



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

*da Alta Paulista*

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 1, 2013

Aplicação de Novas  
Tecnologias Sustentáveis



## **COMPARAÇÃO DE DESGASTE PARA DOIS TIPOS DIFERENTES DE DIAMANTES SINTÉTICOS CVD EM SUA UTILIZAÇÃO PARA A DRESSAGEM DE PONTA ÚNICA DE REBOLOS DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO**

**Armínio Frech Junior<sup>1</sup>**

**Eduardo Carlos Bianchi<sup>2</sup>**

**Paulo Roberto Aguiar<sup>3</sup>**

**RESUMO:** A dressagem pode ser definida como a operação de afiação da ferramenta da retificação, do rebolo. Uma das formas de dressagem mais utilizadas é com utilização do dressador de ponta única, cuja ponta é formada por um pequeno diamante. Com o passar dos anos e a crescente preocupação com o meio ambiente buscou-se utilizar do diamante sintético como substituto para os diamantes naturais utilizados em dressadores. O diamante sintético é ainda muito pouco utilizado para dressagem, devido principalmente as poucas pesquisas existentes na área. Neste trabalho, buscou-se observar a atuação de dois tipos de diamantes sintéticos, para determinar qual deles apresenta menor desgaste em relação ao outro. A metodologia empregada foi o de dressar um rebolo de óxido de alumínio até 160 passadas e, a cada 20 passadas com um avanço da profundidade de dressagem de 40 um, tirar uma imagem da ponta deste diamante. Essas imagens foram analisadas através de um software e calculados os volumes gastos. Foram realizados três ensaios para cada tipo de diamante CVD – o CDM e o TRUST – com mesmas dimensões e volume total de 0,63 mm<sup>3</sup>. O diamante tipo CDM foi o que

<sup>1</sup> Aluno de Engenharia Mecânica, UNESP, Bolsista FAPESP. arfrech@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, UNESP, Professor Titular. bianchi@feb.unesp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Eletricista, UNESP, Professor Titular. aguiarpr@feb.unesp.br



apresentou menor volume desgastado com relação ao seu volume total, apresentando desgaste máximo de  $0,36 \text{ mm}^3$  e o TRUST apresentou  $0,62 \text{ mm}^3$ . Portanto, o diamante CDM foi o que apresentou melhores resultados nas condições utilizadas neste trabalho.

**Palavras-chave:** Meio ambiente. Dressadores. Retificação.

## 1. INTRODUÇÃO

A retificação é um processo de fabricação em que se utiliza uma grande quantidade de fluido de corte, cujas funções são: lubrificação, reduzindo deste modo a geração de calor; refrigeração, eliminando o calor gerado; retirada do cavaco na zona de corte; proteção da máquina-ferramenta e da peça à corrosão atmosférica, entre outros.

A energia no processo de retificação é utilizada na formação do cavaco, deformações e atrito. Nas temperaturas de pico, o material da peça chega a aproximar-se da temperatura de fusão mas, como o tempo de contato rebolo/peça é extremamente reduzido, tais temperaturas estão localizadas nos planos de cisalhamento dos cavacos e o cavaco não chega a fundir, porém ocasiona variações metrológicas na qualidade final do produto (DHAR et al, 2007; LEE et al, 2002).

O efeito das elevadas temperaturas atingidas durante o processo de retificação deve ser evitado. Apesar das muitas vantagens encontradas na utilização de fluidos de corte durante a usinagem, estes apresentam desvantagens econômicas e ecológicas que tem feito com que novas pesquisas, buscando a diminuição de fluidos ou até mesmo a eliminação deste, sejam realizadas (SAHM, D.; SCHNEIDER, T., 1996).

O comportamento de qualquer processo de retificação é muito dependente do desempenho da ferramenta. Esse desempenho pode mudar de maneira significativa durante o processo de retificação e isso dificulta a previsão a respeito do comportamento do processo durante seu andamento. (GAO et al., 2007). O rebolo, além de sofrer alterações durante o processo de retificação, pode perder suas condições ideais em seu próprio processo de fabricação.

Assim, os resultados da retificação estão diretamente relacionados com as condições topográficas da superfície de trabalho do rebolo. Estando essas condições alteradas, a operação de dressagem passa a ser fundamental ao processo.



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 1, 2013

Aplicação de Novas  
Tecnologias Sustentáveis



Dressagem é o processo de condicionamento da superfície do rebolo visando sua remodelação quando o mesmo perdeu sua forma original pelo desgaste. (XUE et al., 2002). É a operação conjunta de perfilamento e afiação dos rebolos convencionais. (MARINESCU et al., 2007).

As condições de dressagem podem provocar uma grande influência no desempenho da operação de retificação. Para se ter uma ideia dessa influência, basta dizer que as forças de retificação podem variar cerca de 500%, apenas variando-se as condições de dressagem em um mesmo tipo de operação (OLIVEIRA, 1988).

A ferramenta utilizada para a recuperação do rebolo é o dressador. Devido ao grande número de variáveis que influenciam o processo, existe um número muito grande de ferramentas (dressadores) que já foram desenvolvidas, e cada uma dessas ferramentas é responsável pela abrangência de um número limitado de casos.

Com o rápido desenvolvimento industrial dos países emergentes, a concorrência entre as indústrias de usinagem aumentou consideravelmente. Com a ideia de produzir melhor, mais rápido e com menor custo, as indústrias buscaram métodos e alternativas para que suas produções pudessem ser melhoradas. Uma das medidas encontradas era o de melhorar o acabamento no processo de retificação, porém sem aumentar os custos, ou seja, sem ter que investir pesado na melhoria das máquinas retificadoras. Dessa forma, passou-se a olhar o processo de dressagem com melhores olhos. Obtendo uma dressagem melhor é possível aumentar a vida útil e a qualidade do rebolo, impulsionando o processo de retificação.

O Brasil é um dos 19 países no cenário internacional que dispõe de tecnologia para desenvolvimento e produção de diamantes sintéticos de alta qualidade. Atualmente, os diamantes sintéticos de produção nacional são principalmente utilizados na indústria odontológica e do petróleo.

A exploração de diamantes tem uma série de implicações no meio ambiente e desenvolvimento sócio econômico para a região onde ocorrem. A atividade da indústria diamantífera pode trazer como resultado uma progressiva degradação dos solos, diminuindo a biodiversidade, poluição das águas dos rios, desmatamento e desflorestamento de vastas áreas. Além desses problemas que podem ser gerados, ainda existem os ligados aos resíduos sólidos que não encontram um destino e um tratamento



satisfatório. Num ambiente maior, a extração de diamantes cria erosão dos solos, poluição do ar, desvia o curso de rios e altera as propriedades organoléticas da água.

Muitas são as medidas para diminuir os estragos ambientais na mineração, como leis e medidas de fiscalização e emprego de tecnologias que agredam cada vez menos o meio ambiente. Nesse ponto, o uso de diamantes sintéticos pode ser uma saída para a diminuição da exploração de diamantes pelo mundo. O diamante usado em joias e artigos de luxo ainda seria explorado com a extração direta da natureza, porém os diamantes de uso industrial não teriam mais essa dependência da exploração diamantífera.

Sendo o conhecimento a respeito da operação de dressagem pouco explorado, com bibliografias limitadas, este ainda é superficial. Para aprofundar este conhecimento acerca de um tipo específico de dressador, dentre os vários existentes, propõe-se neste trabalho a realização de ensaios monitorados com dressadores de ponta única, sendo o material de estudo dois diamantes sintéticos.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Usinagem por Abrasão ( LUA) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, campus de Bauru. Para a realização dos ensaios foram utilizados seis dressadores de ponta única de dois tipos diferentes de diamantes sintéticos – com dimensões 0,5 x 0,5 x 6,0 mm -, três diamantes tipo CVD CDM e três diamantes tipo CVD TRUST, uma retificadora plana fabricada pela Sulmecânica, modelo 1055E, uma câmera fotográfica digital tipo DSC – F717 da marca Sony, com lentes Carl Zeiss tipo Vario-Sonnar. Foram utilizados também dois rebolos fabricados pela empresa NORTON, feitos de abrasivo convencional de óxido de alumínio, com ligante vitrificado, dureza L – média -, granulometria 150 – muito fina – e estrutura com dimensões 355,6 x 25,4 x 127 mm.

Dentre os principais parâmetros de retificação e dressagem utilizados, tem-se que a velocidade transversal do rebolo foi mantida constante para os ensaios dos três tipos de dressadores. A velocidade do inversor do motor da retificadora também foi constante para os ensaios, bem como a frequência. Assim, tem-se a velocidade transversal igual a 3,45 mm/s, a velocidade do inversor igual a 450 rpm e a frequência de 60 Hz. A profundidade



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 1, 2013

Aplicação de Novas  
Tecnologias Sustentáveis



de dressagem (ad) foi constante e igual a 40 µm. O parâmetro de dressagem do grau de recobrimento (Ud) foi de 1.

Os ensaios consistiam em colocar um dressador de ponta única de um dos dois tipos de diamantes (CVD CDM ou CVD TRUST) em contato com o rebolo e realizar a dressagem deste rebolo até completar 160 passadas. A cada vinte passadas era tirada uma imagem por meio da câmara digital e era aumentado em 40 µm a profundidade de dressagem, iniciando novamente o ensaio. Cada imagem era analisada por um software e calculada a área desgastada da figura para aquele determinado número de passadas, conforme mostrado na Figura 1. Conhecendo as dimensões dos diamantes, bastava multiplicar pela altura e o volume gasto era conhecido. No total foram realizados três repetições de ensaios para cada diamante, dando um total de seis ensaios.

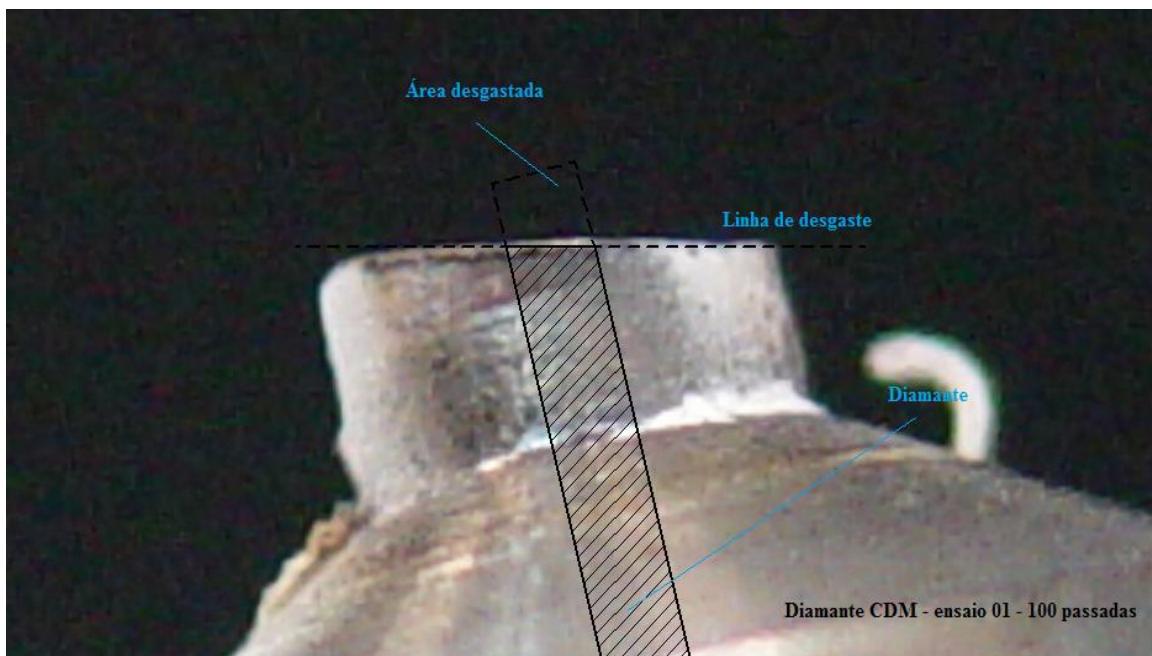


Figura 1 – Exemplo da forma de cálculo da área desgastada do diamante através da área da figura superposta representando o formato original do diamante.

Para o diamante CVD CDM foram obtidos os seguintes dados, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados referentes ao volume desgastado pelo número de passadas, média e desvio padrão obtido pelos ensaios 1, 2 e 3 para o diamante CVD CDM.

Número de	Ensaio 01	Ensaio 02	Ensaio 03	Média	Desvio



passadas	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	padrão
20	0,176	0,0322	0,0557	0,0880	0,102
40	0,188	0,1144	0,1155	0,1393	0,052
60	0,223	0,1580	0,1434	0,1748	0,046
80	0,259	0,2151	0,2397	0,2379	0,031
100	0,295	0,2675	0,2963	0,2863	0,019
120	0,344	0,2866	0,3074	0,3127	0,041
140	0,357	0,2986	0,3436	0,3331	0,041
160	0,391	0,3473	0,3554	0,3646	0,031

A Figura 2 apresenta os valores médios de desgaste com seus respectivos desvios padrões para o diamante CVD CDM.

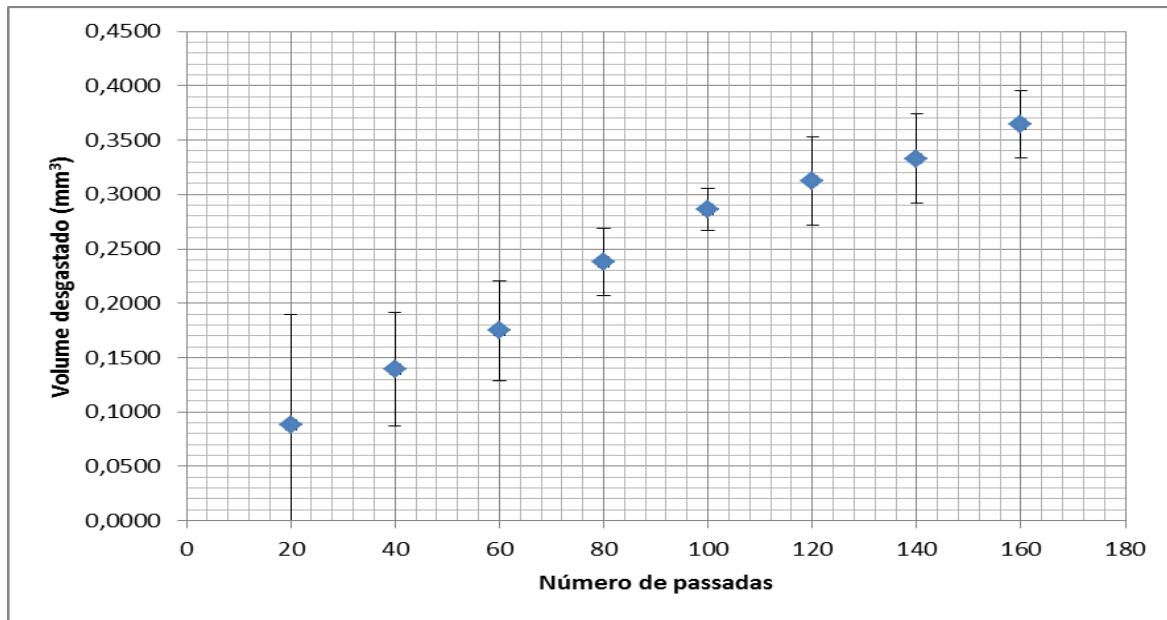
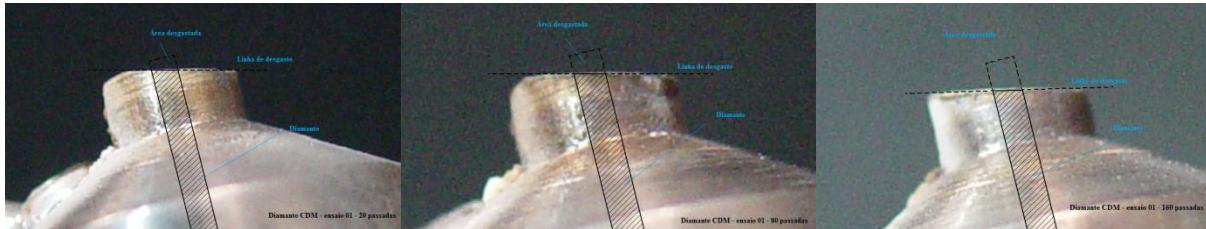


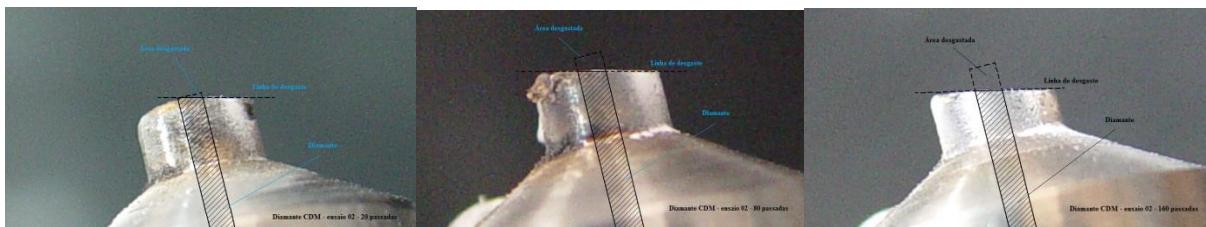
Figura 2 - Volume desgastado versus número de passadas para a média e desvio padrão dos ensaios com o diamante CVD CDM.

A Figura 3 mostra as imagens dos ensaios 1, 2 e 3 nas passadas 20, 80 e 160, respectivamente, para o diamante CVD CDM.

Ensaio (1)



Ensaio (2)



Ensaio (3)

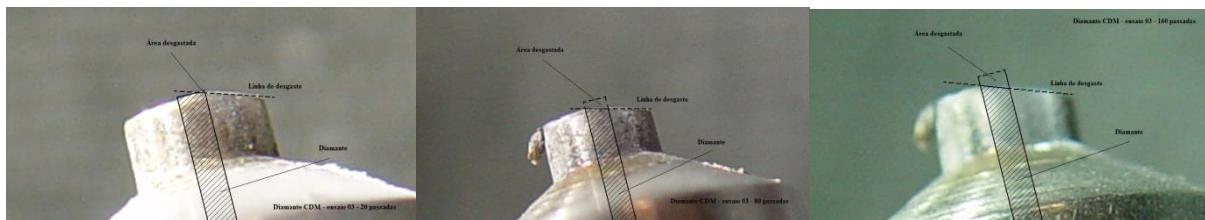


Figura 3 – Imagens dos dressadores com diamante CVD CDD para os três ensaios após 20, 80 e 160 passadas.

Para o diamante CVD TRUST, foram obtidos os seguintes valores de volume gasto a cada 20 passadas, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 1 - Dados referentes ao volume desgastado pelo número de passadas, média e desvio padrão obtido pelos ensaios 1, 2 e 3 para o diamante CVD TRUST.

Número de passadas	Ensaio 01 (mm <sup>3</sup> )	Ensaio 02 (mm <sup>3</sup> )	Ensaio 03 (mm <sup>3</sup> )	Média (mm <sup>3</sup> )	Desvio padrão
20	0,229	0,304	0,179	0,237	0,035
40	0,364	0,433	0,300	0,366	0,045
60	0,412	0,507	0,386	0,435	0,018
80	0,562	0,560	0,470	0,531	0,065
100	0,592	0,589	0,560	0,580	0,023
120	0,609	0,592	0,589	0,597	0,014
140	0,617	0,609	0,598	0,608	0,013



160	0,624	0,623	0,616	0,621	0,006
-----	-------	-------	-------	-------	-------

A Figura 4 apresenta os valores médios de desgaste com seus respectivos desvios padrões para o diamante CVD TRUST.

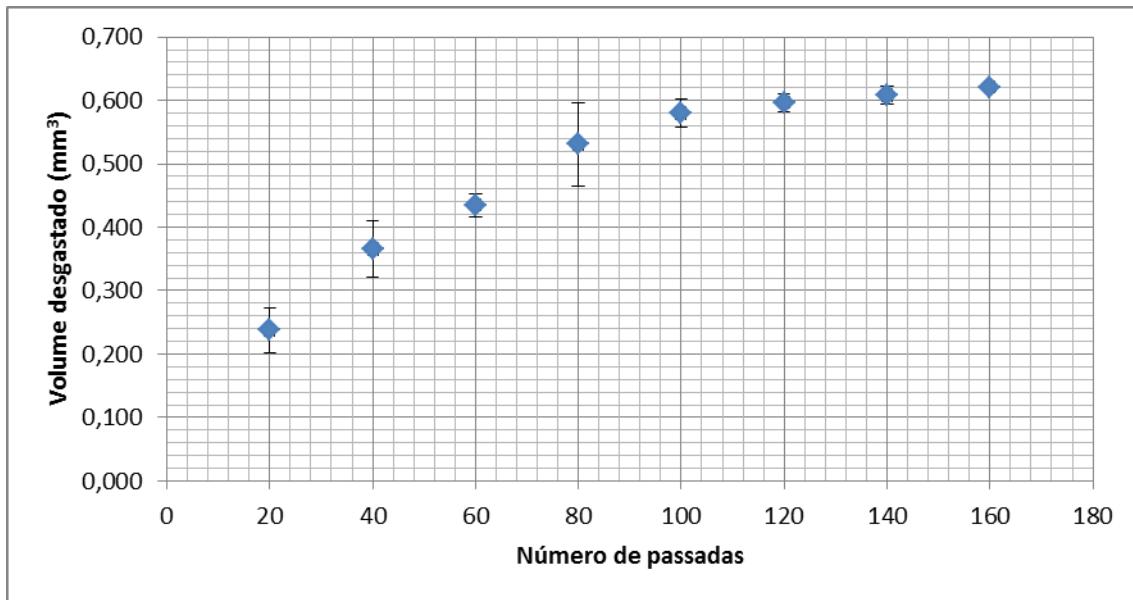
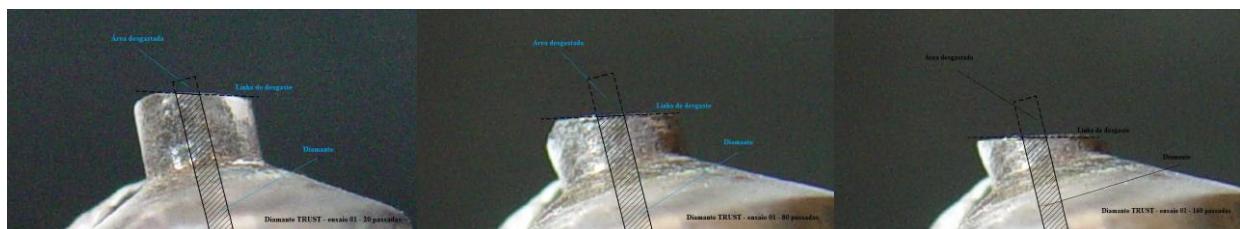


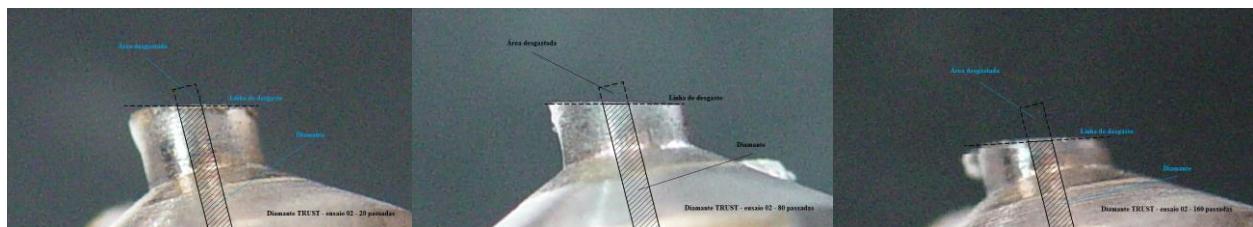
Figura 4 - Volume desgastado versus número de passadas para a média e desvio padrão dos ensaios com o diamante CVD TRUST.

A Figura 5 mostra as imagens dos ensaios 1, 2 e 3 nas passadas 20, 80 e 160, respectivamente, para o diamante CVD TRUST.

## Ensaio (1)



## Ensaio (2)





## Ensaio (3)

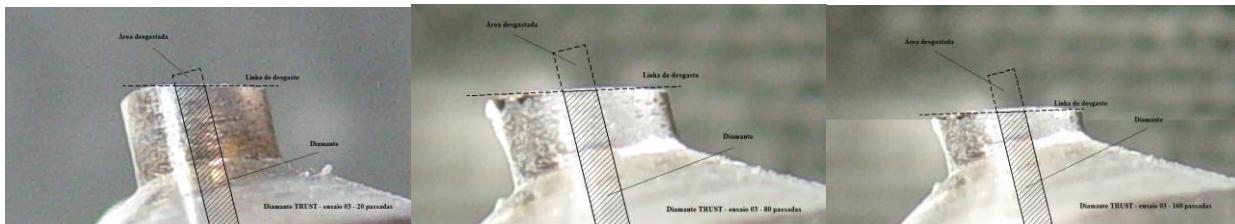


Figura 5 – Imagens dos dressadores com diamante CVD TRUST para os três ensaios após 20, 80 e 160 passadas.

A Figura 6 apresenta os dados médios de volume desgastado para o diamante CVD CDM e CVD TRUST.

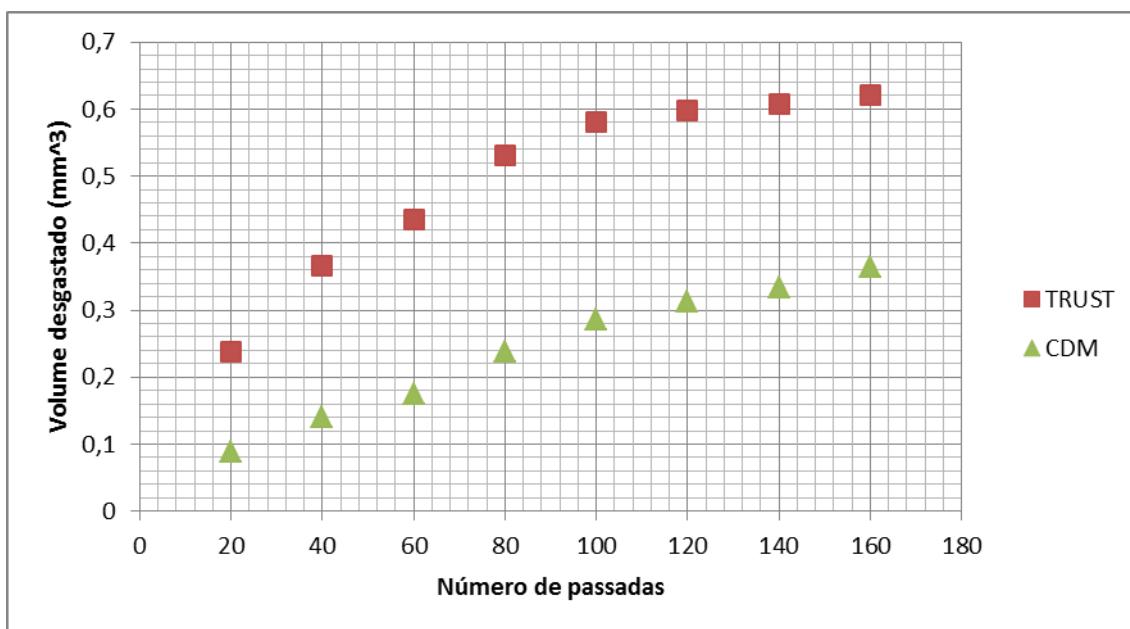


Figura 6 - Volume desgastado versus o número de passadas para a média de volume desgastado para os diamantes CVD CDM e CVD TRUST.

Observando as tabelas 1 e 2, bem como por meio das imagens 2, 3, 4, 5 e 6, pode ser verificado que o diamante tipo CVD TRUST foi o que apresentou os maiores valores de volume gasto com relação ao seu volume total, em todos os pontos analisados neste trabalho.

Conforme observado pela tabela 1 e agora pela figura 2, verifica-se que o volume desgastado para o diamante CVD CDM é relativamente linear, com a taxa de desgaste crescente e sem grandes saltos ou quedas no desgaste.



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 1, 2013

Aplicação de Novas  
Tecnologias Sustentáveis



Observa-se também que o desvio padrão para a passada de número 20 é alta, devido principalmente à diferença entre os valores obtidos quando comparados os ensaios um com os demais. Apesar desse alto desvio para o primeiro ponto do gráfico, os demais desvios apresentam média e baixa discrepância de valores, mostrando serem bons os dados obtidos e aprovando essa curva média de volume desgastado.

Para o diamante CVD TRUST é observado que o desvio padrão mostrado tanto na tabela 2 quanto apresentado na figura 4 verifica-se que a discrepância foi média e baixa. O ponto em que mostram uma diferença mais sensível de valores foi justamente o ponto de 80 passadas, conforme discutido anteriormente. Os pontos 100, 120, 140 e 160 apresentam um baixo desvio padrão, mostrando bons resultados obtidos ao final do ensaio.

A tendência de desgaste é relativamente linear, porém uma taxa de volume desgastado maior é observada no intervalo referente às passadas de número 20 e 40. Os intervalos finais, a partir de 100 passadas apresentam uma taxa de desgaste praticamente constante.

## 3. CONCLUSÕES

Assim, o diamante CVD CDM apresentou um desgaste bastante linear, apresentando uma taxa de desgaste aparentemente constante ao longo dos ensaios. Já o diamante CVD TRUST apresentou um aumento rápido em seu desgaste, principalmente entre as passadas 20 e 80, após a passada de número 100 o desgaste começou a se estabilizar.

Pelos dados obtidos neste trabalho e com os parâmetros e condições especificados, claramente o diamante CVD CDM apresentou melhores resultados que o CVD TRUST e, portanto, consegue-se que é o mais indicado para a operação de dressagem de ponta única em rebolos convencionais de óxido de alumínio.

## 4. AGRADECIMENTOS

Manifestamos nossos agradecimentos à FAPESP pelo apoio financeiro – processo nº 2010/19831-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 1, 2013

Aplicação de Novas  
Tecnologias Sustentáveis



Agradecemos também à empresa Saint-Gobain do Brasil Prod. Inds. e p/ Const. LTDA – Norton por terem doados os rebolos utilizados neste projeto e ao IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pela doação dos diamantes CVD Sintéticos.

## REFERÊNCIAS

DHAR, N., ISLAM, S. and KAMRUZZAMAN, M., 2007, "Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Tool Wear, Surface Roughness and Dimensional Deviation in Turning AISI-4340 Steel", G.U. Journal of Science, vol. 20, pp. 23-32.

GAO, ROBERT X., Monitoring Systems for Grinding Processes, Springer Series in Advanced Manufacturing, pp. 83-107, 2007.

MARINESCU, I. D., HITCHINER, M., UHLMANN, E., ROWE, W. B. & INASAKI, I., Handbook of machining with grinding wheels. 1a Ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007.

OLIVEIRA, J. F. G. Análise da ação do macroefeito de dressamento de rebolos no desempenho do processo de retificação. Tese de Doutorado – USP, São Carlos, SP, Brasil, 1988.

SAHM, D., SCHNEIDER, T., 1996, **The production without coolant is interesting and must be more known**, Machines and Metals Magazine (367), 38-55.

XUE, L., NAGHDY, F., COOK, C., Monitoring of wheel dressing operations for precision grinding, FIEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, pp. 1296-1299, 2002.