

ESTUDO DA USINAGEM DAS SEDES DE VÁLVULAS DE ADMISSÃO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Ildeu Lúcio Siqueira

Centro Federal de Educação Tecnologia de Goiás, CEFET-GO, Curso de Mecânica, Rua 75 nº 46 Setor Central, CEP 74.055-110, Goiânia-GO
ils@cefetgo.br

Helder Barbieri Lacerda

Universidade Federal de Uberlândia, UFU-FEMEC, Campus Santa Mônica. Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco M, CEP 38.400-100, Uberlândia-MG
helder@mecanica.ufu.br

Roberto Araújo Piacesi

roberto.piacesi@br.fptpowertrain.com

Walter Seppe Junior

walter.seppe@br.fptpowertrain.com

FA POWERTRAIN. Engenharia de Manufatura - TFMC/CNC-DP. Tecnologia de Ferramentas e Meios de Controle CNC & Desenvolvimento e Pesquisa. Av. do Contorno da Fiat, nº 3455, CEP: 32530-000, Betim- MG- Brasil.

Flavio Adriano Santos de Oliveira

Mapal do Brasil Ferramentas de Precisão Ltda. - Rodovia Alça Leste - Km 2,6 - Jardim das Rosas - BR-CEP 32400-000 Ibité - MG – Brazil.
flavio.oliveira@br.mapal.com

Resumo: Este trabalho está sendo desenvolvido em parceria com as empresas Fiat Powertrain Technologies e Mapal Ferramentas. O objetivo é estudar a usinagem das sedes de válvulas de admissão do motor de combustão interna Fiat Fire 1.4, feita com lâminas de CBN. As sedes são usinadas a partir de anéis de aço sinterizado de elevada dureza (370-410 HB). As vibrações excessivas são freqüentes nesse tipo de operação e levam o operador a reduzir a velocidade de corte ou o avanço, com prejuízo da produtividade. A justificativa para realizar este trabalho é que existe a necessidade de conhecer melhor a influência da velocidade de corte, avanço, classes de lâminas de CBN, fluido de corte e vibrações no desvio de circularidade e na rugosidade superficial resultante da usinagem das sedes de válvulas, para que as condições de corte ótimas pudessem ser conhecidas. Com isso, pode-se obter um corte estável, com maior produtividade e menor gasto com ferramentas, além de garantir maior estanqueidade dos cilindros, reduzindo a emissão de gases do motor. As análises realizadas mostram que a rugosidade e a vibração tendem a reduzir quando se utiliza velocidade de corte entre 80 e 100 m/min e avanço entre 0,04 e 0,08 mm/dente, mas ainda há necessidade de mais investigações.

Palavras-chave: sede de válvula, aço sinterizado, usinagem.

1. INTRODUÇÃO

As válvulas dos motores de combustão interna dos automóveis têm a função de controlar o fluxo da mistura ar-combustível (válvulas de admissão ou aspiração) e dos gases queimados (válvulas de descarga), durante o ciclo de funcionamento do motor. As válvulas devem se encaixar perfeitamente em suas sedes, para obter uma vedação perfeita. As sedes de válvulas são feitas a partir de anéis de aço sinterizado de elevada dureza, obtidos através da metalurgia do pó. Essa tecnologia tem se destacado nas últimas décadas por ser um processo altamente competitivo, cuja evolução tem sido constante, proporcionando numerosas soluções criativas para muitos problemas na área de fabricação. Além do processo convencional de compactação e sinterização, outros processos foram criados para atender necessidades específicas de competitividade e mercado. Como exemplos, podem-se citar: o processo de conformação de sinterizados (para componentes que necessitam de melhores propriedades mecânicas), processos de obtenção de ligas (“mechanical alloying”, solidificação rápida, etc.), processos especiais de sinterização (ativada, fase líquida, etc.). Todos estes novos desenvolvimentos estão tornando o processo de metalurgia do pó quase que insuperável na arte de confecção de peças para uma grande variedade de aplicações (DIAS, 2005).

A metalurgia do pó convencional se caracteriza por produzir peças com um certo nível de porosidade que normalmente varia entre 5 e 25% da área observada, resultando em uma densidade de aproximadamente 95 e 75% respectivamente. Estes valores estão diretamente relacionados com a pressão exercida sobre o pó metálico na compactação. Baixa porosidade requer pressões elevadas, o que pode não ser economicamente aceitável, além de provocar um desgaste excessivo nas ferramentas (DIAS, 2007).

A usinagem das sedes de válvulas dos motores de combustão interna deve ser realizada com parâmetros de corte adequados para assegurar o compromisso ideal entre vida útil da ferramenta, produtividade e baixo nível de vibrações, proporcionando rugosidade superficial e desvio de circularidade mínimos, resultando em um assentamento correto das válvulas nas suas sedes. Isto é importante para garantir a correta vedação (estanqueidade) dos cilindros, evitando que o nível máximo de emissões de gases do motor seja ultrapassado.

Em motores de baixa cilindrada, as guias de válvulas são fabricadas geralmente a partir de buchas de aço sinterizado ou latão de alta resistência extrudado na forma de tubos. A Figura 1 mostra um esquema de uma sede de válvula montada em um motor. As guias são prensadas nos alojamentos previamente usinados no cabeçote e finalmente passam pelo processo de usinagem por alargamento para a obtenção de furos com estreitas tolerâncias dimensionais e de forma, como também para garantir um perfil de rugosidade adequado ao seu funcionamento (Dos Santos, 2004).

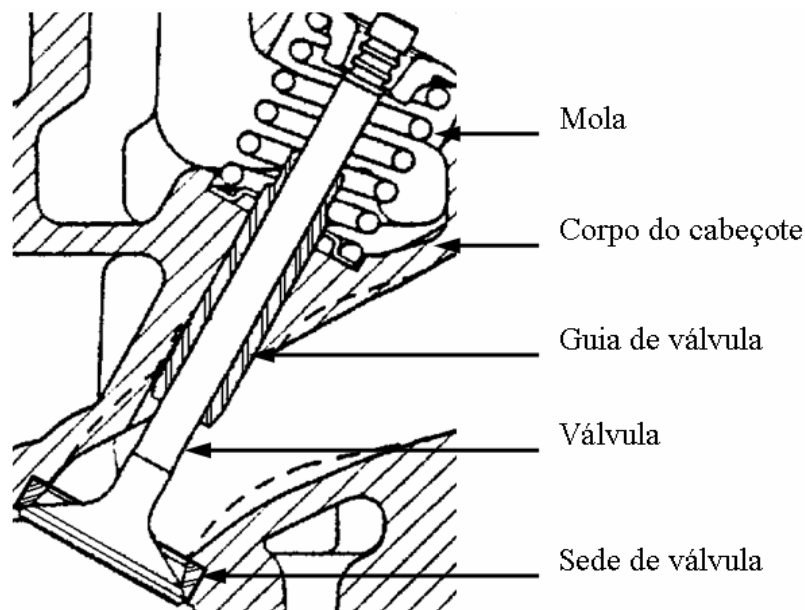


Figura 1: Esquema de uma sede de válvula montada em um motor (adaptado de Volvo, 2006)

As vibrações que ocorrem no sistema máquina-ferramenta-peça podem atingir níveis insatisfatórios, que originam marcas visíveis de vibração na superfície das peças. Esse problema é agravado pela diminuição do diâmetro e pelo aumento da relação comprimento / diâmetro (l/d) da ferramenta. Para contornar tal problema, costuma-se reduzir a taxa de remoção de material, abdicando-se da elevada rotação disponível no eixo-árvore da máquina-ferramenta (POLLI et al., 2005).

O objetivo deste trabalho é conhecer melhor a influência da velocidade de corte, avanço, classe das lâminas de CBN, fluido de corte e vibrações no desvio de circularidade e na rugosidade superficial resultante da usinagem das sedes de válvulas. Com isso, as condições de corte ótimas poderão ser conhecidas, obtendo um corte estável, com maior produtividade e menor gasto com ferramentas, além de garantir maior estanqueidade dos cilindros, reduzindo a emissão de gases do motor.

Esse trabalho encontra-se em andamento. O plano de trabalho, dispositivos e alguns testes iniciais podem ser visto em Siqueira et al. (2006).

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os ensaios foram realizados em anéis de aço sinterizado de elevada dureza (370 a 410 HB), utilizados na fabricação de sedes de válvulas de motores automotivos da linha FIAT FIRE 1.4.

Inicialmente, foram feitos vários testes iniciais para definir os parâmetros de usinagem, tais como velocidades de corte e avanço a serem utilizados. Esses testes serviram também para conhecer melhor o processo e testar a correta fixação das sedes e guias de válvulas no dispositivo construído para essa finalidade. Além disso, foram verificados os níveis de vibração, torque e força axial durante a usinagem material.

Deste modo, optou-se por utilizar nos testes preliminares velocidades de corte de 60 a 160 m/min e avanços de 0,02 a 0,12 mm/dente..

2.1 Planejamento Experimental

Este trabalho utiliza um Planejamento Composto Central (PCC) para fazer uma análise da significância de cada parâmetro envolvido, juntamente com a interação entre eles. O objetivo é estudar o efeito de três fatores nas respostas do sistema. As três variáveis controláveis são a velocidade de corte, o avanço e a concentração do fluido de corte que foram consideradas as variáveis de entrada enquanto que a força axial, o torque, a vibração (aceleração) e a rugosidade (R_a , R_z e R_t) são as variáveis de saída (respostas), conforme pode ser visto na Figura 2.

O planejamento experimental foi desenvolvido no *software Statistical*[®] e apresenta os principais testes (combinações de níveis) e seus respectivos fatores de controle (Tabela 1). Foram medidos a força axial (F_z), o torque (M_z), a vibração (aceleração) e a rugosidade (R_a , R_z e R_t). Portanto, têm-se três níveis de velocidade de corte, de avanço e de concentração do fluido de corte, os quais resultaram em 23 combinações que foram examinadas.

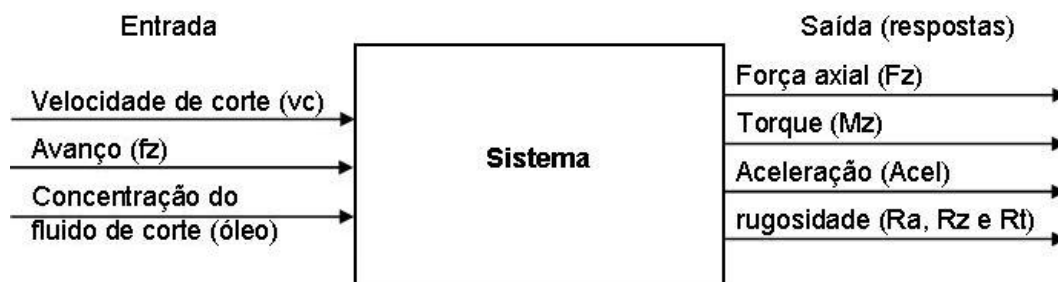


Figura 2: Variáveis de entrada e de saída do planejamento composto central (PCC).

Fatores de controle adotados:	$-\alpha$	-	c	+	$+\alpha$	
1: Velocidade de corte (vc)	60	80	110	140	160	[m/min]
2: Avanço (fz)	0,02	0,04	0,07	0,10	0,12	[mm/dente]
3: Concentração do fluido de corte (óleo)	3	4	6	8	9	[%]

Em que: $-\alpha$ = ponto axial inferior; - = nível inferior; c = ponto central; + = nível superior; $+\alpha$ = ponto axial superior.

Tabela 1: Testes preliminares e respectivos fatores analisados

Ensaio	vc [m/min]	fz [mm/dente]	óleo [%]	Ensaio	vc [m/min]	Fz [mm/dente]	óleo [%]
01	80	0,04	4	13	110	0,07	3
02	80	0,04	8	14(c)	110	0,07	9
03	80	0,10	4	15(c)	110	0,07	6
04	80	0,10	8	16(c)	110	0,07	6
05	140	0,04	4	17(c)	110	0,07	6
06	140	0,04	8	18(c)	110	0,07	6
07	140	0,10	4	19(c)	110	0,07	6
08	140	0,10	8	20(c)	110	0,07	6
09	60	0,07	6	21(c)	110	0,07	6
10	160	0,07	6	22(c)	110	0,07	6
11	110	0,02	6	23(c)	110	0,07	6
12	110	0,12	6				

2.2. Máquina-Ferramenta

Os testes preliminares foram realizados em um Centro de Usinagem Vertical CNC ROMI[®] da linha Discovery modelo 760 com comando numérico Siemens 810, Figura 3, cujas características estão descritas na Tabela 2.

Figura 3: Centro de usinagem vertical ROMI[®], modelo Discovery 7Tabela 2: Características do centro de usinagem vertical ROMI[®] Discovery 760

Especificações técnicas	Valores	Especificações técnicas	Valores
Faixa de velocidades	10 a 10.000 RPM	Curso long. da mesa (x)	762 mm
Avanço rápido (eixos x/ y)	25.000 mm/min	Curso trans. da mesa (y)	406 mm
Avanço rápido (eixo z)	20.000 mm/min	Curso vert. do cabeçote	508 mm
Avanço de corte	1 a 5.000 mm/min	Potência do motor principal	9 kW/ 12,5 cv

Um tempo de permanência de 0,4 s foi adicionado na programação da máquina CNC após cada etapa (desbaste e acabamento) de usinagem do anel, para melhorar o acabamento superficial e a circularidade. Esse procedimento é utilizado na fábrica e faz com que a ferramenta após a usinagem gire algumas voltas a mais, garantido assim um melhor acabamento.

2.3. Ferramentas de Corte

As ferramentas usadas neste trabalho são idênticas às usadas na linha de produção da FIAT PowerTrain. As ferramentas possuem um jogo de lâminas de CBN de 15°, 30°, 45° e 90° e um alargador para desbaste e acabamento usadas na usinagem das sedes de válvulas de admissão do motor Fire 1.4. A Figura 4 mostra os desenhos das ferramentas com mandril porta-ferramenta.

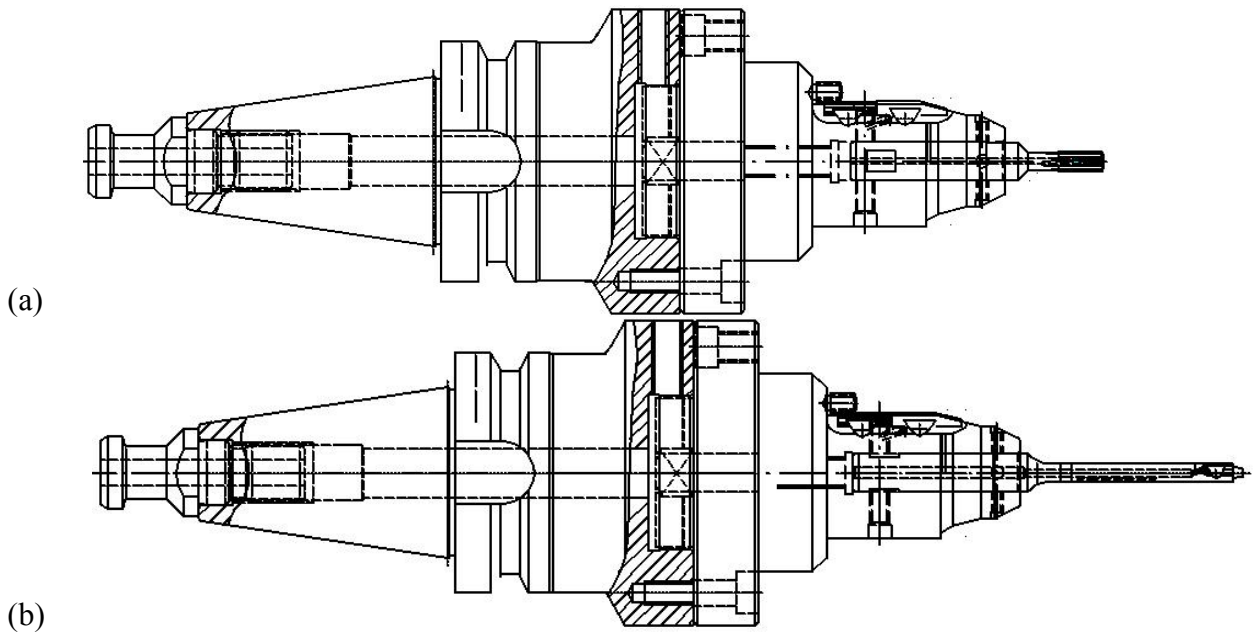


Figura 4: Ferramentas de corte: a) desbaste e b) acabamento (MAPAL, 2007)

2.4. Anéis de Aço Sinterizado (Sedes de Válvulas)

Conforme mencionado anteriormente, as sedes de válvulas de admissão são anéis em aço sinterizado de elevada dureza fabricados através da metalurgia do pó. No Brasil, são fornecidos pela empresa Lunko[®] Metalurgia, conforme norma interna de produção Fiat[®] Automóveis Spa Itália. Essa classificação e principais características são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Características principais dos anéis de aço sinterizado (FIAT, 2005).

	Composição Química [%]								Características Estruturais	
	C	Co	Mo	Ni	Mn	S	Outros	Fe	Massa Volumétrica [g/cm ³]	Dureza [HB]
Mín.	0,8	9	2	1	0,3	0,2				370
	-	-	-	-	-	-	≤ 1,5	resto	≥ 7,4	-
Máx.	1,3	11	3	2	0,7	0,6				410

Obs.: outros = elementos metálicos anti-atrito

A Figura 5a apresenta o desenho do anel de aço sinterizado antes da usinagem e a Figura 5b mostra o perfil do anel após a usinagem, onde pode ser vista a geometria da sede de válvula.

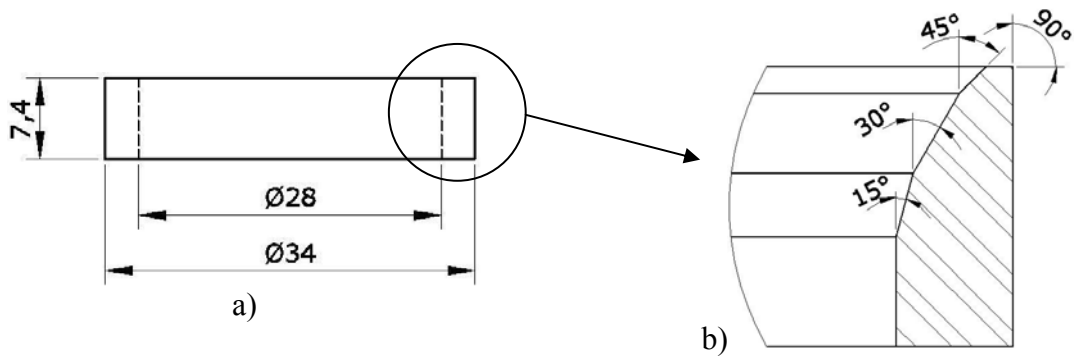


Figura 5: Desenho do anel de aço sinterizado da sede de válvula admissão: a) anel antes da usinagem; b) detalhe da geometria da sede de válvula após a usinagem.

Os procedimentos de usinagem nas indústrias automotivas são realizados após a montagem dos anéis e guias no cabeçote do motor, feita por intermédio de uma máquina especial, precedido de um processo de resfriamento dos anéis com nitrogênio líquido.

2.5. Dispositivo de Fixação da Sede e Guia de Válvula

Em função do número limitado de cabeçotes disponíveis para testes, foi projetado e construído um dispositivo para fixação das sedes e guias de válvulas. A Figura 6 mostra fotos do dispositivo construído, que aplica aos anéis uma tensão radial próxima à que eles são submetidos ao serem montados no cabeçote do motor. O torque nos parafusos de fixação da sede e guia de válvula foi de 65 N.m, aplicado por um torquímetro

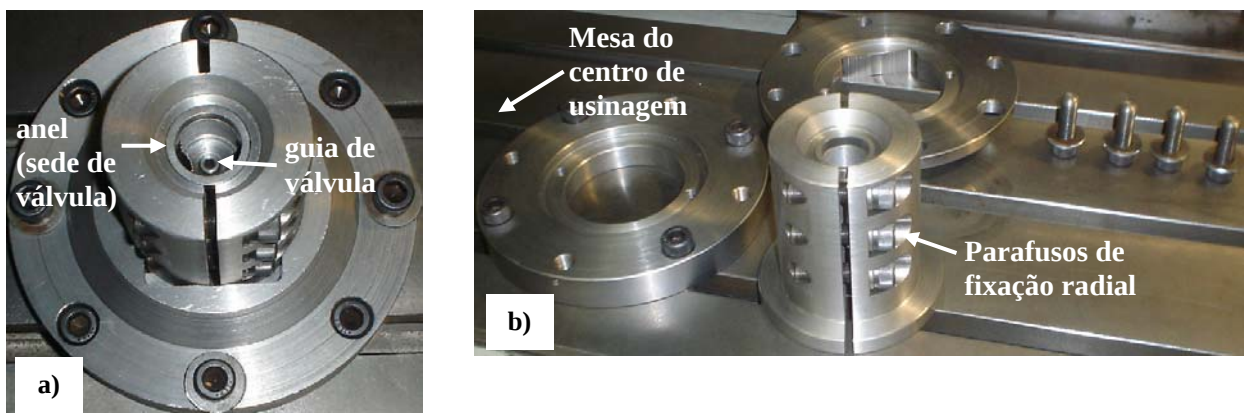


Figura 6: Dispositivo de fixação das sedes de válvulas: a) montado, b) desmontado na mesa do Centro de Usinagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS TESTES PRELIMINARES

Nessa seção, será discutida a análise estatística dos resultados da usinagem das sedes de válvulas e a rugosidade das superfícies usinadas.

3.1 Análise Estatística dos Resultados da Usinagem das Sedes de Válvulas

Os resultados serão discutidos numa visão estatística, sem, se preocupar com os fenômenos de usinagem responsáveis pelos efeitos observados. A Tabela 4 mostra os resultados dos testes preliminares.

Tabela 4: Resultados dos testes preliminares com planejamento composto central

Testes				Desbaste			Acabamento					
Nº	Vc	fz	óleo	Mz [N.m]	Fz [N]	Acel [m/s ²]	Mz [N.m]	Fz [N]	Acel [m/s ²]	Ra [µm]	Rz [µm]	Rt [µm]
01	80	0,04	4	9,27	873	1,98	11,42	2.375	1,33	0,11	0,59	0,86
02	80	0,04	8	9,55	819	2,02	8,65	1.001	2,46	0,11	0,60	0,81
03	80	0,10	4	15,96	909	4,53	12,22	1.919	3,82	0,11	0,60	0,81
04	80	0,10	8	17,71	1.009	4,85	15,38	847	6,80	0,12	0,63	0,98
05	140	0,04	4	9,40	661	2,49	8,61	1.325	2,38	0,11	0,64	0,81
06	140	0,04	8	9,59	1.019	2,68	8,61	1.400	3,56	0,10	0,59	0,81
07	140	0,10	4	16,04	669	7,45	14,66	983	4,84	0,12	0,61	0,96
08	140	0,10	8	18,10	1.226	6,86	13,33	2.253	3,88	0,11	0,57	0,86
09	60	0,07	6	13,77	2.448	2,73	11,88	2.171	3,61	0,12	0,61	0,86
10	160	0,07	6	13,30	759	3,45	11,53	1.420	4,98	0,12	0,59	0,84
11	110	0,02	6	6,50	763	2,07	6,54	1.310	1,63	0,12	0,66	0,91
12	110	0,12	6	17,28	887	11,00	14,51	590	8,94	0,12	0,60	0,85
13	110	0,07	3	12,57	596	4,39	11,67	2.050	2,36	0,12	0,62	0,96
14(c)	110	0,07	9	13,36	853	6,74	11,99	1.618	3,27	0,11	0,60	0,87
15(c)	110	0,07	6	13,26	885	4,88	11,73	1.291	2,86	0,11	0,61	0,93
16(c)	110	0,07	6	13,24	825	5,31	11,67	1.505	3,18	0,12	0,61	0,90
17(c)	110	0,07	6	12,24	845	4,08	11,22	1.718	2,73	0,11	0,59	0,82
18(c)	110	0,07	6	13,22	924	6,57	11,98	951	3,77	0,11	0,61	0,88
19(c)	110	0,07	6	12,98	821	5,33	11,71	1.522	3,03	0,12	0,62	0,88
20(c)	110	0,07	6	13,61	808	5,16	12,02	1.553	2,83	0,11	0,59	0,79
21(c)	110	0,07	6	13,06	820	5,31	12,80	3.010	1,95	0,11	0,61	0,89
22(c)	110	0,07	6	13,98	795	4,99	12,35	1.316	3,82	0,12	0,60	0,90
23(c)	110	0,07	6	12,62	753	5,03	11,51	1.654	3,66	0,11	0,60	0,88

Obs.: vc em m/min; fz em mm/dente e óleo em %.

Para proceder à análise estatística dos dados, foi utilizado o quadro de ANOVA (análise de variância) com intervalo de confiança de 95% e nível de significância de 5%. Como alguns fatores (variáveis) não foram significativos, foi possível simplificar o modelo. Através da análise de variância, chegou-se aos coeficientes de um modelo reduzido contendo apenas as variáveis realmente significativas da vibração (aceleração) da operação de desbaste dos anéis de aço sinterizado, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5: Resultado da análise de variância reduzida para a vibração

	Coeficiente	Desvio Padrão	T(1)	Nível de Probabilidade (p)	-95, %	+95, %
Média/Interação	5,335	0,225	23,720	0,000000	4,86	5,808
(1)vc (L)	0,537	0,238	2,260	0,036487	0,04	1,036
vc (Q)	-0,939	0,220	-4,265	0,000466	-1,40	-0,477
(2)fz (L)	2,163	0,238	9,106	0,000000	1,66	2,662
1L by 2L	0,471	0,310	1,517	0,146559	-0,18	1,123

É possível representar a amplitude RMS da aceleração (vibração) que ocorre durante a usinagem das sedes de válvulas em função dos fatores significativos pela seguinte equação:

$$\text{Aceleração} = 5,335 + 0,537*vc - 0,939*vc^2 + 2,163*fz + 0,471*vc*fz \quad (1)$$

Apesar de reduzido, o modelo ainda apresenta coeficiente de correlação de 0,86, mostrando que o modelo representa bem o comportamento do processo. Pelo modelo reduzido (ignorando os efeitos não significativos), observou-se que o avanço (fz) e a velocidade de corte (vc) e a interação entre essas duas variáveis tem influência significativa sobre a resposta (vibração durante o processo). Pela equação nota-se, que com o aumento do avanço, há uma tendência de aumentar a vibração (o coeficiente do avanço é positivo). Esse resultado pode estar relacionado com o efeito da temperatura na interface cavaco-ferramenta (TRENT; WRIGHT, 2000). É fácil observar a predominância do efeito do avanço sobre a velocidade de corte, observando a equação do modelo completo. Nota-se que o coeficiente do avanço é cerca de 4 vezes maior do que o coeficiente da velocidade de corte ($\text{Aceleração} = \dots + 0,537 \cdot vc - 0,938 \cdot vc^2 + 2,163 \cdot fz \dots$).

Pelo modelo reduzido definido estatisticamente, a condição que resultou a menor amplitude de vibração do sistema foi para o avanço no nível “-1” (0,04 mm/dente) e velocidade de corte “-1” (80 m/min). Para estes níveis das variáveis, o modelo previu uma amplitude RMS de vibração (aceleração) da ferramenta de $2,167 \text{ m/s}^2$, que é bem próximo do valor observado ($2,02 \text{ m/s}^2$) experimentalmente.

Os gráficos da Figura 7 ilustram melhor a influência das variáveis sobre a resposta em função da velocidade de corte (vc) e do avanço (fz) e da concentração do fluido de corte.

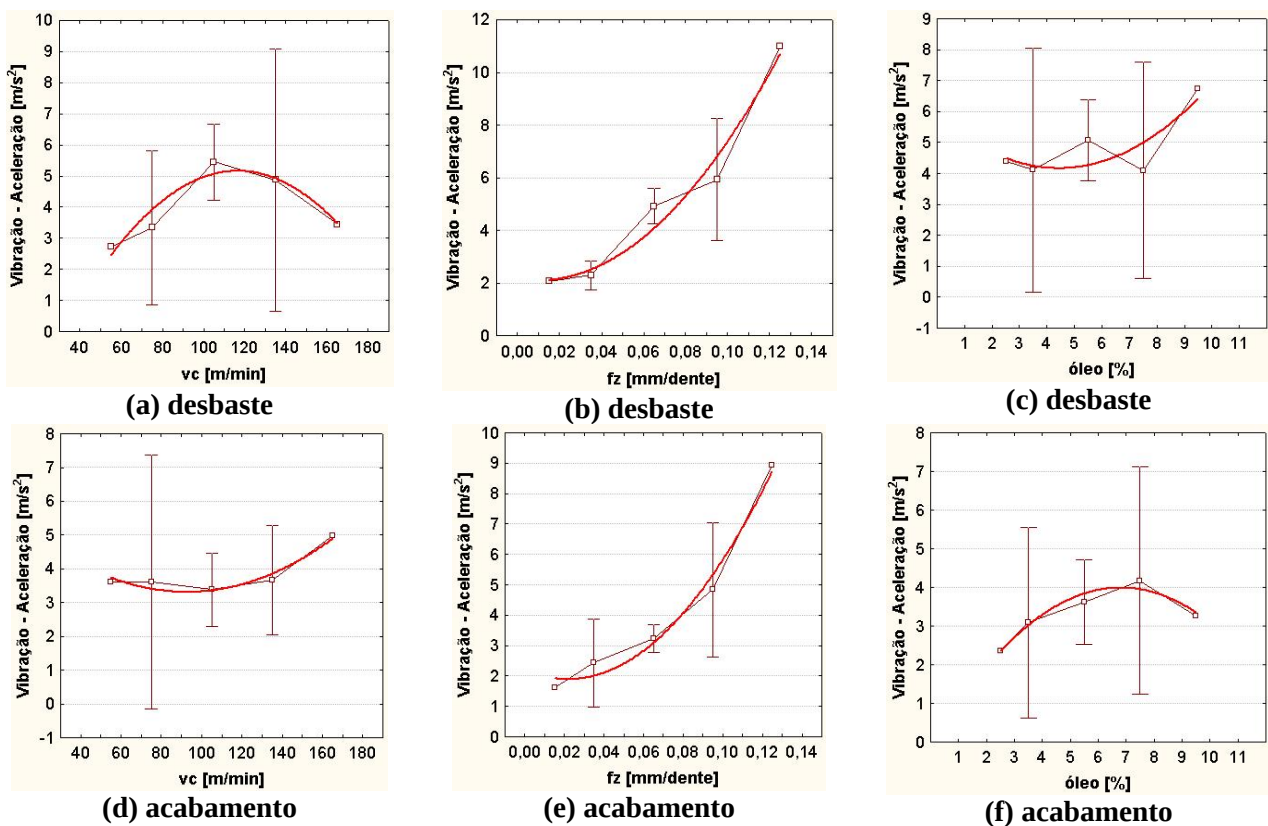


Figura 7: Gráficos da amplitude de vibração (aceleração) em função da velocidade de corte (vc) e do avanço (fz), e da concentração do fluido de corte (óleo).

É possível observar uma variação significativa da vibração do sistema máquina-ferramenta-peça em função de mudanças nos níveis de velocidade de corte (Figura 7a) e do avanço (Figura 7b) durante a operação de desbaste das sedes de válvulas. Já a concentração do fluido de corte (Figura 7c e 7f) não acarretou mudanças significativas na vibração da ferramenta (a variação foi menor que o desvio padrão). Essas figuras mostram, graficamente, os resultados da vibração para as operações de desbaste e acabamento com velocidades de corte moderada (80 m/min) e alta (140 m/min) e avanços moderado (0,04 mm/dente) e alto (0,10 mm/dente) para operação de desbaste. Sendo que na operação de acabamento, a velocidade de corte apresentou uma tendência diferente da operação de desbaste, como pode ser observado na Figura 7d, provavelmente por ser operação muito rápida,

com tempo de permanência da ferramenta na superfície usinada de aproximadamente 5 s. É importante ressaltar que foram realizadas duas repetições para cada ensaio.

3.2. Rugosidade das Superfícies Usinadas

As análises de rugosidade foram efetuadas nas superfícies usinadas de 45° das sedes de válvulas e os resultados obtidos nos testes preliminares são apresentados nos gráficos da Figura 8.

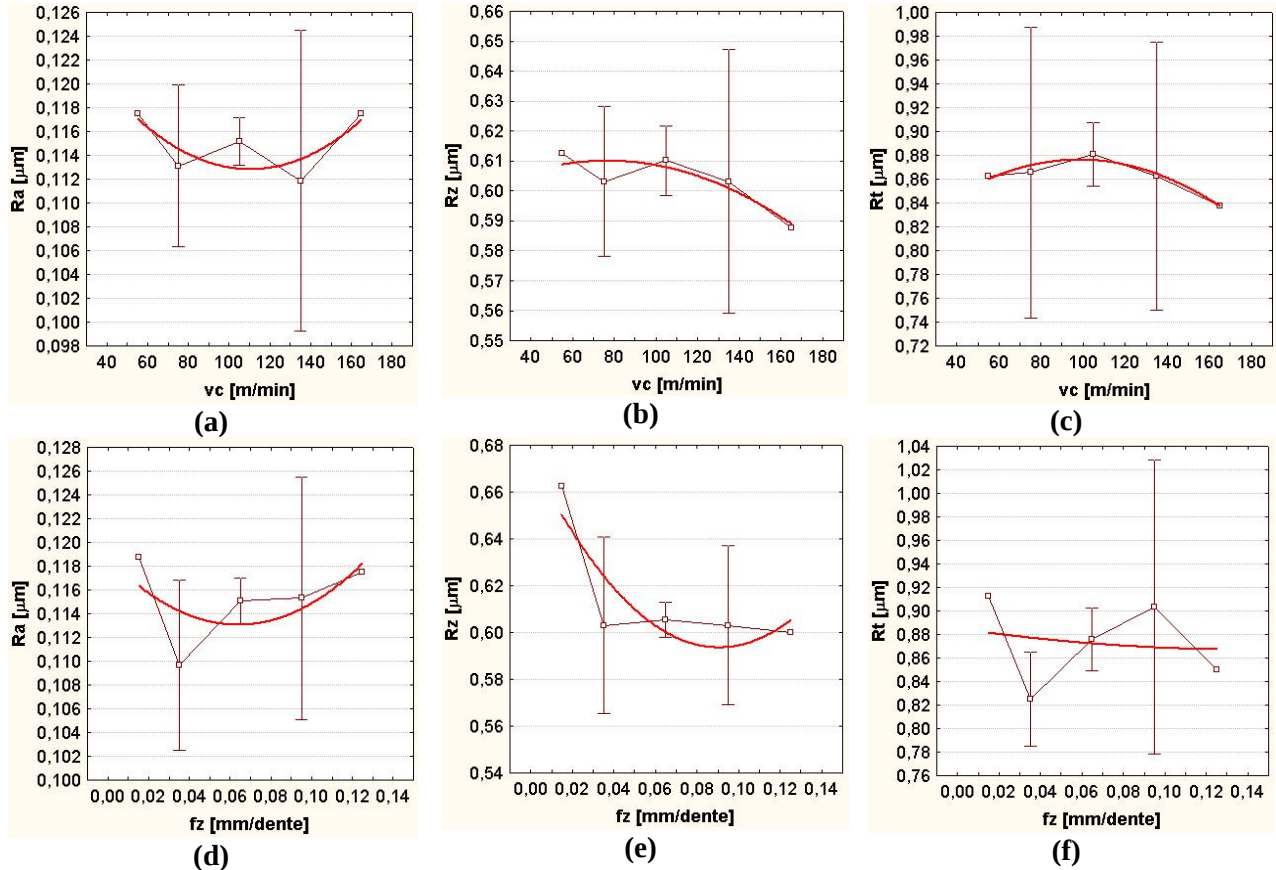


Figura 8: Gráficos de rugosidade (R_a , R_z e R_t) em função: a) a c) da velocidade de corte (v_c) e de d) a f) do avanço (f_z) resultante das operações de acabamento.

Conforme apresentado nos gráficos da Figura 8 existe uma tendência de redução da rugosidade com o aumento da velocidade de corte para determinados intervalos. Comportamento semelhante pode ser observado para os avanços utilizados, contrariando uma tendência que foi observada em outros trabalhos que mostram que com o aumento do avanço há uma tendência de aumentar a rugosidade. Além dos valores apresentados na figura acima, ainda foi possível extrair o perfil de rugosidade da superfície analisada, conforme mostrado na Figura 9.

A tolerância para rugosidade média (R_a) pelas normas internas da Fiat® é de 0,80 μm , sendo que na linha de produção essa rugosidade geralmente não passa de 0,16 μm . A rugosidade média dos ensaios ficou bem abaixo desses valores, mostrando que o sistema apresenta uma boa resposta. Porém, os perfis de rugosidade medidos apresentaram alguns picos, como pode ser observado nos perfis de rugosidade, mostrados na Figura 9, circulado em linha vermelha. Esses picos de rugosidade foram causados por um desgaste prematuro ou um lascamento das lâminas de corte. Os anéis em bruto têm um furo de 27 mm e é preciso fazer um pré-furo de 28 mm antes de realizar o desbaste da sede. Este fato não era do conhecimento da equipe, o que acarretou o problema.

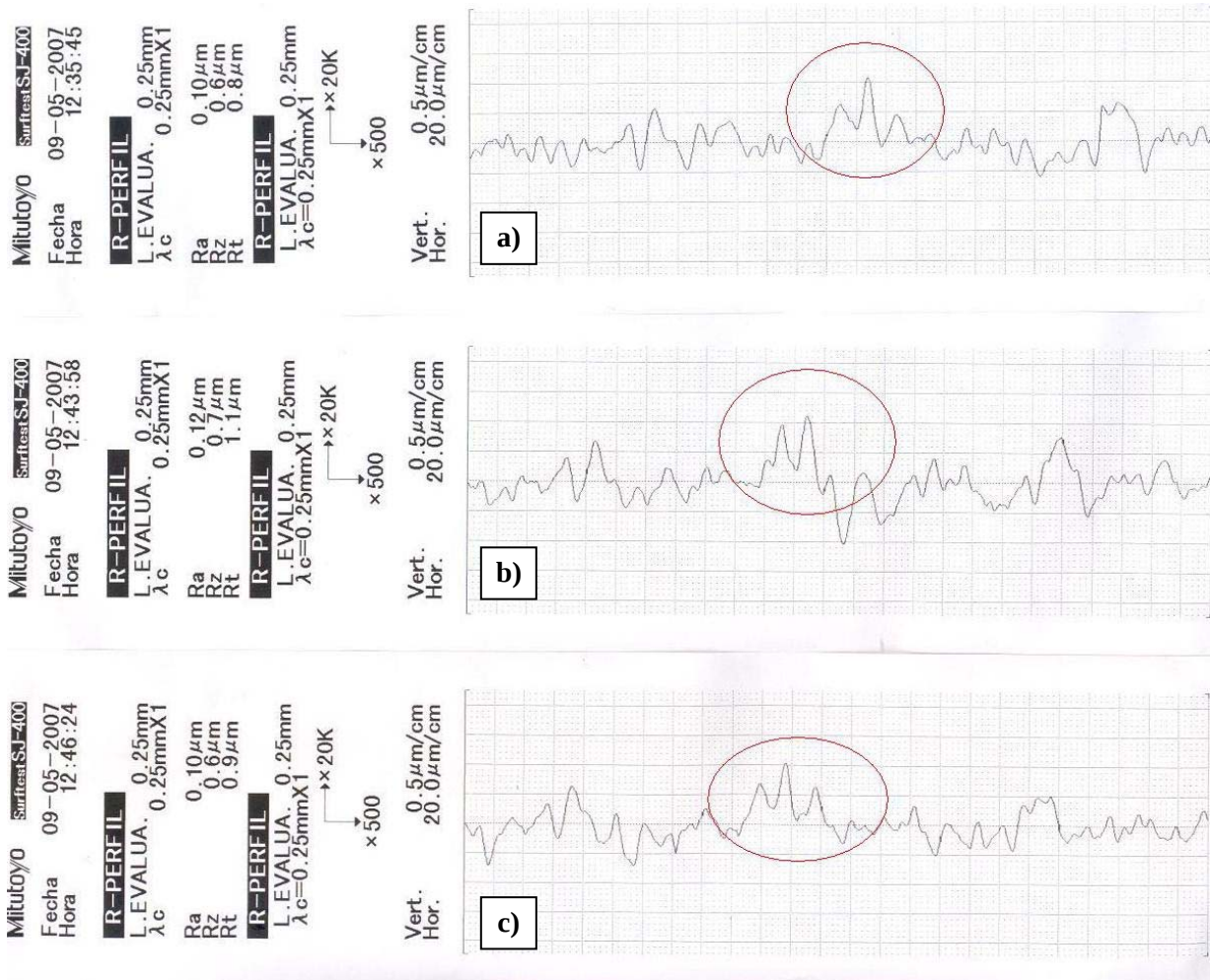


Figura 9: Perfil de rugosidade medido no ângulo de 45° para os testes: a) 11; b) 13 e c) 4

De acordo com a metodologia adotada para medição da rugosidade pode-se observar que existe uma tendência clara de diminuição da rugosidade quando se utiliza velocidade de corte em torno de 100 m/min. Porém, quando a velocidade de corte passou para 140m/min a rugosidade aumentou, mostrando que existe uma velocidade de corte ideal. A hipótese para o ocorrido é que a velocidade de 60m/min e avanço de 0,02 mm/dente são muitos baixos para o conjunto ferramenta-peça, sendo necessários testes com uma faixa de valores maiores. Para avanços maiores, há uma possibilidade de diminuir a vibração da ferramenta.

Quando se observa a variação da rugosidade para a velocidade de corte de 100 m/min, nota-se que Ra praticamente não variou com o aumento do avanço (fz), levando a concluir que o primeiro parâmetro está sendo mais significativo que o segundo. Os dados obtidos nos testes preliminares ainda não são conclusivos, devido ao problema citado acima.

4. CONCLUSÃO

Pelo modelo reduzido definido estatisticamente, a condição que resultou em menor amplitude RMS de aceleração do sistema foi para o avanço no nível “-1” (0,04 mm/dente) e velocidade de corte “-1” (80 m/min). Para estes níveis das variáveis, o modelo previu uma amplitude RMS de vibração (aceleração) da ferramenta de 2,17 m/s², que é bem próximo do valor observado (2,02 m/s²) experimentalmente. Além disso, as análises realizadas mostram que existe um intervalo ideal na faixa de 80 a 100 m/min e avanços de 0,04 a 0,08 mm/dente para o conjunto máquina-ferramenta-peça, mas merece um pouco mais de investigação. O trabalho encontra-se em andamento, mas os resultados mostram que a concentração do fluido de corte não acarretou mudanças significativas na vibração da ferramenta (a variação foi menor que o desvio padrão).

A tolerância para rugosidade média (Ra) pelas normas internas do fabricante é de 0,80 μm , sendo que na linha de produção essa rugosidade geralmente não passa de 0,16 μm . A rugosidade média dos testes realizados ficou bem abaixo desses valores, mostrando que o sistema apresenta uma boa resposta. Porém, ainda são necessárias mais algumas investigações para outras faixas de avanços e velocidade de corte.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FIAT Powertrain Technologies (FPT), CNPq, Capes e IFM pelo apoio financeiro. Agradecem à equipe do LEPU/UFU e do LTM/UFU pelo apoio técnico. Agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO pelo uso de sua infra-estrutura, com destaque para o Núcleo de Pesquisas em Fabricação e sua equipe.

6. REFERÊNCIAS

- DIAS, A. M., 2005. Desenvolvimento e Fabricação de Componentes Sinterizados. Aço sinterizado. Versão 1. Tecsinter Metalurgia Ltda. Canoas - RS – Brasil. Disponível em: www.tecsinter.com.br. Acesso em: 10/2005.
- DIAS, A. M., 2007. Aço Sinterizado e Infiltrado com Cobre para Alta Resistência ao Impacto. Tecsinter Metalurgia Ltda. Canoas - RS - Brasil . Disponível em: <http://www.tecsinter.com.br/>. Acesso em: 02/07/2007.
- DOS SANTOS, R. G., 2004. Avaliação do Processo de Alargamento de Guias de Válvulas. Dissertação de Mestrado. Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.
- FIAT, 2005. Fiat Auto Normazione. Sedi Valvola In Materiale Sinterizzato. F.A.Powertrain Ltda. Engenharia de Manufatura. Tecnologia de Ferramentas. Betim- MG.
- MAPAL, 2007. Catálogo técnico de ferramentas de precisão para indústrias automotivas. Mapal do Brasil. Ibité-MG –Brasil. www.mapal.com.
- POLLI, M. L., WEINGAERTNER, W. L., SCHROELTER, R. R., ZEILMANN, R. P., 2005. Análise da Estabilidade Dinâmica do Processo de Fresamento a Altas Velocidades de Corte. Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: SC. 214 p.
- SIQUEIRA, I. L.; LACERDA, H. L; SOUZA JUNIOR, A. M.; PIACESI, R. A.; SEPPE JUNIOR, W.. 2006. Estudo da Usinagem das Sedes de Válvulas de Admissão do Motor Fiat Fire 1.4. 16º Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Mecânica. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG.
- TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K., 2000. Metal Cutting. 4th Ed., Butterworths – Heinemann. 446 p.
- VOLVO, 2006. Volvo 850 GLT Engine. The Volvo Owners Club. Disponível em: www.volvoclub.org.uk/tech/850GLT-EngineTechInfo.pdf. Acesso em: 22/08/2006.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

STUDY ON MACHINING OF THE ADMISSION VALVES SEAT OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Ildeu Lúcio Siqueira

Federal Centre for Technological Education of Goiás - CEFET-GO, 75th Street, nº 46, 74.055-110, Goiania, GO, Brazil.
ils@cefetgo.br

Helder Barbieri Lacerda

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Joao Naves de Avila Av., 2121, 1M Block, 38.400-100, Uberlandia, MG, Brazil.
helder@mecanica.ufu.br

Roberto Araújo Piacesi

roberto.piacesi@br.fptpowertrain.com

Walter Seppe Junior

walter.seppe@br.fptpowertrain.com

FA POWERTRAIN. Engenharia de Manufatura - TFMC/CNC-DP. Tecnologia de Ferramentas e Meios de Controle CNC & Desenvolvimento e Pesquisa. Av. do Contorno da Fiat, nº 3455, CEP: 32530-000, Betim- MG- Brasil.

Flavio Adriano Santos de Oliveira

Mapal do Brasil Ferramentas de Precisão Ltda. - Rodovia Alça Leste - Km 2,6 - Jardim das Rosas - BR-CEP 32400-000 Ibirite - MG – Brazil.
flavio.oliveira@br.mapal.com

Abstract: *Excessive vibration during machining can adversely affect dimensional and geometrical tolerances. They generally are produced when machining countersink drove holes. In order to avoid the generation of excessive vibration during machining, generally is necessary to reduce cutting speed and feed rate, which consequently causes reduction of productivity. In this context, more investigation of the process is required to achieve best cutting conditions without excessive vibration or chatter. This work aim is to study the influence of cutting parameters (cutting speed, feed-rate and cutting fluid) when machining countersink holes with four CBN blades. This tool was especially designed for this operation. The output variables were vibration signal amplitude and roughness finish (Ra). The workpiece material is sintered steel with high hardness value (370-410 HB). This project has been developed in a partnership with an automotive parts manufacturer (Fiat - Powertrain Technologies) and a tool manufacturer (MAPAL Tools). The results show that vibration signal amplitude and roughness tend to reduce when using cutting speed between 80 to 100 m/min and feed-rate of 0.04 to 0.08 mm/tooth, but still deserves a little more research.*

Keywords: *seat valves, sintered steel, machining.*