

DESEMPENHO DOS DEFLETORES AERODINÂMICOS NA RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA PELA ANÁLISE DA PRESSÃO E VELOCIDADE DO AR

Rodrigo Eduardo Catai

Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Guaratinguetá - Depto. de Materiais e Tecnologia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333, CEP 12516-410, UNESP, Guaratinguetá-SP, Brasil.
Doutorando em Engenharia Mecânica. E-mail: rcatai@zipmail.com.br. Tel.: (14) 9795-4518

Felipe Montebugnoli Zílio¹, Eduardo Carlos Bianchi², Paulo Roberto de Aguiar³, Ivan De Domenico Valarelli⁴, Manoel Henrique Salgado⁵

Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Bauru – Departamento de Engenharia Mecânica
Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/nº, CEP 17033-360, Bauru – SP, Brasil, Tel.: (14) 3103-6119

1 Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: zilio@feb.unesp.br;

2 Prof. Livre Docente do Departamento de Eng. Mecânica. E-mail: bianchi@feb.unesp.br;

3 Prof. Livre Docente do Departamento de Engenharia Elétrica. E-mail: aguiarpr@feb.unesp.br;

4 Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Mecânica. E-mail: valareli@feb.unesp.br;

5 Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Produção. E-mail: henri@feb.unesp.br.

Leonardo Roberto da Silva

CEFET – Belo Horizonte, MG, SP, Brasil

Professor do Departamento de Mecânica. E-mail: lrsilva@feb.unesp.br

***Resumo.** O processo de retificação ao longo dos tempos vem sendo considerado como um dos mais importantes da manufatura. Trata-se de um processo de alta precisão e importância, uma vez que é inaceitável perder uma peça nesta etapa. Isso ocorre porque o valor agregado do material é muito elevado devido a muitos processos que aconteceram antes da retificação. Neste trabalho, busca-se colaborar no desenvolvimento de uma metodologia de experimentação a qual permita avaliar a pressão e a velocidade da camada de ar, provinda da alta rotação do rebolo, sem o sistema de defletores e com os defletores, ou seja, em um processo de retificação otimizado ou em um comum.*

***Palavras-chaves:** Retificação, Defletores aerodinâmicos, Refrigeração otimizada.*

1. INTRODUÇÃO

Com a acirrada competitividade e alta qualidade dos produtos fabricados atualmente, é de grande importância que os processos a serem utilizados na confecção de uma peça, sejam os mais eficazes e econômicos possíveis. Para isso, é preciso que o estudo dos processos de usinagem, especialmente a retificação, estejam direcionados para a melhoria constante dos parâmetros e métodos de fabricação.

No processo de retificação, os sistemas convencionais de aplicação dos fluidos de corte são pouco eficientes, especialmente sob condições de aplicação severas. A energia armazenada nos fluidos durante a sua aplicação não é suficiente, na maioria dos casos, para vencer a força centrífuga do rebolo ou penetrar na barreira de ar que circunda o mesmo em movimento. Segundo Guo e Malkin⁽¹⁾, a eficiência do fluido de corte na aplicação convencional fica em torno de apenas 5 a 30%, devido a não-eficiente lubrificação e refrigeração da interface rebolo-peça. Como resultado tem-se um aumento do número de afiações da ferramenta e seu desgaste prematuro. Este fato é

ainda mais agravado porque, no Brasil, ainda são muito utilizados os rebolos convencionais que, se comparados com os rebolos superabrasivos, apresentam um desgaste mais acentuado.

Diante disso, parte-se para a otimização do processo, que segundo Ebbrell et al. ⁽²⁾ aumenta a capacidade de lubri-refrigeração dos fluidos, promovendo a remoção de cavaco mais facilmente e gerando menores dispersões na região de corte. Desta forma, a fim de se otimizar o processo de retificação e torná-lo mais eficiente, alguns sistemas como bicos otimizados, sapatas refrigerantes, placas defletoras e sistemas de defletores, são utilizados para facilitar a entrada do fluido na interface peça/rebolo e eliminar parcialmente a camada danosa de ar gerada em torno do rebolo ⁽³⁾.

De acordo com Ramesh et al. ⁽⁴⁾, a velocidade e a pressão da camada de ar, criadas pela alta rotação do rebolo, reduz drasticamente com a distância radial da periferia do rebolo, ou seja, quanto maior for a distância radial menor será a pressão e a velocidade do ar. A estrutura do rebolo, a topografia e a forma da “capa” do rebolo têm uma influência nos resultados medidos e por isso deve-se ter um cuidado especial para minimizar tais erros.

Ressalta-se que o objetivo fundamental deste trabalho é colaborar no estudo e avaliação comparativa da pressão e da velocidade da camada de ar, gerada em função da elevada rotação do rebolo, sem o sistema de defletores e com os defletores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa foram utilizados um rebolo convencional de óxido de alumínio, um tubo de Pitot, um manômetro de tubo inclinado, um defletor aerodinâmico e a retificadora.

De acordo com Doebelin ⁽⁵⁾, o manômetro de tubo inclinado tem a vantagem de operar com escalas de maior graduação que os manômetros verticais, para a mesma variação de pressão. Segundo Elonka e Parsons ⁽⁶⁾, os manômetros de tubo inclinado são usados na maioria dos casos para determinar as pressões diferenciais muito baixas.

Nos ensaios preliminares definiu-se: as velocidades periféricas do rebolo que seriam utilizadas ao longo dos ensaios, a distância radial mínima da periferia do rebolo, a distância radial entre uma tomada de pressão e a próxima, e o fluido manométrico mais adequado em função das condições a serem ensaiadas, sendo que o fluido manométrico com densidade relativa de 0,784, para uma temperatura de 20°C, foi o que apresentou melhor desempenho.

Com isso, padronizou-se que seriam lidos os resultados de pressões de 0,5 em 0,5 mm, de 0 até 5 mm (a partir da interface peça-rebolo). Estes valores foram obtidos para as velocidades periféricas do rebolo de: 30 m/s, 40 m/s, 50 m/s e 60 m/s. Ressalta-se que foram efetuadas 3 medidas para cada condição de usinagem utilizada, tanto com como sem o defletor aerodinâmico.

Na Figura 1 é apresentada a montagem do banco de ensaios juntamente com o defletor utilizado posicionado na retificadora cilíndrica.

2.1. Cálculo da Velocidade do ar

Para o cálculo da velocidade do ar utilizou-se a equação de Bernoulli, que pode ser aplicada para qualquer que seja o modelo do Pitot, como é mostrado a seguir:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + g \cdot y = k \quad (1)$$

sendo P a pressão, ρ a massa específica, V a velocidade, g a aceleração da gravidade, y a altura do fluido e k a constante da equação.

Para a pressão total (Pt) e a pressão estática (Pe), que pode ser medidas no tubo de Pitot, tem-se:

$$\frac{Pe}{\rho} + \frac{V^2}{2} + g \cdot y_1 = \frac{Pt}{\rho} + g \cdot y_2 \quad (2)$$

Como um dos lados do manômetro está aberto para o mesmo ambiente em que se executou os ensaios, a pressão estática se anula fazendo com que a pressão total (Pt), que é a pressão estática (Pe) mais a pressão dinâmica (Pd), seja simplificada apenas como sendo a pressão dinâmica (Pd),

ou seja, para esses ensaios a pressão obtida através do Pitot seria a pressão dinâmica (P_d) e não a pressão total (P_t) comumente adquirida. Assim, a equação da velocidade pode ser:

$$V = \sqrt{\frac{2(P_t - P_e)}{\rho_{ar}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho_{ar}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ar}}} \quad (3)$$

onde P foi a pressão adquirida no manômetro de tubo inclinado mostrado anteriormente e ρ é a massa específica do ar que é igual a $1,1774 \text{ kg/m}^3$.

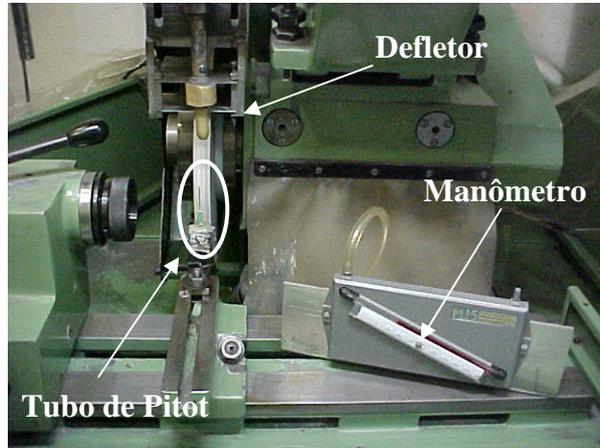


Figura 1 – Montagem do banco de ensaios

As incertezas da velocidade foram calculadas da seguinte maneira⁽⁷⁾:

$$V = \sqrt{\frac{2P}{\rho_{ar}}} \Rightarrow \frac{\partial V}{\partial P} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho_{ar} \cdot P}} \Rightarrow w = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial P} \cdot w_p\right)^2} \quad (4)$$

onde as incertezas são os valores de w . Portanto os valores de w não são fixos conforme os de w_p , porque na derivada da equação da velocidade o valor de P continua como incógnita e esse não é um valor constante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados obtidos para as pressões manométricas que a camada de ar exerce sobre a região de corte, bem como as velocidades que essa camada atinge.

3.1. Resultados das pressões manométricas exercidas pelo ar

Para uma análise mais detalhada dos resultados com e sem o defletor aerodinâmico, construiu-se gráficos comparando as pressões para uma mesma velocidade periférica do rebolo, conforme ilustra a Figura 2. De acordo com Holman⁽⁷⁾, as incertezas das pressões (w_p) que aparecem nos gráficos que seguem são constantes e igual a $2,5 \text{ Pa}$, ou seja, metade da unidade da escala do manômetro utilizado nos ensaios.

É importante ressaltar que para cada ponto existente no gráfico da Figura 2, foi calculada uma média aritmética dos valores obtidos nas três repetibilidades de ensaio efetuadas.

O uso do defletor aerodinâmico possibilitou a redução da pressão exercida pelo ar em aproximadamente $74,5\%$ e $64,5\%$ para velocidades tangenciais do rebolo de 30 m/s e 40 m/s respectivamente. Com uma velocidade periférica do rebolo de 50 m/s , houve uma redução média de $59,6\%$ da pressão do ar e para a velocidade de 60 m/s em torno de $54,5\%$.

Analisando-se a Figura 2, pode-se afirmar que os valores de pressão obtidos em todos os casos foram inferiores quando se utilizou o defletor aerodinâmico, mostrando que o mesmo é capaz de eliminar parcialmente a camada de ar gerada pela rotação do rebolo, o que por consequência facilitará à aplicação do fluido de corte na interface peça-rebolo, conforme proposto por Ebbrell et al.⁽²⁾ e Catai et al.⁽³⁾.

Pode-se observar ainda que quanto maior for a velocidade periférica do rebolo, maior será a diferença entre os resultados com e sem o sistema de defletores na interface rebolo peça (ponto 0), ou seja, para uma usinagem que requer velocidades de corte alta, o uso defletor proporcionará uma queda significativa da pressão do ar que é gerado devido a alta rotação do rebolo nesse ponto.

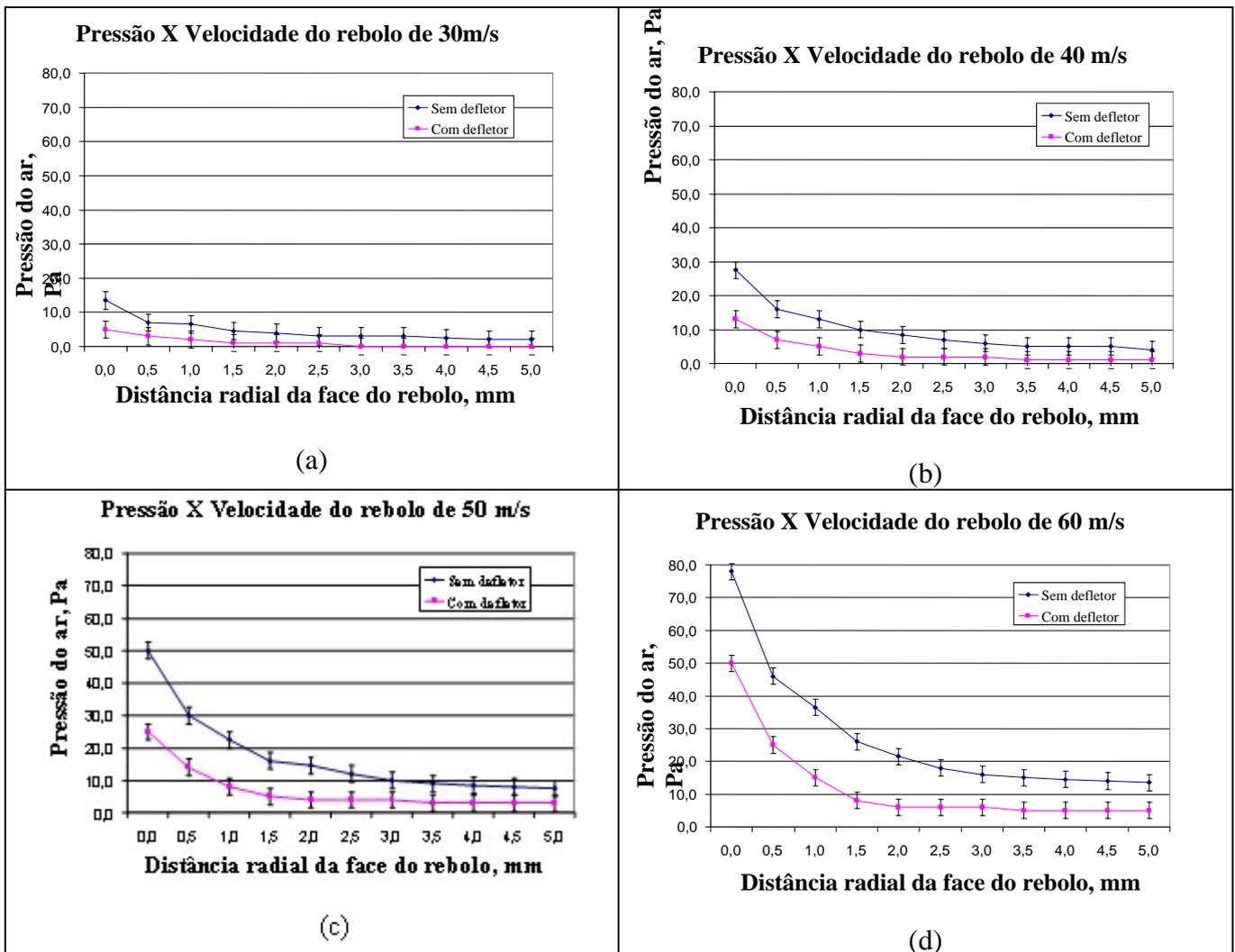


Figura 2 - Pressão do ar para as seguintes velocidades periféricas do rebolo. (a) 30 m/s; (b) 40 m/s; (c) 50 m/s; (d) 60 m/s.

3.2. Resultados das velocidades atingidas pelo ar

Para uma análise mais detalhada dos resultados obtidos com e sem o sistema defletor, construiu-se gráficos comparando as velocidades das camadas de ar, conforme apresentado na Figura 3.

Cada ponto existente no gráfico da Figura 3 é resultado de um valor de pressão que foi obtido com uma média aritmética dos valores das três repetibilidades efetuadas.

Pode-se observar que com o emprego do defletor aerodinâmico, a velocidade alcançada pelo ar foi reduzida em aproximadamente 62,9%, 43,6%, 38,1% e 35,9% para as velocidades periféricas do rebolo de respectivamente 30 m/s, 40 m/s, 50 m/s e 60 m/s.

As incertezas aumentam quando se afasta da face do rebolo. Isso acontece porque a pressão está no denominador da equação (4), que se utilizou para esse cálculo, e quando ocorre o afastamento em relação à zona de retificação a pressão diminui.

Com a análise dos resultados pode-se dizer que o defletor é eficiente, ou seja, diminui a velocidade e a pressão que o ar que atinge a região de corte.

Ressalta-se que para o cálculo da diminuição percentual não foi levado em consideração as incertezas mostradas nos gráficos.

Observando-se a Figura 3 (a), percebe-se que a velocidade do ar assume um valor nulo a partir de uma distância de 3,0 mm (da interface peça-rebolo) para a velocidade de 30 m/s, isto significa, que o ar que passa por uma região com distância superior aos 3,0 mm da face do rebolo, não provoca nenhuma influência em uma retificação com velocidades inferiores a 30 m/s.

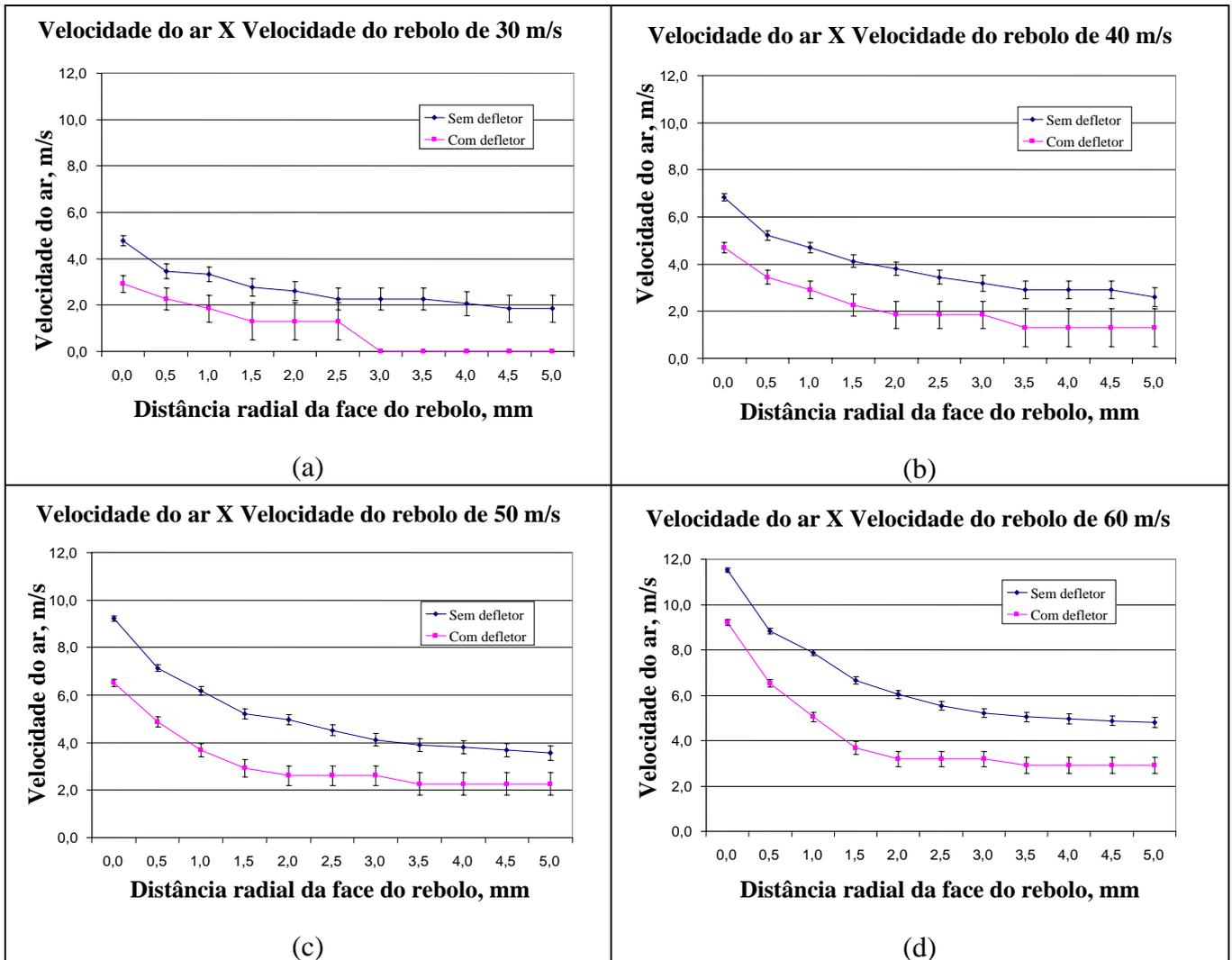


Figura 3 - Velocidade do ar para as seguintes velocidades periféricas do rebolo. (a) 30 m/s; (b) 40 m/s; (c) 50 m/s; (d) 60 m/s.

4. CONCLUSÕES

Através deste trabalho pode-se observar o comportamento da camada de ar, provinda da alta rotação do rebolo, na retificação cilíndrica externa de mergulho utilizando-se ou não o sistema de defletores proposto.

A simulação de uma retificação otimizada (com o defletor) apresentou-se sempre como uma melhor alternativa para a diminuição do efeito do fluxo de ar, permitindo uma refrigeração mais eficiente.

Portanto, a melhor alternativa é realmente a utilização de sistema de defletores na região de corte para minimizar os efeitos das camadas de ar provindas da grande velocidade de rotação do rebolo, as quais fazem o jato de fluido se dissipar na retificação. O sistema de defletores diminui consideravelmente a velocidade e a pressão exercida por essa camada de ar facilitando a lubrificação e a refrigeração.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio concedido.

6. BIBLIOGRAFIA

1. GUO, C.; MALKIN, S. "Analysis of Fluid Flow through the Grinding Zone", ASME Journal of Engineering for industry, Vol. 104, 1992, p.427.
2. EBBRELL, S.; WOOLLEY, N.H.; TRIDIMAS, Y.D.; ALLANSON, D.R.; ROWE, W.B., "The effects of cutting fluid application methods on the grinding process". International Journal of Machine Tools & Manufacture, Reino Unido, Jun. 1999.
3. CATAI, R. E.; BIANCHI, E. C.; ZILIO, F. M.; AGUIAR, P. R.; SILVA, L. R. "Análise dos defletores aerodinâmicos no processo de retificação do aço vc 131 temperado e revenido". In: Congresso Nacional de Eng. Mec., Belém, Pará, Brasil, 10p.
4. RAMESH, K., et al., Coolant shoe development for high efficiency grinding. Journal of Materials Processing Technology 114, 2001, p. 240 a 245.
5. DOEBELIN, E. O., Measurement Systems: Applications and Design. McGraw-Hill Kogakusha Ltd, 1975, p. 2 a 499.
6. ELONKA, S. M., e PARSONS, A. R., Manual de Instrumentação. Vol. I, McGraw-Hill, 1976, p. 65 a 167.
7. HOLMAN, J.P., Experimental Methods for Engineers , 6a. Ed., Editora McGraw Hill, 1994.

PERFORMANCE OF THE AERODYNAMIC BAFFLES IN THE CYLINDRICAL GRINDING FOR THE ANALYSIS OF THE AIR PRESSURE AND SPEED

CÓDIGO: 012004095

Abstract: *Over the years, grinding has been considered one of the most important manufacturing processes. Grinding is a high precision process, and the loss of a single piece in this stage of the production process is unacceptable, for the material's added value is very high because of the many processes it has already undergone prior to grinding. This study aims to contribute toward the development of an experimental methodology whereby the pressure and speed of the air layer produced by the grinding wheel's high rotation is evaluated with and without baffles, i.e., in an optimized grinding operation and in a traditional one.*

Keywords: *Grinding, Aerodynamics Baffles, Optimized Process.*