

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE CORTE NA VIBRAÇÃO E NO ACABAMENTO SUPERFICIAL DO AÇO ABNT 1020

Antonio Santos Araujo Junior
Washington Silva do Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/MTC, Avenida Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís Maranhão, CEP: 65030.

asaraujojr@ifma.edu.br; nasciws.engenharia@gmail.com

Resumo: Destaca-se a influência dos parâmetros e os processos de usinagem na qualidade da superfície, baseado nessa afirmação, esse trabalho teve como objetivo a análise da influência da velocidade de corte e da profundidade de corte, mantendo-se o avanço da ferramenta constante na vibração e na rugosidade superficial obtida durante a operação de aplainamento de uma peça em aço ABNT 1020. Para aquisição dos dados utilizou-se um acelerômetro, marca Instrutherm, modelo MV-670, fixado na ferramenta de corte e um rugosímetro digital marca Time, modelo TR 220. Obteve-se no final do processo de aplainamento os dados para as análises pretendidas, que foram submetidos a um planejamento fatorial, (DOE)². O equipamento passou por uma parametrização em que se regulou as variáveis de corte. Ao iniciar as etapas de operação da plaina limadora, foram obtidos valores das variáveis de saída ao longo do processo, em que destacamos a velocidade de corte de 16m/min e profundidade de corte de 1 mm como os melhores resultados de vibração e rugosidade, que foram, respectivamente, de 3,52 m/s² e 1,703 µm. Conclui-se que tanto a velocidade de corte quanto a profundidade de corte influenciam diretamente na vibração e rugosidade superficial da peça.

Palavras-chave: Usinagem; Aplainamento; Vibração; Rugosidade média.

1. INTRODUÇÃO

A usinabilidade dos materiais é uma propriedade difícil de ser determinada, pois depende de diversos fatores, quando utilizamos um processo de usinagem, que consistem em variáveis ou parâmetros: velocidade de corte, profundidade de corte, avanço, condições de trabalho do equipamento, tipos de ferramentas e dos fluidos de corte, que devem ser avaliados para cada tipo de estudo (Baptista, 2002).

Sabendo da importância de controlar as variáveis de entrada no processo de aplainamento, o presente trabalho teve por objetivo avaliar através de ferramentas estatísticas a influência da velocidade de corte, avanço e a profundidade de corte na vibração e rugosidade média gerada durante os ciclos de corte no acabamento superficial da amostra.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Usinagem por Aplainamento

O processo de usinagem caracteriza-se na fabricação de peças onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco, sendo de fundamental importância para as indústrias de metal mecânica. Dentre as operações que compõe esse processo de fabricação, tem-se o aplainamento formado por um equipamento que corta o material usando uma ferramenta de corte com movimentos alternativos montada sobre um torpedeiro sendo caracterizada como uma operação de desbaste (Stoeterau, 2003).

As condições de usinagem são estabelecidas para cada tipo de material e ferramenta. O avanço e a velocidade de corte são limitados pelo calor gerado pelo atrito e pela deformação plástica do cavaco. Em operações de acabamento, utilizam-se avanços menores e velocidades maiores para atender as especificações de rugosidade superficial, entretanto as condições mais econômicas de usinagem dependem também de outros fatores como tempo e custos de preparação e instalação de ferramentas nas máquinas (Baptista 2002).

Na Plaina Limadora é a ferramenta que faz o movimento de corte; a peça tem apenas pequenos avanços transversais. Esse deslocamento é chamado de passo do avanço. O curso máximo da plaina limadora, em geral, fica em torno de 900 mm. Por esse motivo, ela só pode ser usada para usinar peças de tamanho médio ou pequeno, seu o movimento é linear alternado sendo necessário definir os golpes por minutos (gpm) utilizados na operação (Stoeterau, 2003).

Para verificar a velocidade de corte utilizada a partir do *gpm*, emprega-se a Eq. (1).

$$gpm = \frac{V_c \cdot 1000}{2 \cdot c} \quad (1)$$

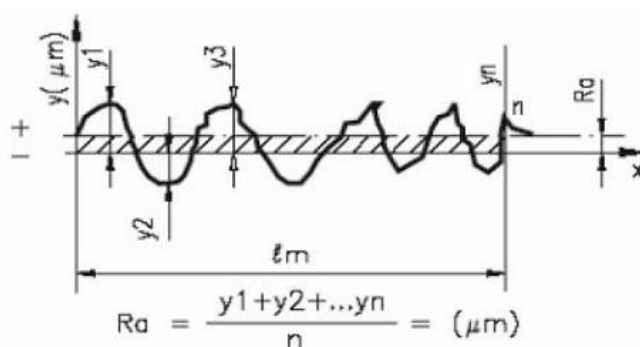
onde: *gpm* é o número de golpes por minutos;
V_c é a velocidade de corte;
c é o curso da máquina.

2.2. Parâmetros / Critérios de Rugosidade

As superfícies das peças fabricadas apresentam qualidades bastante diferentes entre si, uma vez que as saliências e reentrâncias resultantes do processo de fabricação são distintas e irregulares (Macedo, 2012).

Conforme a NBR 4287, a rugosidade média (*R_a*), ou desvio aritmético médio do perfil avaliado, expressa em micrometro (μm), é, dentre todos os parâmetros de rugosidade existentes, o mais amplamente usado para avaliar o acabamento superficial de um componente. Devido à facilidade de sua medição, a rugosidade média é bastante utilizada em controles continuados em linhas de produção para avaliação da rugosidade em superfícies usinadas. E os riscos inerentes ao processo não alteram muito seu valor (Macedo, 2012). Essa grandeza corresponde à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição (*l_m*), como visto na Fig.1.

Figura 1. Representação do parâmetro de rugosidade *R_a*



Fonte: NBR 4287(2002)

Tendo como desvantagem aparente o valor de *R_a* não define a forma das irregularidades do perfil, assim pode-se ter um valor de *R_a* para superfícies originadas de processos diferentes de usinagem e nenhuma distinção é feita entre os picos e vales.

(2)

2.3. Vibrações na Usinagem

A usinagem dos materiais é invariavelmente acompanhada de vibrações entre a peça e a ferramenta. O nível máximo das vibrações toleráveis, ou seja, a máxima amplitude de vibrações em um processo de usinagem depende da sua aplicação (Polli, 2005).

As condições conforme o valor da rugosidade representa uma medida relativa para a estabilidade do processo. Neste contexto, a noção de estabilidade não é empregada no sentido da técnica de controle, mas sob o aspecto tecnológico, priorizando o resultado de trabalho. Um processo estável pode ser caracterizado relativamente por boa qualidade da superfície e reduzido desgaste de ferramenta, enquanto um instável é associado a um acabamento de superfície deteriorado e desgaste de ferramenta (Polli, 2005).

Segundo Camargo (2008) as máquinas, estruturas e elementos de fixação devem ser robustos e estáveis, para evitar vibrações durante a usinagem, uma vez que as forças de cortes são quase sempre bastante elevadas.

De acordo com Nepomuceno (1989), a vibração é um movimento oscilatório de um sistema dinâmico saindo de sua posição de estabilidade. A vibração é resultante da troca entre as energias cinética e potencial que são naturalmente armazenadas pelo sistema. O deslocamento máximo alcançado pela massa é chamado de amplitude. O movimento completo recebe a denominação de ciclo. O tempo que a massa leva para executar um ciclo completo é denominado período. A vibração é caracterizada pela realização de diversos ciclos completos em uma determinada unidade de tempo e a quantidade executada recebe o nome de frequência.

A Equação (2) descreve a relação entre o período e a frequência.

$$f_r = \frac{1}{T} \quad (2)$$

Onde: f_r – frequência (Hz);
T – período (s)

Segundo Nepomuceno (1989), a função de deslocamento retilíneo da massa em relação ao ponto de equilíbrio pode ser descrita matematicamente pela Eq. (3).

$$x(t) = A \sin(\omega t + \theta) \quad (3)$$

Onde: $x(t)$ – função de deslocamento da massa(m);
A – amplitude (m);
 ω – frequência angular (rad/s);
t – tempo(s);
 θ – ângulo de fase (rad),

E a função da velocidade da massa é obtida derivando a função de deslocamento da massa em relação ao tempo conforme apresentado pela Eq. (4).

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = A \omega \cos(\omega t + \theta) \quad (4)$$

onde: $v(t)$ – função da velocidade da massa (m/s);
A – amplitude (m);
 ω – frequência angular (rad/s);
t – tempo(s);
 θ – ângulo de fase (rad),

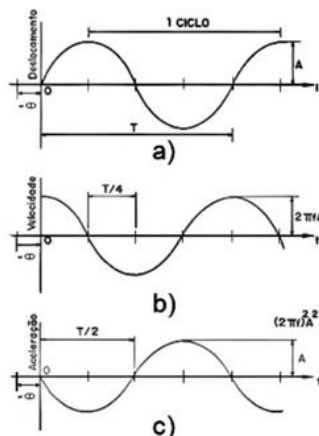
E aceleração da massa é obtida derivando a função da velocidade da massa em relação ao tempo conforme apresentado pela Eq. (5).

$$a(t) = \frac{dv}{dt} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \theta) \quad (5)$$

Onde: $a(t)$ – função da aceleração da massa (m/s²);
A – amplitude (m);
 ω – frequência angular (rad/s);
t – tempo(s);
 θ – ângulo de fase (rad).

O movimento vibratório pode ser representado graficamente em função das grandezas, amplitude, velocidade e aceleração, todas em função do tempo como demonstrado na Fig. 2.

Figura 2- Grandezas Relacionadas a Vibração



Fonte: Nepomuceno,1989

3. METODOLOGIA

3.1. Planejamento Fatorial

O planejamento fatorial é utilizado no estudo de duas ou mais variáveis de influência. É classificado como um método do tipo simultâneo, em que as variáveis que apresentam influências significativas na resposta são avaliadas ao mesmo (Macedo, 2007).

No planejamento experimental, desse trabalho, consideramos os parâmetros variáveis (fatores) e os fixos comuns no processo de aplainamento. Além disso, a identificação das respostas, fatores de controle e fatores de usinabilidade. Portanto, os parâmetros estabelecidos foram:

- Variáveis de Entrada: • Velocidade de Corte (V_c) = 47m/min (250 rpm) e 75 m/min (400 rpm)
 - Avanço de Corte: 0,2 mm/rot
 - Profundidade de Corte (a_p) = 1,00 mm e 1,5 mm
- Variáveis de Saída: • Vibração(m/s^2) – RMS
 - Rugosidade média – R_a em μm

3.2. Materiais

Para a fabricação do corpo de prova foi utilizado uma barra circular de aço carbono ABNT 1020 de 2” de diâmetro, de 200 mm de comprimento de dimensões iniciais, que foi usinado para a seguinte forma geométrica como mostra a Fig. 3.

Figura 3. Corpo de prova - Barra retangular



Fonte: própria

3.2. Métodos

A princípio foi realizado o corte da barra circular pela serra fita, deixando nas dimensões retangulares 200mm x 40 mm x 40mm (comprimento x altura x largura) respectivamente. Em seguida foi definido os parâmetros a serem observados no experimento, como a velocidade de corte (V_c), profundidade de corte (A_p) e avanço (f), onde a velocidade de corte máxima 16 m/min ou 80 gpm e a mínima de 11,2 m/min ou 56 gpm, a profundidade de corte (A_p) foram definidas em 1mm e 1,5mm e o avanço (f) mantido fixo durante todo os experimentos em 0,25 mm/curso.

Em seguida, o corpo de prova foi posicionado na plaina e fixado na morsa, usou-se calços na parte inferior da peça a ser ensaiada para facilitar o alinhamento e nivelamento da mesma, conforme Fig.4.

Figura 4. Corpo de Prova fixado na morsa da Plaina



Fonte: própria

Depois, foi instalado o sensor de vibração, do medidor da marca Instrutherm, modelo MV-670 no porta-ferramenta Fig. (5), para realizar as referidas medições durante a usinagem do corpo de prova em conformidade aos parâmetros pré-estabelecidos, ressalta-se que cada teste foi realizado em uma face do corpo de prova.

Figura 5. Detalhe do sensor instalado



Fonte: própria

Após cada o teste de vibração, o corpo de prova foi retirado da plaina e colocado numa bancada de medições onde se realizou o teste de rugosidade, com uso do rugosímetro digital marca Time, modelo TR 220, Fig. (6).

Figura 6. Teste de Rugosidade



Fonte: própria

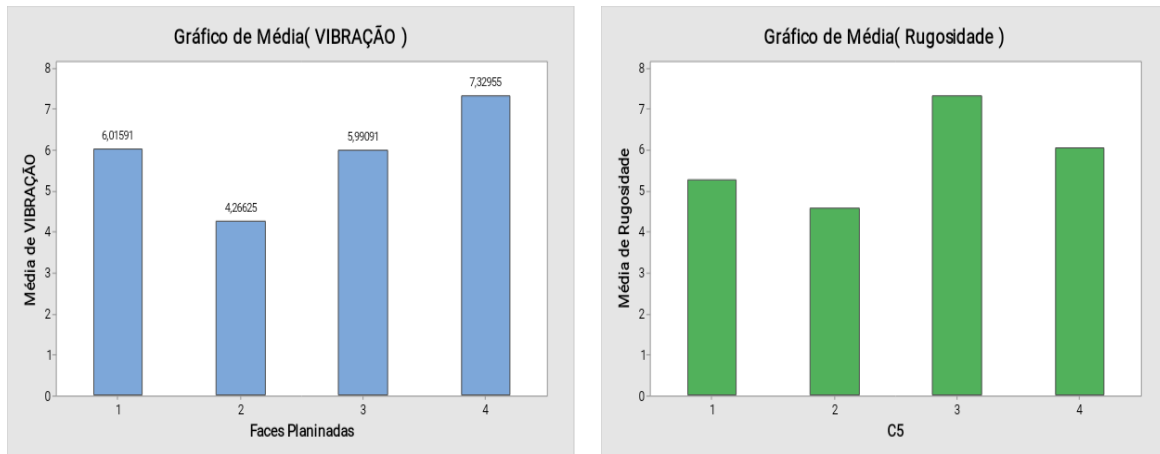
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os dados coletados durante os testes de análise de vibração e rugosidade foram primeiramente tratados de forma estatística com objetivo de se encontrar pontos médios, que posteriormente foram estudar as influências dos parâmetros estabelecidos nos resultados obtidos através de um planejamento fatorial.

No planejamento fatorial foi determinado dois níveis, Vc e Ap, que segundo a revisão bibliográfica, influenciam no acabamento da superfície aplainada.

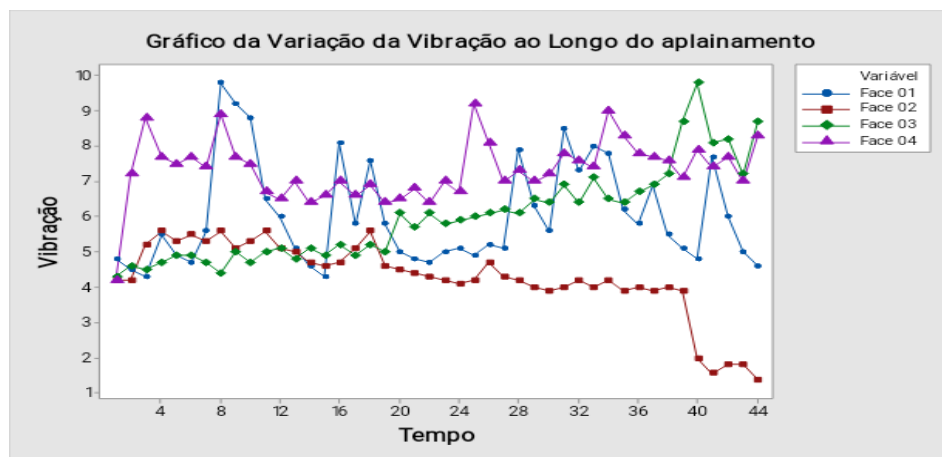
A Figura 7 apresenta os dados experimentais consolidados que serviram de base para o estudo do planejamento fatorial dos estudos do comportamento da rugosidade em uma peça retangular em aço 1020. Com uma simples observação do gráfico obtido podemos concluir que a rugosidade e vibração possuem uma característica inversa a velocidade de corte, ou seja, quando um cresce o outro decresce. E com o aumento da profundidade há um aumento da rugosidade, e a vibração quase permanece constante.

Figura 7. Consolidação dos dados Experimentais



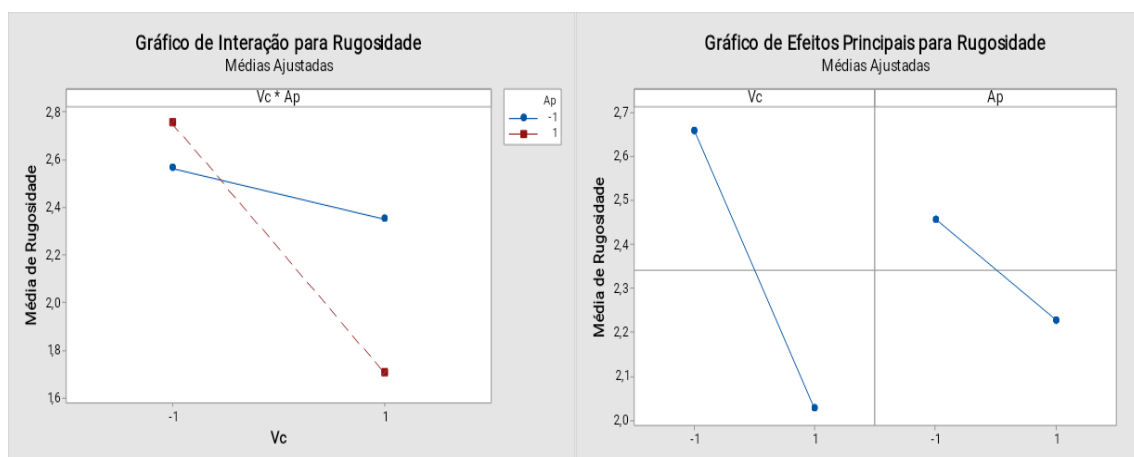
Analisando o comportamento da vibração ao longo do ensaio, conforme Fig. 8, podemos concluir que a vibração pode estar associada à composição química do material ou a fixação do equipamento ao solo.

Figura 8. Variação da vibração



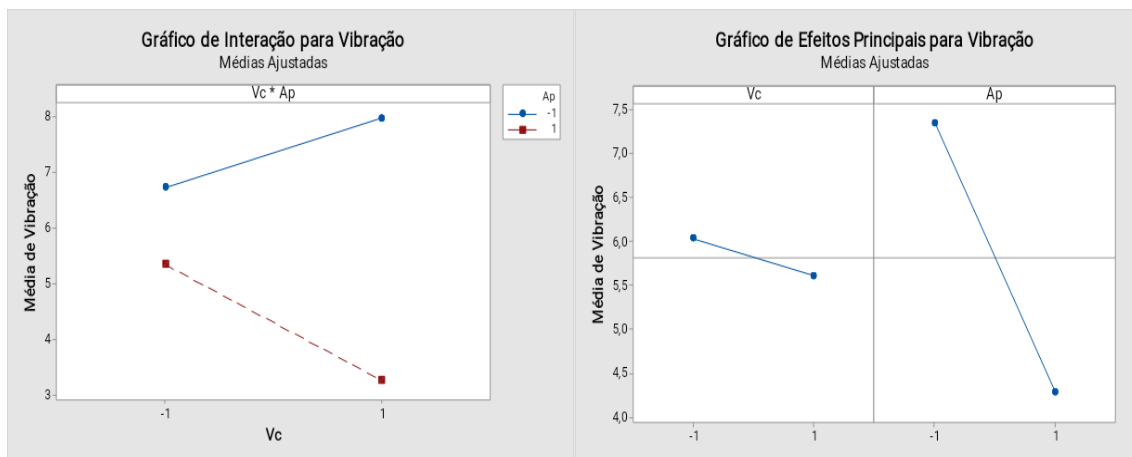
De acordo com as Fig. 9a e 9b, verificamos que existe uma influência maior da velocidade de corte do que a profundidade de corte na obtenção da rugosidade da superfície da peça.

Figura 9 a e b: Estudo de efeitos na resposta Rugosidade



Nas Figuras 10a e 10b, mostram que o efeito da vibração está ligado a variação em relação a profundidade de corte.

Figura 10 a e b: Estudo do Efeito na Vibração



5. CONCLUSÃO

Após comparar os valores da rugosidade média nas faces aplainadas em uma peça de aço carbono e a vibração mecânica gerada durante o procedimento, com as variáveis independentes, sendo velocidade e a profundidade de corte foi obtida as seguintes conclusões:

- A rugosidade decresce com o aumento da velocidade de corte;
- A vibração aumenta quando a profundidade cresce.

Portanto, é necessário saber escolher adequadamente os parâmetros de usinabilidade em relação ao metal de composição da peça para garantir um efeito desejado.

Este trabalho abre precedência para novos estudos, tais como, a influência da geometria da ferramenta, sistema de fixação do equipamento ao solo e o uso do fluido de corte.

6. REFERÊNCIAS

Baptista, André Luís de Brito. Aspectos Metalúrgicos na Avaliação da Usinabilidade de Aços. REM: Revista Escola de Minas [online]. 2002, vol. 55, n.2., pp.103-109. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0370-4467200200006&lng=pt&nrm=iso>>. ISSN 0370-4467.

Camargo, Robson de. Verificação da Usinabilidade dos Aços Inoxidáveis Austeníticos através do Processo de Furação. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2008. 118 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica).

Macedo, Cristiano Vargas. Análise da Influência dos Parâmetros de Retificação Cilíndrica na Rugosidade Média (Ra) da Luva Externa para Cardan. Porto Alegre, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica para obtenção do Título de Especialista em Engenharia Mecânica.

Macedo, Rose M.P.R - Aplicação da Metodologia de planejamento de experimentos para Formulação de Massas Cerâmicas para Telhas – Natal /RN, 2007 – Tese de Doutorado UFSC- Site visitado <https://repositorio.ufm.br/jspui/handle/123456789/12873> em fevereiro de 2020

NBR 4287. Especificações Geométricas do Produto (GPS) – Rugosidade: Método do Perfil – Termos, Definições e Parâmetros da rugosidade: NBR ISO 4287. Rio de Janeiro: ABNT, 2002, 18p.

Nepomuceno, L.X. Técnicas de manutenção preditiva V.1, 3ª Ed., Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1989, 501p.

Polli, Milton Luiz. Análise da Estabilidade Dinâmica de Fresamento a Altas Velocidades de Corte, Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2005, 214 p.

Stoeterau, R. L. Fundamentos dos Processos de Usinagem. São Paulo: USP, 2003. 75 p. Disponível em:

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON VIBRATION AND SURFACE FINISHING OF ABNT 1020 STEEL

Antonio Santos Araujo Junior
Washington Silva do Nascimento

Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhão – IFMA/MTC, Avenida Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo,
São Luís Maranhão, CEP: 65030.
asaraujojr@ifma.edu.br; nasciws.engenharia@gmail.com

Abstract: *The influence of the parameters and the machining processes on the surface quality is highlighted, based on this statement, this work aimed to analyze the influence of the cutting speed and the cutting depth, keeping the tool advance constant in the vibration and on the surface, roughness obtained during the planning operation of a piece in ABNT 1020 steel. For data acquisition, an accelerometer, Instrutherm brand, model MV-670, fixed to the cutting tool and a digital roughness meter, Time brand, model TR were used 220. At the end of the planning process, the data for the intended analyzes were obtained, which were submitted to a factorial design, (DOE)²². The equipment went through a parameterization in which the cutting variables were regulated. When starting the operation stages of the filing planer, values of the output variables were obtained throughout the process, in which we highlight the cutting speed of 16m/min and cutting depth of 1 mm as the best results of vibration and roughness, which were, respectively, 3.52 m/s² and 1.703 μm. It is concluded that both cutting speed and cutting depth directly influence the vibration and surface roughness of the part.*

Keywords: *Machining; planning; Vibration; Average roughness.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.