



## **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ATMOSFERAS DE USINAGEM NO DESGASTE DE FERRAMENTAS DE METAL DURO UTILIZADAS NO FRESAMENTO DE AÇO MÉDIO CARBONO**

Rosemar Batista da Silva, [rsilva@mecanica.ufu.br](mailto:rsilva@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>  
Jalon de Moraes Vieira, [jalon.vieira@ufjf.edu.br](mailto:jalon.vieira@ufjf.edu.br)<sup>2</sup>  
Heitor Cunha Carvalho, [heitorcarvalho@yahoo.com.br](mailto:heitorcarvalho@yahoo.com.br)<sup>3</sup>  
Rodrigo Nogueira Cardoso, [rnogueira@meca.ufu.br](mailto:rnogueira@meca.ufu.br)<sup>4</sup>  
Alisson Rocha Machado, [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)<sup>5</sup>  
Eder Silva Costa, [eder@div.cefetmg.br](mailto:eder@div.cefetmg.br)<sup>6</sup>

(1), (3), (4) e (5) Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem, Av. João Naves de Ávila, 2.121, Bloco 1 – M, Uberlândia, MG, Brasil. CEP. 38400-089

(2) Instituto Federal de Juiz de Fora, Campus Juiz de Fora, Núcleo de Mecânica, Rua Bernardo Mascarenhas 1283, Bairro Fábrica, CEP36080-001, Juiz de Fora, MG, Brasil

(6) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/CEFET-MG, Campus V, Divinópolis, MG, Brasil. Em exercício na Universidade Federal de Uberlândia.

**Resumo:** Na atualidade, as questões de cunho ambiental têm sido fortemente discutidas dada a importância de se repensar sobre processos produtivos que não agridam ou que reduzam o impacto ambiental. Vários estudos em diversas áreas da ciência estão sendo desenvolvidos a fim de minimizar o impacto no meio ambiente. Isso não tem sido diferente para as operações de usinagem que, em sua maioria, utilizam fluidos de corte durante a fabricação das peças. Por outro lado, a não utilização de fluido de corte (corte a seco), em geral, é responsável pela geração das maiores taxas de desgaste das ferramentas, ou seja, menor vida e, conseqüentemente, resultando em um maior custo na reposição de ferramentas, como também aumento do preço por produto fabricado. Torna-se necessário, portanto, encontrar um meio termo entre o uso de fluidos de corte e o impacto ambiental. Dentro deste contexto, esse trabalho tem como objetivo estudar a influência das atmosferas de usinagem (seco e com fluido de corte) no desgaste de ferramentas de metal duro durante o fresamento de faceamento de aço médio carbono. A atmosfera com fluido foi aplicada em três formas: jorro, vazão reduzida e MQF. Foram utilizadas ferramentas de metal duro, classe P40 e variadas a velocidade de corte e avanço. Foi monitorado o desgaste de ferramentas até o fim de vida das mesmas. Imagens das ferramentas desgastadas também foram analisadas a fim de identificar os mecanismos de desgaste existentes. Os resultados mostraram, em geral, que a menor taxa de desgaste das ferramentas foi observada na presença de fluido aplicado na forma de MQF. Além disso, as condições consideradas ótimas para o torneamento do aço NB 1045 são aquelas mais brandas utilizando a técnica MQF. A ordem de desempenho das atmosferas/técnica de aplicação de fluido foi: MQF, Vazão reduzida, jorro e seco.

**Palavras-chave:** fresamento, metal duro, fluido de corte, MQF, seco, vazão reduzida, desgaste

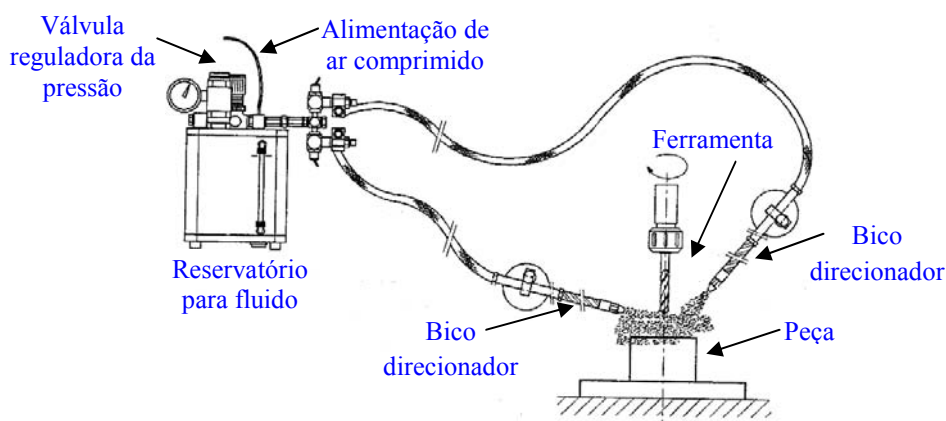
### **1. INTRODUÇÃO**

Devido à importância do estudo dos processos de usinagem, principalmente das operações de fresamento, visa-se sempre encontrar condições de corte ideais para um certo material a ser usinado, que nem sempre é uma tarefa fácil. Um dos parâmetros que pode ser otimizado é o desgaste da ferramenta utilizada durante a usinagem seja por meio da alteração dos parâmetros de corte já normalmente estudados (velocidade de corte, avanço, geometria e tipo de ferramenta) como também pela variação das atmosferas de usinagem (com ou sem fluido de corte).

Sabe-se que os fluidos de corte possuem as funções, dentre tantas, de lubrificar a zona de corte em baixas velocidades de corte; de refrigerar em altas velocidades de corte, como também de propiciar produção de peças com acabamento superior, pela redução ou eliminação da APC e pela redução das forças de corte devido ao efeito lubrificante (Machado et al, 2009). Eles também podem atuar na retirada do cavaco da zona de corte, pois, estes cavacos podem comprometer o acabamento e a ferramenta de corte. Esta função é especialmente requerida nos processos como furação e brochamento. Além disso, os fluidos de corte atuam no sentido de evitar o aquecimento excessivo da peça, problemas de controle dimensional e queimaduras do operador, auxilia na quebra do cavaco quando injetado sob alta pressão como também promove a redução da área de contato cavaco-ferramenta pelo fato de gerar maior curvatura do

cavaco e facilitando sua quebra (Machado (1990), Sales et al (2001), Booney (2004) e Da Silva (2006)) e, conseqüentemente, diminui a taxa de desgaste das ferramentas.

Há até poucas décadas atrás, a utilização de fluidos de corte em operações de usinagem destinava-se quase que exclusivamente à promover a redução do custo de usinagem por meio redução do desgaste da ferramenta e/ou aumentar a taxa de produção, pelo emprego de maiores velocidades de corte e maiores valores de avanços. Entretanto, o contato prolongado e freqüente com os fluidos de corte pode originar diversas formas de irritação da pele e em certos casos até câncer. Para amenizar estes e outros problemas causados pelos fluidos de corte, deve-se fazer frequentemente um controle adequado da quantidade de fungos, bactérias e do pH do fluido, aliado a uma prática de higiene pessoal por parte dos operadores, como por exemplo, a aplicação de cremes protetores apropriados antes do início do serviço e após o trabalho (Sales, 1999). Em dias atuais, fatores como custo e a pressão exercida por agências de proteção ambiental e de saúde estão apontando na direção da usinagem a seco sempre que for possível, ou pelo menos na redução da vazão do fluido de corte (usinagem com Mínima Quantidade de Fluido de Corte (MQF)) que está ilustrado de forma esquemática na Fig. 1. Esta técnica que tem a cada dia apresentado resultados positivos em várias situações de usinagem tem sido cada vez mais empregada na indústria devido ao avanço tecnológico nas áreas dos materiais e geometrias das ferramentas de corte, o que torna possível a flexibilização na produção ou usinagem de peças.



**Figura 1. Esquema de um sistema de aplicação de fluido de corte pela técnica MQF (adaptado de Teixeira (2001)).**

Apesar do grande desenvolvimento tecnológico verificado na área de usinagem, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de ferramentas de corte (geometria, novos materiais, revestimentos), a usinagem a seco, também chamada por muitos de “usinagem ecológica”, esbarra ainda em dificuldades de ordem econômicas e técnica, como alta taxa de desgaste e aquecimento excessivo da interface ferramenta-peça. Estudos mostram, por exemplo, que a usinagem totalmente a seco para muitas aplicações ainda não é possível, como por exemplo, na usinagem do alumínio e de alguns aços dúcteis (Novaski e Dörr (1999a e 1999b)), uma vez que não a utilização de um lubrificante pode culminar com desgaste adesivo. Além disso, na furação de ferro fundido cinzento, a falta do auxílio para a expulsão dos cavacos provoca danos às superfícies já usinadas e pode promover a quebra da broca (Costa, 2004). Outros materiais, como as ligas de titânio em sua maioria devem ser usinadas com presença de fluido de corte, para evitar elevadas taxas de desgaste e garantir elevada exatidão das superfícies usinadas (Da Silva, 2006). Neste contexto é que surgiu como alternativa a aplicação de sistemas que utilizam técnicas de usinagem com Mínima Quantidade de Fluido de Corte (MQF), a qual proporciona vantagem de funcionalidade da refrigeração e baixo consumo de fluido de corte. A técnica MQF pode ser considerada como intermediária entre a usinagem em condição com refrigeração/lubrificação e aquela absolutamente sem refrigeração (a seco) (Costa, 2004). MQF significa que somente uma pequena gota de óleo é lançada na área de corte para produzir um pequeno filme de lubrificante protetor.

Na usinagem sem fluido de corte, além da seleção de parâmetros de corte apropriados em função do material a ser usinado, a busca por uma geometria adequada da ferramenta como também aquela com propriedades melhoradas para cada necessidade é o ponto de partida na tentativa de resolver os problemas causados pela usinagem a seco, visto que os mecanismos de desgastes são ativados com o aumento da temperatura e que conseqüentemente promove redução significativa na vida da ferramenta.

Neste sentido este trabalho visa investigar influência das atmosferas de usinagem (seco e com fluido de corte) no desgaste das ferramentas de metal duro durante o fresamento do aço médio carbono NB 1047 nas seguintes condições de corte: velocidade de corte de 200 e 260 m/min e avanços de 0,14 e 0,22 mm/volta. Também foram investigadas duas situações de entrada da fresa na peça: na primeira situação, a pastilha entrava na peça a 90° (quina viva) e na segunda, a pastilha entrava a 45°, uma vez que após o primeiro passe, com entrada em quina, a ferramenta produzia uma rampa no material usinado, cuja inclinação é resultante do próprio ângulo de posição da fresa (45°).

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O material utilizado foi o aço NB 1047 com dimensões 455 mm x 128 mm x 150 mm, que foi previamente preparado para remoção de camada bruta de fusão/camada oxidada. Estas barras foram fixadas sobre a mesa da máquina ferramenta (Fresadora CNC Interract IV com potência máxima de 7,5 CV, fabricada pelas Indústrias Romi S.A) por meio de castanhas.

Os testes de usinagem foram realizados com ferramentas de metal duro (insertos) classe P40 com denominação GC 4240 R245-12 T3 M-PM fornecidas pelo fabricante Sandvick Coromant®) nas seguintes condições de corte: velocidades de corte de 200 e 260 m/min e avanços de 0,14 e 0,22 mm/volta.. Cada inserto foi empregado em quatro testes, uma vez que, cada inserto possui quatro arestas. Tais insertos foram fixados por meio de parafusos em uma fresa com diâmetro de corte de 125mm, com capacidade para alojar até 8 insertos.

Duas formas de entrada da ferramenta na peça foram investigadas sendo que: na primeira a aresta entrava na peça a 90°, e na segunda condição, a ferramenta entrava na peça a 45°, condição essa que acontece devido à inclinação do chanfro deixado na peça após a primeira passada com a ferramenta entrando a 90°. A Figura (2) ilustra estas duas formas.

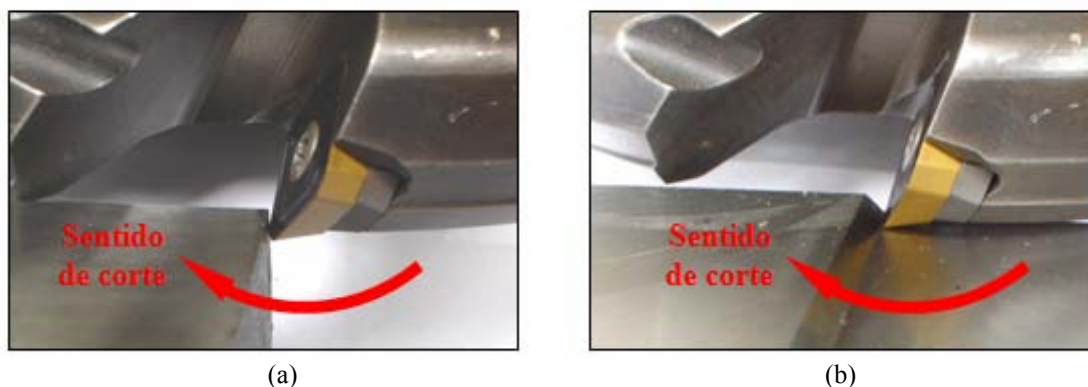


Figura 2. Esquemas das entradas das arestas de corte. a) Entrada a 90°. b) Entrada a 45° (Costa et al, 2008)

Foram realizados 32 testes de usinagem. A fim de aperfeiçoar a utilização do material de trabalho e estrategicamente promover a retirada da ferramenta ao fim de cada passe para análise de desgaste das ferramentas utilizadas nas duas condições de entrada, um programa CNC foi elaborado para realizar apenas uma passada e permitir a remoção da ferramenta para análise de desgaste e/ou sua substituição. Desta forma, foi possível utilizar diferentes arestas para analisar as diferentes formas de entrada.

Nos testes com fluido de corte alguns procedimentos foram realizados para adequar a vazão e as propriedades do fluido de corte de acordo com o proposto neste trabalho. Para a usinagem com fluido de corte na forma de jorro foi utilizado um sistema externo à máquina ferramenta para fazer o bombeamento do fluido, a vazão de trabalho foi de 4,6 L/min. O fluido de corte utilizado foi uma emulsão de base vegetal emulsionável Vasco1000, fabricado pela empresa Blaser Swissslube, na concentração de 5%.

Este mesmo sistema de bombeamento foi utilizado para a usinagem com fluido aplicado na forma vazão reduzida, porém com uma vazão de 250 mL/min. Já a usinagem com mínima quantidade de fluido de corte (MQF), o sistema de bombeamento do fluido está mostrado na Fig. (3). Ressalta-se que esse sistema foi previamente calibrado e ajustado para conferir vazão de 60 mL/h e pressão do ar de 8 bar (0,8 MPa).



Figura 3. Sistema de bombeamento de fluido de corte pela técnica MQF

O desgaste da ferramenta foi monitorado até o fim de vida da mesma utilizando critérios de rejeição pré-estabelecidos tais como o colapso da aresta ou desgaste de flanco máximo,  $VB_{Max} = 0,6$  mm.

Para analisar o desgaste e observar sua evolução durante os testes, foi utilizada microscopia ótica. Algumas imagens foram obtidas com o auxílio de um estéreo microscópio, marca Olympus modelo SZ61, com câmera CCD, Evolution LC Color acoplada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados dos testes de usinagem realizados neste trabalho dos quais foram inicialmente analisados o desgaste em função do comprimento usinado para diferentes velocidades de corte e avanço, diferentes atmosferas e técnica de aplicação de fluido de corte e diferentes entradas da ferramenta na peça. São apresentadas também algumas imagens das ferramentas desgastadas a fim de facilitar o entendimento dos mecanismos de desgaste existentes nas ferramentas após o fresamento de aço NB 1047 em diferentes condições de corte.

As Fig. (4) e Fig. (5) mostram o comportamento do desgaste de ferramentas de metal duro em função do comprimento usinado para diferentes valores de avanço e duas formas de entrada da ferramenta na peça ( $45^\circ$  e  $90^\circ$ ) durante o fresamento na condição seco com velocidades de corte de 200 e 260 m/min, respectivamente. Destas figuras pode-se observar que o desgaste aumenta com o comprimento usinado e que este é mais acentuado para a entrada da ferramenta a  $45^\circ$  e com maior avanço, independente da velocidade de corte empregada. Já as melhores condições foram observadas para a entrada a  $90^\circ$  para ambas as velocidades de corte e maior avanço de 0,14 mm/volta.

Nas Figs. (6a) e (6b) são mostradas as imagens de ferramentas desgastadas após usinagem a seco. Da Fig. (6b), a imagem de uma ferramenta desgastada após usinagem a seco com  $V_c=260$  m/min e  $f_z=0,22$  mm/volta para a entrada da ferramenta a  $90^\circ$  pode ser observado a presença de lascamento na ferramenta, após o 6º passe. Pela forma característica do desgaste, verifica-se que mecanismo de desgaste por deformação plástica da aresta de corte sob altas tensões de compressão foi atuante e que levou à destruição da cunha, pela continuidade do processo de deformação. Maiores informações sobre este mecanismo são comentadas por Machado et al (2009).

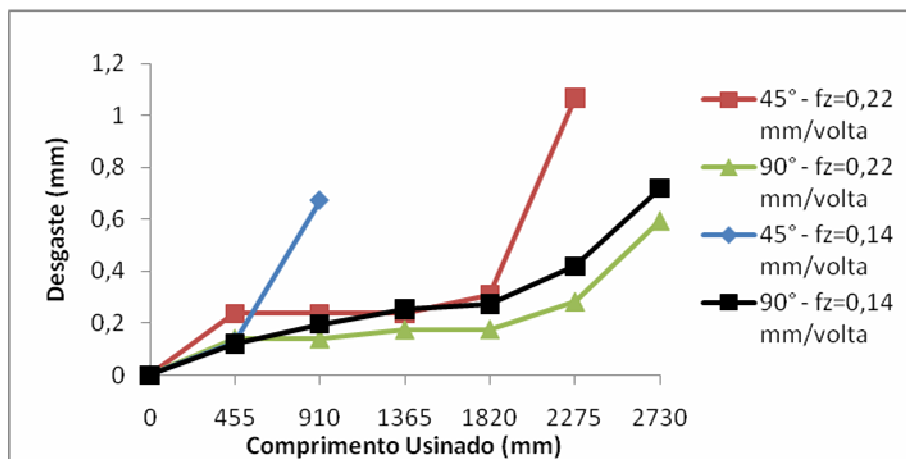


Figura 4. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem a seco com  $V_c=200$  m/min

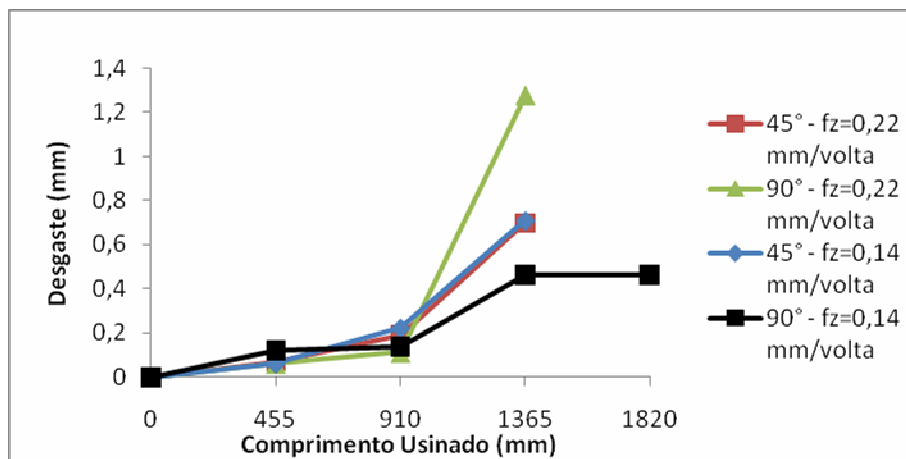


Figura 5. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem a seco com  $V_c=260$  m/min

Ao contrário dos resultados encontrados de desgaste em função do comprimento usinado na condição a seco (Figs (4) e (5)), das Fig. (7) e Fig. (8) pode-se notar que a entrada a 45° resultou em desempenho superior em relação à forma de entrada a 90° em relação a desgaste e comprimento usinado, quando utilizou-se fluido de corte na forma de jorro, sendo mais notável para a  $v_c=200$  m/min e  $f=0,22$ mm/volta.

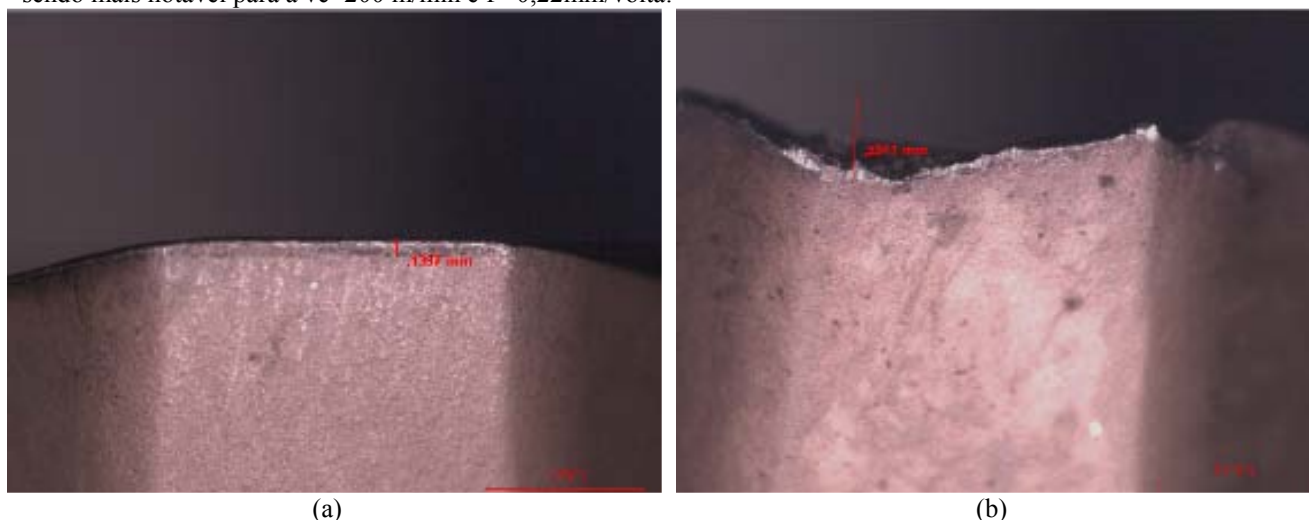


Figura 6. Imagem do desgaste das ferramentas de metal duro após usinagem a seco do aço NB 1047 com  $V_c=260$  m/min e  $f_z=0,22$  mm/volta para a entrada a 90° ; a) 1° passe; b) 6° passe (detalhe para região com lascamento)

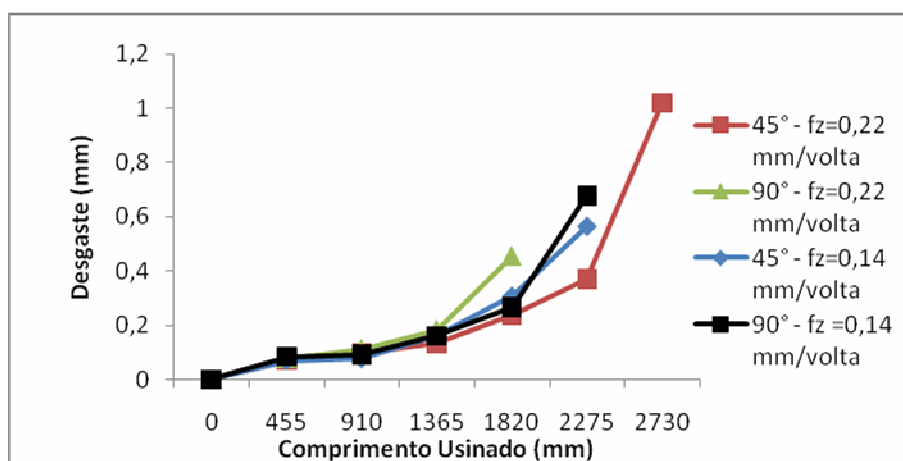


Figura 7. Comprimento de usinagem versus desgaste na usinagem com jorro,  $V_c=200$  m/min.

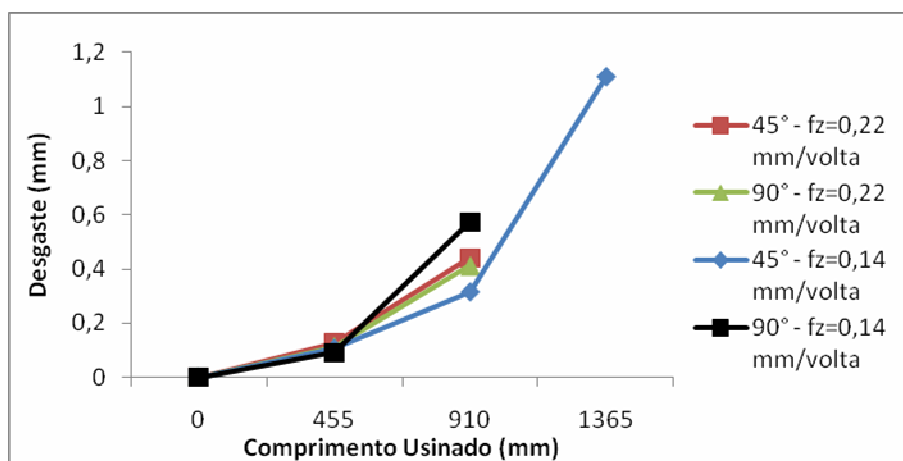


Figura 8. Comprimento de usinagem versus desgaste durante a usinagem com fluido na forma de jorro com  $V_c=260$  m/min.



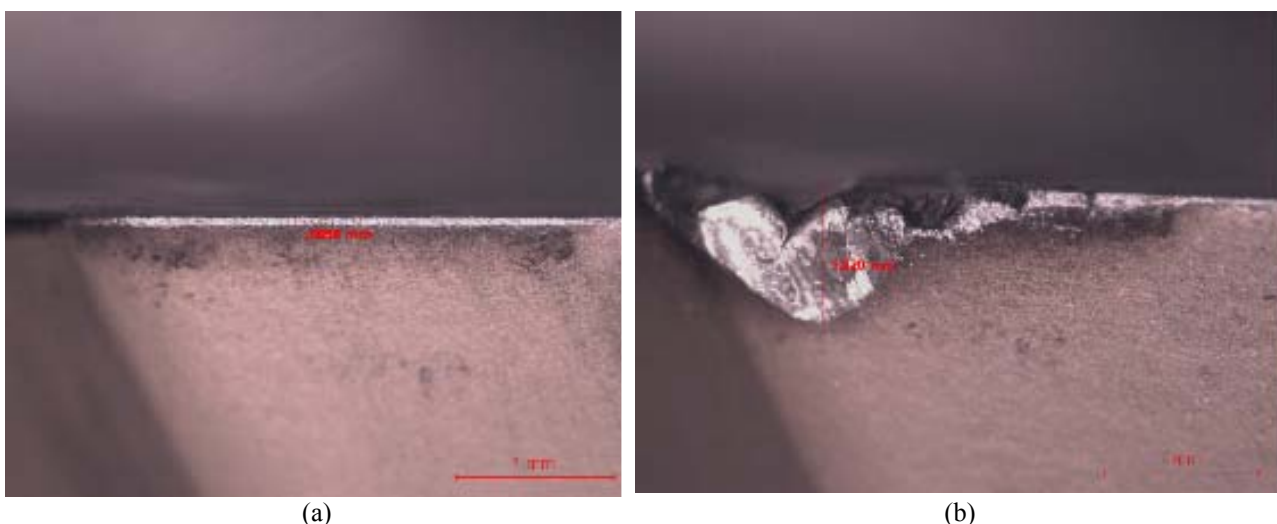


Figura 9. Imagem do desgaste das ferramentas de metal duro após usinagem com fluido de corte aplicado na forma de jorro do aço NB 1047 com  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,22$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$  a) 1º passe; b) 6º passe (lascamento).

Nas Figs. (9a) e (9b) são apresentadas as imagens das ferramentas desgastadas com  $V_c = 200$  m/min e  $f_z = 0,22$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$  após 1º. passe e 6º. passe (fim de vida), respectivamente. Observa-se que no primeiro passe a ferramenta apresentava pouco desgaste (quase imperceptível pelo aumento (35X) do aparelho utilizado para medição. Já na figura após o 6º. passe é visível a forma de desgaste de flanco e que houve perda de material na ponta da ferramenta (lascamento). Lascamentos são comuns de ocorrer neste tipo de material de ferramenta quando são utilizadas condições severas de usinagem. Da Fig. (9) pode-se estimar que o mecanismo de desgaste nestas condições foi o de entalhe na aresta principal de corte. O mecanismo de desgaste de entalhe se desenvolveu por meio da formação de trincas térmicas, que ocorrem quando existe uma grande variação de temperatura durante o processo de usinagem, resultando no lascamento da aresta de corte observado na Fig. (9b).

Nas Figs. (10) e (11) são apresentados o comportamento do desgaste de ferramentas de metal duro em função do comprimento usinado para diferentes valores de avanço e duas formas de entrada da ferramenta na peça ( $45^\circ$  e  $90^\circ$ ) durante o fresamento na condição com aplicação de fluido de corte na forma de vazão reduzida, com velocidades de corte 200 e 260 m/min, respectivamente. Para esta atmosfera, a usinagem com ferramenta entrando na peça a  $90^\circ$ , com menor valor de velocidade ( $v_c=200$  m/min) e maior avanço ( $f=0,14$  mm/dente) apresentou desempenho superior em relação a maior velocidade e menor avanço em termos de maior comprimento usinado. As Figs. (12a) e (12b) são imagens das ferramentas desgastadas após usinagem com vazão reduzida do aço NB 1047 com  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,22$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$ .

Nota-se que no sétimo passe da ferramenta na peça houve o lascamento da mesma, semelhante aquele encontrado na ferramenta que realizou usinagem a seco (Fig. 6). Acredita-se que o desgaste na aresta alisadora de tais ferramentas tenha sido o responsável para determinar o fim de vida da ferramenta. Esse fim de vida foi obtido por deformação plástica da aresta de corte sob altas tensões de compressão (Machado et al, 2009).

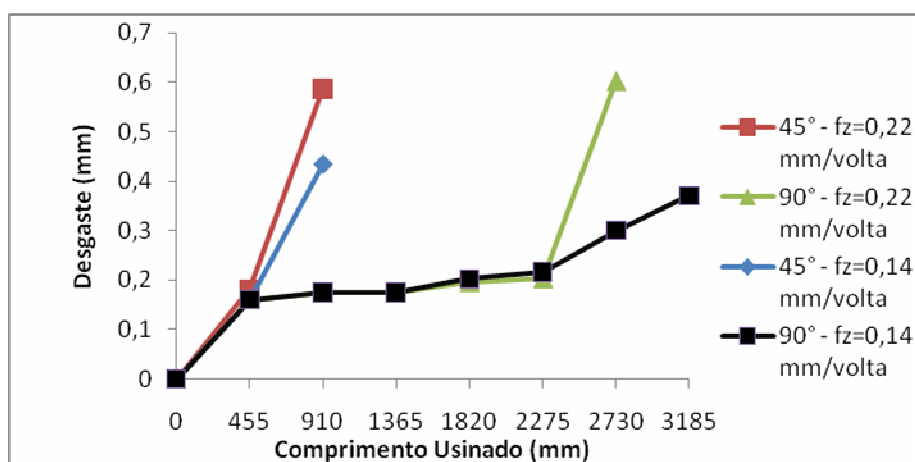


Figura 10. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem com aplicação de fluido na forma de vazão reduzida com  $V_c=200$  m/min

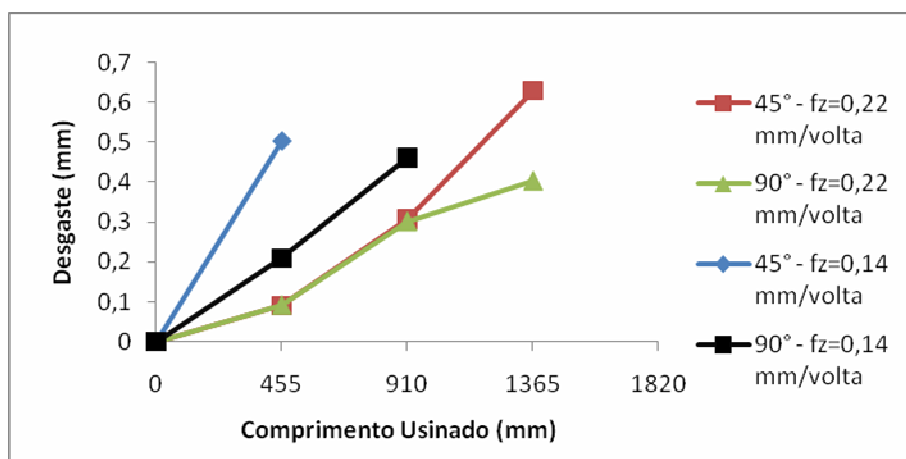


Figura 11. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem com fluido na forma de vazão reduzida com  $V_c=260$  m/min

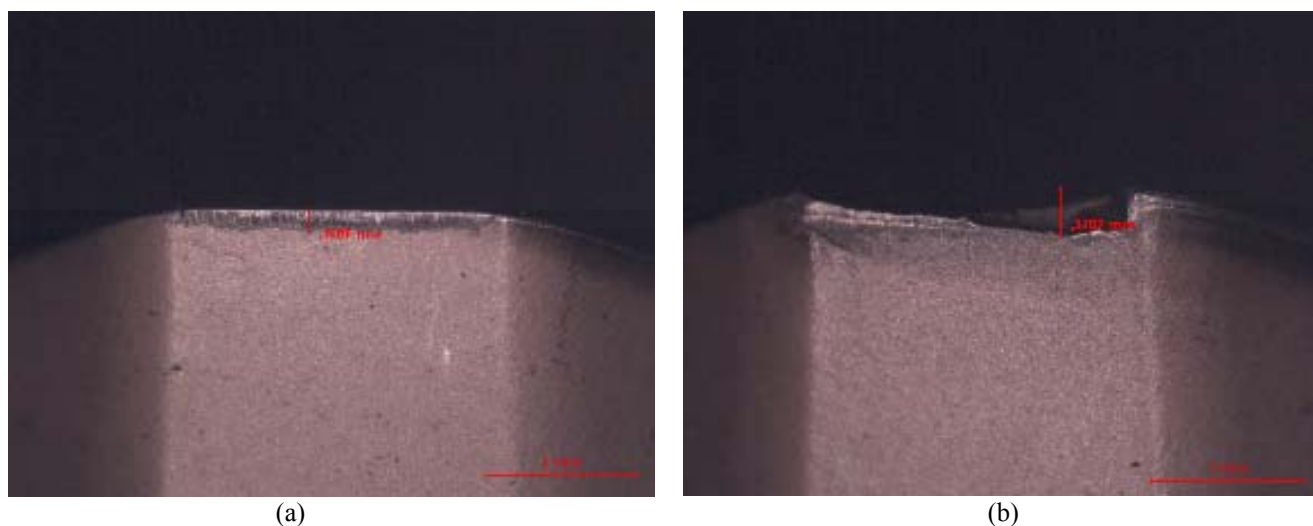


Figura 12. Imagem do desgaste da ferramenta de metal duro após usinagem com fluido de corte com vazão reduzida do aço NB 1047 com  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,22$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$ ; a) 1º passe; b) 7º passe (lascamento)

Diversas tentativas têm sido feitas com o objetivo de diminuir estas altas temperaturas observadas. Fluidos de corte convencionais podem resfriar a ferramenta e a peça, mas não podem resfriar e lubrificar eficientemente a interface cavaco-ferramenta. No entanto, foi observado que a MQF pode reduzir a temperatura média de corte de 5-10% dependendo dos níveis dos parâmetros do processo (Dhar et. al, 2006).

Quando se utilizou a técnica de aplicação de fluido com mínima quantidade de fluido (MQF) em termos de números de passes realizados, comparados com as outras formas e atmosferas de usinagem investigadas (Figs. (13) e (14)). Como esperado a condição de usinagem mais branda  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,14$  mm/volta na forma de entrada de  $45^\circ$  possibilitou usinar 13 passes. As Figs. (15a) e (15b) são imagens das ferramentas desgastadas após usinagem pela técnica MQF do aço NB 1047 com  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,14$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$  para dois diferentes números de passes. Comparando o primeiro e décimo terceiro passes, observa-se que houve a perda da aresta de corte neste último e isso se deve à deformação plástica da cunha cortante devido a altas tensões de compressão (Machado et al, 2009) que indica o fim de vida da ferramenta. Em seus experimentos comparando o desempenho da técnica MQF em diferentes vazões com a usinagem a seco do mesmo aço NB 1047, Viera et al (2009) observaram que esta técnica também resultou em um maior comprimento usinado e melhor qualidade da superfície usinada, o que foi atribuído à redução do desgaste de flanco e também das forças de usinagem. Para estes autores, a técnica MQF oferece como benefício principal a redução da temperatura de corte, com adequadas condições tribológicas na zona de corte que minimizam o atrito entre o cavaco e a ferramenta e, conseqüentemente, mantém a aresta de corte afiada por mais tempo.

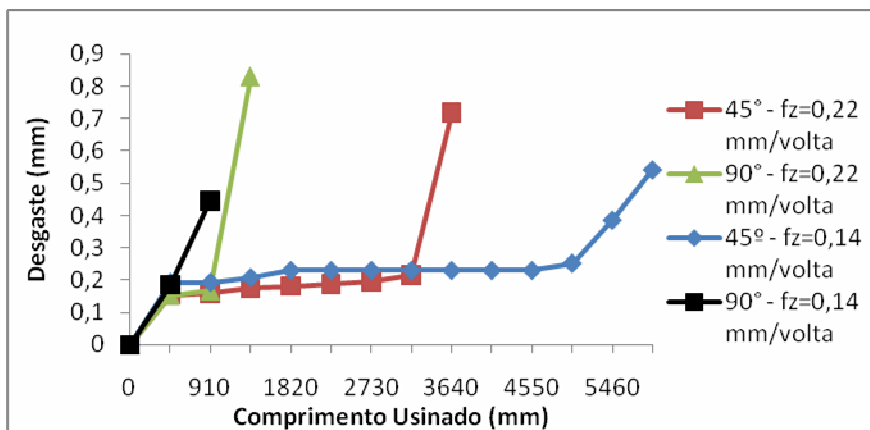


Figura 13. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem com fluido pela técnica MQF com  $V_c=200$  m/min

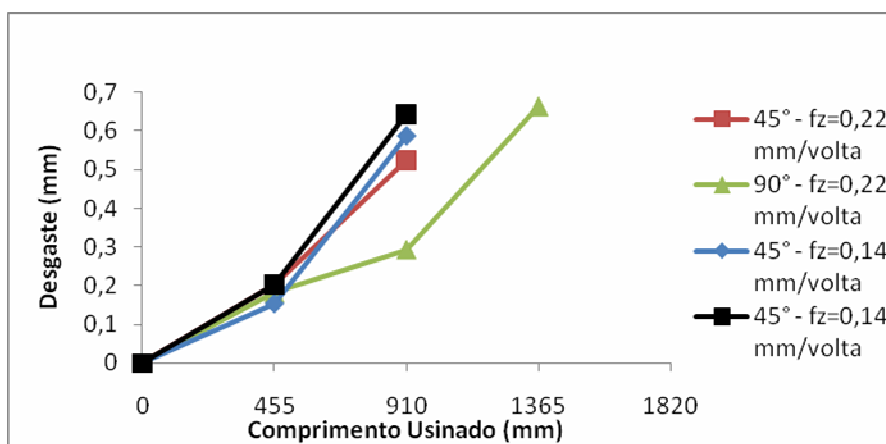


Figura 14. Comprimento de usinagem *versus* desgaste durante a usinagem com fluido pela técnica MQF com  $V_c=260$  m/min

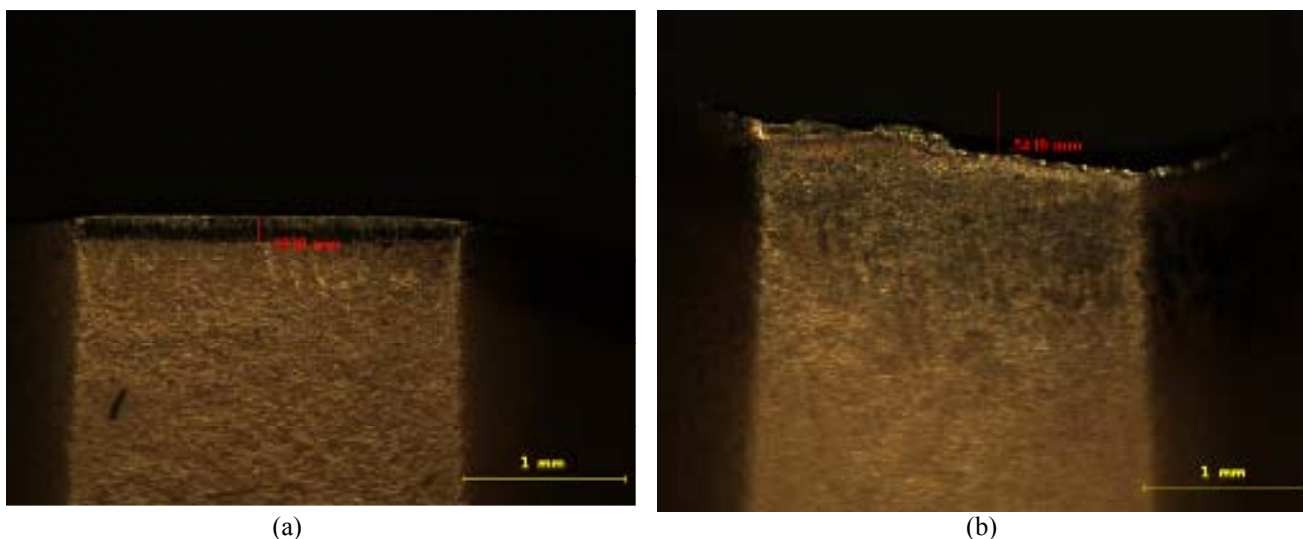


Figura 15. Imagem do desgaste da ferramenta de metal duro após usinagem com fluido de corte pela técnica MQF com  $V_c=200$  m/min e  $f_z=0,14$  mm/volta para a entrada a  $45^\circ$ ; a) 1º passe; b) 13º passe (lascamento)



#### 4. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser retiradas após este trabalho sobre fresamento frontal de faceamento de aço NB 1047 com ferramentas de metal duro em diversas condições de corte:

- A usinagem a seco com a entrada da ferramenta à 90° apresentou desempenho superior que a entrada a 45° uma vez que, o atrito da ferramenta com a superfície da peça eleva a temperatura, diminuindo a vida da ferramenta.
- Ao utilizar fluido de corte aplicados na forma de jorro observou-se um desempenho semelhante de ambas formas de entrada (45° e 90°), e o fim de vida da ferramenta foi determinado pelo colapso da aresta de corte.
- A usinagem com fluido de corte aplicado na forma de vazão reduzida (baixa vazão) gerou um desgaste na ferramenta considerado intermediário entre a usinagem a seco e com fluido na forma de jorro. O desgaste da aresta alisadora foi responsável pelo fim de vida das ferramentas utilizada nesta condição. Além disso, a usinagem com menor velocidade de corte e menor avanço aumentou a vida da ferramenta.
- A utilização da técnica MQF resultou no melhor desempenho dentre todas as técnicas e atmosferas utilizados neste trabalho nas condições investigadas, e este desempenho foi mais notável quando empregou-se menor velocidade de corte ( $V_c=200$  m/min) e um menor avanço ( $f_z=0,14$  mm/volta), consideradas as condições ótimas para usinagem deste aço NB 1047.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem em especial à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), com também à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Bonney, J., 2004, "High-Speed Machining of Nickel-base, Inconel 718, Alloy with Ceramic and Coated Carbide Cutting Tools using Conventional and High-Pressure Coolant Supplies", Tese de Doutorado, London South Bank University, Londres, Reino Unido, 238 p.
- Costa, E.S., 2004, "Furação de Aços Microligados com Aplicação de Mínima Quantidade de Fluido de Corte – MQF", Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil, 311 p.
- Costa, E.S., Pacheco, M.S., Da Silva, R.B., Machado, A.R., 2008, "Influência da forma de entrada da ferramenta na peça no fresamento frontal de faceamento do aço ABNT 1045", V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – CONEM, ABCM, Salvador – Bahia, Brasil, 8 p.
- Da Silva, R. B. 2006, Performance of Different Cutting Tool Materials in Finish Turning of Ti-6Al-4V Alloy with High Pressure Coolant Supply Technology, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil, 299 p.
- Dhar, N.R., Kamruzzaman, M., Ahmed, M., 2006, "Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI 4340 steel, Journal of Materials Processing Technology", vol. 172, pp. 299-304,
- Machado, A.R., 1990, "Machining of Ti-6Al-4V and Inconel 901 with a High Pressure Coolant System", Tese de Doutorado, University of Warwick, Coventry, Reino Unido, 288 p.
- Novaski, O. e Dörr, J., 1999-a, "Usinagem Quase a Seco", Máquinas e Metais, Editora Aranda, Novembro, São Paulo, Brasil, pp 34-41.
- Novaski, O. e Dörr, J., 1999-b, "Usinagem Sem Refrigeração", Máquinas e Metais, Editora Aranda, Março, São Paulo, Brasil, pp 18-27.
- Sales, W.F., 1999, "Influência das Características Refrigerantes e Lubrificantes de Fluidos de Corte", Tese de doutorado em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil, 166 p.
- Sales, W.F., Diniz, A.E., Machado, A.R., 2001, "Application of Cutting Fluids in Machining Processes", Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences, ABCM, Vol. XXIII, No. 2, pp. 227-240.
- Teixeira, C. R., 2001, "Benefícios Ecológicos da Redução e Eliminação de Fluidos de Corte nos Processos de Usinagem com Ferramentas de Geometria Definida", Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica da UFSC, Florianópolis-SC, Brasil, 153 p.
- Vieira, J.M., De Oliveira, G.S, De Ávila, R. F, Machado, A.R., Da Silva, R.B., Friedrich, E.B., 2009, "An Experimental Study On Effect Of Minimum Quantity Fluid On Tool Wear On Machining Steel", Proceedings of COBEM, 20th International Congress of Mechanical Engineering, ABCM, Gramado, RS, Brazil.

#### 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## INFLUENCE OF DIFERENTS MACHINING ENVIRONMENTS IN THE WEAR OF CEMENTED CARBIDE TOOLS IN FACE MILLING OF A MEDIUM CARBON STEEL.

Rosemar Batista da Silva, [rsilva@mecanica.ufu.br](mailto:rsilva@mecanica.ufu.br)<sup>1</sup>

Jalon de Moraes Vieira, [jalon.vieira@ufjf.edu.br](mailto:jalon.vieira@ufjf.edu.br)<sup>2</sup>

Heitor Cunha Carvalho, [heitorcarvalho@yahoo.com.br](mailto:heitorcarvalho@yahoo.com.br)<sup>3</sup>

Rodrigo Nogueira Cardoso, [rnogueira@meca.ufu.br](mailto:rnogueira@meca.ufu.br)<sup>4</sup>

Alisson Rocha Machado, [alissonm@mecanica.ufu.br](mailto:alissonm@mecanica.ufu.br)<sup>5</sup>

Eder Silva Costa, [eder@div.cefetmg.br](mailto:eder@div.cefetmg.br)<sup>6</sup>

(1), (3), (4) e (5) Federal University of Uberlândia, Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory of Teaching and Research in Machining, 2.121, João Naves de Ávila Av., Block 1 – M, Uberlândia, MG, Brazil. Zip Code: 38400-089

(2) Federal Institute of Education, Science and Technology – Unit of Juiz de Fora, Mechanical Department – G Block, Rua Bernardo Mascarenhas, 1283, Fábrica, Juiz de Fora, MG, Brazil. Zip-code: 36080-001

(6) Federal Center of Technology of de Minas Gerais/CEFET-MG, Campus V, Divinópolis, MG, Brazil. On duty at Federal University of Uberlândia.

**Abstrac:** Nowadays, environmental matters have been intensively discussed in some way that is need to find an alternative form or techniques to run processes that are not harmful or that aim to reduce impact against environment. Several studies in different areas of science are being developed to minimize the impact against the environment. This sense is not different in machining field, which mostly use cutting fluids for production of parts. On the other hand, dry machining, generally is responsible for generating the highest tool wear rates, then so a short life and, therefore resulting in a higher cost for indexing tools and also increase the price per manufactured product. It is necessary, therefore, to find a form to balance between use of cutting fluids and environmental impacts. Into this context, this work aims to study the influences of machining environments (dry and with cutting fluid ) on the wear of carbide tools during the face milling of medium carbon steel grade. Fluids were directed to the cutting zone in three different techniques: flooding, reduced flow rate and MQF. It was employed cemented carbide tools, P40 grade, with following cut conditions: cutting speeds of 200 e 260 m/min and feed rates of 0.14 e 0.22 mm/rev. It was monitored the tool wear until tool reaches end of tool life determined by commonly known rejection criteria. Images of the tools were captured and analyzed to identify and understand the wear mechanisms existing during machining. The results show, in general, that the lower tool wear rate observed when machining in presence of fluid delivered by MQF technique. In addition to that, the optimum conditions for turning AISI NB 1045 steel are those less severe with MQF technique. The performance order regarding machining environment/technique was: MQF, reduced flow rate, flooding and dry condition..

**Key-words:** milling, cemented carbide tools, cutting fluids, MQF, dry machining, reduced flow rate, tool wear.