

# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE COMPÓSITOS DIAMANTADOS NO CORTE DE GRANITO<sup>1</sup>

Marcelo Dias Fernandes<sup>2</sup>  
Ana Lúcia Diegues Skury<sup>3</sup>  
Renan da S. Guimarães<sup>4</sup>  
Guerold Serguevitch Bobrovnitchii<sup>5</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>6</sup>

## Resumo

No presente trabalho são apresentados resultados relativos ao teste de compósitos diamantados no corte de granito da região do Norte-Noroeste do Rio de Janeiro. Foi verificado que o novo compósito desenvolvido apresenta comportamento similar aos comerciais disponíveis no mercado nacional. Além disso, os compósitos foram avaliados em termos de estabilidade térmica e resistência mecânica. A análise da região de fratura após teste de compressão mostrou que os diamantes ficam firmemente ancorados na matriz metálica o que confere ao compósito um bom desempenho.

**Palavras-chave:** Compósitos; Diamante; Rochas ornamentais.

## PERFORMANCE OF DIAMOND COMPOSITE APPLIED IN GRANITE CUTTING

### Abstract

In this paper we present results concerning the diamond composite performance in granite cutting. It was found that the new developed composite exhibits behavior similar to commercially available in the domestic market. Furthermore, the composites were evaluated in terms of thermal stability and mechanical strength. The analysis of the region of compression fracture after testing showed that the diamonds are firmly anchored in the metal matrix which gives good performance for the composite.

**Key words:** Composite; Diamond; Ornamental stones.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Graduando em Eng. Metalúrgica e Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Brasil.

<sup>3</sup> DSc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

<sup>4</sup> Técnico, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

<sup>5</sup> PhD Eng Mecânica, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

<sup>6</sup> PhD Eng Metalúrgica, LAMAV, CCT, UENF, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar do avanço da tecnologia, bem como a introdução de novos materiais sintéticos, tais como o “marmoglass”, o setor de rochas ornamentais é ainda de vital importância. Com o crescente uso de rochas ornamentais, principalmente na construção civil, foram identificados vários problemas com relação ao corte das rochas, principalmente em termos de eficiência e custo do processo de corte. Nos últimos anos vários tipos de serras têm sido desenvolvidos para solucionar estes problemas. Entretanto, sendo o Brasil um país tipicamente importador deste tipo de ferramentas, este problema torna-se um fator limitante para o aumento da eficiência das ferramentas diamantadas, em particular das serras de corte. Isto é motivado pelo fato de que todos os testes das citadas ferramentas são realizados nos países que as produzem e, portanto, com formações geológicas diferentes daquelas observadas no Brasil.<sup>(1-4)</sup>

Entre outros fatores, o consumo de discos diamantados é responsável por significativos gastos no processamento das rochas ornamentais. Processos de manufatura inadequados ou ajuste inapropriado dos parâmetros de corte da rocha são as duas principais causas do rápido desgaste do disco ou até mesmo a sua inutilização prematura, resultando obviamente em perdas na eficiência da cadeia produtiva.

As serras circulares (Figura 1), são formadas por um disco de aço (alma) e segmentos diamantados brazados na sua periferia (Figura 1a). Os segmentos, por sua vez, são constituídos por diamantes embebidos em uma matriz metálica. A matriz tem duas funções básicas: manter os diamantes firmemente ancorados e, ao mesmo tempo, ter a capacidade de se desgastar a medida que novos diamantes vão emergindo com a continuidade do corte. Devido a grande variedade de condições de serragem das rochas (diversidade de composição) diversas matrizes metálicas tem sido desenvolvidas, tais como bronze, cobalto, cobre, ferro, níquel e estanho, bem como suas ligas.<sup>(4-11)</sup> Entretanto, devido à complexidade de composições encontradas na produção industrial, a qual em alguns casos chega a atingir sete componentes de liga na matriz metálica, torna a abordagem científica dessas matrizes uma tarefa extremamente complexa.

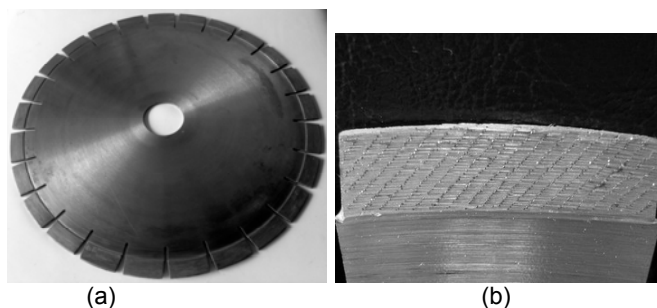


Figura 1. (a) serra diamantada circular; (b) detalhe do segmento brazado na alma.

De forma geral pode-se dizer que o desempenho de uma serra diamantada depende de três fatores o tipo e tamanho dos diamantes; a concentração de diamantes e do tipo de matriz ligante. Entretanto, para o desenvolvimento destas ferramentas deve-se também levar em consideração outros fatores, tais como velocidade de corte, modo de serragem e, principalmente, do tipo de rocha que será beneficiado.

Assim, diante do exposto, no presente trabalho pretendeu-se desenvolver uma serra diamantada específica para utilização no corte de granito oriundo da região Norte-

Noroeste do Rio de Janeiro. Neste contexto os autores contaram com o apoio de diversas serrarias do APL de Sto. Antônio de Pádua, da empresa ABRASDI e do Sindgnaises de Pádua.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A mistura para a produção da matriz metálica é baseada no sistema Fe-Sn-Cu-Ni-WC. A composição exata da mistura não será aqui mencionada por tratar-se de *know-how*. A granulometria dos diamantes variou entre 300 a 450  $\mu\text{m}$ . Para a determinação da quantidade de diamantes em cada segmento optou-se pela concentração de 0,75 ct/cm<sup>3</sup>. A mistura foi feita em misturador cônico, marca SEW, com tempo de mistura de 5 horas. Após a mistura, o pó resultante foi compactado em matriz de grafite para execução do processo de sinterização (Figura 2a). As amostras foram levadas a prensa (Figura 2b) e sinterizadas com dois patamares de temperatura: inicialmente a 650°C durante 3 minutos e o segundo à temperatura para 750°C por 5 minutos, totalizando 8 minutos de sinterização sob pressão de 35 MPa. Após o processo de sinterização os compósitos foram submetidos à etapa de caracterização e testes.

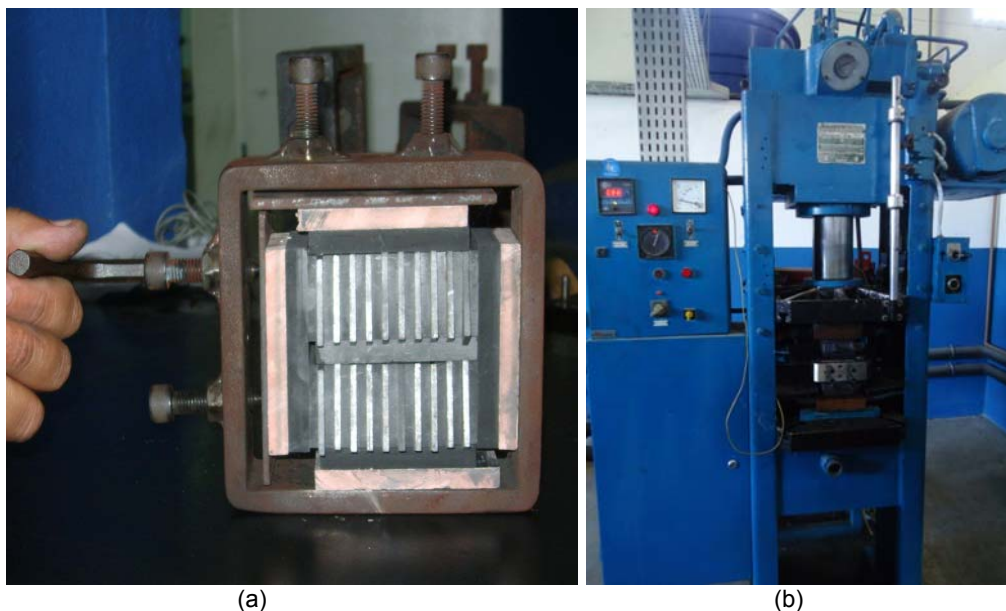
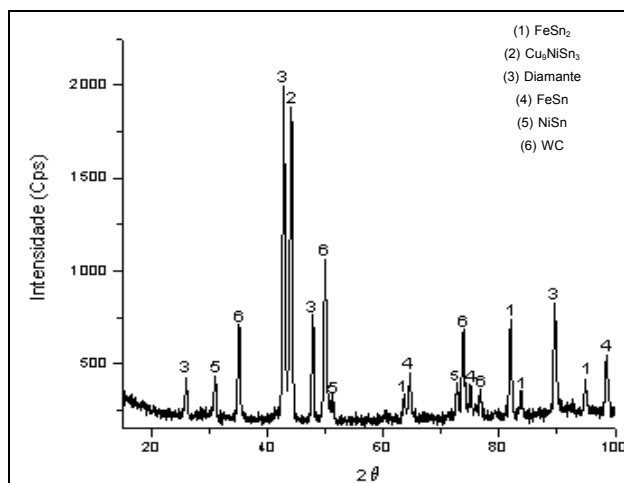


Figura 2. (a) matriz de grafite pronta para sinterização; (b) prensa hidráulica.

A densidade dos compactos foi determinada via aplicação do método de Arquimedes. Os testes de compressão diametral foram realizados em máquina Instron EMIC LD 100 KN. Para a análise termogravimétrica foi utilizado o equipamento de análise térmica da BP Engenharia modelo -BP 300. Os ensaios foram feitos com variação da temperatura de 0°C a 750°C a uma velocidade de aquecimento de 10°/min. A microestrutura dos compactos foi analisada por difração de raios X e observada em microscopia confocal a laser. Foram sinterizados cerca de 80 segmentos que foram utilizados nos ensaios de caracterização e na confecção de 3 serras circulares. As serras foram enviadas para três serrarias do APL de Pádua para os testes em condições reais de serviço. Para fins de comparação foi utilizada também uma serra comercial.

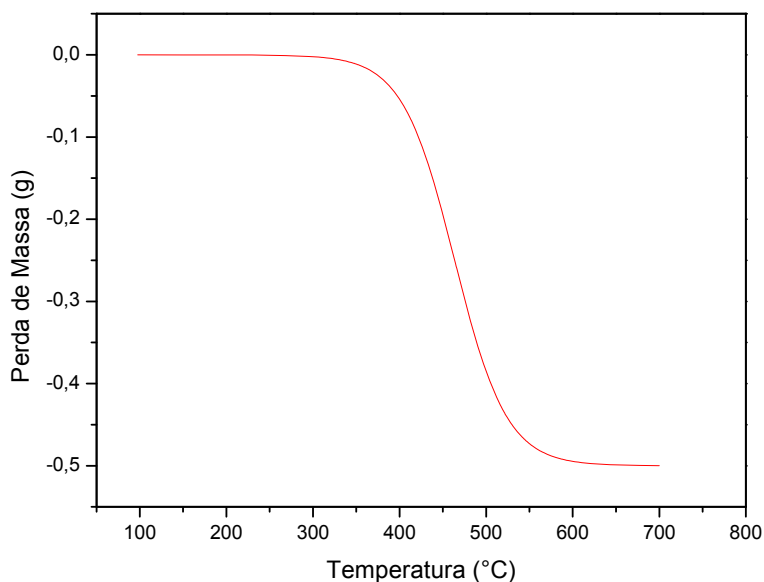
### 3 RESULTADOS

Foram obtidos compósitos com formato cilíndrico com 8 mm de altura e 6 mm de diâmetro. A densidade média dos compósitos foi de 6,78 g/cm<sup>3</sup>, o que corresponde à 98% da densidade teórica. A composição estrutural dos compósitos após o processo de sinterização está apresentada na Figura 3.



**Figura 3.** Difratoograma de Raios-x típico para os compósitos diamantados.

Na Figura 4 está apresentado o comportamento térmico exibido pelos compósitos durante o ensaio de TG. Nos testes de compressão axial foram obtidos os valores para a tensão de escoamento ( $\sigma_e$ ) e módulo de elasticidade (E), respectivamente de 590 MPa e E = 1,06GPa.



**Figura 4.** Perda de massa do compósito em função da temperatura.

A análise da microestrutura dos compósitos foi feita a partir da observação da região de fratura dos compósitos submetidos aos ensaios de compressão. Na Figura 5 estão apresentadas as micrografias obtidas por microscopia confocal a laser.

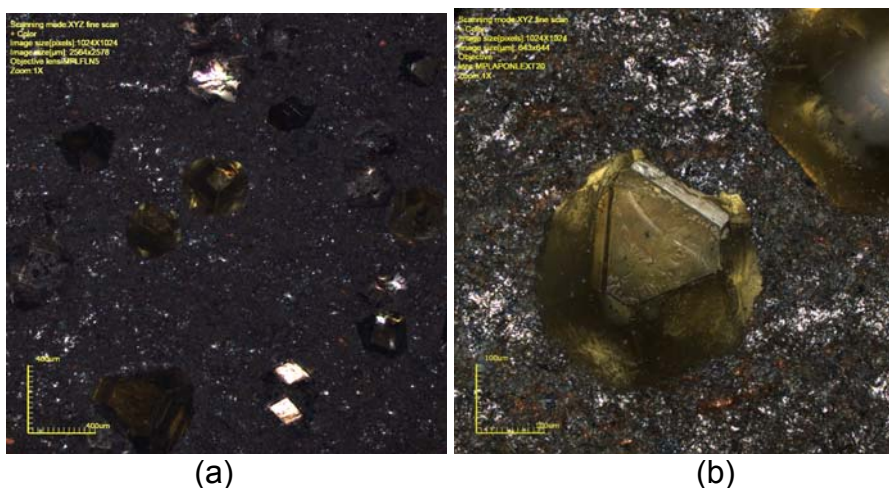


Figura 5. (a) Região de fratura dos compósitos; (b) detalhe dos cristais.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos em termos de performance das serras produzidas a partir do presente estudo. Para comparação os mesmos testes foram realizados com serras comerciais. Conforme mencionado na metodologia, as serras foram utilizadas no corte de granito nas condições normalmente utilizadas nas serrarias do APL de Pádua.

Table 1. Performance das serras (em metros lineares cortados)

Serra Diamantadas	Metros serrados
Experimental (Ni-Fe-Cu-Sn-WC)	800
Comercial A (Co-Ni-Cu)	805
Comercial B (Co-Fe-Ni)	820

#### 4 DISCUSSÃO

De forma geral os compósitos produzidos apresentaram boas propriedades. Através das micrografias apresentadas na Figura 5, observou-se um forte ancoramento da matriz, o que revela a existência de boa aderência dos diamantes na matriz. Esta é uma característica importantíssima para o bom desempenho das ferramentas de corte. No que tange às propriedades avaliadas, nota-se que os compactos apresentaram boa resistência à compressão. Obteve-se valores médios de 590 MPa para tensão máxima de compressão e 1,06 GPa para o módulo de elasticidade.

O esforço de compressão é um dos principais carregamentos aos quais os elementos cortantes de uma ferramenta diamantada de corte está submetida durante operação de corte.<sup>(2)</sup> Primeiramente, o carregamento é imposto às partículas abrasivas, que são os grãos ou cristais de diamantes, por isso os diamantes utilizados devem ser de alta qualidade, ou seja, precisam contar com excelentes propriedades, principalmente tenacidade ou resistência ao impacto, já que as condições durante o corte são extremamente agressivas. Esse carregamento em seguida é transferido para a matriz ligante, a qual tem função de absorver essas cargas e dar suporte aos cristais abrasivos de diamante, ou seja, necessita de ótimas propriedades elásticas, isto, porque um dos principais esforços necessário para ferramentas diamantadas é sim o esforço na zona de compressão da ferramenta zona de corte. Pois o esforço a compressão compreende os pontos de esforços na zona elástica e plástica, onde estes esforços vão reter os diamantes na zona de corte, zona de maior agressividade no corte quanto melhor este módulo de elasticidade melhor a aderência dos diamantes na matriz porque com esta força

elástica na matriz os diamantes de aderem melhor quimicamente e mecanicamente a matriz diminuindo assim também o *gap (pull out)*, por consequência quando o compósito tem uma deformação elástica pequena o material entra na zona de deformação plástica prematuramente e nesta zona os diamantes vão começar a se desprender da matriz causando assim o *gap (pull out)* arrancamento prematuro dos diamantes causada por uma deformação plástica permanente da matriz acarretando assim a incapacidade de corte da ferramenta diamantada.<sup>(11)</sup>

Outra característica não menos importante é a estabilidade térmica. Conforme pode ser observado na Figura 4, a perda de massa dos compósitos foi mínima e o compósito é estável até cerca de 350°C. Levando-se em consideração que nas condições reais de serviço o corte das rochas é refrigerado, pode-se inferir que os compactos apresentam elevada estabilidade térmica frente às condições de corte. Conforme observado na Tabela 1, as serras experimentais exibiram um comportamento similar ao das serras comerciais. Isto demonstra que, com pequenos ajustes do processo de sinterização, ou mesmo na composição da liga, pode-se chegar a melhores resultados em termos de performance das serras.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a liga desenvolvida apresenta boas perspectivas para fabricação de serras destinadas para o corte de granito. Entretanto, tendo-se em vista os valores de densificação, existe a possibilidade de melhoramento das propriedades dos compactos via manipulação dos parâmetros de sinterização

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Faperj pelo suporte financeiro, ao Sindgnaisnes de Pádua e à ABRASDI pelo apoio técnico e logístico.

## REFERÊNCIAS

- 1 J. Konstanty, The materials science of stone sawing, Industrial Diamond Review 1/91.
- 2 J. Konstanty, International Powder Metallurgy Directory & Yearbook, 13th Edition 2008-2009, Inovar Communications Ltd., 151-157 (2008).
- 3 Q.L.Dai, X.P. Xu. Effects of TiH<sub>2</sub> on the properties of Fe-based diamond composites. Key Engineering Materials, Vol 291, (2005), 27-32
- 4 J. Konstanty, T.W. Kim, S.B. Kim. Resistance to Abrasive Wear of Materials Used as Metallic Matrices in Diamond Impregnated Tools. Materials Science Forum Vols. 534-536 (2007) pp 1125-1128
- 5 Baert, M. (1995). "Proc. Seminar on PM Diamond Tools." Lausanne. Switzerland.
- 6 S. Karagoz, M. Zeren. The property optimization of diamond-cutting tools with the help of micro-structural characterization. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 19 (2001),23-26
- 7 S. Karagoz, M. Zeren. Sintering of polycrystalline diamond cutting tools. Materials and Design, 28 (2007), 1055-1058
- 8 Y.S. Liao and S.Y. Luo. Journal Materials Science, Vol 32 (1993), 1245-1251
- 9 Q.L. Dai and X.P. Xu. Key Engineering Materials, Vol 259, (2003), 106-111
- 10 G.L. Rosa, Evaluation of Diamond tool behavior for cutting stone materials. Ind Diamond Rev, 1 (2004), pp. 45-50
- 11 D.N. Wright and H. Wapler, Investigations and prediction of diamond wear when sawing. Annals CIRP, 1 35 (1986), pp. 239-244