

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA LIGA AA7050-T74 EM OPERAÇÕES DE USINAGEM POR TORNEAMENTO.

Marcos Valério Ribeiro

Departamento de Materiais e Tecnologia – UNESP – Guaratinguetá (SP)
mvalerio@feg.unesp.br

Franz Wilhelm Vogl

Gilberto Walter Arenas Miranda

Departamento de Engenharia Mecânica – UNITAU - Taubaté (SP)

Resumo. *O alumínio em geral pode ser facilmente usinado, a energia consumida por unidade de volume do metal removido é muito baixa. Com o desenvolvimento dos equipamentos de alta precisão um bom acabamento superficial das peças usinadas, utilizadas em suas montagens, tornou-se um item obrigatório. Neste trabalho foram feitas análises da rugosidade superficial de superfícies usinadas da liga de alumínio AA7050-T74, em operações de torneamento cilíndrico, com e sem uso de fluido de corte. Foram estudados os danos causados à superfície usinada, através de avaliações de rugosidade, desgaste da ferramenta de corte, e também da morfologia do cavaco gerado, em função da variação dos parâmetros de usinagem. Foram utilizados parâmetros típicos de operações de acabamento, assim como foram utilizadas três diferentes geometrias das ferramentas, sendo uma triangular, uma rômbrica de 80° e outra rômbrica de 55°, da mesma classe ISO N10, com raio de ponta de 0,4mm. Atualmente estão disponíveis no mercado uma grande variedade de ferramentas de diversos materiais que atendem satisfatoriamente as exigências requeridas para as operações de torneamento principalmente para as ligas de alumínio, onde o desgaste da ferramenta é raramente um problema. A grande motivação deste trabalho foi buscar as melhores condições de corte e a geometria da ferramenta mais indicada para esta situação. Pelos resultados pode ser observado um certo compromisso da rugosidade com a geometria da ferramenta utilizada.*

Palavras-chave: *Usinagem, alumínio, desgaste, rugosidade.*

1.INTRODUÇÃO

A indústria aeronáutica e aeroespacial, frente às mudanças ocorridas nos últimos tempos no transporte aéreo de massa e com o desenvolvimento de novos produtos, exige uma disponibilidade maior de novos materiais aos quais se tenha qualidade de informações suficientes para seu processamento, de acordo com Heinz et al.⁽¹⁾.

Dentre esses materiais, o alumínio possui uma importância significativa devido ao seu grande potencial de produção, principalmente na indústria nacional e sua grande quantidade de características físicas e mecânicas intrínsecas.

O alumínio, dentre os metais não-ferrosos, se destaca por ter alta resistência à corrosão e apresenta um comportamento muito melhor a baixas temperaturas se comparado com os metais ferrosos. O alumínio e suas ligas têm grande importância técnica devido a sua baixa densidade, elevada relação resistência/peso, endurecibilidade de muitas ligas, aparência, fabricabilidade, possibilidade de tratamento superficial e propriedades físicas e mecânicas, segundo Weingaertner et al.⁽²⁾.

Materiais com elevada relação resistência/peso, como o alumínio, potenciais para economia de peso na fabricação de produtos, são muito reconhecidos principalmente na indústria aeronáutica e automobilística. Por isso, muitas pesquisas têm sido feitas para avançar o uso desses materiais.

Pesquisas realizadas por uma indústria do setor automobilístico, por exemplo, revelam que o alumínio oferece cerca de 60% de redução de peso, comparado com aço e ferro fundido na fabricação de veículos. Isso na prática significa que o uso desses materiais contribui significativamente na economia de combustíveis e redução da emissão de poluentes no meio ambiente global, de acordo com A.A.⁽³⁾. Isso frente à escassez cada vez maior de combustíveis fósseis como o petróleo, e as exigências permanentes de redução dos índices de poluição atmosférica, dá a esses materiais uma grande importância tecnológica para o desenvolvimento de novos produtos, os quais devam possuir adequação a essas realidades.

Com relação aos critérios de usinabilidade baseados na rugosidade da peça, em condições normais de usinagem, não se pode dizer que o alumínio tenha uma boa usinabilidade, pois o cavaco formado é longo e o acabamento superficial obtido é insatisfatório. Porém, bons acabamentos superficiais podem ser obtidos se a velocidade de corte for suficientemente alta e a geometria da ferramenta for adequada, segundo Diniz, Marcondes e Coppini⁽⁴⁾.

Tomadas como base às propriedades mecânicas do alumínio, a força de corte, e por essa razão a potência, requerida para usinagem é menor do que a esperada para esses materiais. Embora algumas ligas de alumínio apresentem um limite de resistência equivalente ao de alguns aços de baixo carbono, em temperaturas ambientes, em temperaturas elevadas essa resistência é bastante reduzida. Este fato favorece a usinagem dessas ligas, já que a elevação da temperatura é inerente ao processo de usinagem e, as ligas de alumínio, por possuírem alta condutividade térmica, atraem para a peça boa parte do calor gerado.

Deve-se aqui considerar que quando um material tem uma alta condutividade térmica e, por isso, retém boa parte do calor gerado, é necessário que haja uma refrigeração eficiente, a fim de se evitar a formação de aresta postiça de corte. Porém as forças de corte necessárias para usinagem das ligas de alumínio são bem baixas, quando comparadas com as forças relativas aos aços, ainda segundo Diniz, Marcondes e Coppini⁽⁴⁾.

De um modo geral existe pouco conhecimento das vantagens que as ligas de alumínio podem oferecer com respeito a sua usinabilidade, principalmente porque estas ligas carregam um falso estigma de impróprias a esta operação. Entretanto, notamos que se forem escolhidas as ligas de alumínio adequadas, aliadas as operações de usinagem otimizadas, é possível obter ótimos resultados, tanto em termos de qualidade da peça final, quanto em termos de custos, de acordo com Weingaertner et al.⁽²⁾.

Os materiais utilizados para ferramentas na usinagem de ligas de alumínio são normalmente, o aço rápido, o metal duro e o diamante. Comparativamente, o aço rápido apresenta as seguintes vantagens: elevada tenacidade, boa resistência à quebra, fácil usinabilidade e baixo custo. É muito usado na fabricação de ferramentas especiais, brocas, machos etc., quando o uso de novos materiais e revestimentos duros não se justifiquem técnica e economicamente. Quanto à classe dos aços rápidos, prefere-se o tipo S(12-1-2) com 12% de W, 1% de Mo e 2% de V, que apresenta boa resistência ao desgaste sob temperatura elevada, de acordo com Ferraresi⁽⁵⁾.

Na usinagem de ligas de alumínio, tem-se um desgaste de flanco da ferramenta bem maior que o desgaste de cratera, o que vai gerar aumento da temperatura, e o material plastificado, devido ao baixo ponto de fusão, é então extrudado entre a peça e a superfície de folga da ferramenta, reduzindo a qualidade superficial da peça.

Neste trabalho será avaliado o desempenho das ferramentas de metal duro de três geometrias diferentes, quando da usinagem da liga AA 7050 na presença de fluido e com usinagem a seco, os cavacos serão recolhidos e analisados quando a sua morfologia, as ferramentas fotografadas para se analisar qualitativamente seus desgastes e analisada a rugosidade produzida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para a realização dos ensaios foi uma liga de Alumínio ASTM 7050 - T74 de uso aeronáutico obtido junto à EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica), o qual foi obtido na forma de barras cilíndricas.

Os corpos de prova foram preparados na oficina mecânica do Departamento de Materiais e Tecnologia (DMT - UNESP), através do corte de uma barra cilíndrica com auxílio de uma serra mecânica e posterior torneamento desta barra redonda, afim de transformá-lo num corpo cilíndrico.

Para os ensaios foram utilizados três tipos de pastilhas intercambiáveis e seus respectivos suportes:

Metal duro sem cobertura de geometria CCGX 09T304 Al e com seu respectivo suporte SCLCR 2020 K09, formato rômbo de 80° (ISO N10). Parâmetros recomendados pelo fabricante: ap (0,5 a 7,0 mm); f (0,15 a 0,6 mm/volta), Ângulo de posição 95° (ferramenta C).

Metal duro sem cobertura de geometria TCGX 16T304 - Al e com seu respectivo suporte STGCR 2020 K16, de formato Triangular (ISO N10). Parâmetros recomendados pelo fabricante: ap (0,5 a 0,8 mm); f (0,15 a 0,6 mm/volta), Ângulo de posição 91° (ferramenta T).

Metal duro sem cobertura de geometria DCGX 11T304 - Al e com seu respectivo suporte SDJCR 2020K11 (ISO N10) Parâmetros recomendados pelo fabricante: ap (0,5 a 5,5 mm); f (0,15 a 0,6 mm/volta). Ângulo de posição 93° (ferramenta D).

A máquina utilizada foi um torno CNC, marca Romi, modelo Centur 30S, comando MACH 9, rotação máxima 3500 RPM, potência de 7,5 CV, do Laboratório de Estudo da Usinagem (FEG - UNESP).

O rugosímetro portátil usado foi o SurfTest 301 da Mitutoyo (com apalpador mecânico tipo estilete e raio de ponta de 5 μ m) (FEG - UNESP). Microscópio óptico da marca NIKON, modelo EPIHOT 200 com aumento de 50x, acoplado a um software de análise de imagens (FEG - UNESP). As fotografias digitais dos cavacos foram feitas pela câmera digital Sony Cyber-shot 5.1 MP, com lentes Carl Zeiss.

Foram realizados ensaios de torneamento cilíndrico externo, com parâmetros de usinagem típicos de acabamento (baixos valores de avanço e profundidade de usinagem). Como parâmetros iniciais foram utilizados dados do catálogo do fabricante da ferramenta de corte utilizada.

Como ensaios comparativos foram testadas as condições de ensaios com e sem fluido de corte na velocidade de corte $v_c = 350$ m/min, avanço $f = 0,2$ mm/volta e profundidade de usinagem $a_p = 1,5$ mm. Após cada operação de usinagem foram colhidas amostras, do cavaco e da ferramenta usada nos testes. As ferramentas foram então analisadas junto ao microscópio ótico, analisaram-se, os desgastes das ferramentas nas operações de torneamento e os cavacos colhidos e fotografados para análise.

A análise dos desgastes sofridos pela ferramenta foram feitos em microscópio ótico, com auxílio de um software de análise de imagem "IMAGE J" para que se fosse possível contornar o problema de diferença de relevo na ferramenta e conseqüentemente a diferença de foco por ele gerada. Foram tiradas fotos em diferentes profundidades de foco, da mesma região, as quais posteriormente foram empilhadas, para que através de um "plugin" do programa de análise de imagens chamado "extend deph of focus" para posteriormente serem selecionadas as regiões de melhor foco, criando com isso uma única imagem que represente toda a topografia da ferramenta.

3. RESULTADOS

Depois de realizada a usinagem para a velocidade escolhida (350 m/min) e para o avanço de 0,2 mm/rotação, as ferramentas utilizadas (com e sem aplicação de fluido) foram fotografadas no microscópio óptico, suas imagens tratadas digitalmente pelo Image J e estão apresentadas nas Figuras de 1 a 6.

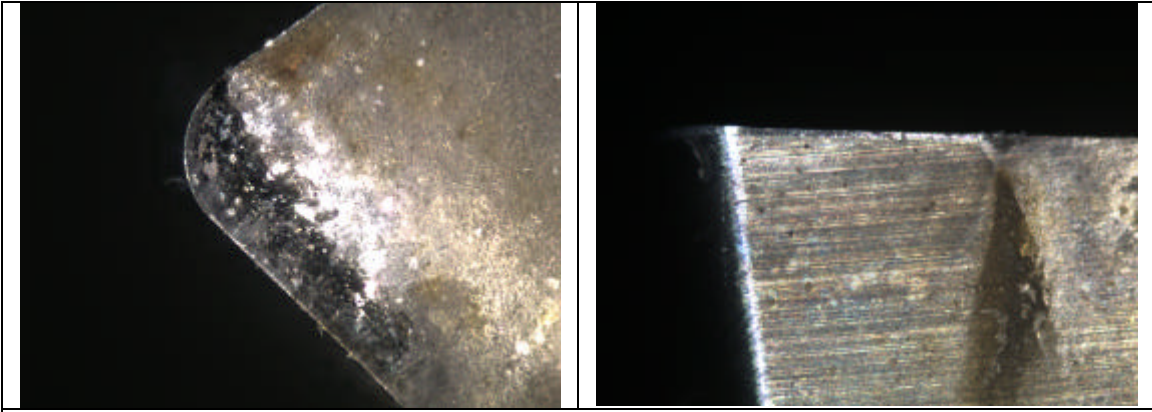


Figura 1. Teste com fluido, ferramenta "C"

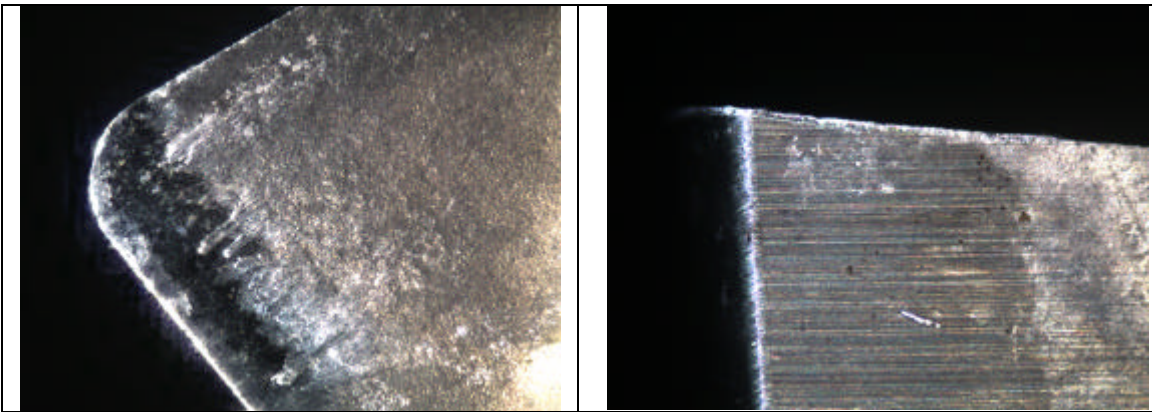


Figura 2. Teste sem fluido, ferramenta "C"

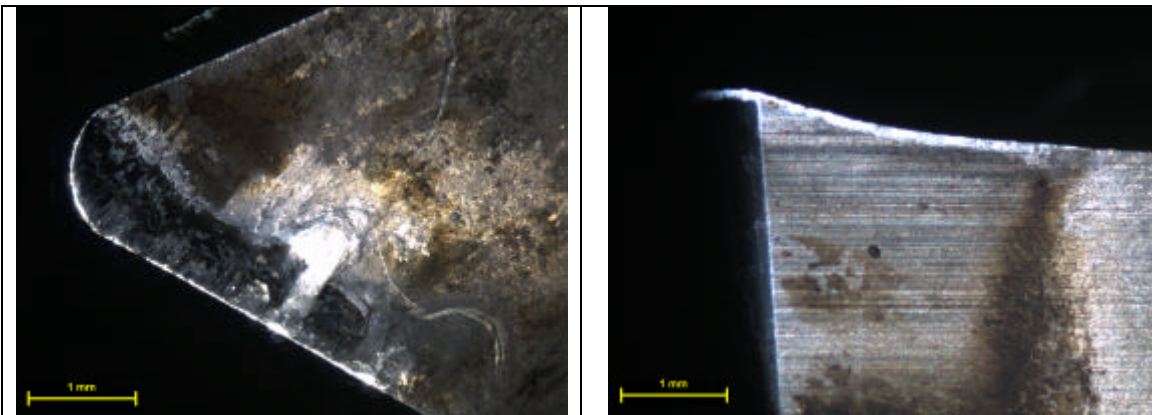


Figura 3. Teste com fluido, ferramenta "D"

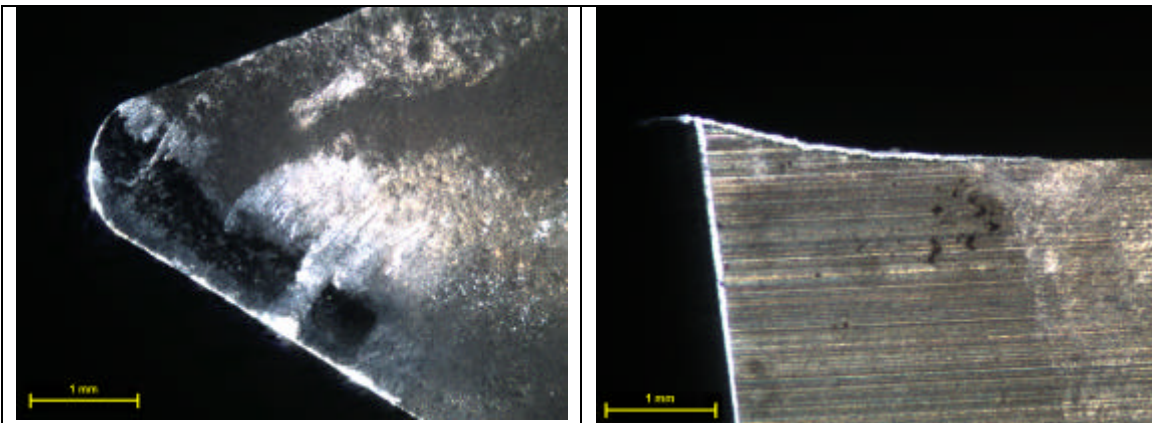


Figura 4. Teste sem fluido, ferramenta "D"



Figura 5. Teste com fluido, ferramenta “T”

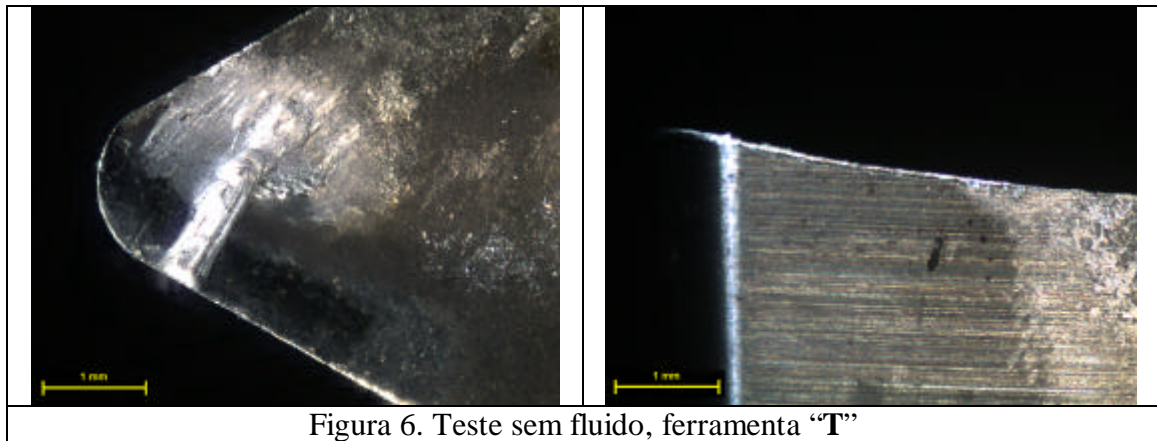


Figura 6. Teste sem fluido, ferramenta “T”

Para a condição sem fluido de corte pode-se notar um ligeiro aumento na quantidade de material depositado na aresta de corte para as ferramentas testadas, quando comparadas com aquelas utilizadas na presença de fluido de corte.

A seguir são apresentados os cavacos colhidos após a usinagem, nas condições com e sem uso de fluido de corte para as três ferramentas testadas (Figuras de 7 a 9).

Para a condição sem fluido observa-se uma tendência de aumento no tamanho dos cavacos, possivelmente em função do aumento da temperatura, que pode ter ocasionado um aumento na ductilidade do material retardando o cisalhamento do mesmo.

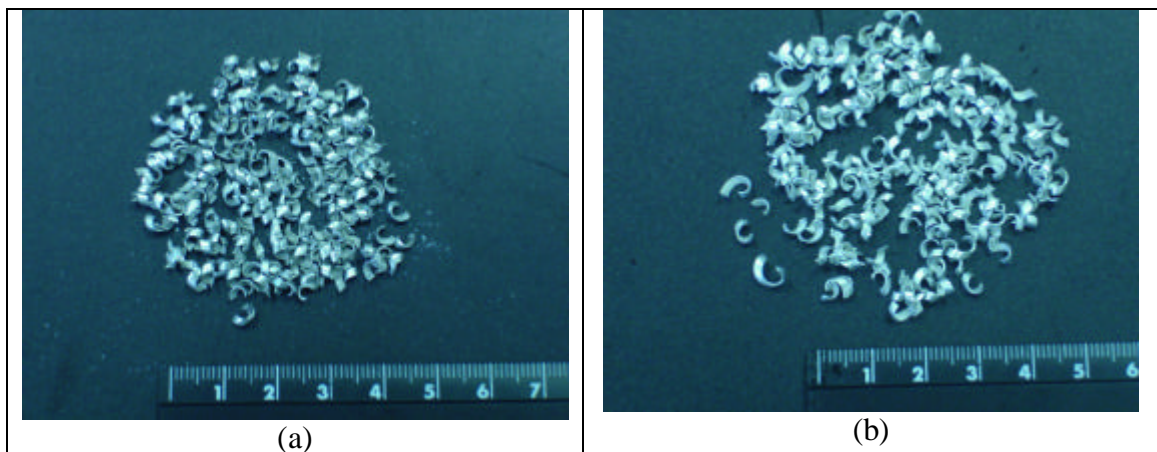


Figura 7. Cavacos das ferramentas “C”: a) com fluido b) sem fluido

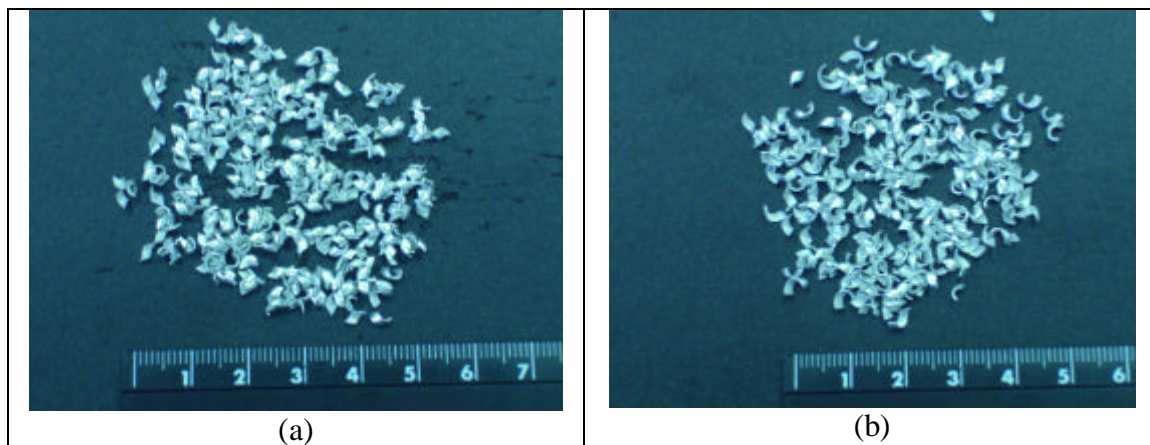


Figura 8. Cavacos das ferramentas “D”: a) com fluido b) sem fluido

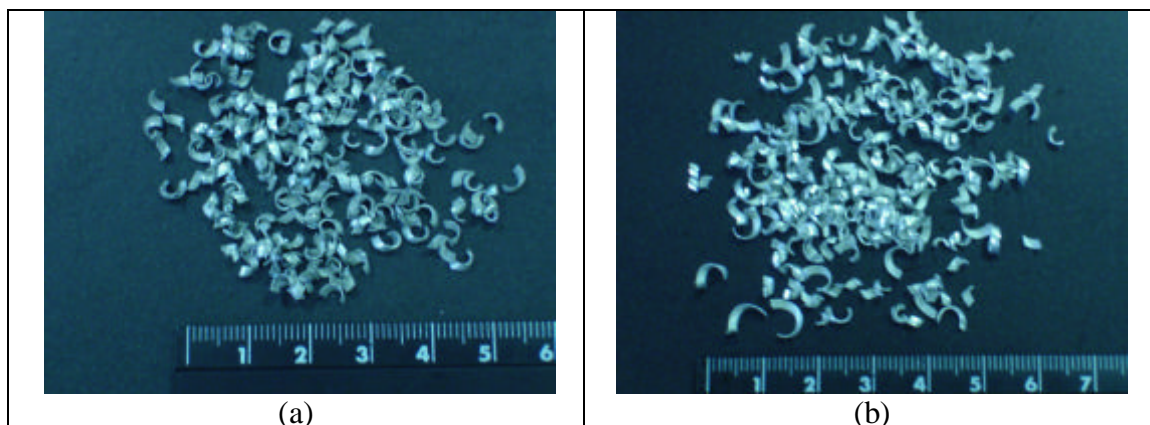


Figura 9. Cavacos das ferramentas “T”: a) com fluido b) sem fluido

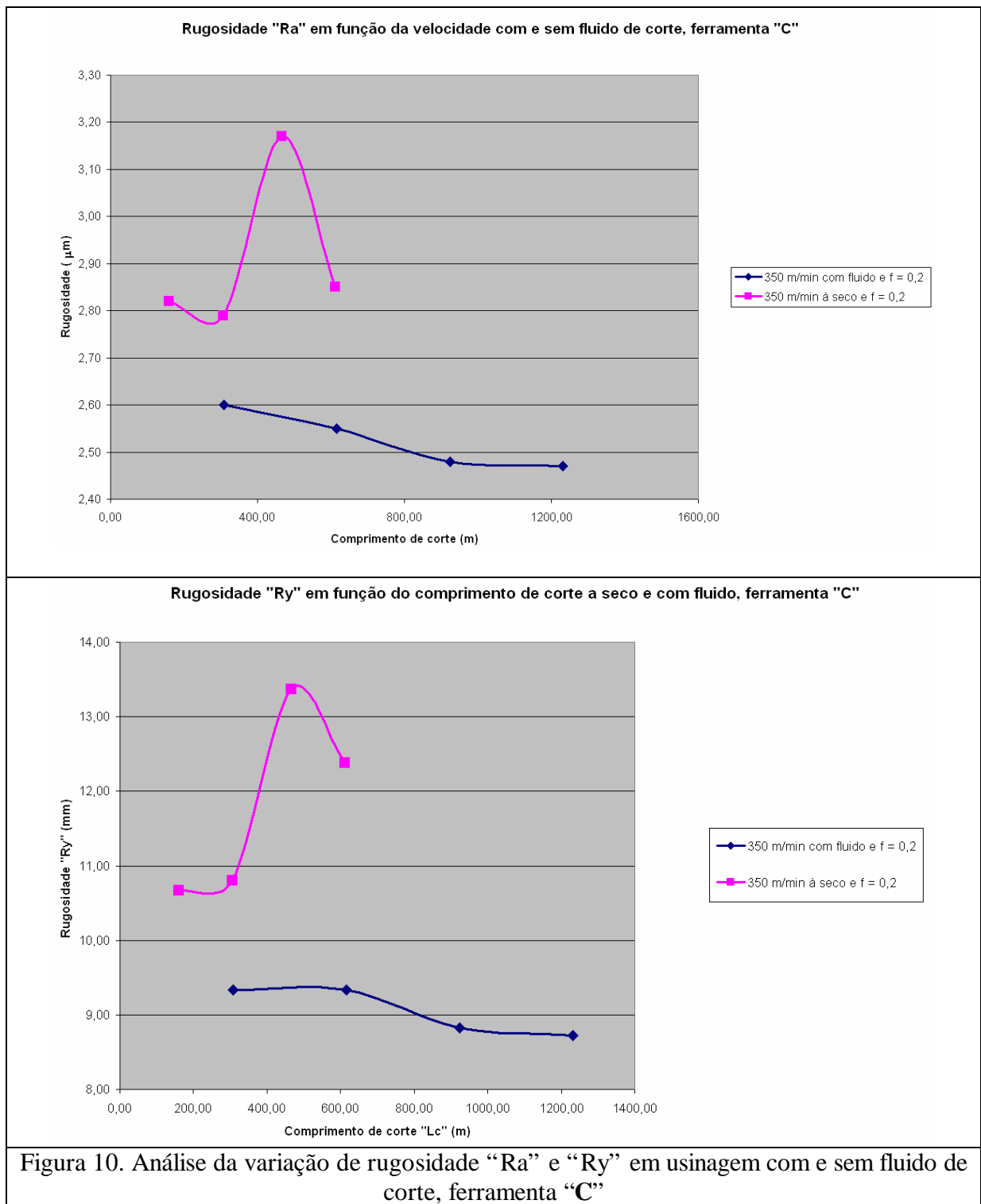
Durante a usinagem para as condições com fluido e sem a aplicação deste, em diversos momentos a superfície dos corpos de prova tiveram a sua rugosidade medida com o uso de um rugosímetro, foram anotados os valores dos parâmetros “Ra” e “Ry”, com os quais foram montados os gráficos das Figuras 10 a 12 nestas, os valores correspondem à média de três valores medidos em cada etapa do teste.

Para 600 m de comprimento de corte, comparativamente os valores apresentados quando da utilização de fluido de corte são melhores em relação à rugosidade medida e também em relação à preservação da aresta de corte. Na condição sem fluido pode-se notar um aumento no valor da rugosidade, possivelmente, em função de uma maior facilidade na deformação do material do cavaco e do retardo no seu cisalhamento, de uma forma análoga como ocorreu uma variação do tamanho do cavaco formado para esta situação.

Na presença de fluido de corte, para todas as ferramentas houve uma tendência de estabilização da rugosidade após a acomodação da aresta de corte, os valores de rugosidade só viriam a aumentar com o aumento dos desgastes. Para a condição sem utilização de fluido esta tendência de estabilização da rugosidade não pode ser observada em função do menor comprimento de corte utilizado no ensaio, porém, nota-se uma grande instabilidade inicial nos valores de rugosidade para a condição sem utilização de fluido e bem acima dos apresentados na condição com fluido de corte.

Para a condição com presença de fluido fica evidente na parte inicial do teste uma diminuição dos valores da rugosidade, provavelmente em função da acomodação da aresta de corte, em seguida ocorre um pequeno aumento da rugosidade em função do desgaste da aresta em função do contato ferramenta-peça, já para a situação sem fluido este comportamento se mostrou muito avesso ao que seria considerado um comportamento normal em relação a variação da rugosidade, houve em alguns casos (D e T) um acentuado incremento na rugosidade já no início do ensaio e posteriormente uma tendência de decréscimo na rugosidade, como aquele causado pela acomodação da aresta, somente a ferramenta C apresentou um decréscimo inicial, seguido por um aumento mais pronunciado da

rugosidade, porém mais uma vez seguido de uma tendência de decréscimo dos valores de rugosidade, de certa forma sem explicação. Cabe também ressaltar que exceto pela ferramenta T, as demais apresentaram um comportamento muito similar, para a variação tanto da rugosidade “Ra”, quanto para a rugosidade “Ry”.



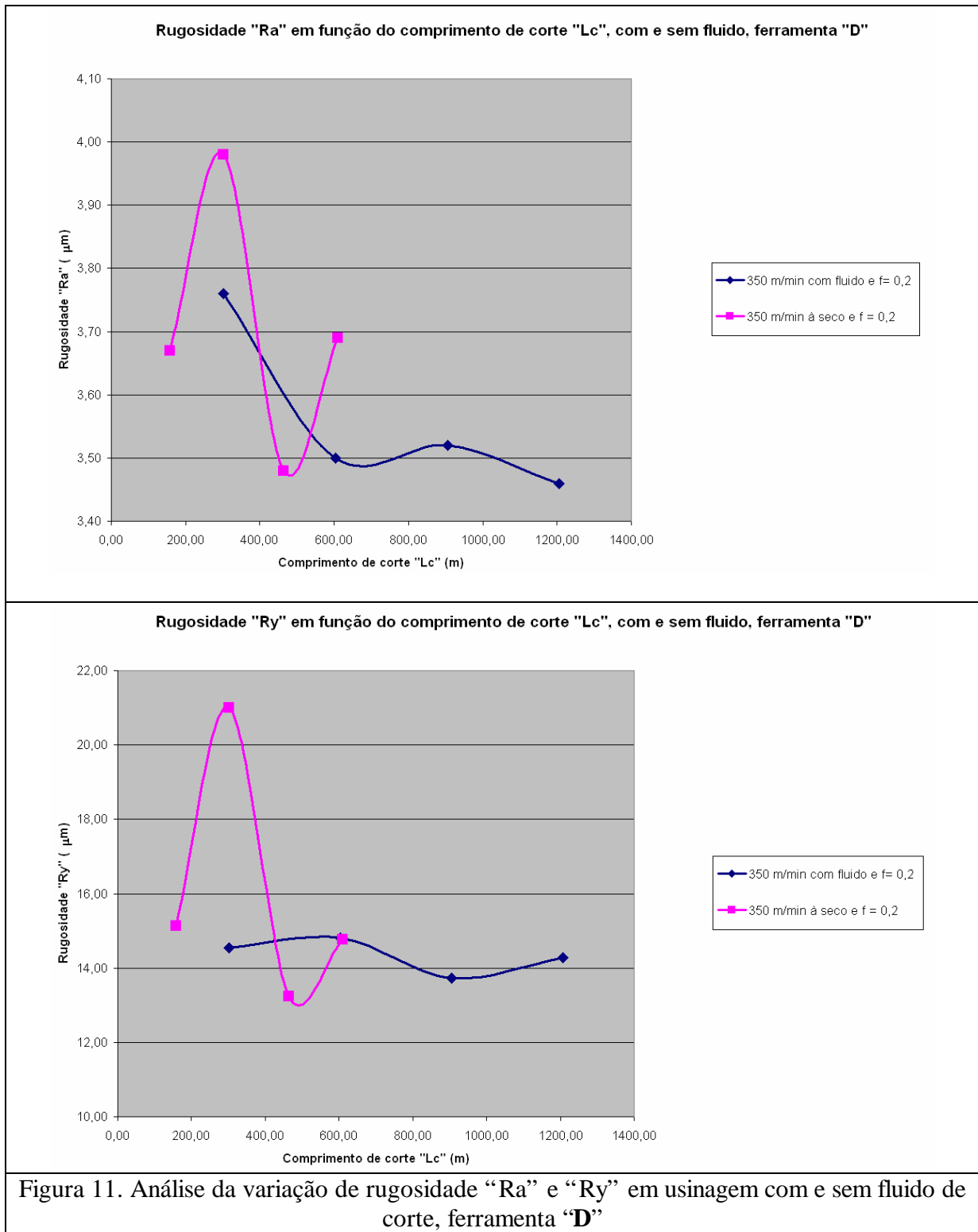
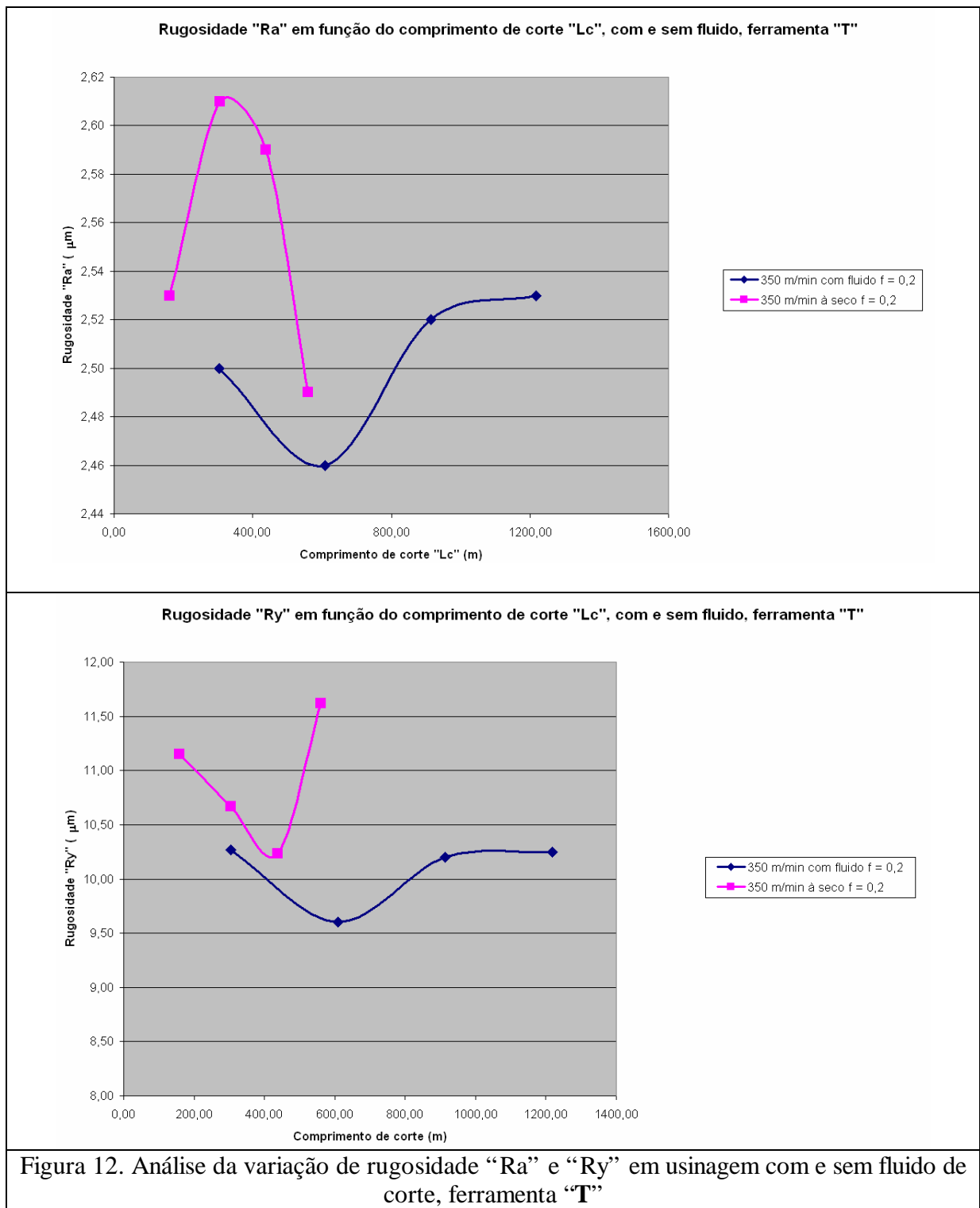


Figura 11. Análise da variação de rugosidade "Ra" e "Ry" em usinagem com e sem fluido de corte, ferramenta "D"



4. CONCLUSÕES

Através dos resultados foi possível observar que a melhor geometria para usinagem foi da ferramenta "C" na condição com fluido de corte, pois a mesma foi que apresentou os menores valores de rugosidade e com uma variação menor se comportando de forma mais previsível. Em relação aos cavacos pode-se observar que a condição com fluido se apresenta como uma situação mais favorável a operação de usinagem, promovendo uma melhor quebra dos cavacos, o que certamente influencia nos valores obtidos de rugosidade.

Os valores de rugosidade obtidos com o uso da ferramenta "D", em todos os casos se mostraram mais elevados do que os obtidos para as outras ferramentas, isto em parte ocorreu em função das

características geométricas desta ferramenta, pois a mesma apresenta um ângulo de ponta ($\epsilon_r = 55^\circ$), menor que o das demais ferramentas. Isto vem a prejudicar a estabilidade da ferramenta, proporcionando uma menor rigidez da ponta da ferramenta, influenciando negativamente no perfil de rugosidade gerado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP, a SANDVIK e a EMBRAER pelo apoio financeiro e material para a realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

1. HEINZ, A., et al. Recent development in aluminum alloys for aerospace applications. **Materials Science & Engineering**, v.A, n. 280, p. 102-107, 2000.
2. WEINGAERTNER, W. L. et al. Qualidade superficial e formação de cavacos na usinagem de Al e Cu. **Máquinas e Metais**, p.82-89, Maio 1994.
3. AA – Aluminum association,. Aluminum Offers Structural Strength At Decreased Weight. Disponível: site URL: www.Aluminum.org, 2001.
4. DINIZ, A.E., MARCONDES, F.C. e COPPINI, N.L., **Tecnologia da Usinagem dos Metais**, 3. ed.; São Paulo-SP, Artliber, 2002.
5. FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**, 1. ed.; São Paulo, Edgar Blucher, 1977.

Marcos Valério Ribeiro

Department of Materials and Technology – State University of São Paulo – UNESP – Guaratinguetá/SP – Brazil – e-mail: mvalerio@feg.unesp.br

Franz Wilhelm. Vogl

Gilberto Walter Arenas Miranda

Department of Mechanical Engineering – University of Taubaté – UNITAU – Taubaté/SP - Brazil

Abstract. *The aluminum in general can be easily machining, the energy consumed by volume unit of the removed metal it is very low. With the development of the equipments of high precision a good superficial finish of the machined workpieces, used in its assemblies, it became an obligatory item. In this work they were made analyses of the roughness of machining surfaces of the AA7050-T74 aluminum alloy, in operations of cylindrical turning, in function of wet and dry machining condition. They were studied the damages caused to the machining surface, through roughness evaluations, waste of the cut tool, and also of the morphology of the generated shavings, in function of the variation of the machining parameters. Typical parameters of operations of finish were used, as well as three different geometries of the tools they were used, being a triangular one, a rombic of 80° and other rombic of 55° , of the same ISO class (N10), with nose ratio of 0,4mm. Now we have available in the market a great variety of tools of several materials that you/they assist the demands satisfactorily requested mainly for the turning operations for the leagues of aluminum, where the waste of the tool is rarely a problem. The great motivation of this work was to look for the best cutting conditions and the geometry of the most suitable tool for this situation. For the results a certain commitment of the roughness can be observed with the geometry of the used cutting tool.*

Keywords: *machining, aluminum, wear, roughness.*