temperada varia de 54 a 59 HRC. Devido à sua alta temperabilidade, não é aconselhável a sua aplicação em soldagem por métodos convencionais, somente em processos sofisticados. Devido às suas características ele é aplicado para fabricação de virabrequins para aviões, tratores, eixos com elevada solicitação mecânica e veículos em geral. Na indústria aeronáutica é muito utilizado devido sua grande resistência e tenacidade que são fundamentais em projetos aeronáuticos para diversas aplicações, desde peças utilizadas na montagem da aeronave como também em ferramentais que são utilizados para construção e montagem das aeronaves” (TORRES, 2002 apud SILVA, *et al*, 2010, p. 06).

Nesta segunda aplicação é muito utilizado na fabricação de buchas e pinos de fixação, as quais podem vir a romper por uma estrutura inadequada ou por fadiga. Testes de fadiga por flexão rotativa são realizados para definir a vida útil do material (SOUZA *et al*, 2008 apud RANIERI, *et al*, 2010, p 04).

4.2 Composição química

Tabela 1 - Composição química aço SAE 4340

| SAE | C | Mn | P | S | Si | Ni | Cr | Mo |
|------|-----------------|-----------------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 4340 | 0,38 a 0,43% | 0,60 a 0,80% | 0,030% | 0,040% | 0,15 a 0,35% | 1,65 a 2,00% | 0,70 a 0,90% | 0,20 a 0,30% |

Fonte-(SOUZA, *et al*, 2008 apud RANIERI, *et al*, 2010, p. 04)

Onde:

C – Carbono Si - Silício
Mn – Manganês Ni - Níquel
P – Fósforo Cr - Cromo
S – Enxofre Mo – Molibidênio

5 METALURGIA DO PÓ

‘Trata-se de uma técnica de fabricação que permite a produção de peças com formas definitivas ou praticamente definitivas dentro de tolerâncias bastante apertadas, produção de componentes com certas características estruturais e físicas impossíveis de serem obtidas através de qualquer outro processo metalúrgico’ (STADTLER 1989 apud OLIVEIRA *et al*, 2010, p. 06).

5.1 Caracterização das ferramentas cerâmicas

As ferramentas cerâmicas são formadas por óxidos metálicos, sendo o seu óxido básico, o óxido de alumínio – Al_2O_3 , sendo classificadas de acordo com sua composição em cerâmica pura, quando a quantidade de Al_2O_3 é superior a 90%, e em cerâmica mista quando o percentual de óxido de alumínio é inferior a 90%, segundo (KONIG, 1984 apud OLIVEIRA, *et al*, 2010, P. 03). De acordo com Ferraresi(1977), essas ferramentas possibilitam usinar com velocidades de corte excepcionalmente elevadas, tendo como características fundamentais a sua resistência ao amolecimento pelo calor gerado as altas temperaturas, elevada dureza e resistência a temperatura ambiente, alta resistência a formação de cratera e baixa condutividade térmica. Segundo (KUMAR, 2004 apud OLIVEIRA, *et al*, 2011, p. 03) as ferramentas cerâmicas a base de alumina são largamente empregadas para usinagem de materiais duros como ferros fundidos com larga faixa de dureza, aço carbono e aço-liga com faixa de dureza de 34 a 66 HRC, por possuírem alta dureza a quente e uma estabilidade química muito boa. Em função dessas características, as ferramentas cerâmicas possuem uma larga aplicabilidade nas operações de usinagem, pois possibilita a usinagem de materiais altamente resistentes com velocidades de corte elevadas, o que reduz o tempo total de fabricação por peça, sem o expressivo incremento de custo em várias aplicações, devido ao desgaste excessivo e as freqüentes paradas para troca de ferramenta.

6 DESENVOLVIMENTO

A demonstração da importância do objeto de estudo ocorreu devido à necessidade de se reduzir custo e ainda ter um produto de qualidade. Pensando nisso, verificamos através de um estudo mais aprofundado na questão, se o que estudamos e pesquisamos, se aplica em práticas reais realizadas em laboratório, fazendo-se medições e comparativos. O estudo foi feito em um material de boa temperabilidade e tenacidade, (SAE 4340) fazendo-se a usinagem com o uso de fluido de corte e outra usinagem sem o uso de fluido de corte, foram utilizados os mesmos parâmetros para as duas condições, e ao fim desse experimento, foram feitas as medições necessárias e um comparativo entre as duas condições para se chegar a um resultado final.

No caso específico, a proposta é verificar a eficiência do fluido de corte nos aspectos de desgaste da ferramenta e rugosidade, simulando o mais próximo do real, o torneamento convencional utilizado muitas vezes em usinagem de manutenção.

No estudo proposto, a principal questão abordada foi: O fluido de corte é viável no torneamento convencional de um aço SAE 4340?

Alguns fatores podem contribuir para a variabilidade do processo de usinagem, e conseqüentemente alterar os resultados finais. São eles:

Velocidade de corte, avanço, tipo de material, tipo de ferramenta e conservação da máquina.

Já pensando nessas variáveis, fizemos o procedimento de acordo com as especificações do fabricante da ferramenta, ou seja, os fatores que poderiam mascarar os resultados serão devidamente considerados, e inseridos de acordo com as recomendações do fabricante da ferramenta a ser utilizada.

Com esse estudo, tínhamos duas hipóteses a acontecer, o fluido de corte ser viável ou não, dentro dessas opções, o esperado é que o uso de fluidos de corte seja viável nas questões de desgaste da ferramenta e rugosidade.

7 FERRAMENTA UTILIZADA

Tendo decidido o material, a ferramenta para usinagem também foi escolhida, com a indicação de um técnico da ISCAR (fabricante de ferramentas). Será utilizado um inserto do fabricante **ISCAR**, o qual me passou as características técnicas do mesmo. Com relação a classe de cobertura IC907 segue as seguintes informações:

- Cobertura pelo processo PVD – Deposição Física à Vapor (Physical Vaporization Deposition) – Para deposição de uma camada de cobertura, pelo processo PVD, é necessário que seja feito em um forno, com temperatura de aproximadamente 500°C. No interior deste forno encontramos o Titânio (Ti) sólido e através de uma descarga elétrica o mesmo é vaporizado. Com a pulverização de outro gás à base de nitrogênio, no interior do forno, o Ti vaporizado (gás) é ionizado e a diferença de potencial, criada pela descarga elétrica, na bancada metálica onde estão posicionados os insertos atrai o gás de Ti recobrando os insertos;
- IC907 – Cobertura de Nitreto Titânio Alumínio (TiAlN);
- Substrato em submicron – Aumento a resistência ao desgaste;
- Características da cobertura TiAlN – Espessura de camada de 3 à 5 microns / Elevada dureza / Elevada resistência em altas temperaturas / Elevada resistência a oxidação / Baixo coeficiente de penetração de calor.
- Aplicações – Quando foi lançada a classe de cobertura IC907 o objetivo era atender a usinagem de aços inoxidáveis, mas com o passar do tempo e com os testes práticos realizados a classe IC907 apresentou um desempenho satisfatório na usinagem de aços, aços endurecidos e ligas resistentes ao calor. Devido a tal desempenho a classe IC907 hoje é classificada com P10-P30 / M05-M20 / S05-S20 / H05-H15.
- Os parâmetros de corte da classe IC907 dependem do material a ser usinado, mas para o inserto selecionado, TNMG160408 – TF IC907 sugere-se a aplicação na usinagem de um aço SAE1045 / SAE4140 / SAE4340. Para os parâmetros mencionados abaixo o aço utilizado deverá estar em condições normais, ou seja, sem tratamento superficial.
- Parâmetros de corte: $V_c = 200$ à 300m/min / $F_z = 0,20$ à $0,3\text{mm/rec}$ / $A_p = 1,0$ a $3,0\text{mm}$.

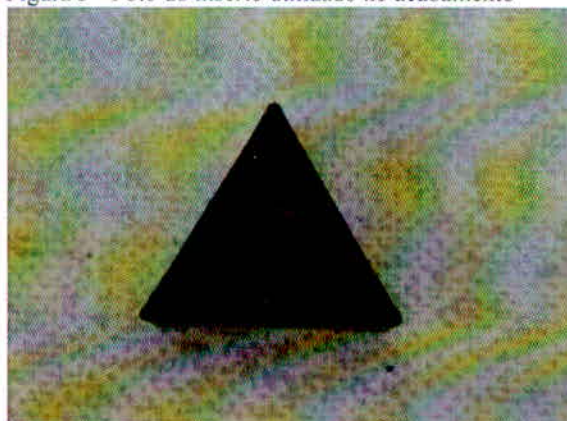
Figura 2 - Foto do inserto utilizado no desbaste



Fonte: O autor

O inserto utilizado no acabamento (TNMG 160404-TF-IC 907) tem as mesmas características do inserto utilizado no desbaste, com a diferença do raio na ponta, o inserto de desbaste tem um raio de 0,8mm, enquanto que o inserto de acabamento tem um raio de 0,4mm, justamente para melhorar o acabamento, como podemos ver na figura abaixo.

Figura 3 - Foto do inserto utilizado no acabamento



Fonte: O autor

8 SOBRE A PRÁTICA EXPERIMENTAL

A proposta desta prática foi comprovar, o que a teoria nos mostra, ou seja, que a utilização de fluidos de corte durante o processo de usinagem, em foco, o torneamento, influência no resultado final do processo.

8.1 Conduzindo o experimento

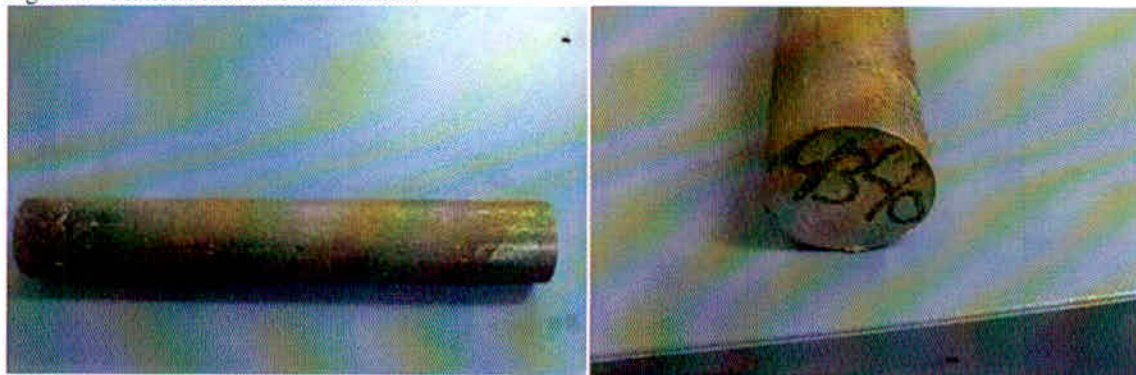
De acordo com a proposta do experimento, foi feito a usinagem em um material SAE 4340, barra redonda com diâmetro aproximado de 38 mm, comprimento de 300 mm, utilizando uma ferramenta de inserto intercambiável de o fabricante ISCAR, TNMG160408 TF- IC 907 para se medir o desgaste da ferramenta, e depois uma usinagem no mesmo material com a ferramenta ISCAR, TNMG 160404 TF- IC 907, para se medir a rugosidade da superfície. A usinagem foi feita no torno convencional do laboratório desta instituição, utilizando os parâmetros corretos fornecidos pelo fabricante da ferramenta.

8.1.1 Execução do experimento

Para ter um resultado confiável, o experimento foi conduzido da seguinte forma:

- Escolha do tipo de material a ser usinado durante o experimento (aço ABNT 4340)
- Definição a ferramenta a ser utilizada para desbaste e análise de desgaste (ISCAR TNMG 160408 TF- IC 907)
- Definição a máquina (torno) onde será executada a usinagem (Nardini mascote MS 205)
- Definição os parâmetros de usinagem (de acordo com a recomendação do fabricante da ferramenta)
- Definição qual o volume total a ser retirado da peça para análise do desgaste da ferramenta (62330mm^3)
- Definição da quantidade de passadas para retirar o volume de material proposto. (5 passadas)
- Definição do fluido de corte a ser utilizado (Arotec, fluido refrigerante)
- Definição ferramenta a ser utilizada para verificação do acabamento superficial (TNMG 160404 TF- IC 907)
- Definição a profundidade de corte (A_p) para a usinagem de acabamento, para analisar da rugosidade (de acordo com as especificações do fabricante para acabamento)
- Definição o tipo de Fluido de Corte a ser utilizado no experimento (Arotec, fluido refrigerante solúvel em água na proporção 5%).

Figura 4 - Material usado no torneamento



Fonte: O autor

Depois de feito todas as definições, utilizando os equipamentos de proteção individual (EPI's), realizamos a usinagem do material, no laboratório de usinagem utilizando o torno convencional do fabricante Nardini, modelo mascote MS 205.

Figura 5 - Torno utilizado no experimento



Fonte: O autor

Retiramos um volume de aproximadamente 62.330mm^3 de material em cinco passadas de 2,5 mm de profundidade (AP), por um comprimento de 100mm, com a utilização do fluido de corte do fabricante Arotec, na proporção 20 litros de água e 1 litro de líquido refrigerante, esse fluido tem como principal aditivo o anti corrosivo e sua principal característica é a refrigeração, como mostra a figura abaixo.

Figura 6 - Fluido de corte emulsionavel em água utilizado no experimento



Fonte: O autor

Após esse procedimento, retiramos o inserto do suporte e o levamos ao laboratório, para medição do desgaste da ferramenta para o estudo comparativo do desgaste com e sem o uso de fluido de corte.

Depois de feito isso, voltamos ao laboratório de usinagem para fazer o mesmo experimento, mas dessa vez sem a utilização do fluido de corte, retiramos a mesma quantidade de material, com os mesmos parâmetros utilizados no experimento anterior, para que se possa ter um comparativo entre as duas ferramentas tendo elas trabalhado com as mesmas exigências, depois desta nova etapa fizemos o mesmo procedimento do experimento anterior. Com o resultado das medições em mãos fizemos as análises necessárias para termos a conclusão da influência do uso de fluido de corte durante o processo de torneamento na análise de desgaste da ferramenta.

Figura 7 - Usinagem sem o uso de Fluido de corte (a seco)



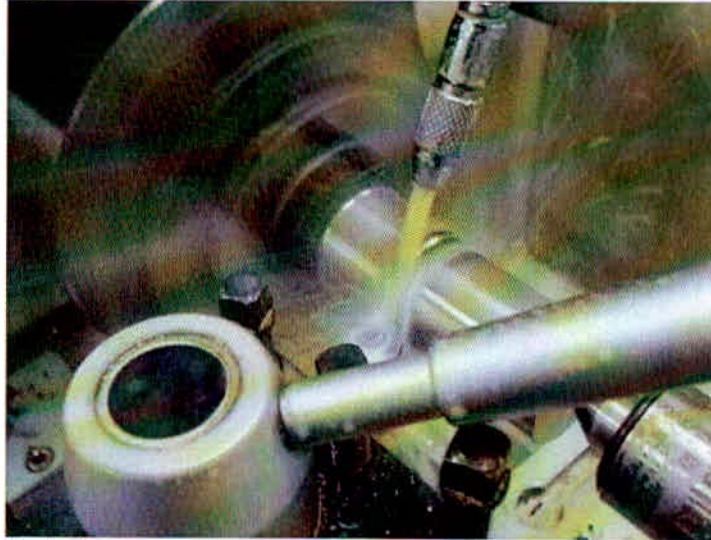
Fonte: O autor

Tabela 2 - Parâmetros indicados e utilizados

| PARÂMETROS INDICADOS | PARÂMETROS UTILIZADOS |
|------------------------|-----------------------|
| Vc- 200 a 300 m/min | Vc- 191 m/min |
| Fz- 0,20 a 0,30 mm/rev | Fz- 0,254 mm/ ver |
| Ap- 1 a 3mm | Ap- 2,5mm |

Fonte: O autor

Figura 8 - Usinagem com o uso de Fluido de corte



Fonte: O autor

No próximo passo, usando o mesmo material, colocamos o inserto de acabamento e fizemos o mesmo procedimento dos experimentos anteriores. Depois de estarmos com as usinagens feitas levamos o material usinado ao laboratório de uma empresa que trabalha com medições de rugosidade e fizemos as medições das superfícies para o comparativo de acabamento nos parâmetros Ra (rugosidade média) e Ry (rugosidade máxima).

Tabela 3 - Parâmetros indicados e utilizados

| PARÂMETROS INDICADOS | PARÂMETROS UTILIZADOS |
|------------------------|-----------------------|
| Vc- 200 a 300 m/min | Vc- 191 m/min |
| Fz- 0,07 a 0,11 mm/rev | Fz- 0,094 mm/ ver |
| Ap- 0,3 a 0,8mm | Ap- 0,5mm |

Fonte: O autor

Aparelho utilizado na medição do acabamento da superfície (rugosímetro).

Figura 9 - Rugosímetro



Fonte: O autor

9 RESULTADOS

No procedimento de desgaste da ferramenta, tivemos o seguinte resultado:

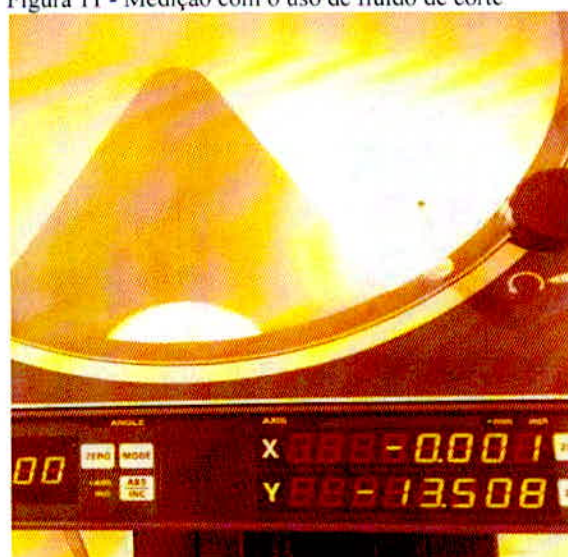
- Medida Real- 13,600mm (fornecido pelo fabricante)
- Desbaste sem o uso de Fluido de corte- 13,466mm (medição conforme foto)
- Desbaste com o uso de Fluido de corte- 13,508mm (medição conforme foto)

Figura 10 - Medição sem o uso de fluido de corte



Fonte: O autor

Figura 11 - Medição com o uso de fluido de corte



Fonte: O autor

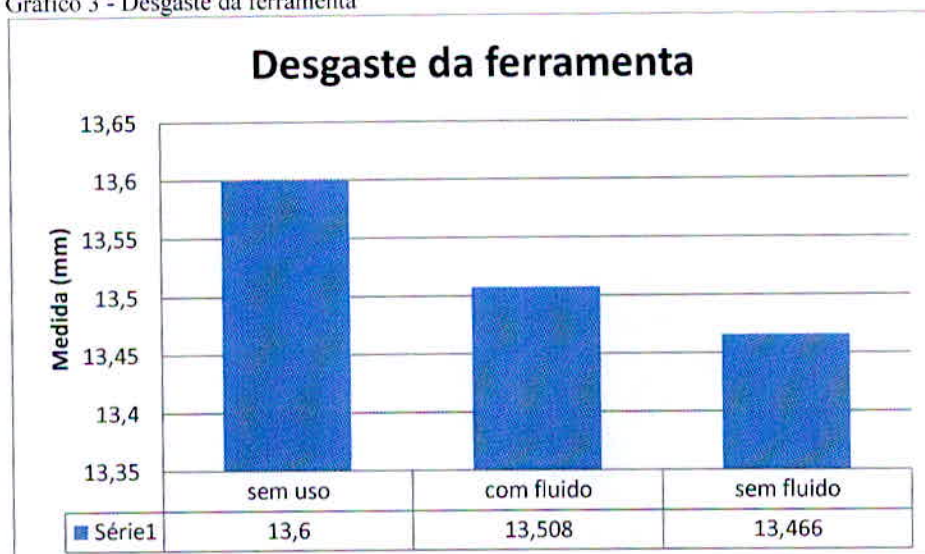
Foi usado nesta medição, um retro projetor que aumenta a visibilidade em 20 vezes, da medida real, com um medidor digital com precisão milesimal. Com esses valores em mãos, podemos concluir que o fluido de corte influencia sim no desgaste da ferramenta, e de maneira positiva.

Na retirada de 62330mm^3 de material, tivemos o resultado de $0,092\text{mm}$ de desgaste da ferramenta, na usinagem utilizando o fluido de corte, retirando o mesmo volume, tivemos um desgaste de $0,154\text{mm}$ de desgaste, que é aproximadamente 59% a mais de desgaste considerando as mesmas condições nos dois procedimentos.

Esses valores são para este volume de material, não podemos analisar esses dados de forma linear, pois de acordo com o referencial teórico, quanto mais a ferramenta se desgasta, mais ela gera calor e conseqüentemente, maior é sua taxa de desgaste.

O Gráfico abaixo, nos mostra o resultado do desgaste da ferramenta para a retirada de aproximadamente 62330mm^3 do material ABNT 4340 em um torno convencional.

Gráfico 3 - Desgaste da ferramenta



Fonte: O autor

Quanto ao resultado da influencia do fluido de corte no acabamento da superfície do material, tivemos uma complexibilidade maior.

Usamos dois parâmetros para a medição da rugosidade do material em questão, Ra (rugosidade média) e Ry (rugosidade máxima).

O rugosímetro usado para a medição da superfície tem as seguintes características:

- *Cutoff Length*- $0,8\text{mm}$ (distancia máxima permitida entre pico e vale da superfície).

- *Traverselength*- 4,8mm (Comprimento de medição da superfície)

A rugosidade média (Ra) é a média aritmética entre 5 medições de picos e vales encontrados na superfície em um determinado valor de comprimento (lm), e funciona da seguinte maneira:

No comprimento de medição lm, que é de 4,8mm, o rugosímetro divide a medida em cinco trechos e calcula a média aritmética entre picos e vales dessa superfície. A medição foi feita em três pontos da superfície, começo, meio e fim, que iremos chamar de Ra1 (começo da superfície) Ra 2 (meio da superfície) e Ra 3 (Final da superfície), como mostra a ilustração abaixo.

Figura 12 - Foto do material usinado e preparado para a medição de rugosidade



Fonte: O autor

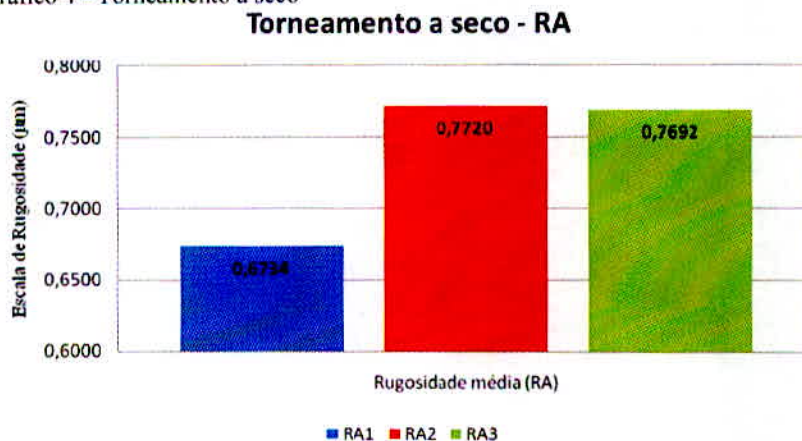
Resultados de Ra com e sem o uso de Fluido. Unidade de medida (μm)

Tabela 4 - Compilado dos resultados (Ra)

| Ra sem o uso de Fluido de corte (a seco) | Ra com o uso de fluido de corte |
|---|--|
| Ra1- 0,6734 | Ra1- 0,7016 |
| Ra2- 0,7720 | Ra2- 0,7648 |
| Ra3- 0,7692 | Ra3- 0,8283 |

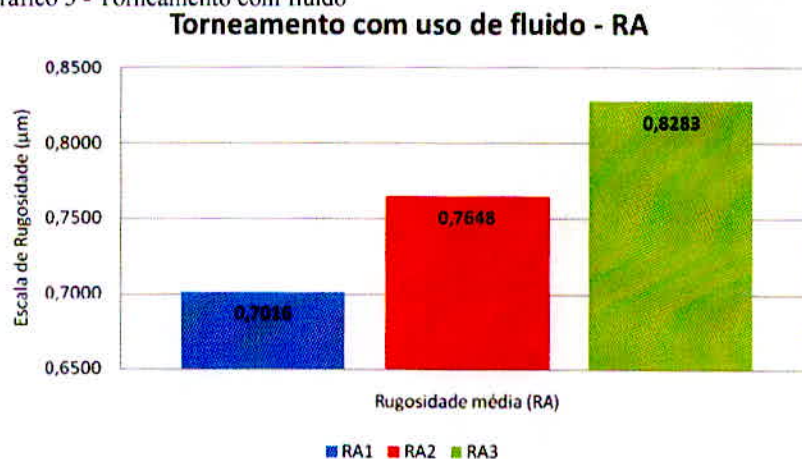
Fonte: O autor

Gráfico 4 - Torneamento a seco



Fonte: O autor

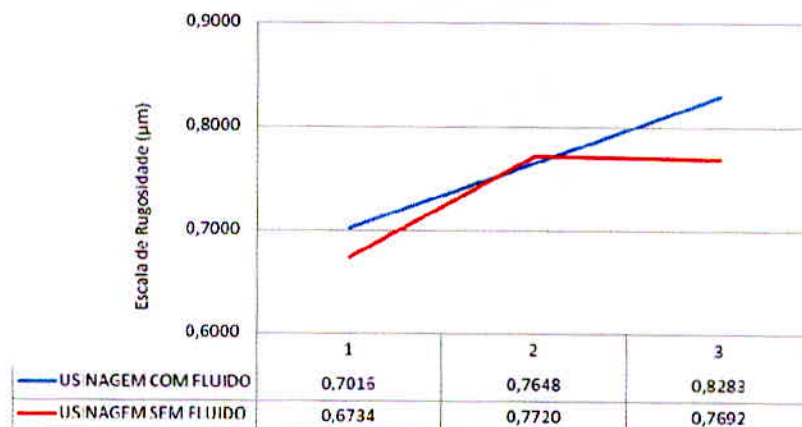
Gráfico 5 - Torneamento com fluido



Fonte: O autor

Gráfico 6 - Comparativo entre os processos

Comparativo do torneamento com e sem o uso do fluido de corte



Fonte: O autor

Com base nos gráficos, podemos notar que a usinagem com o uso de fluido de corte segue uma linha, quanto mais a ferramenta avança, maior fica a rugosidade, enquanto a usinagem a seco não segue uma linha de sequencia, ela começa com uma medida, da um pico e depois volta a cair.

Figura 13 - Medição de Ra e Ry sem o uso de fluido



Fonte: O autor

A rugosidade R_y , é a maior distancia entre vale e pico durante o comprimento de medição (4,8mm). A medição foi feita nos mesmos três pontos do R_a , por isso vamos proceder da mesma forma.

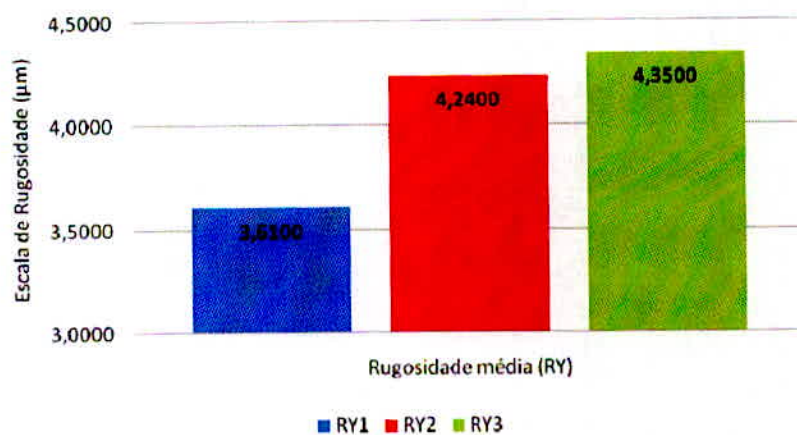
Resultados de R_y com e sem o uso de fluido de corte. Unidade de medida (μm).

Tabela 5 - Compilado dos resultados (R_y)

| Ry sem o uso de Fluido de corte (a seco) | Ry com o uso de fluido de corte |
|---|--|
| Ry 1 - 3,61 | Ry 1 - 3,55 |
| Ry 1 - 4,24 | Ry 1 - 3,89 |
| Ry 1 - 4,35 | Ry 1 - 4,17 |

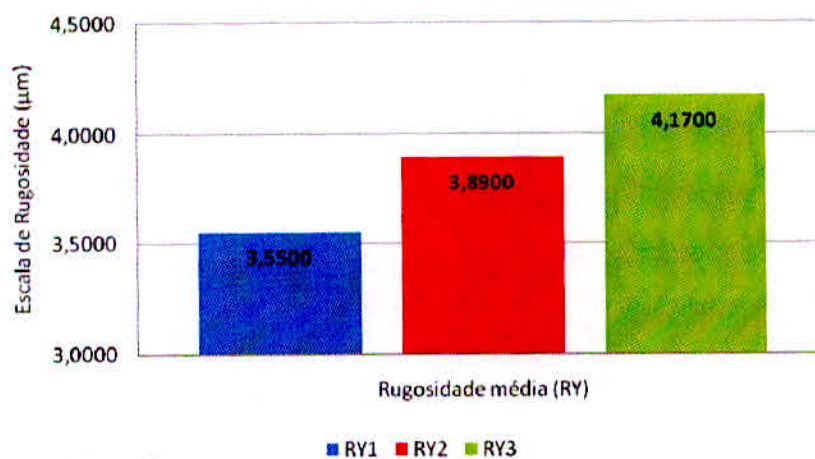
Fonte: O autor

Gráfico 7 - Torneamento sem fluido (Ry)

Torneamento a seco - RY

Fonte: O autor

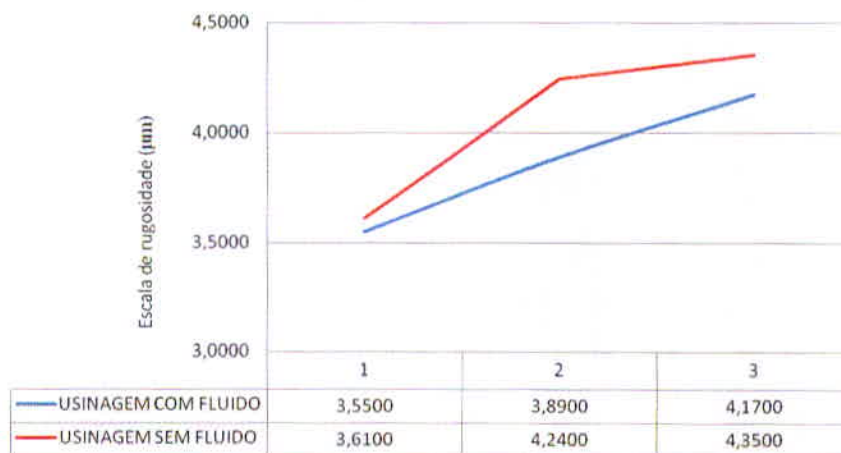
Gráfico 8 - Torneamento com fluido (Ry)

Torneamento com uso de fluido - RY

Fonte: O autor

Gráfico 9 - Comparativo entre os resultados (Ry)

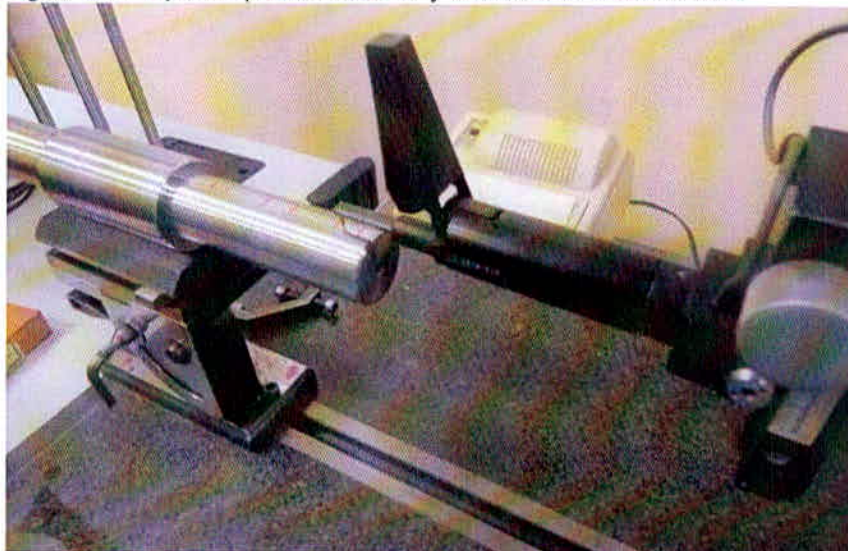
Comparativo do torneamento com e sem o uso do fluido de corte



Fonte: O autor

Tendo em base os gráficos, podemos concluir que o valor de Ry vai aumentando de acordo com que a ferramenta vai entrando no material, entretanto Ry com fluido de corte tem uma uniformidade enquanto a usinagem a seco não, ela apresenta um pico de rugosidade fora dos parâmetros normais.

Figura 14 Medição dos parâmetros Ra e Ry com o uso de Fluido de corte



Fonte: O autor

10 CONCLUSÕES

Concluimos com esses resultados que o fluido de corte influencia nos dois aspectos estudados, o desgaste da ferramenta e o acabamento da superfície.

Na medição da ferramenta, tivemos um desgaste 59% maior usinando a seco do que usinando com o uso de fluido de corte, isso nos leva a conclusão de que o uso de fluido de corte no processo de torneamento reduz o custo final do produto, por a ferramenta ter uma durabilidade maior.

Para analisar o quanto essa durabilidade é maior, precisaríamos de mais dados, para saber qual tipo de curva o desgaste da ferramenta faria, mas este não é o foco de nosso trabalho, mas para um estudo futuro poderemos abordar este assunto. Neste experimento, podemos afirmar que para desbastar um volume de 62330mm^3 , do material ABNT 4340 a usinagem sem fluido teve um desgaste de 59% a mais que a usinagem com o uso de fluido. Para uma avaliação minuciosa do tipo de curva, precisaríamos medir varias vezes o desgaste da ferramenta em determinados volumes de material usinado.

Quanto ao acabamento da superfície, podemos notar que a usinagem com o uso de fluido de corte tem uma linha lógica, isso é, à medida que a ferramenta vai entrando na peça, no sentido do comprimento, a rugosidade vai aumentando, isso pode se dar por alguns fatores, como por exemplo:

- Desnívelamento da máquina.
- Desgaste natural da ferramenta
- Vibrações durante a usinagem.

Já na usinagem sem Fluido de corte, as medições de R_a e R_y , sofreram um pico no ponto de medição onde chamamos de ponto 2, com base nos estudos teóricos, umas das funções do fluido de corte, é a remoção do cavaco da zona de corte durante a usinagem, como esse pico de rugosidade ocorreu apenas na usinagem a seco, a conclusão é que durante a usinagem o cavaco ficou entre a peça e a ferramenta causando alguns vales ou picos maiores naquele ponto da medição da rugosidade, fazendo assim tantos os parâmetros de R_a e R_y sofrerem um pico no mesmo ponto.

Com isso no final de tudo concluimos que o fluido de corte influencia positivamente no torneamento convencional do aço ABNT 4340 no parâmetro de desgaste da ferramenta, apesar de não termos uma usinagem em serie no setor de manutenção, o torneamento acontece de forma frequente em diferentes peças, como o torneamento de manutenção é feito para reparo de máquinas da linha de produção, às vezes temos trabalhos que tiram um volume

considerável de material, então concluímos que em questão de custos, quanto menos gasta-se com ferramentas, menor é o impacto no custo final do produto vendido pela empresa, com isso podemos afirmar que é viável usar fluido de corte durante o desbaste do material ABNT 4340 no torneamento convencional.

Já a questão de rugosidade foi um pouco mais complexa, tivemos uma rugosidade média (R_a) menor na usinagem a seco, do que na usinagem com o uso de fluido, exceto no ponto que chamamos de ponto de medição 2, onde ocorreu um pico na medição. Agora na rugosidade máxima (R_y), as medições a seco tiveram uma rugosidade maior do que na medição com uso de fluido, isso nos leva a conclusão de que para o acabamento da superfície em rugosidade média (R_a), que é a média aritmética de cinco pontos no intervalo de medição de (l_m), que para nos foi de 4,8mm, o fluido de corte não influencia de maneira significativa, pois não tivemos uma coerência no resultado, em dois pontos a rugosidade a seco foi menor e em um ponto a rugosidade com fluido foi menor, e também a diferença na medição da rugosidade foi muito pequena. Já na rugosidade máxima (R_y), que é a distancia máxima entre pico e vale no intervalo (l_m), o uso de fluido influenciou de maneira positiva, mas não significativa, pois tivemos picos e vales maiores na usinagem a seco do que na usinagem com o uso de fluido, o que nos leva a crer, que para usinagem do aço ABNT 4340 em um torno convencional, o uso do fluido de corte influencia no aspecto da retirada do cavaco da zona de corte, evitando que o cavaco fique entre a peça e a ferramenta formando assim picos e vales maiores do que o esperado.

Não é o foco do trabalho, mas é importante salientar, que o fluido de corte causa impactos ambientais, e para um trabalho futuro, pretendemos avaliar a viabilidade do uso de fluido de corte levando em questão os aspectos ambientais X econômicos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. D. **Influencia da direção do fluido de corte na temperatura da interface cavaco-ferramenta**. Minas Gerais: UFU, 2011.
- BIANCHI, E.C.; AGUIAR, P.R.; PIUBELI, B.A. “**Aplicação e utilização dos fluidos de corte nos processos de retificação**”. São Paulo: Artiliber, 2004.
- BORDIN, F. M. **Integridade superficial resultante de diferentes processos de usinagem**. Rio Grande do Sul: UCS, 2010.
- BRUNETTI, Cristiano. **Efeitos da preparação de corpo de provas na vida em fadiga de contato de rolamento de ferro fundido nodular austemperado**. 2008. 116 p. dissertação (mestrado) – Universidade Tecnológica do Paraná. Programa de pós-graduação em engenharia mecânica e de materiais. Curitiba 2008.
- COSTA, D. D. J. **Análise de rugosidade em superfícies usinadas de forma complexa**. São Paulo: ITA, 2010.
- DINIZ, A. E., MARCONDES, F. C., COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 4 ed Campinas, SP: Artiliber, 2003. P. 230-248.
- EL BARAIDE, M.A., CUTTING FLUIDS: PART 1 Characterization.. **Journal of materials Processing Technology** 56: P. 786 – 797, 1996
- FERNANDES, J. C. **Oleos de usinagem: Tipos, classificação e desempenho**. São Paulo: UNESP, 2010.
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.
- FERRARESI, D., **Fundamentos da Usinagem dos Metais**, São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1977, p. 730-763
- LIMA, L. E. **Correlação entre os parâmetros de rugosidade: uma abordagem matemática**, Fortaleza: UNIFOR, 2008.
- MANSUR, T. **Análise do efeito das condições de corte no perfil e nos parâmetros utilizados para avaliação da rugosidade de superfícies usinadas por torneamento**. Minas Gerais: UFU, 2003.
- OLIVEIRA, F. E. J. **Tolerância dimensional de peças usinadas com pastilhas cerâmicas**. Pernambuco: UPE, 2011.
- RANIERI, A. **influência da nitrocarbonetação a plasma nas propriedades de fadiga de um aço 4340 com diferentes microestruturas**. São Paulo: IEA, 2010.
- SILVA, J. **Influência da temperatura no revenimento do aço sae 4340**. São Paulo: Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

SOUZA, M. Estudo comparativo entre pastilha de metal duro wiper e standard no processo de torneamento do ferro fundido nodular. Rio Grande do Sul: ABCM, 2011.