

# ESTUDO DO DESGASTE DURANTE FRESAMENTO DO AÇO ENDURECIDO AISI D2 COM DIFERENTES CONDIÇÕES DE REFRIGERAÇÃO

Lucas Scholz Bandeira Oliveira<sup>1</sup>; Éd Claudio Bordinassi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

<sup>2</sup> Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

**Resumo.** *O objetivo deste trabalho foi estudar o desgaste de ferramentas de metal duro durante o fresamento do aço endurecido AISI D2 (64 HRC) com diferentes tipos de lubrificação (à seco, em abundância e MQL – mínima quantidade de lubrificação). Os parâmetros de corte foram fixados em função dos utilizados na indústria. Os resultados mostraram que o processo não permite a utilização de fluido, pois na lateral das arestas onde a velocidade de corte era maior ocorreram trincas devido ao choque térmico mesmo utilizando-se MQL. Também foram testadas duas classes de ferramentas e a classe mais dura apresentou melhores resultados de desgaste quando a usinagem à seco foi utilizada, já para a rugosidade a utilização de fluido trouxe melhores resultados nas áreas usinadas pela ponta da ferramenta.*

## Introdução

A usinagem de materiais endurecidos promove uma série de vantagens na área de fabricação de peças como o aumento da vida à fadiga da peça e alterações mínimas na sua microestrutura relacionada à dureza, estas características combinadas com os benefícios oferecidos pela usinagem em alta velocidade conhecido como High Speed Machining (HSM) são muito exploradas pelas empresas para grandes produções (Asif Igbal et al., 2005).

Metais endurecidos são muito utilizados para fabricação de matrizes e moldes, pois estes necessitam de alta dureza, e geometrias muito precisas para a fabricação de peças conformadas entre outras. A desvantagem que mais vem à tona neste processo é a drástica redução da vida da ferramenta que vem e continua sendo estudada para otimizar o tempo de produção.

A otimização da vida da ferramenta é essencial para a redução dos custos de produção e tempo ao máximo possível. Ferramentas de corte tem uma vida limitada devido ao desgaste gradual e progressivo e podem ser perdidas devido à avarias como a deformação plástica (Appa Rao e Choudhury, 1999).

Para a otimização da vida da ferramenta de usinagem, inúmeras técnicas foram e são estudadas e testadas para tal finalidade, por exemplo, a “Mínima Quantidade de Lubrificação” (MQL) para a ferramenta de metal duro é muito utilizada, pois diminui o custo, aumenta a vida da ferramenta e a rugosidade da superfície usinada. Comparada com a usinagem utilizando fluido lubrificante em abundância, estudos mostram que este reduz a vida da ferramenta sem contar os custos relacionados à utilização do fluido, manuseio e reciclagem (Asif Igbal et al., 2005).

A ampliação do campo de aplicação da usinagem em alta velocidade, de aços endurecidos, tornou-se possível graças ao desenvolvimento de novos materiais cortantes, como o metal duro com revestimentos e o CBN – Nitreto Cúbico de Boro (Sentuko, 1989).

O metal duro é o material indicado para operações em que a velocidade de corte é inferior a 350 m/min para usinagem de aço endurecido (Schulz, 1992; Schulz, 1996).

Ferramentas de metal duro são as mais utilizadas para usinagem de aço devido a seu custo ser mais baixo, mas por possuir alta tenacidade e baixa dureza relativa, a utilização desta ferramenta na técnica de usinagem em alta velocidade fica restrita. Para melhorar o rendimento neste ramo, estas ferramentas são recobertas com camadas de TiN, TiCN, TiAlN

que possuem alta dureza e resistência ao desgaste. Com isto a vida da ferramenta e a possibilidade de usinagem de aços endurecidos aumenta (Camuscu e Aslan, 2005).

## **Materiais e Métodos**

O material para estudo é o aço temperado AISI D2 com a seguinte composição química: C – 1,4 a 1,6%; Mn – 0,15 a 0,6%; P max – 0,03%; S max – 0,03%; Si – 0,15 a 0,6%; Cr – 11 a 13%. O material possui dureza entre 60~64 HRC. A geometria da peça corresponde a um trecho de uma matriz de estampagem de lateral automotiva conforme Figura 1, com dimensões principais = 380 mm x 334 mm x 195 mm.

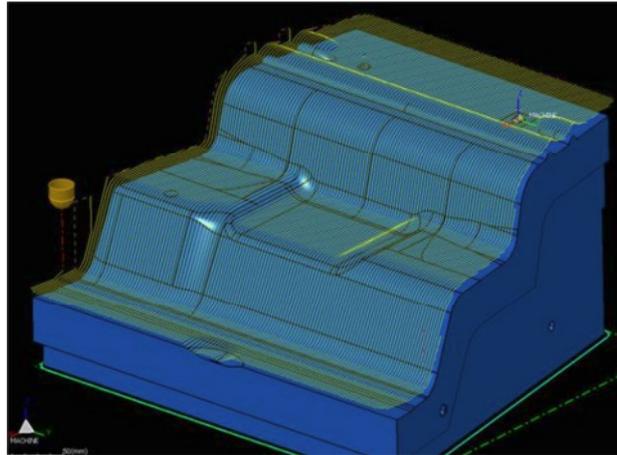


Figura 1 – Geometria da peça utilizada para experimentos.

O estudo foi focado na operação de acabamento, considerando  $a_p = 0,3$  mm e insertos de metal duro com as seguintes características:

Ferramenta:  $\varnothing_{esf}$  20 mm,

Inserto: KDMB20M0ERG N – CLASSE: KC 515M, KC505M – Kennametal,

Velocidade de corte: 314 m/min (máx na lateral da ferramenta);

Avanço: 3000 mm/min;

Passo lateral: 0,30 mm

Fluido de corte: Blaser Swissslube - Vasco 5000 e Rocol – Ultracut 250;

Rugosidade requerida para o processo:  $0,2 \mu\text{m } R_a$ ;

Foi utilizado um centro de usinagem ROMI Discovery 560 para realização dos experimentos. Uma imagem do equipamento utilizado é mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Centro de usinagem ROMI Discovery 560.

Primeiramente serão variadas as condições de lubrificação de ambas as classes, em seguida a velocidade de corte da classe KC505M será aumentada em 20% para comparação. Os parâmetros de desgaste da ferramenta e rugosidade serão analisados nesta pesquisa dividindo-se o passe da peça em três partes cronometradas e anotados os resultados.

### Resultados e Discussão

Os resultados obtidos pelos ensaios foram colocados em gráficos para melhor visualização e as análises de desgaste feitas na ponta e lateral da ferramenta já que o comportamento foi bem diferente entre ambos. Foi considerando um desgaste de 0,3 mm como limite à vida da ferramenta que é um valor considerado em geral para operações de acabamento. As Figuras 3 e 4 mostram o desgaste da ferramenta na ponta e nas laterais respectivamente.

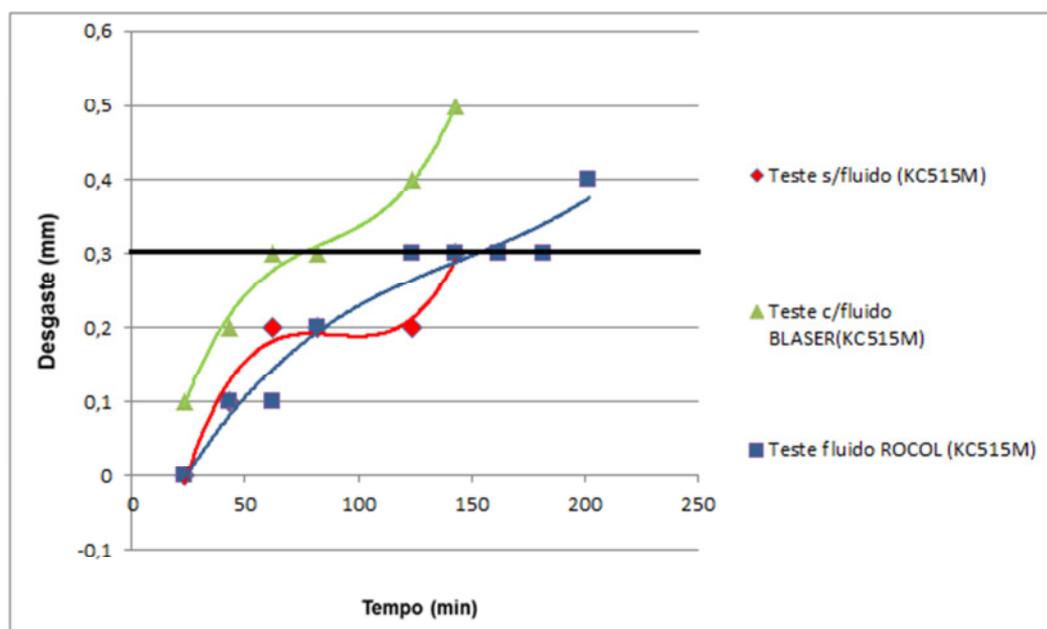


Figura 3 – Desgaste na ponta da ferramenta KC515M para as diferentes condições de lubrificação.

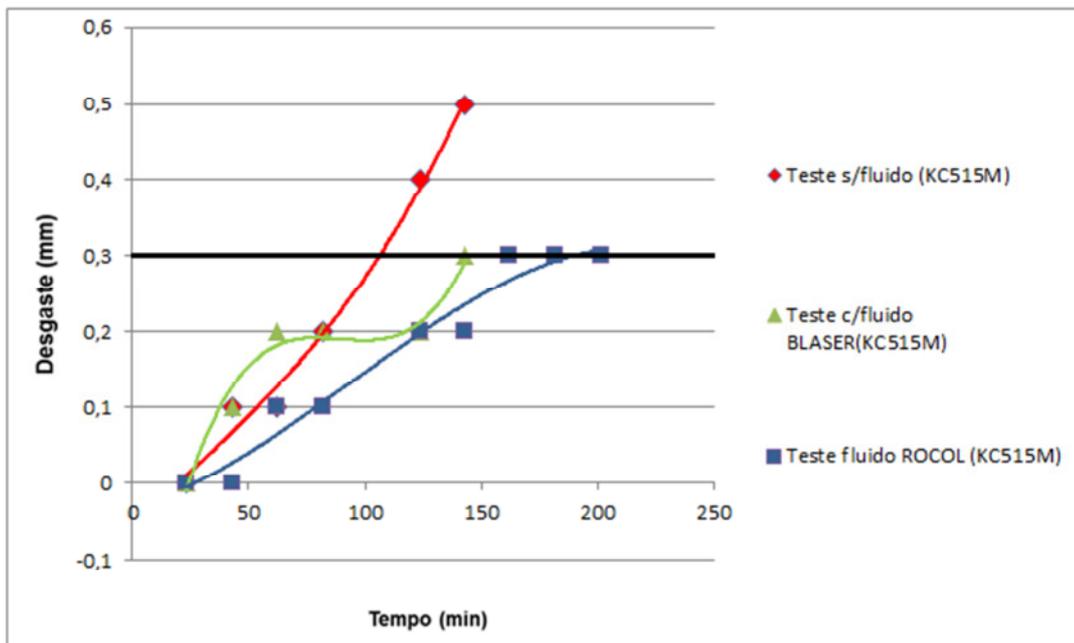


Figura 4 – Desgaste na lateral da ferramenta KC515M para as diferentes condições de lubrificação.

A Figura 3 mostra que a ponta da ferramenta durou mais com a utilização de fluido, pelo fato da velocidade de corte neste ponto tender a zero. Na Figura 4 percebe-se o mesmo efeito, porém neste caso ocorreram trincas nas laterais da ferramenta inviabilizando os ensaios. Em geral os resultados mostraram que a utilização de fluido neste caso prejudica a vida da ferramenta devido aos choques térmicos, que ficou mais evidente nas laterais da ferramenta onde a velocidade de corte era maior, com isso ocorreram lascas nos insertos logo no início da usinagem. Na ponta da ferramenta, a  $v_c$  é praticamente zero e neste caso o efeito do choque térmico foi menor.

A Figura 5 a seguir mostra um inserto com as trincas causadas pelo choque térmico.

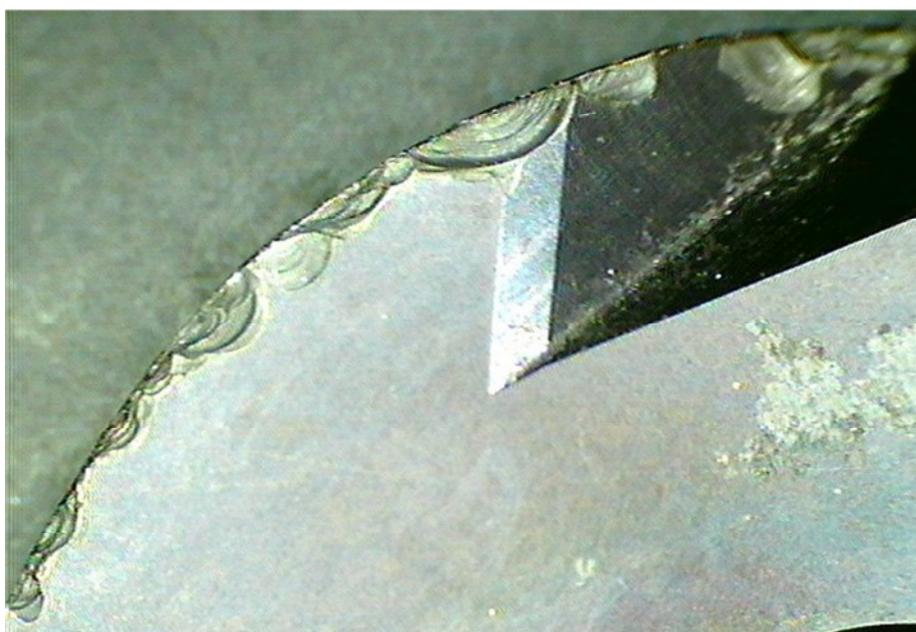


Figura 5 – Aresta lateral do inserto com trincas provocadas pelo uso de fluido de corte

A Figura 6 mostra o desgaste ocorrido na ponta da ferramenta sem a utilização de fluido. É possível perceber o desgaste constante ao longo da aresta até chegar ao desgaste máximo que está desfocado na foto. Este ponto, corresponde ao de maior velocidade de corte utilizado nos ensaios, e passou maior tempo em contato com a peça devido à sua geometria.

No início dos ensaios tentou-se utilizar uma haste de aço para a usinagem, o que não foi possível devido à alta vibração ocorrida no processo. A seguir utilizou-se uma haste de metal duro mas mesmo assim, a rugosidade ficou acima daquela requerida no processo ( $0,2 R_a$ ) mostrando que a operação necessita de uma maior rigidez para atingir a rugosidade requerida. Também vale observar que esta suposta falta de rigidez tenha influenciado de maneira significativa nos ensaios, ocasionando desgaste prematuro nos insertos. Porém este trabalho apresenta resultados que mostram uma tendência do processo, e podem ser utilizados de maneira qualitativa.

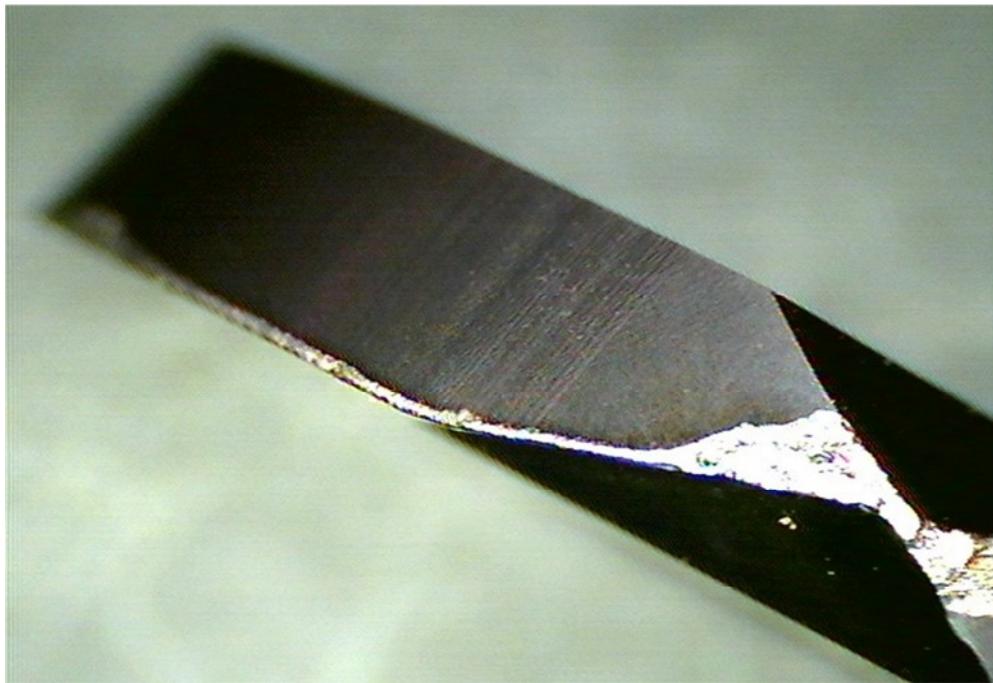


Figura 6 – Desgaste ocorrido na ponta do inserto e ao longo da aresta sem a utilização de fluido de corte.

As Figuras 7 e 8 mostram os resultados referentes à rugosidade obtida na superfície da peça após a usinagem.

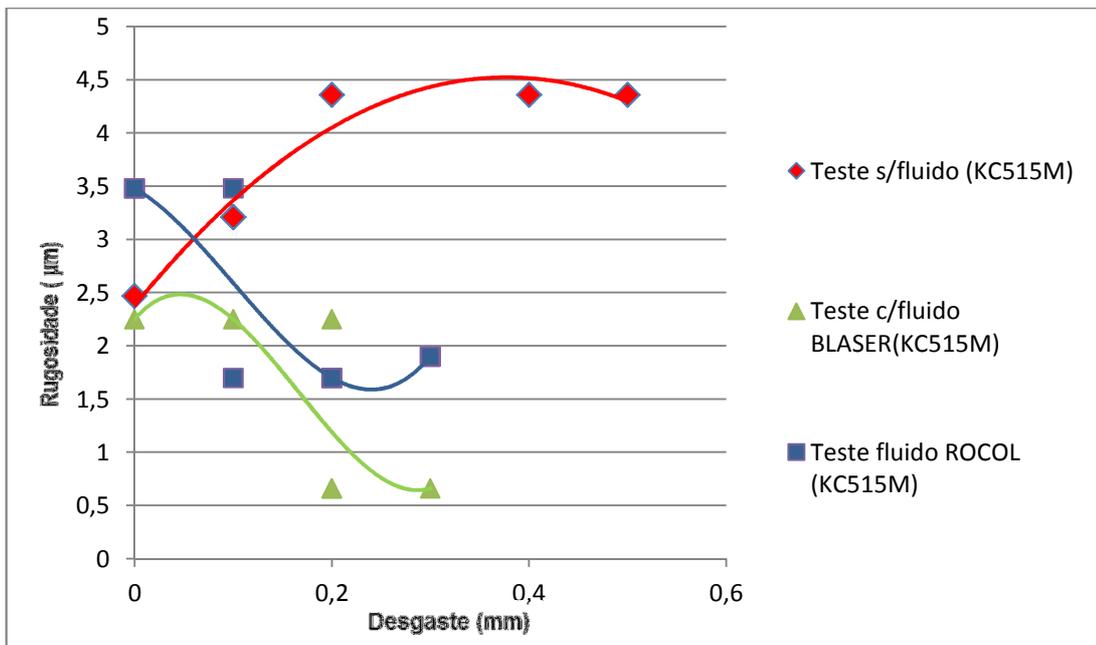


Figura 7 – Rugosidade do chão da peça em função do desgaste da ponta da ferramenta KC515M para as diferentes condições de usinagem.

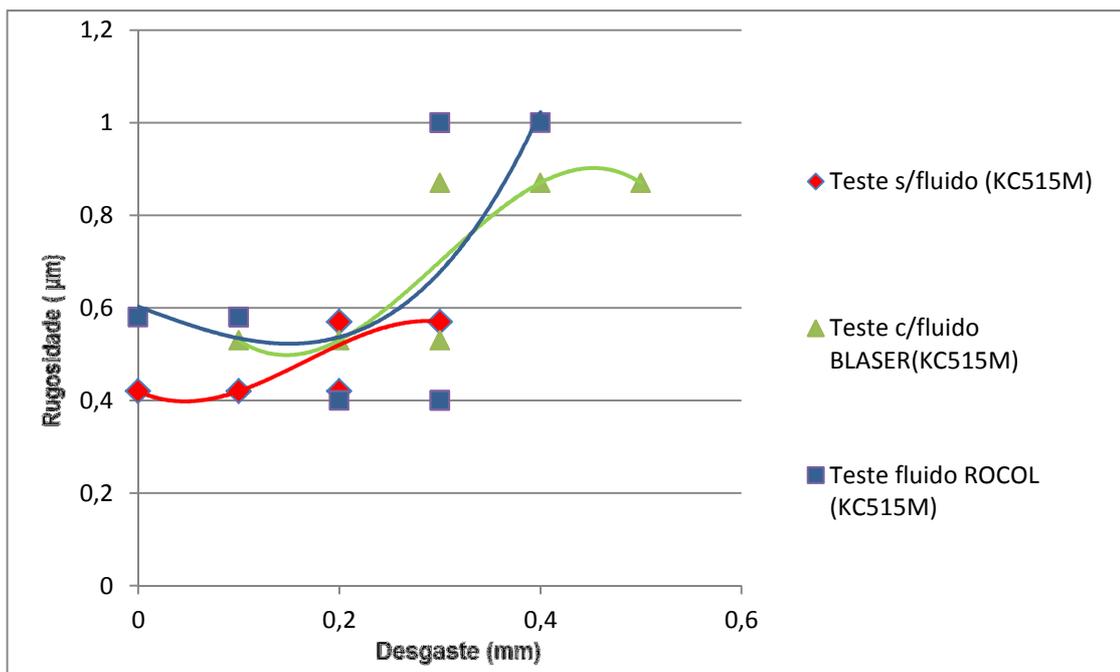


Figura 8 – Rugosidade na parede da peça em função do desgaste na lateral da ferramenta KC515M para as diferentes condições de usinagem.

Observa-se que a utilização de fluido refrigerante resulta em uma rugosidade menor principalmente na ponta da ferramenta, mas mesmo assim não alcançou os valores requeridos do processo conforme já citado. As Figuras 9 e 10 mostram a comparação para diferentes condições de lubrificação para a classe KC505M. Como esta classe obteve melhores resultados decidiu-se fazer um incremento da  $v_c$  em 20% e realizou-se uma comparação.

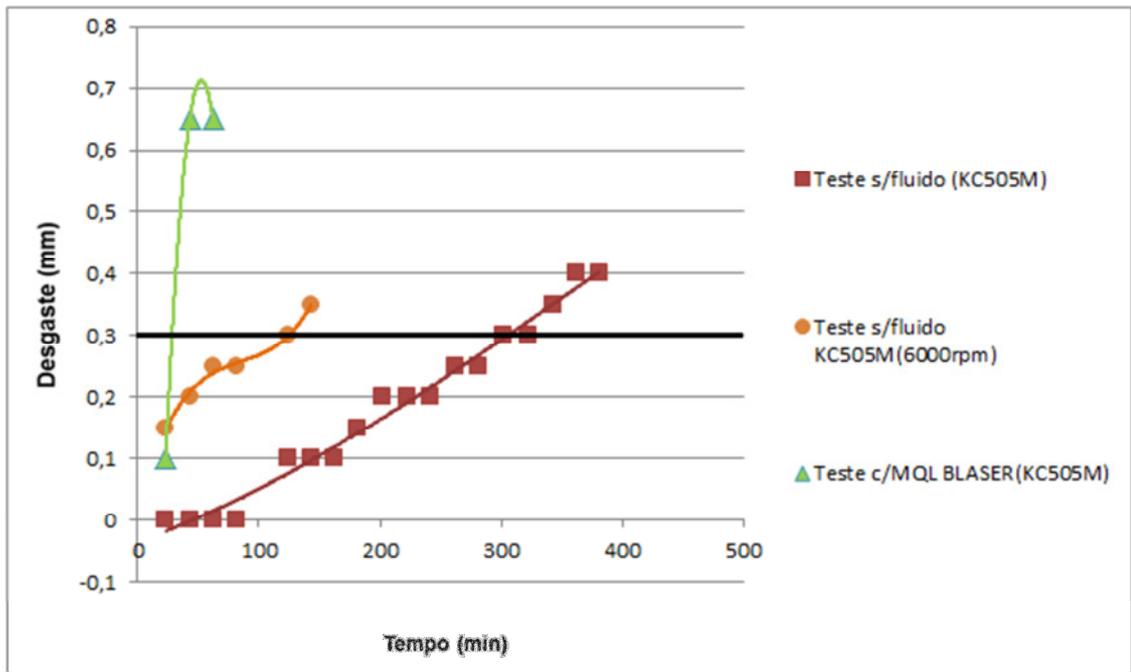


Figura 9 – Desgaste na lateral da ferramenta KC505M para as diferentes condições de lubrificação e parâmetros de corte.

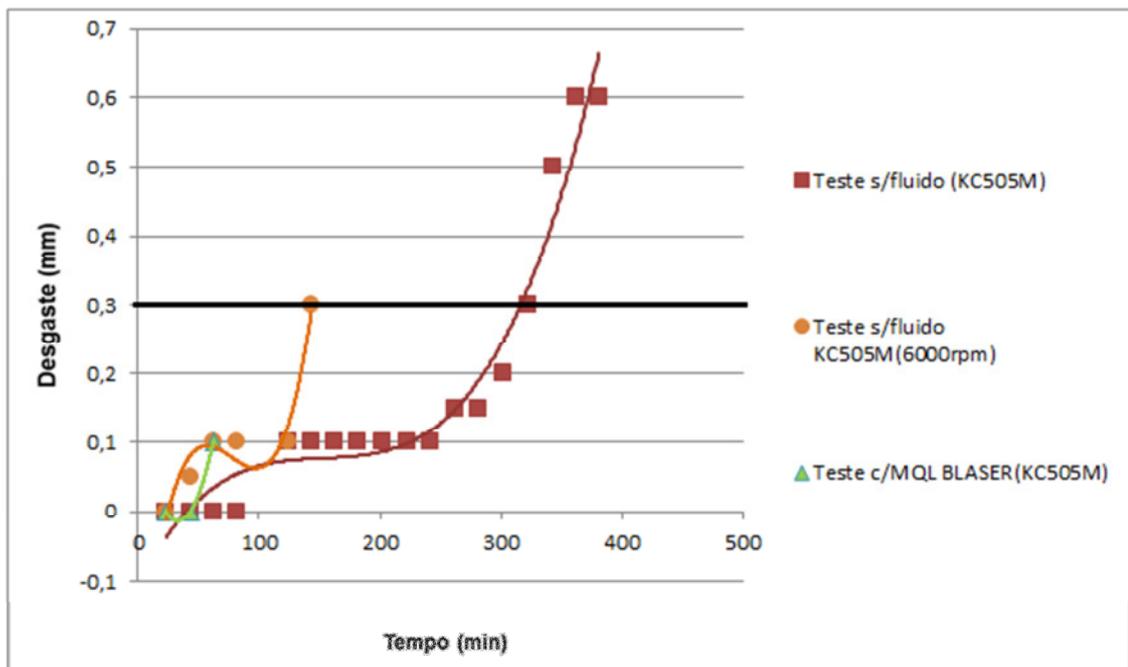


Figura 10 - Desgaste na ponta da ferramenta KC505M para as diferentes condições de lubrificação e parâmetros de corte.

Os resultados mostraram novamente que a utilização de fluido neste caso prejudica a vida da ferramenta devido aos choques térmicos. Mesmo quando o MQL foi utilizado apareceram trincas principalmente nas laterais da ferramenta que comprometeram a vida da pastilha antes de se iniciar o processo de desgaste. Neste caso o ensaio foi interrompido. Percebe-se que a utilização de uma classe mais dura e conseqüentemente menos tenaz piorou a condição de trabalho com fluido de corte, fazendo com que o efeito térmico tenha mais significância no processo.

As Figuras 11 e 12 mostram os melhores resultados obtidos com as classes KC515M e KC505M, ou seja, ambos sem a utilização de fluido refrigerante para ver qual resultou em maior vida da ferramenta.

Com o aumento da  $v_c$  a vida do inserto KC505M diminuiu conforme esperado nas laterais, mas na ponta os resultados foram melhores quando comparada com a classe anterior (KC515M). Ele apresentou maior vida e pode apresentar melhorias na produtividade da peça em questão. Os resultados de rugosidade foram equivalentes ao da utilização da classe anterior KC515M, não trazendo assim resultados relevantes.

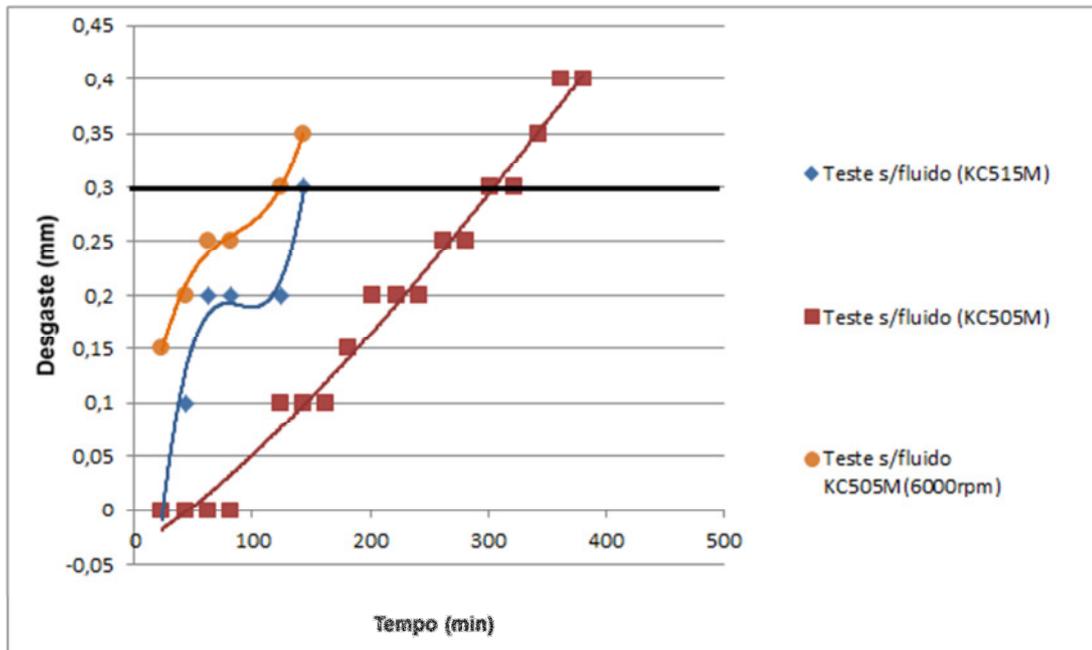


Figura 11 - Desgaste na lateral das ferramentas para os diferentes parâmetros de corte.

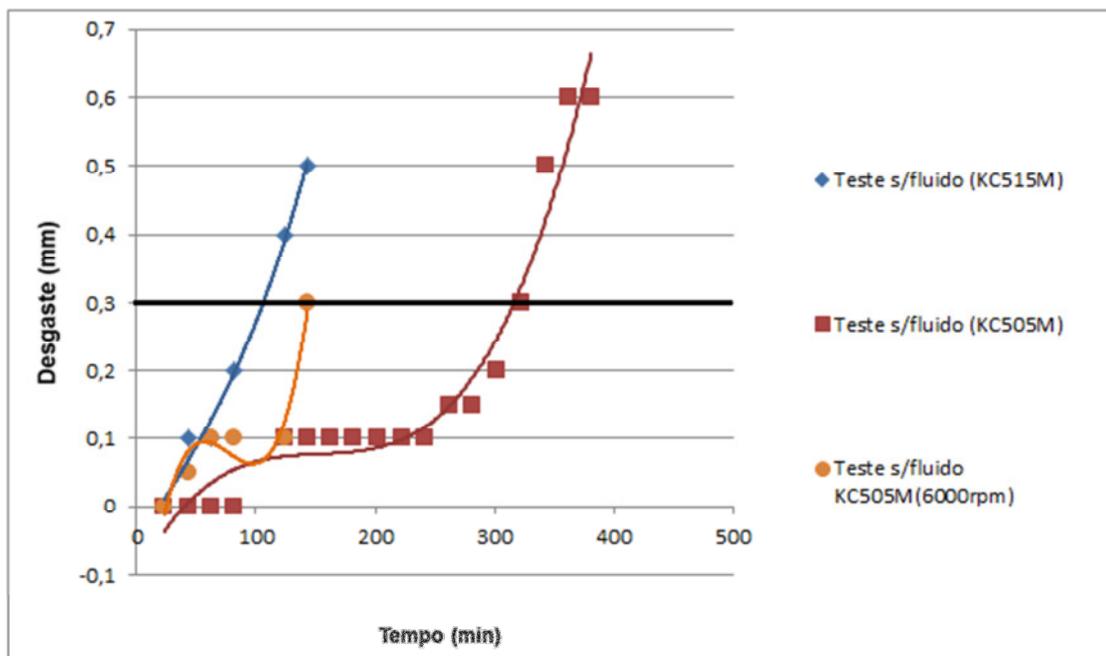


Figura 12 - Desgaste na ponta das ferramentas para os diferentes parâmetros de corte.

## Conclusões

A utilização da classe KC505M resulta em um desgaste menor se comparado a classe KC515M tanto “com” ou “sem” a utilização de fluido refrigerante.

O aumento de  $v_c$  para a classe KC505M não foi favorável para a vida da ferramenta, conforme o esperado, mas pode ser uma alternativa quando comparado à classe anterior já que a peça será usinada em menor tempo.

A utilização de fluido de refrigeração para este processo de usinagem específico não é favorável, pois diminui a vida da ferramenta gerando trincas térmicas inviabilizando-a e mesmo diminuindo a rugosidade da superfície usinada este não é um parâmetro que possa ser considerado mais importante no estudo em questão.

A usinagem de materiais endurecidos é muito difícil devido a necessidade de se trabalhar com profundidades de corte pequenas e velocidades de corte baixas além da necessidade de equipamentos para usinagem com alta rigidez para que os resultados do processo sejam satisfatórios.

## Agradecimentos

Os autores agradecem os patrocinadores e colaboradores do trabalho: Blaser Swisslub do Brasil, Instituto Mauá de Tecnologia, Kennametal do Brasil, PIBIC - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq, Rudloff Industrial Ltda. e Volkswagen do Brasil.

## Referências Bibliográficas

- Appa Rao, I.V.K.; Choudhury, S.K. (1999) Optimization of cutting parameters for maximizing tool life. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 343-352.
- Camuscu, N.; Aslan E.A. (2005) Comparative study on cutting tool performance in end milling of AISI D3 tool steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 121-123.
- Igbal A.; Ning H.; Khan I. (2008) Modeling the effects of cutting parameters in MQL-employed finish hard-milling process using D-optimal method. *Journal of materials processing technology*, 319-390.
- Schulz, H.; Moriwaki, T. (1992) High speed machining. *Annals of the CIRP*, **41**, 637-643.
- Schulz, H. (1996) Hochgeschwindigkeits-bearbeitung/High-speed machining. *Wien: Hanser*, 286.
- Sentuko, E. (1989) Research on the cutting mechanism of hardened steel by CBN tool. *Journal of Japan Society of Metal*, **36**.