



Variação dos Parâmetros no Processo de Brunimento para Melhoria do Estado de Superfície das Camisas de Cilindro

Luciano Salvato Thomaz

Mariana Rodrigues Homem Clabunde

Murilo Afonso de Camargo

Régis Francisco da Cruz Silva

Talison Bruno Felipe da Silveira

RESUMO

O mercado automobilístico está cada vez mais competitivo nos dias atuais, e as empresas se preocupam em entregar para seus clientes o que há de mais moderno. A procura por carros de alto desempenho tem aumentado e o motor é um dos principais itens a serem considerados na compra. O bloco de cilindro é um dos componentes mais importantes no motor, sofrendo várias mudanças através dos processos de usinagem, sendo um dele o brunimento da camisa de cilindro do bloco, que com o passar dos anos tende a sofrer desgastes de: ovalização, aumento do diâmetro e conicidade. Sendo assim, é essencial que ao ser brunido, o bloco do motor apresente uma rugosidade aceitável para o deslizamento dos pistões dentro do mesmo. Este estudo tem como objetivo analisar a melhor condição de uma máquina em brunir camisas de cilindro para resultar em um acabamento superficial adequado a ponto de reter o lubrificante em suas cunhas melhorando o funcionamento e durabilidade do motor de carro. Para tanto, serão considerados como parâmetros de ensaio a variação da concentração de óleo lubrificante e a velocidade e a força de expansão da ferramenta para a melhoria do acabamento superficial das peças ensaiadas.

Palavras-Chaves: Brunimento, Rugosidade, Camisas de cilindro, Acabamento Superficial.

ABSTRACT

The automotive market is increasingly competitive nowadays, and companies are keen to deliver to their customers what is most modern. The demand for high performance cars has increased and the engine is one of the main items to consider when buying. The cylinder block is one of the most important components in the engine, undergoing many changes through the machining processes, one of which is the honing of the cylinder bore of the block,



which over the years tends to suffer wear from: ovalization, diameter rise and conicity. Thus, it is essential that upon being honed, the engine block presents an acceptable roughness for sliding the pistons therein. This study aims to analyze the best condition of a machine in honing cylinder bore to result in a suitable surface finish to the point of retaining the lubricant in its wedges improving the operation and durability of the car engine. For this purpose, the variation of the lubricating oil concentration and the speed expansion of the tool to improve the surface finish of the tested parts will be considered as test parameters using ANOVA method.

Keywords: Honing, Roughness, Cylinder Bores, Surface Finish.

1. Revisão Bibliográfica:

O brunimento é um processo de usinagem que pode, de forma econômica, produzir furos de alta precisão, no que diz respeito a sua forma, geometria e qualidade superficial. Esta operação é principalmente utilizada para acabamento final em peças que utilizam funcionalmente a superfície cilíndrica gerada. O acabamento superficial gerado pelo brunimento propicia uma boa capacidade de retenção de lubrificantes. Assim, esse processo é recomendado para aplicações de guias cilíndricas para peças móveis, como bloco de motores, cilindros hidráulicos e componentes de sistemas de injeção Diesel (BÄHRE; SCHMITT; MOOS, 2012).

Segundo Marinescu (2004), o brunimento é classificado como um processo de usinagem por abrasão. Tais processos de usinagem podem ser divididos em quatro grupos: a retificação, o brunimento propriamente dito, a lapidação e o polimento. A retificação e o brunimento empregam abrasivos fixos na ferramenta de corte, enquanto a lapidação e o polimento utilizam grãos soltos, geralmente suspensos por uma mídia líquida ou pastosa.

Uma vantagem do brunimento diz respeito à integridade superficial da peça. A velocidade de corte utilizada no brunimento é baixa, tipicamente na ordem de 0,2 m/s à 2,0 m/s, quando comparada com o processo de retificação que trabalha com velocidades de corte acima de 20 m/s (MARINESCU et al., 2004).

Segundo Klocke (2009), para obter superfícies uniformes com baixa rugosidade ou textura controlada, principalmente em geometrias cilíndricas, a ferramenta de corte do brunimento deve possuir grãos abrasivos ancorados por meio de uma liga aglutinante metálica ou cerâmica. Existe uma gama de diferentes processos de brunimento, mas em geral, em função das características cinemáticas e pela escala de aplicação na indústria automotiva,

pode - se atribuir três tipos principais de processos de brunimento: o convencional ou de expansão, o de passe único e o a laser.

Neste estudo, aplica-se o **processo de brunimento convencional ou de expansão**, que é aplicado em maior escala na indústria, principalmente na usinagem em blocos de motores (conhecido como “plateau”), em que o material é removido pela penetração gradativa dos grãos abrasivos na peça combinado com os movimentos simultâneos de rotação e de oscilação axial do fuso da máquina. Este movimento alternativo de rotação e deslocamento axial da ferramenta descreve na peça usinada trajetórias helicoidais gerando marcas típicas em formato de hachurado com traços entrelaçados.

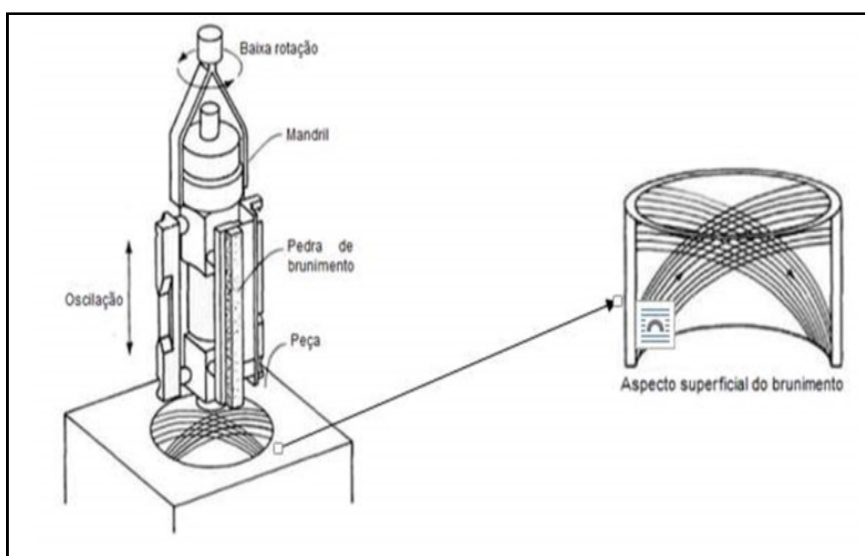


Figura 1 - Direções de corte no brunimento e aspecto superficial de acabamento. (CHANDLER, 1989).

Nas operações de brunimento, os grãos abrasivos ou partículas abrasivas que promovem a ação do corte na peça, precisam suportar a pressão necessária para esta remoção de material. Estes grãos abrasivos são oriundos de duas categorias: convencionais e superabrasivos. As pedras ou brunidores convencionais utilizam grãos de materiais como o óxido de alumínio para usinagem em aços de baixa dureza, e o carbetto de silício é aplicado em ferro fundido e materiais não ferrosos. Os brunidores em superabrasivos utilizam grãos de diamante ou CBN. Os grãos de diamante são aplicados no brunimento de materiais como o metal duro, cerâmicas e vidro. Não se aplica em usinagem em aços devido a afinidade química do diamante com o carbono do aço. Os grãos em cBN são aplicados em aços endurecidos, de média dureza e super ligas. (KRAR; RATTERMAN, 1990).

Segundo Chandler (1989), a seleção do tamanho do grão no brunimento depende principalmente da taxa de remoção de material e acabamento desejados. Grãos maiores

removem o material mais rapidamente, porém acarretam em um acabamento mais grosseiro. Por esta razão, o brunimento de desbaste seguido de um de acabamento é geralmente mais econômico. Na Tabela 1 é mostrada a equivalência dimensional do tamanho do grão abrasivo com a escala MESH de granulometria.

A seleção do abrasivo depende principalmente da dureza e composição do material da peça a ser usinado, o acabamento requerido e fatores de custos. Os abrasivos típicos para o brunimento e os parâmetros recomendados de acordo com o acabamento superficial desejado estão listados na Tabela 2:

Tabela 1 - Conversão do tamanho do grão abrasivo na escala MESH (CHANDLER, 1989).

Tamanho do Grão (MESH)	Dimensão média - μm	Dimensão média - poleg.
36	710	0,028
46	508	0,02
54	430	0,017
60	406	0,016
70	328	0,013
80	266	0,01
90	216	0,008
100	173	0,007
120	142	0,006
150	122	0,005
180	86	0,004
220	66	0,003
240	63	0,002
280	44	0,0017
320	32	0,0012
400	23	0,0009
500	16	0,0006
600	8	0,0003

Tabela 2 - Tipo de grão abrasivo, aplicações e parâmetros referenciais de corte no brunimento (CHANDLER, 1989).

Tipo do abrasivo	Aplicações	V_c (m/min)	Pressão dos brunidores (psi)
Óxido de alumínio	Recomendado tanto para materiais endurecidos ou não, porém para desbaste. Baixo custo, dureza inferior.	5 - 30	15 - 60
Carbeto de Silício	Recomendado tanto para materiais endurecidos ou não, porém quebradiços. Resulta em acabamentos superfícies mais uniformes. Frequentemente usado no acabamento em ferros fundidos. Custo baixo.	5 - 30	15 - 60
CBN	Cortes mais rápidos e vida dos brunidores maior. Aplicados em aços endurecidos, aços rápidos e de alta liga. Mínima velocidade de corte de 75m/min em aços de baixo carbono. Custo elevado.	35 - 90	60 - 300
Diamante	Aplicado no brunimento de metal duro, cerâmica, vidro e ferro fundido. Vida elevada.	130 - 260	85 - 170

Klocke (2009), define que o movimento entre a peça e a ferramenta no brunimento pode ser dividido em três componentes ortogonais de velocidade:

1. Dois tangentes à superfície da peça, a velocidade axial (V_{fa}), que é a velocidade de oscilação do fuso e a velocidade tangencial (V_{ft}), que é a velocidade de rotação da Ferramenta.
2. Um componente perpendicular à superfície da peça, a velocidade de avanço (V_{fn}), que é o avanço de corte do brunidor.
3. A velocidade de avanço (V_{fn}) é muito pequena comparada com a velocidade tangencial (V_{ft}) e com a velocidade axial (V_{fa}) devido à baixa remoção de material. Assim, quando do cálculo da velocidade de corte (V_c) ela pode ser desconsiderada.

Sendo assim, é mostrado na Figura 4 as seguintes fórmulas para cálculo das velocidades no brunimento:

- $V_c \rightarrow$ Velocidade de Corte (m/min);

- $V_{fa} = V_a \rightarrow$ Velocidade Axial - Oscilação (m/min);
- $V_{ft} = V_r \rightarrow$ Velocidade Tangencial ou Velocidade de Rotação (m/min);
- $n \rightarrow$ Número de rotações do fuso da máquina (1/min);
- $d \rightarrow$ Diâmetro da peça (mm).
- $\alpha \rightarrow$ Ângulo de cruzamento de brunimento (graus)

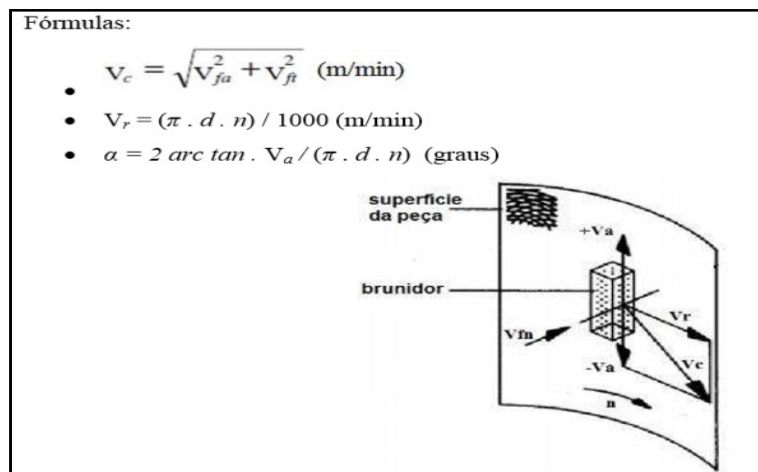


Figura 2 – Fórmulas do cálculo da velocidade de corte no brunimento.

1.1 Rugosidade

Para Piratelli-Filho (2011) a rugosidade é definida como o conjunto de desvios microgeométricos, caracterizado pelas pequenas saliências e reentrâncias presentes em uma superfície. Este autor fornece uma definição mais abrangente sobre rugosidade que não se limita aos processos de usinagem.

A importância do estudo do acabamento superficial aumenta na medida em que cresce a precisão de ajuste entre peças a serem acopladas, onde somente as tolerâncias dimensionais, de forma e de posição não são suficientes para garantir a funcionalidade do par acoplado. Assim, a especificação do acabamento das superfícies através da rugosidade é fundamental para peças onde houver atrito, desgaste, corrosão, resistência à fadiga, transmissão de calor, propriedades óticas, escoamento de fluidos, superfícies de medição, entre outros (AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI, 1977).

Sendo assim, levamos em consideração os resultados obtidos pelo estudo de Pereira (2016), onde foram comparados valores médios de rugosidade para brunimentos convencional e flexível e de Araujo (2014), onde a rotação do fuso (V_t) e o avanço dos brunidores (A_v) são os parâmetros de corte mais significativos na obtenção de valores baixos de rugosidade.

Segundo Pereira (2016) os valores médios de R_a foram reduzidos após o brunimento flexível para todos os cilindros. Uma comparação dos resultados mostra que os valores de R_a

para o brunimento convencional estão no intervalo de 0,14 μm até 0,21 μm , enquanto que para o brunimento flexível se encontram entre 0,08 μm e 0,15 μm . Observa-se, ainda, que a repetibilidade é maior para os cilindros brunidos com os mesmos parâmetros de corte, pois apresentam uma menor dispersão quando comparados com os valores médios após o brunimento convencional. Ou seja, a repetibilidade mostrou-se dependente das condições de usinagem.

De acordo com Pereira (2016), os fatores de controle número de golpes da ferramenta (NG), velocidade de avanço (VA) e rotação (ROT), utilizados no brunimento flexível dos cilindros, produziram efeitos significativos na variável resposta R_a . Sendo o número de golpes da ferramenta o parâmetro de usinagem que produziu o maior efeito, seguido da rotação e da velocidade de avanço da ferramenta. O aumento no número de golpes da ferramenta reduziu a rugosidade R_a . Um maior número de golpes proporciona maior tempo de contato dos glóbulos abrasivos do brunidor flexível com a superfície do cilindro, ocasionando maior remoção de microcavacos, e, conseqüentemente, promovendo a quebra dos picos com maior eficiência. A rugosidade R_a também apresentou uma redução com o aumento da rotação da ferramenta. Um acréscimo na rotação proporciona maior remoção de microcavacos, na unidade de tempo e, conseqüentemente, a diminuição mais acentuada da altura dos picos do perfil. Já a redução da velocidade de avanço da ferramenta ocasionou pequena diminuição na rugosidade R_a . Uma menor velocidade de avanço leva a um maior tempo de contato dos glóbulos abrasivos com a superfície do cilindro (50%), removendo maiores quantidades de microcavacos, e, conseqüentemente, reduzindo a altura dos picos do perfil.

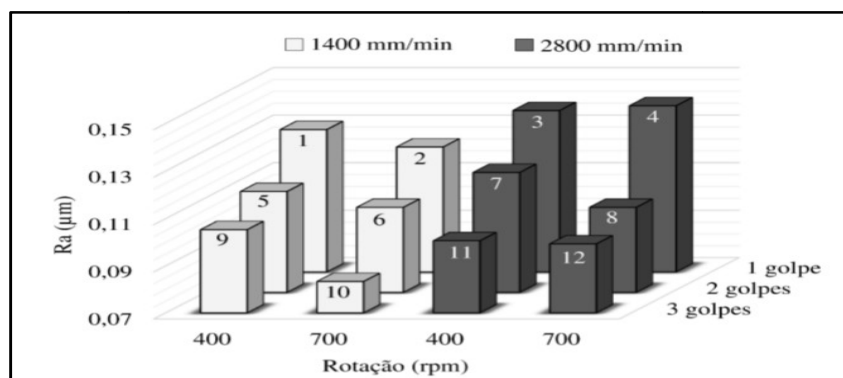


Figura 3 - Valores médios do parâmetro R_a para os 12 experimentos realizados nos cilindros brunidos com o brunidor flexível (PEREIRA, 2016).

Cabe ressaltar que para peças brunidas o parâmetro R_a não deve ser avaliado isoladamente, uma vez que por ser uma rugosidade média não caracteriza de forma adequada

este tipo de superfícies, pois não diferencia picos de vales e pode ocultar a presença destes quando aparecem de forma isolada no perfil de rugosidade.

Segundo Araujo (2014) no processo de brunimento, foi demonstrado que a rotação do fuso (V_t) e o avanço dos brunidores (A_v) são os parâmetros de corte mais significativos na obtenção de valores baixos de circularidade e retilidade.

- No final dos ensaios, conseguiu-se com o brunimento uma média de rugosidade de $0,049 \mu\text{m Ra}$ e C_{pk} de 6,07, contra $0,052 \mu\text{m Ra}$ e 1,49 de C_{pk} na lapidação.

A estabilidade dimensional no diâmetro interno apresentou também bons resultados com o brunimento, que melhorou o índice de capacidade total do processo C_p , de 0,33 para 4,49. Conclui-se neste estudo e como um dos objetivos principais do projeto, que é possível substituir o processo de lapidação pelo brunimento de precisão, obtendo valores mais robustos de capacidade para produção em série em aplicações que demandam tolerâncias apertadas em circularidade, retilidade e rugosidade superficial.

2. Metodologia

Os ensaios foram realizados em uma Brunidora da marca alemã Gehring. Com velocidade de avanço máximo de 40m/min, rotação de 450 RPM e comprimento de desbaste de 750mm.



Figura 4 – Brunidora Vertical Gehring.

Fonte: Gehring (2018)

Tabela 3 – Especificação da Brunidora modelo Z 750.

TECHNICAL DATA	Z 750
Stroke Length	750 mm
Diameter	68 - 105 mm
RPM, max.	450 1/min
Torque max.	190 Nm
Stroke Speed, max.	40 m/min

Fonte: Gehring (2018)

O Rugosímetro escolhido para medição dos corpos de prova foi o da empresa Jenoptik, mostrado na figura 6, e o L_t de acordo com o programa de medição dos cilindros é de 15mm O Rugosímetro está programado para medir a rugosidade em três alturas de cada cilindro, medindo 4 pontos equidistantes (0° , 90° , 180° e 270°), ou seja, 12 resultados em

cada cilindro. Depois tira-se a média de cada cilindro, que não pode ultrapassar o Cv de 0,06, estipulado por estudos de Engenharia para blocos de três cilindros.



Figura 5 – Rugosímetro Jenoptik.

Fonte: Jenoptik (2018)

Para um brunimento por expansão a melhor ferramenta a ser usada é a da série PT, com múltiplos abrasivos expansíveis. A ferramenta PT foi projetada para brunir furos com gama de diâmetro de 68-110 mm.

A possibilidade de ajuste das articulações assegura uma vida extremamente longa. O novo design do sistema de fornecimento de ar e de líquido de arrefecimento pela haste da ferramenta permite arrefecimento ótimo sobre a área a ser trabalhada, bem como uma calibragem em processo em dois níveis. Estas características técnicas garantem que as tarefas de usinagem atendem aos requisitos de qualidade para tolerâncias de forma e dimensional de 5-10 mm.

Além das vantagens técnicas e aplicações relacionadas com a estrutura modular, é possível atingir os melhores tempos de entrega tanto para novas ferramentas, bem como para conserto de ferramentas existentes. Um elevado grau de resultados de normalização, em custos de produção reduzidos.



Figura 6 – Ferramenta Expansiva.

Fonte: Gehring (2018)

Os corpos de prova escolhidos foram blocos de alumínio 7021, de fácil usinabilidade, resistência mecânica muito alta, resistência à corrosão média, alto brilho.

Propriedades Químicas:		Propriedades Físicas:	
Mg	1,2 - 1,8 %	Condutibilidade Elétrica:	Massa Igual 135 IACS /
Zn	5,0 - 6,0 %		Volume Igual 43 IAC
Al	Restante	Condutibilidade Térmica:	125 - 176 W/m.k
Fe	0,40 %	Densidade:	2,80 g/cm ³
Cu	0,25 %	Expansão Térmica:	22,8x10 ⁻⁶ x1/°C
Mn	0,10 %	Modulo de Elasticidade:	71000 Mpa
Cr	0,05 %	Propriedades Mecânicas:	
Zr	0,08 - 0,18 %	Limite de resistência:	350 - 430 Mpa
Ti	0,10 %	Limite de escoamento:	290 - 380 Mpa
Si	0,25 %	Alongamento:	5 - 13 %
Outros	0,15 %	Dureza:	130 - 140 Brinell

Figura 7 – Propriedade químicas, físicas e mecânicas do Alumínio 7021

Para maior eficácia nos resultados de rugosidade, observou-se que a concentração de óleo lubrificante é essencial. Sendo assim, o lubrificante escolhido para o brunimento foi o Hocut TR 2000C da Houghton International, que é um óleo vegetal menos agressivo ao meio ambiente, com algumas vantagens:

- Conservação da vida útil da ferramenta
- Fornece um acabamento superficial aprimorado que reduz o custo total por meio de taxas reduzidas de refugo
- A formulação bioestável prolonga a vida útil indefinidamente, reduzindo os desperdícios de tratamento e custos com retrabalho.
- Permite um brunimento mais suave, com menor pressão, o que economiza dinheiro no tempo de usinagem.

Concentração de óleo: A concentração de óleo indicada pelo fornecedor está descrita na tabela 4:

Tabela 4: Concentração recomendada pela Houghton

RECOMMENDED CONCENTRATIONS	
Machining	10:1 to 20:1
Grinding	20:1 to 25:1

Fonte: Houghton (2018)

No estudo, a concentração utilizada será de 10%, 11% e de 12%, seguindo os parâmetros já utilizados para produção de blocos de motor em empresas automobilísticas

2.1 Procedimento de Estudo:

Com o objetivo de analisar o comportamento da Rugosidade da superfície das camisas de cilindro, devemos usinar as peças com a concentração de óleo indicada pelo fornecedor.

Como citado anteriormente, Pereira (2016) utilizou o número de batidas da ferramenta no cilindro como uma metodologia de estudo. A brunidora Gehring não tem esse parâmetro para ser estudado, mas possui a velocidade de expansão da ferramenta como alternativa de desbaste, ou seja, quanto mais lento teoricamente for a expansão da ferramenta, mais tempo ela ficará no cilindro desbastando, ou seja, permitindo assim um acabamento superficial melhor.

Sendo assim, a idéia principal seria escolher três velocidades de expansão, medir a concentração de óleo que deve estar entre 10% e 12% e medir os corpos de prova para verificar qual deles obteve um acabamento superficial melhor:

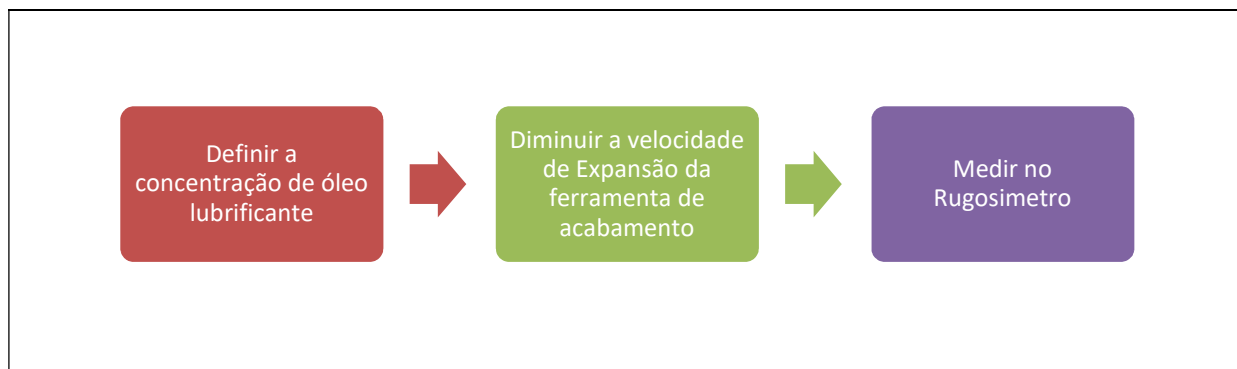


Figura 8 – Fluxograma de Experimentos

Após a medição da Rugosidade, os seguintes valores serão analisados através da ANOVA (Analysis of Variance) onde será indicado qual a melhor velocidade e a melhor concentração de óleo para brunir as camisas de cilindro através do Fator Crítico.

3. Resultados

Como resultados das médias obtidas através da medição com o Rugosímetro Jenoptik observa-se uma pequena variação entre os valores com relação aos dados analisados: Concentração de óleo x Velocidade de Expansão da Ferramenta. Que resultaram em:

Tabela 5: Resultado das Médias obtidas pelo Rugosímetro

Média Cv de Rugosidade			
	Concentração 10%	Concentração 11%	Concentração 12%
Vel. de Exp. 1,0µm	0,071733	0,05865	0,0446
Vel. de Exp. 0,8µm	0,062933	0,04978	0,0391
Vel. de Exp. 0,6µm	0,058433	0,04832	0,033267

E através da ferramenta estatística ANOVA chegamos aos seguintes valores:

1 - Analisando somente a concentração:

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Concentração10%	3	0,193099	0,064366333	4,57633E-05
Concentração11%	3	0,15675	0,05225	3,12529E-05
Concentração12%	3	0,116967	0,038989	3,21185E-05

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,000967	2	0,000483334	13,28636173	0,00625	5,143253
Dentro dos grupos	0,000218	6	3,63782E-05			
Total	0,001185	8				

Figura 9 – Resultado ANOVA para concentração de óleo

2 – Analisando somente a Velocidade de Expansão da Ferramenta:

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Vel. de Exp. 1,0µm	3	0,174983	0,058328	0,000184
Vel. de Exp. 0,8µm	3	0,151813	0,050604	0,000143
Vel. de Exp. 0,6µm	3	0,14002	0,046673	0,00016

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,000211	2	0,000105	0,649662	0,5554	5,143253
Dentro dos grupos	0,000974	6	0,000162			
Total	0,001185	8				

Figura 10 – Resultado ANOVA para Velocidade de Expansão da Ferramenta

4. Conclusão:

O valor de F na Figura 9 demonstra que há influência da Concentração de óleo quando se deseja diminuir a rugosidade superficial das camisas de cilindro já que este valor é superior ao F crítico obtido pela análise ANOVA. Já o F da Figura 10 demonstra que a Velocidade de Expansão da Ferramenta não é um fator crítico na melhoria da superfície, já que seu valor é inferior ao F crítico da análise.

Concluimos então que quanto maior a concentração de óleo na água, melhor será o estado de superfície das camisas de cilindro, por tanto, uma durabilidade maior para o deslocamento e performance do trabalho dos pistões no motor dos carros.



Referências

AGOSTINHO, O. L.; RODRIGUES, A. C. S.; LIRANI, J. **Princípios da engenharia de fabricação mecânica**. 1. Ed. São Paulo: Blücher, 1977. p. 124.

ARAUJO, G. Lima. **Uma contribuição do brunimento de precisão**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BÄHRE, D.; SCHMITT, C.; MOOS, U. Analysis of the differences between force control and feed control strategies during the honing of bores. In: CIRP CONFERENCE ON HIGH PERFORMANCE CUTTING, 5. 2012. **Proceedings..** Saarbrücken: Elsevier, 2012. p.377-381.

CHANDLER, H. E. et al. **ASM Handbook: Metals Handbook Machining**: v. 16. 9. ed. Materials Park: ASM International, 1987. p. 472-491.

© GEHRING TECHNOLOGIES GMBH 2018. **Powertrain hone Z 750 MODUL**. Disponível em: <https://www.gehring.de/en-ww/powertrainhone>. Acesso em: abril 2018.

© GEHRING TECHNOLOGIES GMBH 2018. **Pt Series Tooling System**. Disponível em: <https://www.gehring.de/en-ww/powertrainhone>. Acesso em: abril 2018.

HOUGHTON INTERNATIONAL INC. **Hocut® TR 2000C**. Disponível em: <https://www.houghtonintl.com/pt-br/products/hocut®-tr-2000c-1>. Acesso em: maio 2018.

IMPÉRIO DOS METAIS. **Alumínio 7021**. Disponível em: http://www.imperiodosmetais.com.br/downloads/download_ficha_tecnica/aluminio/7021.pdf. Acesso em: abril 2018.

JENOPTIK AG. **Reliable Visual Surface Inspection for High-Quality Manufacturing Results**. Disponível em: <https://www.jenoptik.com/products/metrology/roughness-and-contour-measurement/surface-inspection>. Acesso em: abril 2018.

KLOCKE, F. **Manufacturing Processes 2: Grinding Honing and Lapping**. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. p. 302-337.

KRAR, S. F.; RATTERMAN, E. **Superabrasives: Grinding and Machining With cBN and Diamond**. New York: McGraw-Hill, 1990. p. 128-139.

MARINESCU, I. D.; ROWE, W. B.; DIMITROV, B.; INASAKI, I. **Tribology of abrasive machining processes**. William Andrew, 2004. 1 e-book.

PEREIRA, L. C. **Influência das condições de usinagem do Brunimento flexível na rugosidade de cilindros de blocos de compressores herméticos**. 2016. p. 65-69. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

PIRATELLI FILHO, A. Rugosidade superficial. In: SEMINÁRIO DE METROLOGIA, 3., 2011, Uberlândia. **Palestras...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

¹Graduado em Tecnologia em Fabricação Mecânica (SENAI – Taubaté) – Aluno de pós graduação em Tecnologia em Processos de Usinagem (SENAI 3.01). E-mail: luciano_thomazz@hotmail.com

²Pós-Graduada em MBA em Gerenciamento de Projetos (Fundação Getúlio Vargas – Taubaté) – Aluno de pós graduação em Tecnologia em Processos de Usinagem (SENAI 3.01). E-mail: mariana.rhc@hotmail.com

³Graduado em Engenharia Mecânica (UNITAU – Taubaté) – Aluno de pós graduação em Tecnologia em Processos de Usinagem (SENAI 3.01). E-mail: murilo.camargo.eng@gmail.com

4 Graduado em Tecnologia em Mecatrônica (ETEP – Taubaté) – Aluno de pós graduação em Tecnologia em Processos de Usinagem (SENAI 3.01). E-mail: regis.frsilva@hotmail.com

5 Graduado em Engenharia Mecânica (UNITAU) – Taubaté) – Aluno de pós graduação em Tecnologia em Processos de Usinagem (SENAI 3.01). E-mail: talison_fmt@hotmail.com