

ESTUDO DE CASO PARA AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DADO À TEXTURA DAS SUPERFÍCIES USINADAS NO MEIO FABRIL

Luís Fernando Peres Calil, M.Sc.

Departamento de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Campus Universitário – Trindade. calil@linhalivre.net

Lourival Boehs, Dr. Eng.

Departamento de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Campus Universitário – Trindade. lb@grucon.ufsc.br

Resumo. A textura da superfície usinada é alvo de pesquisa há bastante tempo, o que pode ser evidenciado pelas inúmeras normas publicadas pelos institutos internacionais. Apesar disso, no Brasil, é um tanto recente o desenvolvimento de pesquisa nessa área. Assim sendo, e dada a importância desse tema, este trabalho apresenta resultados obtidos em uma pesquisa de campo realizada em empresas do setor metal-mecânico, apropriadamente selecionadas para tal finalidade. Nas seis empresas estudadas, foram entrevistados técnicos e engenheiros dos setores de projeto, fabricação, avaliação e controle das superfícies produzidas, considerados pelos dirigentes dessas empresas aptos a responder aos questionamentos. Para realizar este estudo, com base em entrevistas e interpretações da manifestação gravada dos entrevistados, foram utilizadas técnicas específicas e apropriadas, que são discutidas no trabalho. São, também, apresentadas considerações sobre a textura das superfícies, que dão embasamento teórico para compreender os resultados da pesquisa. É importante salientar que o estudo não teve como objetivo demonstrar se as especificações estão corretas ou não, e sim desenvolver uma pesquisa exploratória em algumas empresas selecionadas, a fim de averiguar como esse assunto vem sendo tratado. A pesquisa atingiu seus objetivos e confirmou as expectativas iniciais de que muitas vezes não existe uma coerência entre as várias etapas da cadeia produtiva do componente, no que diz respeito ao tratamento da textura dele.

Palavras-chave: superfície, textura, rugosidade.

1. INTRODUÇÃO

Ao analisar um componente mecânico, observa-se que, de modo geral, a região mais solicitada é a superfície do corpo, pois é nela que usualmente se concentra o maior nível de tensões. É também na superfície do componente que mais freqüentemente se nucleiam trincas e onde fatalmente ocorrem solicitações por atrito, além de vários outros tipos de solicitações.

Hoje, os componentes são levados a solicitações extremas e exige-se que sua superfície desempenhe as mais variadas funções. Além disso, também evoluíram os meios de fabricação. Tem-se uma enorme variedade de processos produtivos que podem ser escolhidos de acordo com as características desejadas para a superfície resultante e são várias as formas de avaliação e controle da superfície do componente, o que resulta em um grande número de combinações possíveis de funções, processos de fabricação e formas de avaliação e controle das superfícies funcionais do componente. Assim, levantam-se questões como: (i) Qual a influência da textura da superfície na função a ser por ela exercida?; (ii) Qual a textura mais apropriada para que a superfície desempenhe

adequadamente a sua função?; (iii) Como especificar essa superfície?; (iv) Como produzir/fabricar essa superfície?; e (v) Como avaliar e controlar essa superfície?

Observa-se, com freqüência, principalmente no meio industrial, que essas questões não são devidamente consideradas, em decorrência de vários fatores, surgindo assim a proposta de pesquisar, na indústria metal-mecânica, como são tratadas as questões relacionadas à textura das superfícies usinadas – assunto abordado na dissertação de Calil (2001).

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE TEXTURA

Este capítulo fornece fundamentação teórica sobre textura das superfícies para posterior entendimento dos resultados da pesquisa de campo.

O conceito de superfície está intimamente ligado à noção de interior e exterior e, de acordo com Bet (2000), não se pode interpretar uma superfície simplesmente como sendo a parte do corpo que o separa do meio ambiente, e sim como uma seqüência de camadas. Há duas linhas de estudo da superfície: uma que se preocupa com a geometria da camada externa – a textura da superfície, que é objeto desse trabalho – e outra que leva em conta as alterações sofridas pelo material – a integridade da superfície.

A textura é a caracterização geométrica da superfície, mas é preciso esclarecer que existem seis níveis de desvios geométricos na superfície de uma peça, sendo que a textura não abrange todos, limitando-se aos desvios de segunda a quinta ordem, ou seja, ondulação e rugosidade.

O outro conceito a ser apresentado é relativo à diferença entre superfícies geométrica, real e efetiva (ABNT, 1988; DIN, 1982). A superfície geométrica é isenta de erros de forma e textura; a superfície real é resultante do processo de fabricação, “que limita o corpo e o separa do meio que o envolve” (ABNT, 1988), e a superfície efetiva é a avaliada pela técnica de medição. Como os instrumentos de medição não conseguem captar todas as características da textura, a superfície efetiva torna-se uma aproximação da superfície real.

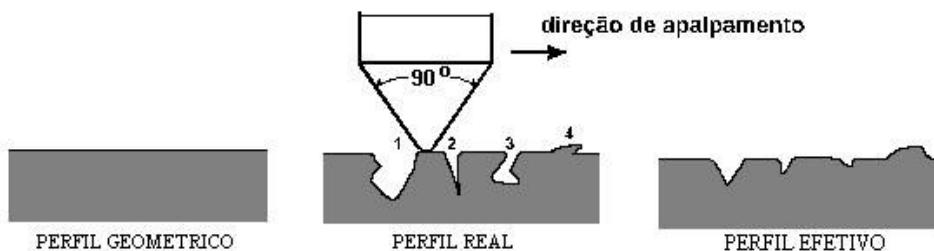


Figura 1. Perfil geométrico X Perfil real X Perfil efetivo (*in: Bet, 2000*).

Assim, dependendo da resolução do instrumento de medição, a superfície efetiva estará mais ou menos próxima da real. Isso significa que, aumentando a resolução do instrumento de medição, por exemplo, alterar-se-á o resultado dos parâmetros de textura – como será apresentado, juntamente com outros fatores que influenciam a avaliação da textura da superfície.

Uma vez que o instrumento de medição de textura mais utilizado no meio fabril é o rugosímetro, a seguir serão apresentadas algumas considerações sobre seu uso.

2.1. Raio e Ângulo de Ponta do Apalpador

Uma ponta com raio menor e ângulo mais agudo tende a penetrar mais profundamente nas ranhuras da superfície e, portanto, fornecer um perfil avaliado mais próximo do real, consequentemente influenciando o resultado da medição. Entretanto, torna-se um componente mais frágil. Esse problema foi explorado no Laboratório de Análise de Superfícies Usinadas, LASUS (Boehs, Bet e Mostiack, 1998), e os resultados são ilustrados na figura a seguir.

Observa-se que o valor do parâmetro R_t chega a ser dez vezes maior, caso se utilize um apalpador tipo FOCODYN¹, o que leva à seguinte questão: Se a especificação da superfície for $R_t \leq 0,2\mu\text{m}$, essa superfície está ou não conforme?

Outro fator a relevar, na escolha de sonda ótica ou apalpador, são os problemas inerentes ao processo de medição, tais como distorções causadas pela deformação da superfície ou pelo ângulo de inclinação dos flancos do perfil muito agudo (Hillmann, 1990 *apud* Bet, 2000) – no caso das sondas óticas – e o fato de o diamante riscar e deformar a superfície da peça – para as sondas mecânicas.

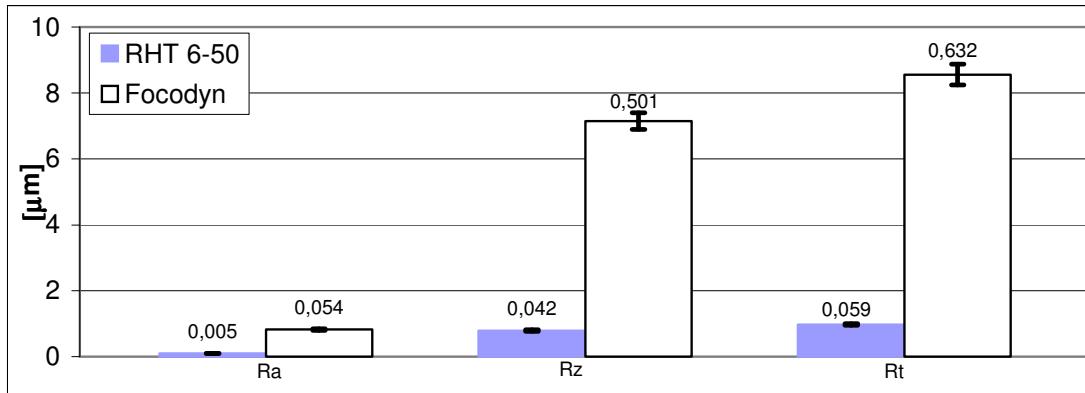


Figura 2. Resultado das medições realizadas com os dois tipos de apalpadores nos corpos de prova lapidados (*in:* Boehs; Bet e Mostiack, 1998.).

2.2. Cutoff

Como foi visto, os desvios geométricos podem ser hierarquizados em seis níveis. Numericamente, o termo *cutoff* especifica a freqüência limite superior ou inferior em que os componentes do perfil primitivo são extraídos ou eliminados.

Assim, pode-se, uma vez determinado o *cutoff*, filtrar o que é rugosidade, ondulação ou desvios de ordem superior (tais como planeza, cilindricidade etc.). Portanto, uma escolha equivocada pode comprometer a avaliação.

Para minimizar esse problema, padronizaram-se cinco valores para o *cutoff*: 0,08; 0,25; 0,80; 2,50; e 8,00mm. No entanto, alguns rugosímetros permitem especificar o *cutoff* com valores diferentes, o que é desaconselhável.

2.3. Percurso de Medição

Chama-se percurso de medição a “extensão do trecho útil do perfil de rugosidade usado diretamente na avaliação, projetado sobre a linha média” (ABNT, 1988). Veja-se que se utilizou o termo ‘útil’, pois o percurso de apalpamento é acrescido de um trecho inicial e outro final, que não são usados para o cálculo dos parâmetros de textura. Esses dois trechos permitem o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas finais do sistema (ABNT, 1988), eliminando as possíveis distorções causadas por problemas de filtragem e pela instabilidade do apalpador.

A Fig. (3) ilustra esse trecho de instabilidade do apalpador na medição paralela do corpo de prova de alumínio em um rugosímetro S8P da Perthen, com apalpador FRW 750 – sem patins (Mostiack, 1999).

¹ O rugosímetro usado foi um Perthen S8P com unidade de avanço linear PKR (resolução de $0,01\mu\text{m}$); a sonda mecânica foi a RHT 6-50, com patim, cone de diamante 90° e $5\mu\text{m}$ de raio de ponta, campo vertical de $50\mu\text{m}$; e a sonda óptica foi a FOCODYN, campo vertical $250\mu\text{m}$ e diâmetro do feixe igual a $1\mu\text{m}$. Os corpos de prova foram de aço inox SAE 316.

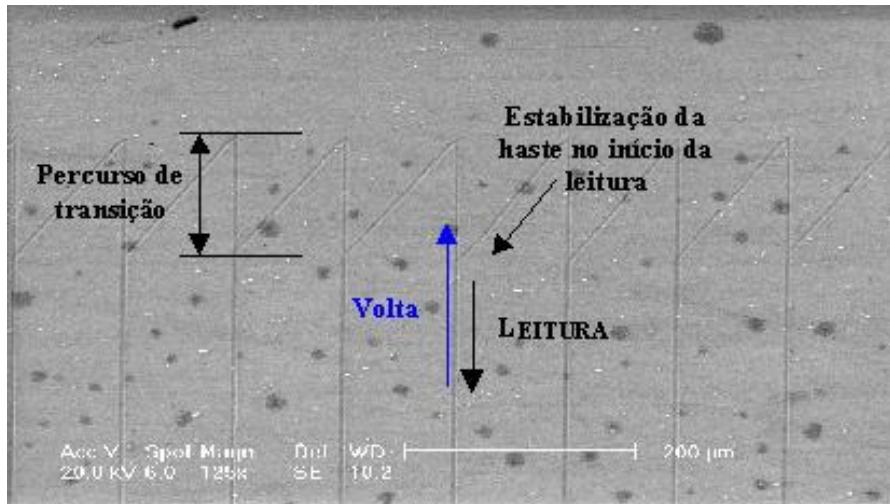


Figura 3. Corpo de prova após medição paralela com FRW 750 (*in: Mostiack, 1999*).

Outro conceito importante é o de comprimento de amostragem, que, usualmente, é quase igual ao *cutoff* (PREDEV, 2000). Segundo Whitehouse (*apud* Bet, 2000), por meio de estudos práticos realizados na década de 1940, que envolveram centenas de superfícies técnicas típicas, chegou-se à conclusão que o comprimento de medição deveria ser igual a cinco comprimentos de amostragem. Essa determinação tornou-se padrão e os rugosímetros vêm pré-ajustados para essa condição. Contudo, alguns rugosímetros permitem alterar esse valor, sendo conveniente, por exemplo, para fazer uma medição mais curta. Assim, pode-se ter um percurso de medição maior ou menor, sem alterar o *cutoff* e a condição de filtragem.

2.4. Tipo de Filtro

Existem vários tipos de filtros que são utilizados em rugosímetros, desde filtros analógicos, como o 2RC, a filtros digitais, como o Gaussiano e o equivalente digital do 2RC.

O que diferencia um filtro de outro é a forma como ele separa a rugosidade da ondulação. Isso significa que, na adoção de um tipo de filtro, podem-se estar somando à rugosidade componentes que não seriam incluídos, caso fosse usado outro tipo de filtro, e, consequentemente, alterando o resultado da medição. Deve-se ter sempre em mente que a escolha do tipo de filtro, com a correspondente seleção do *cutoff*, representa uma das mais importantes condições para obtenção de dados apropriados sobre a textura de superfícies (Bet, 2000).

2.5. Presença de Patins no Apalpador

Muitos apalpadores mecânicos têm um patim, o qual – usado em geral em rugosímetros portáteis – acaba funcionando como um filtro mecânico do sinal de leitura.

Os patins de apoio são utilizados para que a própria superfície da peça sirva de referência no levantamento de um perfil de rugosidade. Dependendo da relação entre o raio do patim e a ondulação da superfície, poderá haver filtragem parcial ou até mesmo total da ondulação. Na realidade, um patim funciona como um filtro “passa-alta”, pois bloqueia a ondulação e faz com que o estilete responda somente à rugosidade (Bet, 2000). Assim, a adoção ou não do patim também pode afetar o resultado da medição, sendo mais um item a ser considerado.

2.6. Fator de Escala do Rugosímetro

O fator de escala do rugosímetro não modifica o resultado da medição (do valor dos parâmetros), mas pode conduzir a interpretações errôneas, porque existe um fator de escala

diferente para as coordenadas verticais e horizontais que distorce o perfil. Dessa forma, deve-se tomar cuidado ao analisar a textura pela imagem de saída do rugosímetro, pois sua escala não é proporcional.

2.7. Superfícies Diferentes com Parâmetros de Mesmo Valor

Entretanto, na tentativa de descrever adequadamente o perfil de uma superfície, criaram-se inúmeros parâmetros e funções estatísticas de correlações. Tabenkin (1997) afirma existirem mais de 100 parâmetros de textura, sendo muitos deles similares, como R_a e R_q , e outros simplesmente inúteis. Essa quantidade exagerada de parâmetros de textura acaba tendo efeito contrário ao desejado pelo pesquisador, ou seja, ele depara-se com a existência de muitos parâmetros, o que dificulta ainda mais a caracterização do perfil de textura.

Staufert e Mathias (*apud* Mesquita, 1992) determinaram seis parâmetros que possibilitariam especificar quaisquer perfis. Já Whitehouse (1978) recomenda a especificação de um perfil por meio de duas funções: a curva de distribuição de amplitude (APDF), também denominada ADK, e a função autocorrelação (ACF).

O fato é que não é possível caracterizar totalmente uma superfície, utilizando um único parâmetro. Assim – ao especificar o R_a , por exemplo –, corre-se o risco de não ser fabricada a superfície que o projetista imaginara, já que se podem ter superfícies com texturas diferentes e mesmo R_a .

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA ADOTADA – PESQUISA TIPO ESTUDO DE CASO

Para que esta pesquisa cumpra efetivamente seus objetivos, deve-se ter claro o problema em questão, pois somente assim se pode optar por uma determinada estratégia. Segundo Yin (1994), essa escolha depende fundamentalmente de três tópicos que devem ser avaliados: os tipos de questões da pesquisa; o controle que o investigador tem do comportamento do evento; e o foco no contemporâneo em oposição ao fenômeno histórico.

Estratégias do tipo estudo de caso são mais recomendadas para situações em que se questionem ‘como’ e ‘por que’ um evento contemporâneo ocorre, sobre o qual o investigador tem pouco ou nenhum controle, mas que lhe possibilita fazer observações diretas e entrevistas com os participantes (Yin, 1994).

Pesquisa do tipo estudo de caso é uma das várias formas de fazer pesquisa científica. Cada estratégia tem vantagens e desvantagens, sendo sua escolha o primeiro passo para o sucesso da pesquisa. Além disso, cada estratégia pode ser usada de três diferentes formas: exploratória, descritiva ou explicativa. De acordo com Gil (1987), a maior utilidade do estudo de caso é em pesquisas exploratórias.

No entanto, a escolha dessa estratégia apresenta alguns problemas e dificuldades. O primeiro deles, e provavelmente o mais comum, é a falta de rigor na pesquisa. Yin (1994) salienta que, muitas vezes, o pesquisador permite que evidências equivocadas ou visões tendenciosas influenciem a direção dos resultados e as conclusões. O segundo ponto, ressaltado por Gil (1987), é a dificuldade de generalizar os resultados, o que provavelmente exigirá do pesquisador um nível de capacitação mais elevado no assunto a pesquisar. Ainda, uma reclamação muito recorrente é o fato de, comumente, os estudos de casos serem bastante extensos e resultarem em documentos massivos e de difícil leitura.

Este estudo de caso tenciona coletar dados que possibilitem avaliar como é tratado o assunto textura das superfícies usinadas. É importante salientar que não se pretende demonstrar se as especificações estão corretas ou não, mas apenas se a metodologia utilizada é coerente e conforme, mesmo porque as empresas entrevistadas são de excelência nas respectivas áreas e não cabe a esta pesquisa criticar seus produtos. Também, não é pretensão do trabalho caracterizar o parque industrial nacional, e sim fazer uma pesquisa exploratória nas empresas selecionadas, a fim de averiguar a forma como vem sendo tratado o assunto.

Foram, então, selecionadas seis empresas para se realizar o estudo de campo. Como critério para escolha desses seis casos, utilizou-se a recomendação de Gil (1987), quando ele direciona a seleção para casos extremos. Selecionaram-se, inicialmente, quatro empresas: uma com baixo nível de preocupação com textura (Empresa 2); uma com alto nível (Empresa 4); uma com nível mediano, tendendo a baixo (Empresa 1); e uma com nível mediano, tendendo a alto (Empresa 3). Era essa a expectativa inicial, antes da pesquisa, premissa que poderia estar equivocada. Porém, era a orientação que se tinha no momento e que, posteriormente, seria confirmada.

As duas últimas empresas foram selecionadas mais tarde, no intuito de salientar a influência de uma condição razoavelmente comum: na Empresa 6, o setor de projeto fica afastado da empresa e, na Empresa 5, fica próximo. Para melhor evidenciar esse efeito, optou-se por duas empresas relativamente similares; no caso, as duas são de mecânica pesada e não têm produção seriada. Entretanto, isso trouxe um inconveniente, pois, na empresa que tem projeto externo, a coleta de dados não foi completa, uma vez que não pôde ser respondido às questões relacionadas ao projeto.

Como técnica de amostragem (escolha do entrevistado), foi utilizada a amostragem indicada – que conduz à pessoa considerada mais recomendada para responder às questões da pesquisa.

Foram entrevistados os responsáveis pelas áreas de projeto, processo, metrologia e controle, em seis empresas do setor metal-mecânico, totalizando 20 entrevistados.

As entrevistas foram gravadas, transcritas e remetidas aos entrevistados para apreciação. Dessa maneira, possibilitou-se que eles efetassem eventuais alterações julgadas necessárias, garantindo que as informações passadas fossem coerentes com as práticas da empresa. Finalmente, essas transcrições serviram de base para a análise dos dados, como será descrito em seguida. Vale esclarecer que o processista (entrevistado 4) da Empresa 4 solicitou que sua entrevista não fosse utilizada como base deste trabalho. Assim, a análise da Empresa 4 limitou-se às informações de projeto e a avaliação e controle.

Para a estruturação das informações coletadas, foram estabelecidos padrões – que o pesquisador considerou apropriados – nos quais se garantiria a operação, assegurando a repetibilidade da produção. Além disso, as informações deveriam ser transmitidas com eficiência entre os diversos setores da cadeia produtiva. Com base na aderência a esses padrões, avaliou-se a coerência em como é tratada a textura das superfícies nas empresas.

Das transcrições das entrevistas, foram destacados textos relacionados aos padrões definidos anteriormente. Desses textos, foram extraídas as conclusões sobre o item em questão, procurando, sempre que possível, estabelecer uma condição de afirmação ou negação do item. Obedeceu-se à seguinte seqüência: 1º passo – selecionar um padrão de análise; 2º passo – destacar da transcrição da entrevista trechos relacionados ao padrão selecionado; 3º passo – verificar conclusões sobre o item em questão; 4º passo – apresentar os resultados.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados confirmam as expectativas quanto ao grau de preocupação das empresas em relação à condição da superfície.

Eles permitem deduzir que a Empresa 2 tem uma preocupação muito baixa em relação à condição da superfície, específica, inclusive, a textura por classe de rugosidade e permite alguma variação no resultado da condição da textura. Praticamente, não são feitas avaliações com instrumentos de medição, mesmo porque não existe uma regra clara de quando utilizá-los. Basicamente, o controle é feito por meio de avaliação visual, sem bloco padrão como referência – o operador decide se a peça está ou não conforme, pela vivência que ele tem com o processo produtivo. Essa é uma característica bastante comum em processos artesanais, mesmo porque a produção não é seriada, mas em lotes muito pequenos ou até peças únicas.

Outro aspecto diz respeito à relação do projetista com o cliente, que é bastante próxima. Via de regra, é o cliente quem solicita a condição da superfície desejada. Em outras situações, como no caso de especificação do eixo para acoplar um rolamento, a orientação é feita pelo fornecedor do rolamento, deixando os projetistas numa posição cômoda em relação à textura.

Outra característica dessa empresa é a proximidade entre as áreas de processo e projeto. É comum o processo de fabricação estar especificado em projeto, baseado na solicitação do cliente ou no histórico da empresa, juntamente com a experiência do corpo técnico. Vale salientar o relato do processista, que destaca o fato de os operadores também opinarem na decisão da seqüência de operações – são os mesmos operadores que fazem o controle visual da textura.

Outro ponto a ser observado é que os produtos fabricados são robustos e não estão próximos do limite de aplicação, o que permite que se varie um pouco o resultado da superfície, sem prejudicar o seu desempenho ou levando a um prejuízo aceitável. Essa é uma condição comum às empresas estudadas, confirmando uma expectativa anterior ao início da pesquisa: a de que os projetos seriam conservativos, com grande coeficiente de segurança. Mesmo a Empresa 4, que assegurou ter grande preocupação com textura, demonstra na pesquisa que tem projetos distantes dos limites de aplicação, chegando a analisar se uma superfície que está fora do especificado pode ser aceita.

A Empresa 4 tem a condição da superfície como uma característica crítica para o bom desempenho do seu produto. A falha em um dos componentes, por uma condição não conforme da textura, pode levar a acidentes fatais, como já ocorrido – por fadiga. Por isso, a produção deve, por lei, ser avaliada em 100%.

A Empresa 4 ilustra outro ponto que vem sendo enfatizado neste trabalho e que, na opinião dos autores, é de fundamental importância: a coerência entre o especificado e o avaliado e controlado. A avaliação da textura acaba ficando por conta do processo, em que não há um procedimento padrão para a executar a medição. A primeira consequência disso é o fato de os projetistas desconhecerem as condições de contorno da avaliação, tais como *cutoff*, direção de medição e outros. Essas condições podem alterar o resultado da medição, abrindo a possibilidade de se produzirem superfícies diferentes das vislumbradas pelo projetista. Outra consequência é a possibilidade de avaliar peças da mesma linha de produção mediante diferentes condições de contorno. É o que pode ocorrer, por exemplo, na troca de turno, em que cada um dos responsáveis tem praxes diferentes. Isso pode causar variações na condição de controle, pois alterações na avaliação podem modificar o resultado da medição. Uma peça que até então era aprovada pode passar a ser rejeitada ou vice-versa.

Um agravante a essa situação é o fato de o entrevistado responsável pela medição não ter conhecimento específico em relação à textura, sabendo apenas operar o equipamento – no caso, um rugosímetro. Assim, é possível que ele não tenha condições de ponderar que influência no resultado teria uma variação do procedimento de medição, o valor do *cutoff*, por exemplo.

Com relação à Empresa 3, ocorre um fato interessante: ao ser concebida, a empresa comprou tecnologia, trazendo todas as especificações e operações do processo produtivo. Desde então, pouco se questionou sobre as praxes vigentes, porque, de acordo com os engenheiros da empresa, nunca houve problemas com a condição da superfície. Acrescentando-se, ainda, o fato de os projetos optarem por condições conservativas, tudo leva a crer que a empresa não se preocupa muito com a condição da superfície que, no entanto, reconhecidamente influencia o desempenho dos seus produtos. Assim, tem-se a impressão de que a Empresa 3 tem um baixo nível de preocupação com a condição da superfície.

A especificação da textura sempre esteve superdimensionada. Recentemente, contudo, com a redução dos coeficientes de segurança, no sentido de aumentar a eficiência e reduzir custos, a Empresa 3 vem se deparando com alterações no processo produtivo que fatalmente exigem uma análise mais rígida do acabamento da superfície. Isso fica evidente no depoimento de dois engenheiros, a respeito de uma tentativa de eliminar uma operação da linha de produção. Apesar de se ter conseguido atingir a condição exigida pelo projeto, o produto apresentou desempenho inferior, sendo a alteração descartada. Diante disso, observa-se que há crescente preocupação com a condição da superfície, em razão da competição por mais espaço no mercado.

Outro aspecto que se destaca na Empresa 3 é o fato de ela correlacionar o desempenho do produto diretamente com sua condição de fabricação, sem se prender muito às especificações contidas no projeto do componente. É o que se conclui da situação descrita anteriormente, em que a modificação no processo produtivo foi rejeitada, apesar de atender à especificação em desenho.

Assim, em vez de tentar entender como cada alteração na textura influencia o desempenho do componente, preferiu-se partir para o empirismo, levando mais em conta o processo de fabricação do que a própria especificação. Aliás, o processista acredita que as especificações de projeto foram baseadas na capacidade do processo. Assim, se o componente produzido satisfizer as necessidades do produto, essa condição transforma-se em especificação.

No que diz respeito à avaliação e controle, a Empresa 3 também se mostrou bastante coerente, tendo um procedimento padrão para as situações corriqueiras e um corpo técnico altamente qualificado, no que concerne à textura. No entanto, esses procedimentos não estão documentados, o que seria uma grande contribuição para a garantia da qualidade do produto.

A Empresa 1 tem uma situação muito similar à da Empresa 3, apresenta baixo nível de preocupação com a condição da textura, apesar de ela ser importante para o desempenho do produto. Outro ponto em comum é que ambas se baseiam em experimentação para auxiliar nas tomadas de decisão. O projetista salienta que é muito comum não conseguir especificar, baseando-se em bibliografia ou em outra fonte que não seja a experimental.

Além disso, a Empresa 1 também se mostra mais atenta na relação do produto fabricado com o seu desempenho do que com a especificação propriamente dita.

Contudo, a Empresa 1 não é tão criteriosa em relação à avaliação quanto a 3, uma vez que não tem procedimento padrão para executá-la. Usa, inclusive, avaliação visual, sem ter uma regra clara de quando optar por essa técnica ou pela medição com rugosímetro. Esses dados demonstram o quanto a Empresa 1 tem preocupação baixa com textura, apesar de ela afetar o desempenho do produto.

A segunda intenção desta pesquisa de campo era avaliar a diferença no trato do assunto análise de superfícies usinadas, em fábricas que não têm projeto interno, com aquelas que o tem. De modo geral, as empresas 5 e 6 procedem de maneira similar. Ambas têm baixa preocupação com textura e procedimentos padrão para as fases de avaliação e controle. Entretanto, a Empresa 5 ainda mantém a prática, descrita em outras empresas analisadas, de correlacionar o produto fabricado diretamente com o desempenho. É o que se conclui quando o projetista comenta que, em uma certa ocasião, o setor de processo perguntou-lhe se era necessário fazer uma operação que constava em desenho, mas historicamente não vinha sendo feita – sem comprometer o desempenho do componente. A decisão do projetista foi orientar a produção a não fazer a operação, apesar de ela constar na especificação.

Essa prática não cabe na situação da Empresa 6, que executa fielmente as especificações dentro do que considera o correto. Assim, se a empresa que realiza o projeto espera que algum critério seja levado em consideração, deve especificá-lo. Quando não o especifica, a Empresa 6 procede da maneira mais conveniente a ela, não necessariamente da forma esperada pelo projetista. Outro aspecto da Empresa 6 que merece destaque é sua norma de avaliação ser uma tradução da norma da matriz, que faz os projetos, garantindo assim a coerência entre o praticado e o esperado pelo projetista.

Dessa forma, constata-se que, nas empresas que não têm projeto interno, existe uma necessidade muito maior de documentação, uma vez que essa é praticamente a única forma de transferência de informação. Ao contrário, nas empresas com projeto próprio, existe uma interação muito maior entre os setores, o que favorece a informalidade na troca de informação.

De maneira geral, observa-se que as empresas estudadas superdimensionam a especificação da condição da textura das superfícies para garantir o bom funcionamento do componente. No entanto, recentemente, elas vêm-se deparando com a necessidade de aumento da produtividade e redução de custos, o que as tem obrigado a diminuir o coeficiente de segurança das especificações, sendo necessário reavaliá-las.

Para tanto, será necessário aprofundar o conhecimento do corpo técnico sobre o assunto, pois os componentes passarão a trabalhar mais próximo dos limites de operação, o que exigirá especificações mais rigorosas. Além disso, será necessário repensar a cadeia produtiva do componente, para garantir capacidade para tolerâncias menores e também garantir que existirá coerência entre o que se espera e o que realmente é realizado nas várias etapas da cadeia.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 6405:** Rugosidade das superfícies. Rio de Janeiro, 1988.
- BET, L. **Estudo da medição da textura de superfícies com sondas mecânicas e com sondas ópticas tipo seguidor.** 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.
- BOEHS, L.; BET, L.; MOSTIACK, G. R. Fontes de erros na medição de textura superficial com estilete e sonda óptica. **Máquinas e Metais**, Nº 387, abr. 1998.
- CALIL, L. F. P. **Estudo de caso para avaliação do tratamento dado à tecnologia de superfície no meio fabril.** 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.
- DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG). **DIN 4760:** Form deviations. Concepts. Classification system. Berlin, 1982.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1987.
- MESQUITA, N. G. de M. **Avaliação e escolha de uma superfície segundo sua função e fabricação.** 1992. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1992.
- MOSTIACK, G. R. **Estudo do efeito do contato da ponta de um apalpador tipo estilete na medição da textura de superfícies técnicas.** Florianópolis: UFSC, 1999. (Relatório CNPq – processo nº 52.3854/96 – 0 [NV]).
- PREDEV (PRECISION DEVICES INC.) **Surface Metrology Guide.** Milan, 1998. Disponível em: <<http://www.predev.com/smgi/>>. Acesso em: maio 2000.
- TABENKIN, A. Surface measurements technology and standard. In: ANNALS OF UNDERSTANDING THE BASES OF HONNING AND SUPERFINISHING. Anais... Nashville: SME (Society of Manufacturing Engineers), 1997.
- WHITEHOUSE, D. J. **Surfaces, a Link between Manufacture and Function.** Proceedings Institute of Mechanical Engineers, 1978.
- YIN, R. K. **Case study research:** design and methods. 2. ed. Londres: Sage, 1994.

A CASE STUDY TO EVALUATE HOW MACHINED SURFACES TEXTURE ARE TREATED BY INDUSTRIAL SECTOR

Luís Fernando Peres Calil, M.Sc.

Departamento de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Campus Universitário – Trindade. calil@linhalivre.net

Lourival Boehs, Dr. Eng.

Departamento de Engenharia Mecânica/Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Campus Universitário – Trindade. lb@grucon.ufsc.br

Abstract. Machined surface texture has been studied for long, which can be evidenced by innumerable standards published by international institutes. However, in Brazil, the research in this subject is quite recent. This paper presents some results of a fieldwork that was done in six industries of the metal-mechanic area, properly selected. In these six industries, people from their technical staff of project, manufacture, evaluation, and control – which the company consider capable to answer questions related to the subject – were interviewed. To run a study of this kind, based on recorded interviews with the staff and on the interpretation of them, specific and appropriated techniques that are discussed in this paper were used. Also, some considerations about surface texture that give the background to understand the outcomes of the research are presented. It is important to emphasize that the research did not intend to show whether the texture specifications were right or wrong, but make an exploratory fieldwork to see how machined surface

texture has been treated. The study reached its objectives, and confirmed the initial expectations. It means that, in terms of surface texture, many times, industries are not working coherently among the several stages of the life cycle of the component.

Key-words: *surface, texture, roughness.*