

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**FERNANDO SILVA**

**RELAÇÕES ENTRE PARÂMETROS DE CORTE E ACABAMENTO SUPERFICIAL  
NO POLIACETAL EM OPERAÇÃO DE FRESAMENTO**

Orientador: Prof.º Dr. Celso Fernandes Joaquim Junior

Botucatu-SP

Julho -2016

## **Relações entre parâmetros de corte e acabamento superficial no poliacetal em operação de fresamento**

### **Relations between cutting parameters and surface finish in polyacetal milling operation**

#### **Resumo**

Em função do crescente uso de polímeros em peças usinadas, faz-se necessário conhecer parâmetros de processo adequados à qualidade final desejada ao produto. Um quesito importante para a qualidade final é o acabamento, diretamente ligado à rugosidade superficial da peça usinada. Desta forma, o presente trabalho propõe-se a levantar relações entre parâmetros de corte em operação de fresamento e a rugosidade final obtida em peças de poliacetal. Através do uso de máquinas de fresamento Comando Numérico Computadorizado CNC, dotadas de fresa de metal duro, foram fresados blocos de poliacetal com variação dos seguintes parâmetros: avanço, rotação (velocidade de corte). Através de rugosímetro, foram medidas as rugosidades resultantes. Foram estabelecidas curvas estimativas de tendências para predição da rugosidade em função da velocidade de corte e da velocidade de avanço da mesa. Por meio dos resultados obtidos ficou evidenciado que o aumento da velocidade de corte, provoca a diminuição da rugosidade superficial e que o aumento da velocidade de avanço provoca o aumento da rugosidade média. Concluiu-se que pode-se alcançar baixos valores de rugosidade média por meio da conjugação de altas velocidades de corte e baixas velocidades de avanço.

*Palavras-chave: Poliacetal. Parâmetros. Rugosidade.*

#### **Abstract**

Due to the increasing use of polymers in machined components, it is necessary to know the process parameters appropriate to the desired final quality of the product. An important requirement for the final quality of a machined component is its finish, which is directly connected to its surface roughness. Thus, this paper proposes to establish correlations between cutting parameters in milling operations and the final roughness obtained by machining of polyacetal material. Using CNC milling machines, polyacetal blocks were milled with tungsten carbide cutter and had their surface roughness measured with a rugosimeter device. The following parameters were varied: machine feed rate and rotation (cutting speed). As a result were obtained estimative curves and equations for predicting roughness as a function of cutting speed and feed speed rate of the table. Based upon the results obtained, it was evident

that increasing the cutting speed, causes the decrease of surface roughness and increasing the feed rate causes an increase of roughness. It was concluded that low average roughness values may be achieved by the combination of high cutting speeds and low feed speeds.

*Keywords: Polyacetal. Parameters. Roughness.*

## **1.Introdução**

Na utilização de polímeros em aplicações industriais é presente sob a forma de diversos pontos e tem crescente aplicação em dispositivos industriais.

Segundo Maciel, Lauro e Brandão (2010), polímeros como PVC, POLIPROPILENO, POLIETILENO, POLICARBONATO, NYLON, CELERON, FENOLITE, entre outros, substituem, atualmente, componentes industriais anteriormente fornecidos em aço ou outros materiais como alumínio, cobre, bronze e etc.

Um dos processos com crescente aplicação do uso de polímeros é na operação de usinagem.

Segundo Maciel, Lauro e Brandão (2010), os plásticos de engenharia podem ser facilmente fresados, cortados, furados, retificados e polidos todas as operações realizadas nos materiais metálicos podem ser realizadas com maior ou menor grau de dificuldade.

Stopplásticos (2009), citado por Maciel, Lauro e Brandão (2010), menciona que quantitativamente, a usinagem de produtos plásticos é limitado a quantidade, pois para grandes escalas de produção aplica-se o processo de injeção.

A usinagem de peças feitas a partir de polímeros e, em particular, de poliacetal, permite resultar em um melhor acabamento na superfície de peças industriais, motivando muitas indústrias a utilizar esse tipo de material, segundo Schneider (2008), as boas propriedades de usinabilidade dos polímeros resultam em qualidade final superior, permitindo o uso destes materiais na fabricação de ferramentas e outros dispositivos de peça.

São poucas as informações disponíveis na literatura sobre parâmetros de corte para materiais plásticos e polímeros.

Desta forma, o presente trabalho propõe-se a levantar relações entre parâmetros de corte em operação de fresamento e a qualidade de acabamento final obtida em peças de poliacetal, visando contribuir com a arte sobre usinagem de polímeros.

## **2. Referencial Teórico**

### *2.1 Propriedades dos Polímeros*

Segundo Ferraresi (2009), os plásticos são formados por moléculas, principalmente sintéticas e orgânicas, chamadas de polímeros (do grego: poli - muitas, mero - partes). Polietilenos, polipropileno, poliestireno, poliéster, nylon, teflon e poliacetal são exemplos de polímeros industriais.

Segundo Marczak (2004), os polímeros possuem diversas propriedades para avaliação de seu desempenho mecânico e podem ser divididas em: mecânicas, térmicas, elétricas, óticas, resistência química, dentre outras. Ainda segundo Marczak (2004), os plásticos possuem algumas características comuns que os diferenciam dos materiais usualmente empregados em engenharia, como os metais. A quantificação e o emprego correto dessas propriedades são em geral mais complexas do que para os materiais convencionais. O peso é outra característica importante, já que plásticos são sempre mais leves que os materiais cerâmicos e os metálicos, o que os torna particularmente atrativos para diversos ramos industriais.

O comportamento característico dos plásticos em comparação com o dos materiais metálicos usuais fica evidente pelas suas propriedades mecânicas. Segundo Marczak (2004), a primeira distinção que deve ser evidenciada é o comportamento geometricamente não-linear dos plásticos, isto é, a relação carga versus deslocamento não é linear, mesmo que o material ainda não tenha ultrapassado seu limite de escoamento, ou seja, os plásticos normalmente possuem grande flexibilidade, conforme o tipo de polímero e os aditivos usados na sua formulação.

Segundo Chaves (1999), o comportamento mecânico de um polímero pode ser caracterizado por suas propriedades de tensão versus deformação, ou seja, a partir do momento em que se aplica uma tensão no polímero para deformá-lo até provocar sua ruptura.

De acordo com Rocha (1990), o comportamento dos materiais plásticos face às solicitações mecânicas é frequentemente designado por visco elástico. Segundo Rocha (1990) em um ensaio, os parâmetros ou as grandezas que caracterizam o comportamento mecânico dos polímeros devem ser sempre associados às condições de temperatura e ao tempo de solicitação da carga. De uma maneira geral, os erros mais comuns estão relacionados a projetar componentes plásticos com níveis de tensão ou módulos de elasticidade muito altos ou que não levem em conta o efeito da temperatura.

As propriedades mecânicas, segundo Rocha (1990), podem ser citadas como:

- tração (módulo de elasticidade, resistência à tração, alongamento na ruptura);
- flexão e compressão;
- cisalhamento e resistência ao impacto;

- resiliência (capacidade de um material absorver energia quando deformado elasticamente e liberá-la quando descarregado);
- desenvolvimento de calor em carregamento cíclico;
- resistência à fadiga e outras propriedades mecânicas de longo prazo (fluência e relação de tensão);
- dureza;
- resistência à fricção;
- resistência à abrasão.

Segundo Marczak (2004), o coeficiente de Poisson depende da temperatura e do tempo de aplicação da carga. Sua faixa de variação vai de 0.2 até 0.4 para a maioria dos plásticos à temperatura ambiente, mas esses valores são suscetíveis a grandes variações, devido à composição química e as adituações dos polímeros.

## 2.2 Rugosidade

A norma brasileira que define a especificação da rugosidade é a norma NBR ISO 4287. Uma superfície ideal que não contenha erros de forma ou textura secundária (erros macro geométricos) e de acabamento ou marcas de fabricação (erros micro geométricos) não existe na realidade (CAMARGO, 2002).

Ainda segundo Camargo (2002), após os processos de usinagem, tem-se uma superfície efetiva que pode ser medida e avaliada com relação à superfície ideal. Se passar-se um plano perpendicular a superfície efetiva, tem-se o perfil efetivo da peça usinada. Deste perfil efetivo, depois de medido e filtrado para minimizar os erros macro geométricos, obtém-se o perfil de rugosidade.

Segundo Camargo (2002), o acabamento superficial pode ser enquadrado, segundo a norma alemã DIN 4761 como um desvio de conformação de 3ª ordem, que são desvios cíclicos ou não, nos quais a relação entre a distância entre cristas e a profundidade é da ordem de 100:1 a 5:1; e como desvio de 4ª ordem, que são estrias ou escamas originadas de fenômenos específicos durante o processo de formação do cavaco.

O acabamento superficial, segundo Çolac (2005, p.47-48), é um fator importante para se avaliar a qualidade do produto. Os parâmetros de corte como a velocidade, avanço, profundidade de corte, forças, etc bem como, as características do material sendo usinado e da ferramenta afetam o resultado final em termos de rugosidade.

Segundo Faccio (2002), a rugosidade são pequenas saliências que caracterizam uma superfície. E essas irregularidades são medidas através de um aparelho chamado rugosímetro.

De acordo com Faccio (2002), o Cut-off comprimento de medição percorrido é a distancia percorrida pelo apalpador acrescida da distancia para atingir a velocidade de medição e para a parada do apalpador.

Ainda segundo Faccio (2002), outra unidade de medição de rugosidade é o parâmetro  $R_y$ , o qual a distancia entre o pico mais alto e o vale mais baixo, dentro de um comprimento medido de um perfil de rugosidade. E o parâmetro  $S_m$  é o comprimento medido sobre a quantidade de picos contados, o pico é como o maior ponto registrado entre dois cruzamentos da linha média do perfil. O parâmetro  $R_a$  é o desvio médio de um perfil de sua linha média.

### *2.3 Parâmetros de corte*

A usinagem de polímeros tem sido crescentemente utilizada e tem se tornado necessária quando a quantidade de peças ou produtos a serem produzidos não justifica o custo de usinagem com ferramenta para moldes ou extrusão por matriz, ou quando é necessário um produto com alta exatidão dimensional, como por exemplo, lentes poliméricas (XIAO; ZHANG, 2002, p.26).

Usualmente nos processos de usinagem, alguns parâmetros como a profundidade de corte, o avanço por dente e a velocidade de corte, podem ser variados de forma independente dentro dos limites das máquinas utilizadas. Esses parâmetros têm grande importância industrial, pois eles são diretamente proporcionais ao tempo de produção e conseqüentemente ao custo do produto (SALLES; CORRÊA; GONÇALVES, 2003, p.26).

Segundo Maciel, Lauro e Brandão (2010), os estudos realizados na usinagem de produtos poliméricos têm a mesma relação da usinagem dos metais. Apesar de apresentarem resistência ao corte menor que os metais, alguns plásticos apresentam, em alguns casos, abrasividade superior aos materiais metálicos provocando rápidos desgastes nas ferramentas de corte. Materiais compósitos como os plásticos reforçados com fibra de carbono apresentam diferença significativa dos materiais metálicos. Autores como Bhatnagaretal (1995), Sakuma & Seto (1983), citado por Maciel, Lauro e Brandão (2010) realizaram experimentos com este tipo de material medindo a resistência ao corte, à rugosidade e usinabilidade destes materiais. Os experimentos demonstraram que nestes materiais específicos a orientação das fibras influencia fortemente na rugosidade, principalmente quando o corte é orientado no sentido da tensão das fibras onde se observaram os menores valores de rugosidade e uma alta taxa de desgaste quando o corte é orientado no sentido oposto. Porém em alguns casos pode-se observar comportamento da rugosidade similar ao dos metais onde o aumento do avanço

proporcionou um aumento da rugosidade e diminuiu de forma satisfatória com o aumento da velocidade de corte (PALANIKUMARA et al. 2008, p.2).

Poucas peças plásticas são feitas unicamente por usinagem, mas a maior parte das peças moldadas precisa passar por acabamento ou processamentos adicionais antes de se tornarem itens utilizáveis (LOKENSGARD, 2013).

A recuperação elástica faz com que orifícios perfurados ou fresados se tornem menores do que o diâmetro das brocas utilizadas. Quando usinados, por causa de seus baixos pontos de fusão, alguns termoplásticos tendem a sofrer alteração de forma (adquirindo consistência de goma), fundir ou rachar. Os plásticos, quando aquecidos, expandem mais do que a maioria dos materiais, seu coeficiente de expansão térmica é aproximadamente 10 vezes maior que os dos metais (LOKENSGARD, 2013).

Na usinagem de peças industriais o polímero vem cada vez mais sendo usado em substituição aos metais, por se tratar de um material barato e de fácil usinabilidade.

Segundo Donaldson e Patterson (1983, p.26) na usinagem de polímeros, devido a suas baixas condutividades térmicas (quando comparadas com as dos metais), a maior parte do calor tem que ser removida pela ferramenta.

Donaldson e Patterson (1983); DeBra (1994); Donaldson e Maddux (1984); Franse (1990), citado por Maciel, Lauro e Brandão (2010), afirmam que a qualidade da superfície usinada pode ser dividida em duas categorias; a primeira inclui as máquinas e as variáveis ambientais como a temperatura de estabilidade, isolamento de vibrações, tensão de escoamento dos materiais que governam as medidas de macro escala estes efeitos tem sido amplamente estudados em detalhes desde o início da década de 1980.

A segunda esta associada com a geometria da ferramenta como os ângulos de folga e saída, raio de ponta, profundidade de corte, velocidade de corte que estão mais ligados a fenomenologia do processo de usinagem.

Kobayashi (1967) e Jiang et al. (2000), citado por Maciel, Lauro e Brandão (2010), estudaram a influência destes parâmetros sobre a rugosidade de polímeros e notaram fenômenos na usinagem destes produtos são similares a usinagem dos materiais metálicos.

Segundo Maciel, Lauro e Brandão (2010), realizaram ensaios de usinagem em por torneamento com diversos polímeros, POM (Poliacetal Homopolímero), NYLON 6 (Poliamida 6) PP (Polipropileno Homo e Comopimero) utilizando duas velocidades de corte, de 200 e 250m/min com três velocidades de avanço 0.04mm/rot, 0.1mm/rot e 0.15mm/rot. Estes outros mostram que ocorreu um aumento do valor da rugosidade com o aumento do valor do avanço para todos os polímeros ensaiados.

## 2.4 Sentido de corte

Segundo Weingaertner (1994), na usinagem com fresamento no sentido concordante o movimento de corte e o avanço tem o mesmo sentido. No início do corte é utilizada a espessura máxima do cavaco e com isso obtém-se uma superfície com um melhor acabamento.

De acordo com Weingaertner (1994), se for realizada uma usinagem com o sentido de corte discordante a força de corte produz vibrações que alteram o acabamento da superfície da peça não se obtendo um bom acabamento. Isso ocorre devido aos movimentos de corte e avanço terem sentidos opostos. Assim, no início do corte é utilizada a espessura mínima do cavaco.

## 3. Procedimentos Metodológicos

A fim de avaliar o efeito de alguns parâmetros de corte na qualidade superficial decorrente da fresagem com uso de poliacetal, foram realizados ensaios utilizando três blocos de poliacetal de dimensões 50x50x50mm, usinados em um centro de usinagem CNC modelo PANMACHINE VL-1000, um aparelho rugosímetro modelo SurfTest SJ-310 com cut-off de 0,5mm, para efetuar a medição da rugosidade, fresa de metal duro diâmetro 10.0mm, com 2 dentes, marca Mitsubishi, modelo 12-10S.

A operação consistiu na fresagem de cinco faixas de 10.0mm de largura em cada face dos blocos.

Foram variados os parâmetros de rotação e avanço com sentido de fresamento concordante e profundidade de corte de 1,0 mm, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros utilizados

Ensaio	Rpm	Avanço (mm/min)				
Faixa 1	2000	500	1500	3000	4500	6000
Faixa 2	3000	500	1500	3000	4500	6000
Faixa 3	4500	500	1500	3000	4500	6000
Faixa 4	5500	500	1500	3000	4500	6000
Faixa 5	6500	500	1500	3000	4500	6000
Faixa 6	7500	500	1500	3000	4500	6000

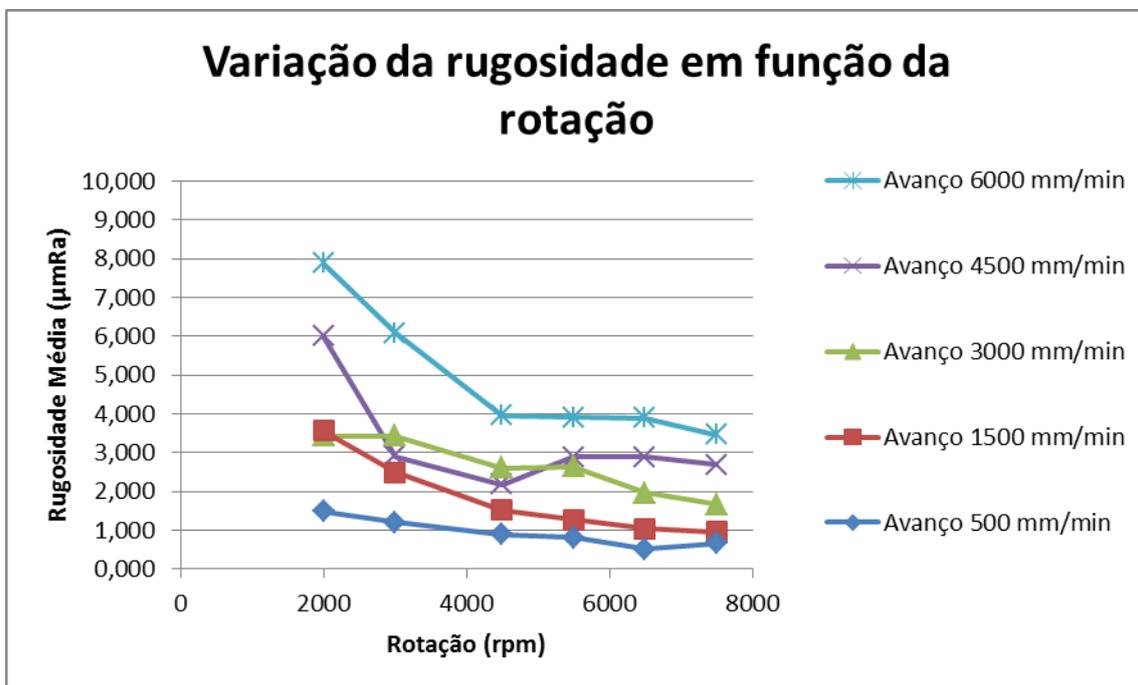
Fonte: Elaborado pelos autores

Foram realizadas 3 medições de rugosidade por faixa e utilizada a média aritmética dos valores encontrados, em  $\mu\text{mRa}$ .

#### 4. Resultados e discussões

As Figuras 1 e 2 apresentam os gráficos da variação da rugosidade superficial, medida em  $\mu\text{mRa}$ , para a peça de poliacetal, em função da rotação e da velocidade de corte, respectivamente, para cinco diferentes velocidades de avanço.

Figura 1- Variação da rugosidade em função da rotação para diferentes avanços



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme Sandvik (2011), a velocidade de corte em uma operação de fresamento é definida pela equação (1).

$$VC = \pi \times D \times n / 1000 \quad (1)$$

Onde:

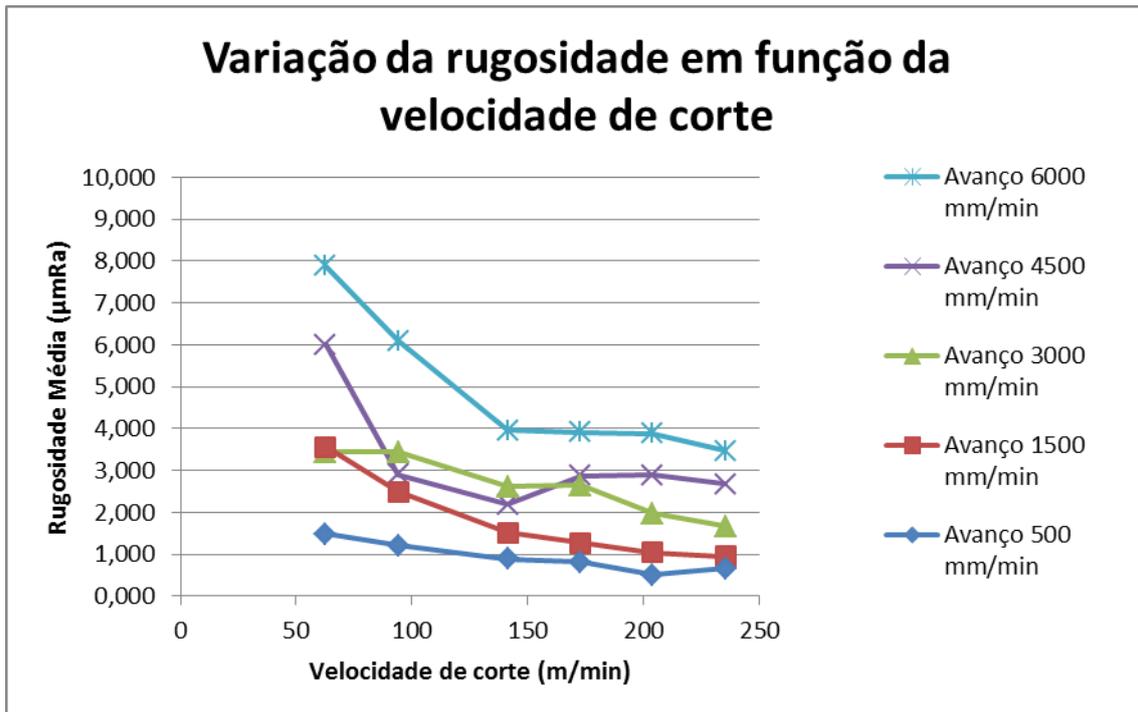
Vc= velocidade de corte (m/s)

D= diâmetro da ferramenta (mm)

n = rotação do motor (rpm)

Desta forma, as Figuras 1 e 2 apresentam comportamentos análogos, contemplando apenas a alteração de valores de rotação (rpm) para velocidade de corte (m/min).

Figura 2- Variação da rugosidade em função da velocidade de corte para diferentes avanços.



Fonte: Elaborado pelos autores

O gráfico da Figura 2 mostra uma tendência de diminuição da rugosidade em função do aumento da velocidade de corte para todas as velocidades de avanço analisadas.

A velocidade de avanço de 500 (mm/min) determinou a menor variação da rugosidade com o aumento da velocidade de corte e a velocidade de avanço de 6000 (mm/min) determinou os maiores valores de rugosidade superficiais. Entretanto para velocidades de corte a partir de 150 (m/min) houve pouca variação da rugosidade superficial, indicando que o uso de velocidade de cortes superiores a este valor pouco resulta em melhoria do acabamento superficial.

A Tabela 2 apresenta as equações lineares representativas das curvas de tendências relativas à Figura 2.

Tabela 2- Equações lineares representativas das curvas de tendência da rugosidade em função da velocidade de corte para diferentes avanços.

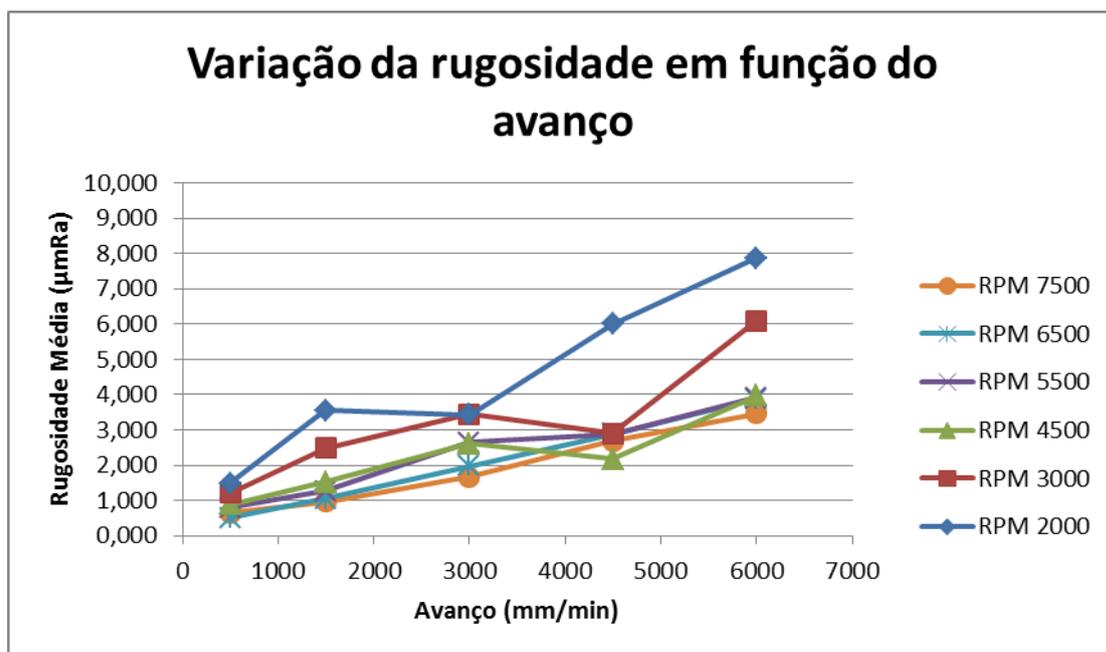
Curvas da rugosidade em função da velocidade de corte		
Avanço	Equação	Módulo do coeficiente angular
500	$y = -0,0053x + 1,7252$	0,0053
1500	$y = -0,0146x + 4,0227$	0,0146
3000	$y = -0,0108x + 4,2688$	0,0108
4500	$y = -0,0134x + 5,2909$	0,0134
6000	$y = -0,024x + 8,5106$	0,024

Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se que para os avanços de 500 mm/min e 6.000 mm/min, foram obtidos, respectivamente, o menor e o maior valor, em módulo, do coeficiente angular das curvas de tendências correspondentes.

A Figura 3 apresenta o gráfico da variação da rugosidade superficial, medida em  $\mu\text{mRa}$ , em função do avanço (mm/min), para seis diferentes rotações.

Figura 3- Variação da rugosidade em função do avanço da mesa para diferentes rotações



Fonte: Elaborado pelos autores

Verifica-se, pela análise da Figura 3, que para todas as rotações ensaiadas houve tendência de aumento da rugosidade com o aumento do avanço. Este comportamento está coerente com os resultados identificados por (MACIEL; LAURO; BRANDÃO, 2010).

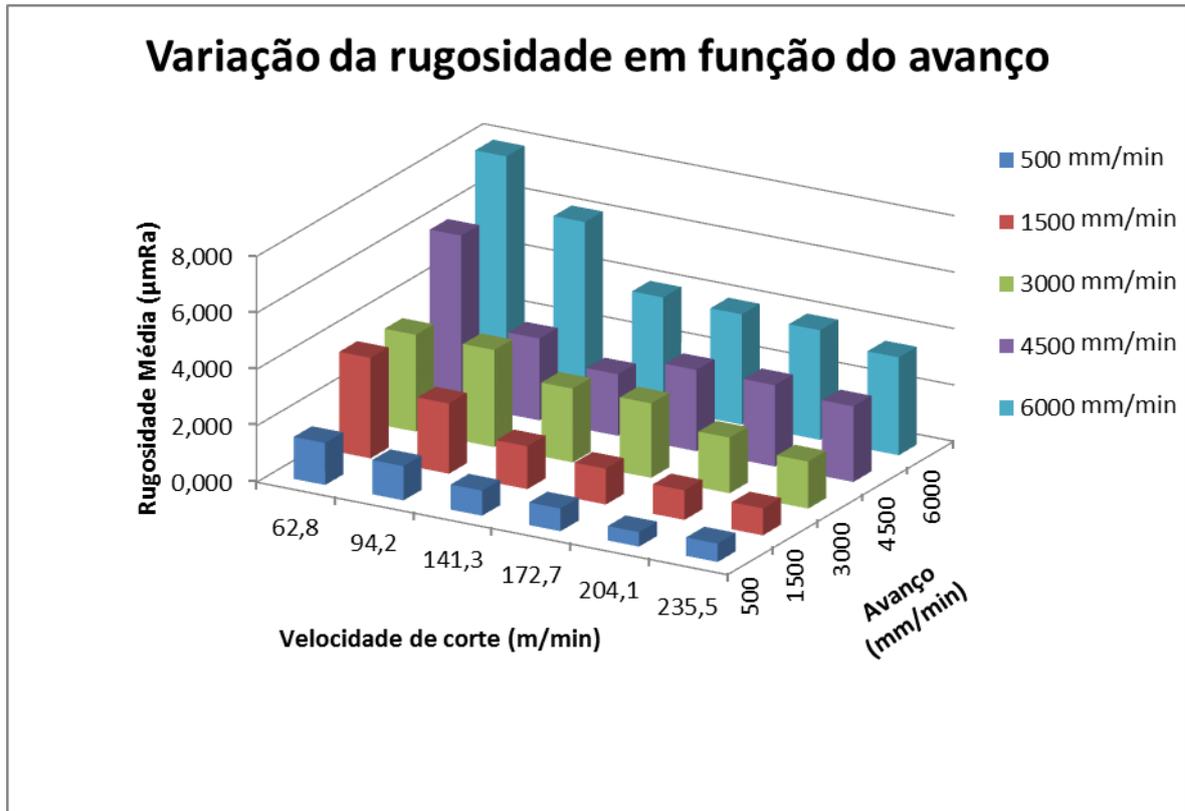
De maneira geral, pode se verificar, também, que as curvas da rugosidade em função do avanço apresentam valores menores com o aumento das rotações, o que pode ser confirmado pelo decréscimo dos coeficientes lineares das curvas de tendências com o aumento das rotações (Tabela 3). Observa-se na tabela 3 que os coeficientes angulares das curvas de tendências para as rotações de 3000, 4500, 5500, 6500 e 7500 rpm apresentam valores próximos.

Tabela 3- Equações lineares representativas das curvas de tendência da rugosidade em função do avanço para diferentes rotações.

Curvas da rugosidade em função do avanço		
Rotações	Equação	Módulo do coeficiente angular
2000	$y = 0,0011x + 1,1148$	0,0011
3000	$y = 0,0007x + 0,9842$	0,0007
4500	$y = 0,0005x + 0,7327$	0,0005
5500	$y = 0,0006x + 0,5717$	0,0006
6500	$y = 0,0006x + 0,1544$	0,0006
7500	$y = 0,0005x + 0,246$	0,0005

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4- Variação da rugosidade em função da velocidade de corte para diferentes avanços



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 4 mostra, simultaneamente, o efeito da tendência de diminuição da rugosidade com o aumento da velocidade de corte e a tendência de aumento da rugosidade com o aumento da velocidade de avanço.

## 5. Conclusões

Os dados obtidos nos ensaios realizados neste trabalho permitiram concluir que os parâmetros de corte; rotação, velocidade de corte e velocidade de avanço da mesa afetam o acabamento superficial obtido na operação de fresamento do poliacetal, através do efeito em sua rugosidade superficial.

Concluiu-se que o aumento da rotação da ferramenta e, conseqüentemente, da velocidade de corte, provocam a diminuição da rugosidade superficial. A variação da rugosidade com a velocidade de corte mostrou-se mais acentuada para maiores velocidades de avanço da mesa.

Também pôde-se verificar que o aumento na velocidade de avanço da mesa provoca, para todas as rotações ensaiadas, o aumento da rugosidade superficial, embora de forma mais acentuada para rotações mais baixas.

Foram obtidas curvas de tendências estimativas para predição da rugosidade em função da velocidade de corte e da velocidade de avanço da mesa, o que se caracteriza como uma ferramenta útil para estimativas da qualidade do acabamento em função dos parâmetros de corte para fresamento do poliacetal.

## Referências

- BHATNAGAR,N.; RAMAKRISHNAN,N.; NAIK,N.K.; Komanduri,R.,1995. “**On the machining of fiber reinforced plastic (FRP) composite laminates**. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v.35, pp. 701–716.
- CAMARGO, R. (2002). **Rugosidade superficial nas operações de torneamento**.Santa Bárbara D’Oeste: SENAI.
- CHAVES, André L. O. (1999). **Polímeros: subsídios para utilização na construção civil**. 209p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.
- ÇOLAC, O.; KURBANOGLU, C.; KAYACAN, M.C (2005). Milling surface roughness prediction using evolutionary programming methods. **Materials & Design, Oxford**, v.28, n.2, p.657-666.
- DONALDSON, R.R.; PATTERSON, S.R. **Design and construction of a large, vertical axis diamond turning machine**.Proceedings of the SPIE, v. 7, p. 433-462,1983.
- FACCIO, Ian. **Investigações sobre o acabamento superficial de usinagem com altíssima velocidade de corte**. São Paulo: USP, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica: área de projeto e fabricação), Escola Politécnica, Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, 2002.
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem dos metais**. Editora Blucher, 13 ed. São Paulo, 2009.
- LOKENSARD, Erik. **Plásticos Indústrias, teoria e aplicações**. Editora Cengage Learning, 5 ed. Norte Americana, 2013.
- MACIEL, D.; LAURO, C.H.; BRANDÃO, L.C. Usinagem de materiais poliméricos utilizando sistema de refrigeração com ar gelado. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA,VI., 2010, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: ABCM, 2010. p.1-6. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-1936.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2016.
- MARCZAK, R. J. (2004). **Polímeros como materiais de engenharia**. Porto Alegre. UFRGS.
- PALANIKUMARA, K.; MATAB, F.; DAVIM, J.P. 2008 “**Analysis of surface roughness parameters in turning of FRP tubes by PCD tool**”, **Journal of Materials Processing Technology**, v.204, pp. 469–474.
- ROCHA, Adélia C. P. F. (1990). **Materiais plásticos para a construção civil**. Lisboa, LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) - ICT – informação científica.
- SAKUMA,K.,SETO,M.,1983, “**Tool wear in cutting glass-fiber-reinforced plastics. The relation between fiber orientation and tool wear**”. **Bulletin of JSME**, v. 26, PP. 1420–1427.

**SALLES, J.I.C; CORRÊA, L.O; GONÇALVES, M.T.T. Effects of machining parameters on surface quality of the ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE).RevistaMatéria, Rio de Janeiro, v.8, p. 1- 10, 2003.**

**SANDVIK COROMANT. Technical Guide: Turning, Milling, Drilling, Boring, Tool Holding. 2011.**

**SCHNEIDER, E.L. UNOPAR Cient. Exatas Tecnol., Londrina, v. 7, p. 25-30, Nov. 2008**

**WEINGAERTNER , W. L. Qualidade superficial e formação de cavacos na usinagem de Al e Cu. Máquinas e Metais, p.82-89, Maio 1994.**

**XIAO, K.Q.; ZHANG, L.C.The role of viscous deformation in the machining of polymers. International Journal of Mechanical Sciences, v. 44, p. 2317-2336, 2002.**