

## EFEITOS DO FLUIDO DE CORTE NO ACABAMENTO SUPERFICIAL DE PEÇAS USINADAS POR PROCESSOS CONVENCIONAIS

### Francisco Lima

Universidade de Fortaleza,  
Centro de Ciências  
Tecnológicas - Av. Washington  
Soares, 1321-Fortaleza-CE,  
franciscolima@unifor.br

### André Barbosa Teixeira

Universidade de Fortaleza,  
Centro de Ciências  
Tecnológicas - Av. Washington  
Soares, 1321-Fortaleza-CE  
andre.barbosa.teixeira@bol.com.br

### Resumo

Este trabalho busca mostrar como varia o acabamento superficial de peças usinadas por processos convencionais de usinagem, como torneamento, com e sem fluido de corte, empregando insertos de nitreto cúbico de boro e insertos de cerâmica. O material usinado foi o aço ABNT/SAE 1045 e as condições de corte variaram na velocidade e avanço.

**Palavras-chave:** *acabamento superficial, torneamento, fluido de corte.*

### Abstract

This work searches to show the variation of the surface finishing of workpiece machining for conventional manufacturing processes, as turning, with and without cutting fluid, using cubic boron nitride (CBN) and ceramics cutting tools. The present work is concerned with turning of the ABNT/SAE 1045 steel. The cutting parameters had varied with speed and feed rate.

**Keywords:** *turning, surface finishing, cutting fluid.*

## 1 Introdução

A qualidade de uma peça usinada depende não só da rugosidade apresentada pelas mesmas mas, também, dos erros de forma como circularidade e cilindridade, além do dimensional.

O acabamento superficial de peças usinadas por processos convencionais tais como: torneamento, furação, retificação e outros é fortemente afetado por fatores como: parâmetros de corte, desgaste da ferramenta empregada no processo, o uso ou não de fluido de corte, etc. (Diniz et al., 1999).

Sabe-se, no entanto, que a o aumento da velocidade de corte, em alguns casos, tende a reduzir a rugosidade e, como consequência, melhorar o acabamento superficial da peça usinada; contudo, na medida em que se aumenta a velocidade de corte, aumenta-se, também, o calor gerado durante a usinagem e, como consequência deste fenômeno, tem-se um maior desgaste da ferramenta de corte, o que provoca o aumento da rugosidade (Diniz et al., 1999; Stemmer, 1995). Assim, diante desta realidade, surge no “chão-de-fábrica” indagações sobre qual valor da velocidade de corte que se deve empregar na usinagem de peças para que se obtenha o melhor acabamento.

Tendo em vista, portanto, que o desgaste da ferramenta de corte (desgaste de flanco), que contribui diretamente para o aumento da rugosidade superficial da peça, poderá ser reduzido com o uso de fluido de corte; outra questão é levantada, quando da usinagem de peças, quanto ao emprego ou não de fluido de corte pois, na última década muito se tem pesquisado com o objetivo de restringir ao máximo o uso de fluido refrigerante e/ou lubrificante na produção metal-mecânica. Os fatores importantes que justificam tal procedimento incluem os custos operacionais da produção, as questões ecológicas, as exigências legais quanto à preservação do meio ambiente, a preservação da saúde do ser humano etc. (Schroeter et al., 2002).

Internamente ao ambiente industrial as questões ecológicas envolvem a saúde do homem devido ao contato do fluido refrigerante com sua pele, a respiração e/ou ingestão de poluentes derivados dos mesmos. As mais comuns doenças provenientes do contato do ser humano com o fluido refrigerante são dermatites, alergias, perda da capacidade pulmonar, câncer gastro-intestinal e a possibilidade de contrair outros tipos de câncer. Externamente este impacto ecológico afeta o solo, a água e o ar. (Zeilmann et al., 2004; Schroeter et al., 2002).

Considerando o uso da mínima lubrificação na usinagem, o vapor e a névoa de óleo podem ser considerados subprodutos indesejáveis, os quais caracterizam um aumento de poluente em suspensão no ar e tem se tornado fator de preocupação principalmente na Alemanha. A concentração máxima de poluente no ar sob a forma de névoa é limitada em  $5\text{mg}/\text{m}^3$  e para o caso de vapor de óleo este limite é de  $20\text{mg}/\text{m}^3$ . Considerando os padrões de indústrias automobilísticas alemãs, para o ano de 1992, o volume de descartes de óleo solúvel utilizado em processos de transformação metal-mecânica representava aproximadamente 60% do consumo total de lubrificantes, o equivalente a 1.151.312 t/ano (Correa, 2004). Isto representa um custo significativo que varia de 7,5% a 17% dos custos de fabricação por peça, superior até mesmo aos custos relativos ao ferramental. Mesmo que o custo com ferramental, em alguns casos, seja acrescido pelo uso de mínima lubrificação, devido ao aumento do desgaste da ferramenta, ainda assim o custo total de fabricação pode ser menor quando comparado ao processo convencional onde se usa lubrificação com óleo solúvel.

Outras vantagens do uso de mínima lubrificação por névoa relacionam-se à manutenção de cavacos limpos, redução de custos de reprocessamento, limpeza e acondicionamento.

Contudo, inúmeros trabalhos mostram que a usinagem sem fluido de corte tende a acelerar o desgaste da ferramenta de corte e como consequência tem-se um maior valor da rugosidade média  $R_a$ , implicando, assim, em um pior acabamento superficial das peças usinadas (Amorim et al., 2002; Choundhury et al., 2000).

Assim, buscando contribuir para com aqueles profissionais que trabalham diretamente com processos de torneamento na usinagem do aço ABNT 1045, empregando insertos de cerâmica e de Nitreto Cúbico de Boro, realizou-se este trabalho que mostra a consequência de se utilizar ou não fluido de corte, no acabamento da peça usinada.

## 2 Procedimento experimental

Para a realização deste trabalho usou-se, para o processo de torneamento, um torno comandando numericamente, da marca ROMI. O material usinado foi o aço ABNT/SAE 1045, laminado, sem qualquer tratamento térmico e com dureza média de  $95\text{HR}_B$ . Para o processo de torneamento foram empregados insertos de cerâmica e de nitreto cúbico de boro. Os ensaios foram realizados no laboratório de usinagem do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Fortaleza-UNIFOR e os teste foram realizado com variação da velocidade de corte e de avanço, conforme Tab.(1). Para efeito de comparação dos resultados experimentais duas condições básicas de lubrificação do processo foram utilizadas. Na primeira não se utiliza o fluido de corte, usinando-se, assim, “a seco”; Na segunda, faz-se uso da lubrificação com óleo solúvel em abundância. Para obter os parâmetros de rugosidade foram efetuadas medidas nas extremidades e meio da peça usinada.

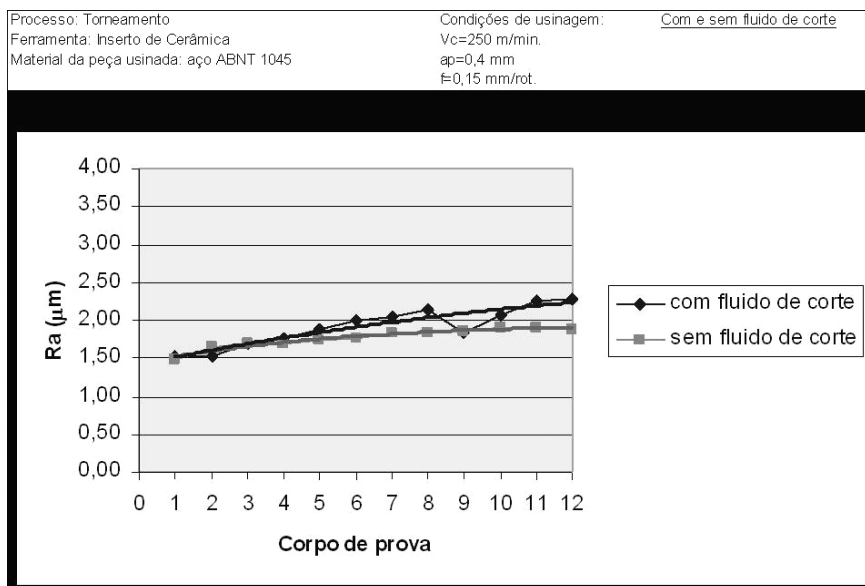
Tabela 1. Condição de usinagem empregada na usinagem por torneamento.

Ferramenta	Vc (m/min.)	f (mm/rot)	$a_p$ (mm)	Fluido de corte
CBN	250	0,15	0,4	com/sem
CBN	250	0,25	0,4	com/sem
CBN	350	0,15	0,4	com/sem
CBN	350	0,25	0,4	com/sem
Cerâmica	250	0,15	0,4	com/sem
Cerâmica	250	0,25	0,4	com/sem
Cerâmica	350	0,15	0,4	com/sem
Cerâmica	350	0,25	0,4	com/sem

### 3 Resultados e discussões

Observando a Fig. 1. pode-se perceber claramente que a variação da rugosidade média Ra é muito tênue quando se compara a primeira e última peça usinada. Este comportamento é semelhante para quando se trabalha com ou sem fluido de corte.

Observando os últimos corpos de prova pode-se perceber que há uma tendência das peças usinadas sem fluido de corte, apresentar melhor acabamento superficial, ao contrário do que ocorre na maioria dos casos ao se trabalhar com outras condições de corte. Acredita-se que isto ocorra devido ao fato de que o calor gerado ao se trabalhar sem fluido de corte é maior e, assim, o material da peça, por armazenar parte deste calor, tem facilitado seu cisalhamento, reduzindo, portanto, as forças de corte e, conseqüentemente, a vibração levando a este resultado.



**Figura 1:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de cerâmica com e sem fluido de corte (Vc=250 m/min., ap=0,4 mm, fn=0,15 mm/rot.).

A Figura 2 mostra que as peças usinadas com o fluido de corte, agora com avanço de 0,25 mm/rot., apresentaram maiores valores de rugosidade e, conseqüentemente, pior acabamento superficial. Este resultado já era esperado uma vez que o avanço influencia de maneira direta o valor da rugosidade. A exemplo do que ocorreu ao se usar com avanço de 0,15 mm/rot., os resultados sugerem que ao empregar avanço de 0,25 mm/rot. o efeito do calor sobre a peça fazendo, assim, com que seu cisalhamento ocorra mais facilmente é predominante quando comparado ao efeito do desgaste sofrido pela ferramenta.

Com o aumento da velocidade de corte de 250 para 350 m/min., a variação da rugosidade média foi praticamente a mesma  $\frac{3}{4}$  nas duas velocidades  $\frac{3}{4}$  ao se trabalhar com fluido de corte (Fig. 3). Contudo, este comportamento não se repete ao se usar sem fluido; situação na qual a rugosidade média foi de 3,0  $\frac{1}{4}$ m.

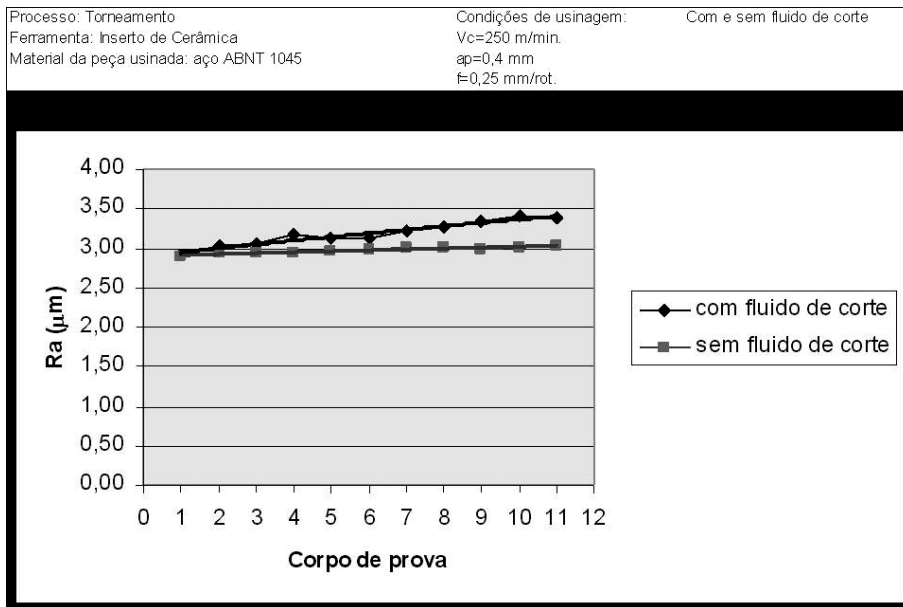
O esperado, em princípio, é que o acabamento melhore com o aumento da velocidade de corte. Contudo, se o atrito, em função da não utilização de fluido de corte, for demasiado, fará com que o desgaste sofrido pela ferramenta seja grande o suficiente contrariando, deste modo, o esperado. Também é possível constatar que o acabamento superficial da peça usinada é, neste caso, semelhante à segunda condição de usinagem, na qual se trabalhou com velocidade de 250 m/min. e avanço de 0,25 mm/rot.

Na análise da Fig. 4, pode-se notar que o aumento do avanço de 0,15 para 0,25 mm/rot. fez com que a rugosidade média apresentada pela peças usinadas com fluido de corte fosse maior, repetindo, assim, o resultado apresentado ao se trabalhar com Vc=250 m/min. e fn=0,25 mm/rot.; ao passo que, ao se usar sem fluido de corte, o valor da rugosidade média é ligeiramente inferior àquele apresentado pelas peças usinadas com fluido de corte. Também é perceptível que a variação destes valores é mínima ao longo da usinagem de todos os corpos de prova, ou seja, da primeira à última peça do lote.

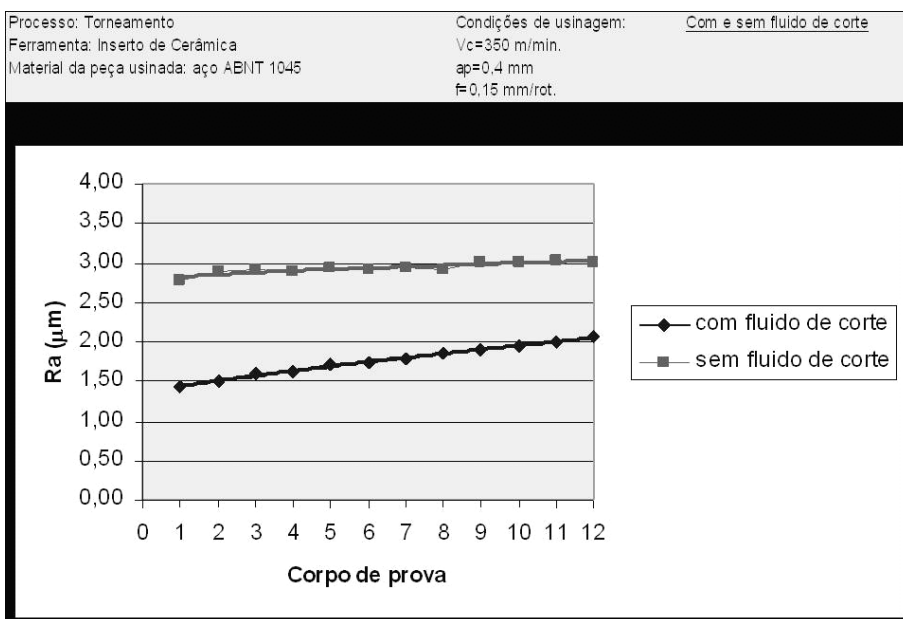
A Figura 5, por sua vez, mostra que a utilização de insertos de nitreto cúbico de boro  $\frac{3}{4}$  CBN  $\frac{3}{4}$  fez com que as peças usinadas apresentassem melhor acabamento superficial quando comparado àquelas usinadas sob mesmas condições de

corte (Fig. 1) com insertos cerâmicos. Também é possível perceber que neste caso as peças usinadas com fluido de corte apresentaram melhor acabamento superficial. Estes resultados são coerentes, uma vez que este tipo de insertos (CBN) são menos suscetíveis ao desgaste, quando comparados aos cerâmicos.

Analisando, agora, os resultados obtidos na sexta condição de usinagem (Fig. 6), pode-se perceber que embora se tenha acrescido o avanço para 0,25 mm/rot., o valor médio da rugosidade permaneceu praticamente invariável ao se usinar com fluido de corte. Contudo, ao se trabalhar sem a aplicação de fluido de corte pode-se observar que o valor da rugosidade média Ra manteve-se em patamar ligeiramente superior, em torno 1,7  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de cerâmica com e sem fluido de corte (Vc=250 m/min., ap=0,4 mm, fn=0,25 mm/rot.).



**Figura 3:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de cerâmica com e sem fluido de corte (Vc=350 m/min., ap=0,4 mm, fn=0,15 mm/rot.).

A resposta ao aumento da velocidade de corte de 250 para 350 m/min. (Fig. 7) vai de encontro ao esperado melhorando, portanto, o acabamento superficial da peça usinada. Mais uma vez pode-se constatar que o emprego de fluido de corte influencia, de forma substancial, o valor da rugosidade média, o que sugere maior vida da ferramenta com o menor desgaste da mesma. Vale salientar que o nível de acabamento superficial ( $Ra < 0,5 \mu\text{m}$ ) apresentado pelas usinadas nesta condições é comparável ao obtido quando se usina materiais endurecidos.

Analisando a Fig.8 constata-se que, a exemplo do que ocorreu algumas vezes ao se empregar insertos cerâmicos, ao aumentar o avanço obtém-se menor valor de rugosidade média Ra quando se trabalha sem fluido de corte. Acredita-se que este feito deva-se ao fato do calor gerado e dissipado para peça seja maior e, como consequência, tem-se o cisalhamento ocorrendo com maior facilidade, implicando, assim, em menor força de corte e consequentemente, menor vibração.

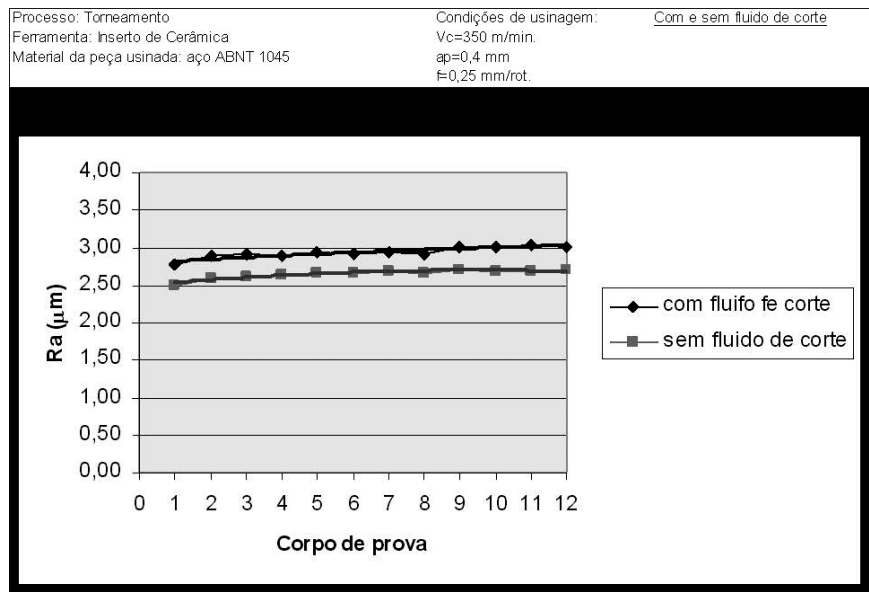


Figura 4: Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de cerâmica com e sem fluido de corte ( $V_c=350 \text{ m/min.}$ ,  $a_p=0,4 \text{ mm}$ ,  $f_n=0,25 \text{ mm/rot.}$ ).

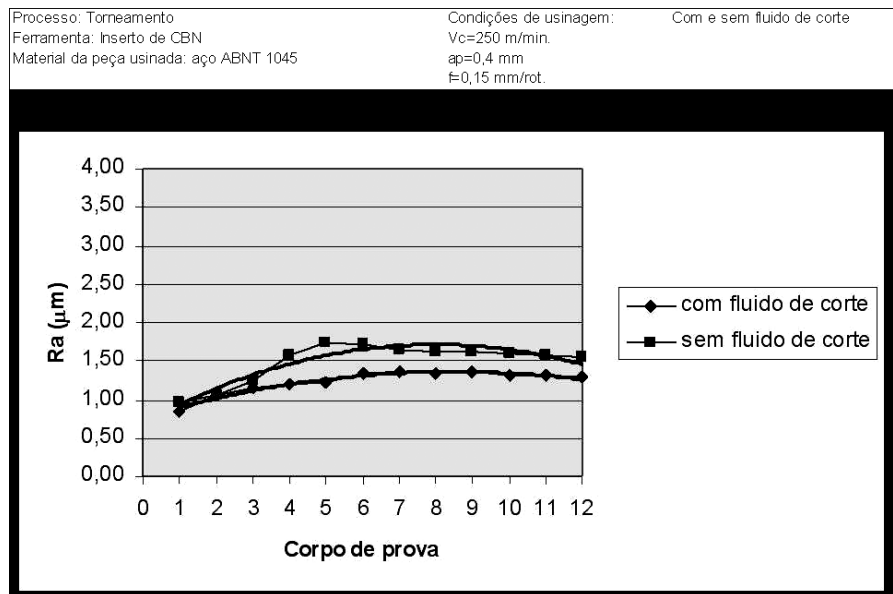
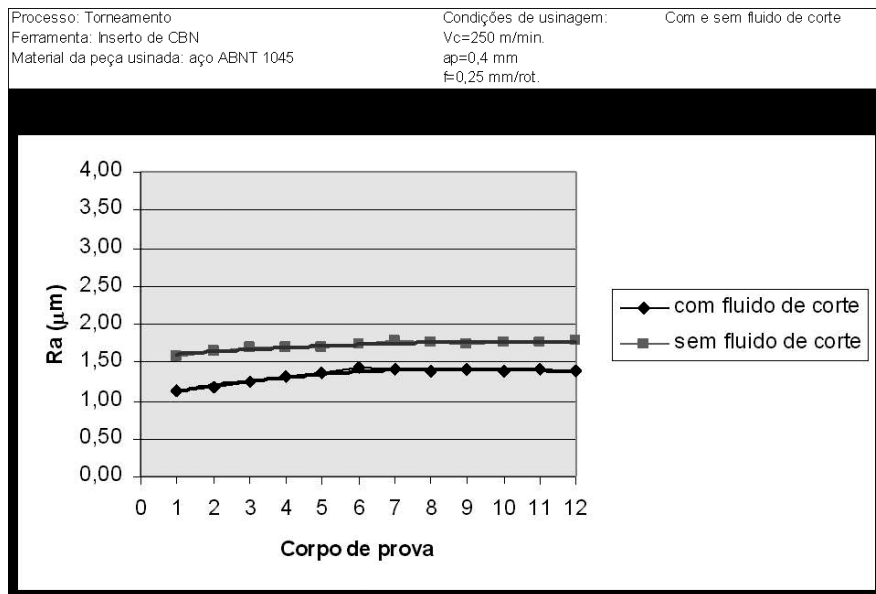
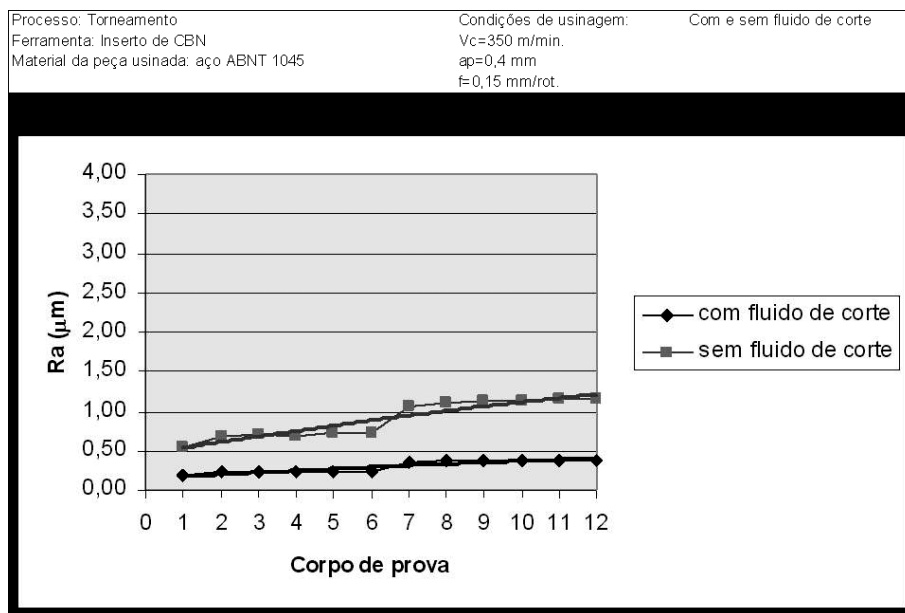


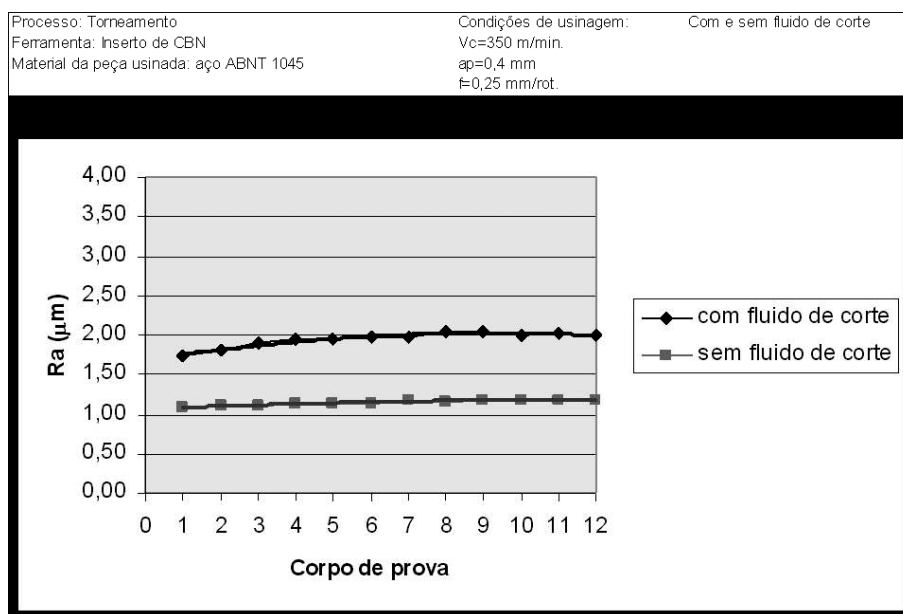
Figura 5: Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de CBN com e sem fluido de corte ( $V_c=250 \text{ m/min.}$ ,  $a_p=0,4 \text{ mm}$ ,  $f_n=0,15 \text{ mm/rot.}$ ).



**Figura 6:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de CBN com e sem fluido de corte ( $V_c=250$  m/min.,  $a_p=0,4$  mm,  $f_n=0,25$  mm/rot.).



**Figura 7:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de CBN com e sem fluido de corte ( $V_c=350$  m/min.,  $a_p=0,4$  mm,  $f_n=0,15$  mm/rot.).



**Figura 8:** Variação da rugosidade média de peças usinadas por torneamento empregando insertos de CBN com e sem fluido de corte ( $V_c=350$  m/min.,  $a_p=0,4$  mm,  $f_n=0,25$  mm/rot.).

#### 4 Conclusões

Dos resultados extraídos deste trabalho pode-se concluir que:

O avanço adotado para a ferramenta de corte, durante a usinagem, exerce influência sobre a rugosidade superficial da peça usinada e, conseqüentemente, sobre seu acabamento;

O aumento da velocidade de corte eleva, na maioria das aplicações e de forma significativa, o acabamento superficial de peças usinadas, tanto para ferramentas cerâmicas quanto para ferramenta de nitreto cúbico de boro;

É possível se conseguir reduzir os custos do processo em uma linha de produção que envolva o processo de torneamento bastando, para tanto, empregar ferramentas de nitreto cúbico de boro ou cerâmica, uma vez que tais ferramentas, embora de custo maior, quando comparado a outros materiais como metal ou aço rápido, apresentam maiores produtividades;

O uso de fluido de corte proporciona um melhor acabamento superficial da peça usinada, quando comparada àquelas que usinadas sem fluido de corte, principalmente quando usinadas com ferramentas de Nitreto Cúbico de Boro;

É preferível, ao se empregar avanço de 0,15 mm/rot. trabalhar com maior valor de velocidade de corte pois o acabamento das peças usinadas permanece praticamente inalterado quando se compara àquele apresentado ao se utilizar menor velocidade de corte;

Em alguns casos a não utilização de fluido de corte, por aumentar o calor gerado durante a usinagem, faz com que a força necessária ao cisalhamento do material seja menor, implicando em menor vibração do sistema máquina-ferramenta-peça e, conseqüentemente, melhor acabamento superficial das peças usinadas;

No que concerne ao acabamento superficial, não há grandes distinções ao se usinar com maior velocidade de corte e menor avanço e quando se trabalha com menor velocidade e maior avanço;

O acabamento superficial das peças usinadas com CBN apresenta maior uniformidade quando comparado àquele apresentado pelas peças usinadas com insertos cerâmicos;

As peças usinadas com ferramentas Cerâmicas e com a utilização de fluido de corte mostraram, na maioria dos testes, maior valor de rugosidade e, conseqüentemente, pior acabamento, levando a crer que a variação térmica sofrida pela mesma seja a principal causa.

## 5 Referências

- AMORIM, H.J. et al. Relação entre desgaste de flanco, rugosidade e forças de corte utilizando ferramenta de metal duro. *Máquinas e Metais*, 2002. p.70-81 v. 440.
- CHOUNDHURY, S. K.; KISHORE, K. K. Tool wear measurement in turning using force ratio. USA: *International Journal of Machining Tool Manufacturing*, 2000. p. 899-909, v. 40.
- CORREA, M., “Avanços tecnológicos em usinagem dos materiais, Campinas-SP: *Palestra ¾ VIII Semana de Engenharia da Universidade Paulista*, 2004.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. *Tecnologia da usinagem dos materiais*, São Paulo, Brasil: MM Editora, 1999. 244 p.
- NBR 6405, 1988, Rugosidade das superfícies, Norma Brasileira Registrada, Brasil.
- REIS, A. M.; DA SILVA, M. B. Efeitos da aresta postiça de corte na superfície. Brasil: *Máquinas e Metais*, Ano XXXVII, 2001, p.32-41, v. 428.
- SCHROETER, R.B.; MARKUS, W.; TEIXEIRA, C. R. Eliminação e minimização do fluido de corte utilizando pastilhas de metal duro revestidas com TiN. Brasil: *Máquinas e Metais*, Ano XXXVIII, 2002. p.108-117. v.432.
- STEMMER, C.E. *Ferramentas de corte I*. Florianópolis, Brasil: Ed. da UFSC, 1995. 249 p.
- SUDO, T. T.; COELHO, R. T. Como as ferramentas se desgastam no torneamento HSC do ferro fundido. Brasil: *Máquinas e Metais*, 2002. p. 184-205, v. 437.
- TRENT, E. M. *Metal cutting*, 2. ed., Butterworths, Heinemann, 1984. 245 p., ISBN 0.408.10856-8.
- ZEILMANN, R. P.; WEINGAERTNER, W. L. Qualidade dos furos em Ti6Al4V obtidos com MQL. Brasil: *Máquinas e Metais*, Ano XLI, 2004. p. 170-181 v. 465.

## SOBRE OS AUTORES

### Francisco Lima

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Fortaleza-UNIFOR em 1992, Mestrado em Processos de Fabricação pela Universidade Federal de Uberlândia-UFU em 1997, Doutorado em Processos de Fabricação pela Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP em 2001. Atualmente é pesquisador e professor titular do curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Fortaleza-UNIFOR.

### André Barbosa

Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Fortaleza-UNIFOR.