

RELAÇÃO ENTRE VALORES DE MICRODUREZA E RENDIMENTO DE FERRAMENTA DIAMANTADA EM CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS

RELATIONSHIP BETWEEN MICROHARDNESS VALUES AND DIAMOND TOOL PERFORMANCE IN ORNAMENTAL STONE CUTTING

Adriane Purcino Nogueira

Aluna de Graduação em Geologia do 9º período, UFES
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2021 a julho de 2022
adrianepurcino@hotmail.com

Leonardo Luiz Lyrrio da Silveira

Orientador, Geólogo, D.Sc.
leolysil@cetem.gov.br

RESUMO

O setor de rochas ornamentais vem crescendo cada vez mais no Brasil, impulsionado pela produção no estado do Espírito Santo. A extração e beneficiamento dessas rochas depende hoje essencialmente da tecnologia de corte com fio diamantado, embora muito difundida, tal tecnologia ainda é pouco estudada; fato que levou o CETEM a desenvolver o Simulador de Desgastes de Pérolas Diamantadas - SDPD que simula, em escala laboratorial, o corte das rochas com o fio diamantado, para entender o comportamento da pérola e definir uma melhor dinâmica para otimizar o processo. O SDPD apresenta cinemática que difere do tear multifio, sendo então necessário um comparativo entre elas para verificar a sua aproximação. Nesse sentido foram analisadas as composições mineralógicas e granulação das amostras de rochas de teste bem como suas respectivas durezas através do método de dureza Knoop e correlacionadas com dados de rendimento de corte na indústria.

Palavras-chave: Rochas ornamentais, fio diamantado, simulador, knoop, dureza.

ABSTRACT

The sector of ornamental rocks has been growing increasingly in Brazil, driven by production in the state of Espírito Santo. The extraction and processing of these rocks depends today essentially on diamond wire cutting technology, although very widespread, such technology is still little studied; a fact that led CETEM to develop the Simulator of Diamond Bead Wear - SDBW that simulates, on a laboratory scale, the cutting of rocks with the diamond wire, to understand the behavior of the bead and define better dynamics to optimize the process. The SDBW presents kinematics that differ from the multiwire gangsaws, so a comparison between them is necessary to verify their approximation. In this sense, the mineralogical compositions and granulation of the test rock samples were analyzed as well as their respective hardnesses through the Knoop hardness method and correlated with cutting yield data in the industry.

Keywords: Ornamental rocks, diamond wire, simulator, knoop, hardness.

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas diamantadas vêm se destacando no setor de rochas ornamentais, pois de acordo com Vidal (1999) elas se propõem a aperfeiçoar o processo de corte, no que diz respeito ao tempo, redução de ruídos, poeira e vibração, além de aperfeiçoar a geometria do corte, aumentando a qualidade do produto final. Porém, ainda carecem de estudos mais aprofundados, foi diante dessa necessidade que o CETEM desenvolveu e está patenteando o SDPD, que simulará em escala laboratorial o processo de corte de rochas ornamentais com a tecnologia do fio diamantado.

Para melhor compreensão do comportamento da ferramenta diamantada mediante as diversas composições e conseqüentemente diferentes durezas das rochas ornamentais, foram caracterizadas petrograficamente, quatro rochas utilizadas nos ensaios, sendo denominadas comercialmente como Granito Verde Ubatuba, Granito Arabesco, Granito Preto São Gabriel e Granito Ocre Itabira e medidas as suas respectivas microdurezas através do ensaio de Microdureza Knoop a fim de correlacioná-las com dados de produção da industrial.

2. OBJETIVOS

Correlacionar a composição mineralógica e dureza das amostras de rochas que serão testadas no SDPD, com os resultados de rendimento de corte na indústria, a fim de estabelecer um parâmetro de comparação entre o corte com o SDPD e o corte com o tear multifio, verificando se as cinemáticas se aproximam, de maneira a validar o ensaio.

3. METODOLOGIA

Para determinar a mineralogia e granulação foi realizada a análise petrográfica macroscópica e em seguida a microscópica, tomando como referência a descrição petrográfica microscópica encontrada no Atlas de Rochas Ornamentais do Espírito Santo (SARDOU FILHO, et al., 2013).

Para obter os valores de dureza foi utilizado um microdurômetro com ponta Knoop, com carga de 200 gramas, onde foram realizadas séries de 20, 40 e 80 microimpressões, em função das suas granulações média, grossa e muito grossa respectivamente, plotando tais valores em gráficos no modo de frequência acumulada dividida em três quartis, sendo eles de 25%, 50% e 75%. Os dados da velocidade de corte das referidas rochas no tear multifio (denominado de cala), foram obtidos a partir de contatos com as próprias indústrias.

O Simulador de Desgaste de Pérolas Diamantadas - SDPD é um equipamento desenvolvido pelo CETEM e está em fase de pedido de patente, que tem por objetivo mensurar a resistência das pérolas diamantadas frente ao desgaste abrasivo sofrido no processo de corte de rochas ornamentais e com isso definir melhor o sistema de desgaste que ocorre no processo de corte de rocha com ferramenta diamantada. O SDPD conta em seu exterior com uma CLP para programação da simulação, uma chave geral e um botão de emergência e um visor que possibilita acompanhar o teste em tempo real. Enquanto no seu interior, conta com um dispositivo para acoplar o disco de rocha que é rotacionado, em rpm, simulando a velocidade do fio, expressa em m/s; uma haste onde será acoplada a pérola diamantada, que por sua vez é tensionada, em kgf/cm², contra o disco de rocha, simulando a tração de arrasto exercida pela máquina de fio, que é dada pela amperagem do motor, enquanto simultaneamente rotaciona em torno de seu próprio eixo, a fim de simular a torção do fio, que se dá em voltas/m; um dispositivo para alimentação de água, onde sua vazão é em L/min, bem como um pequeno reservatório para coleta da água de rejeito, e, por fim, um dispositivo para entrada de ar comprimido (CALEGARI, et al, 2005). O equipamento é compacto possuindo as seguintes dimensões 145 cm x 55 cm x 55 cm (A x L x P) (Figura 1).

As rochas ornamentais, comercialmente, chamadas de mármore e granitos, são, na verdade, rochas de diferentes composições mineralógicas e características particulares que nem sempre se enquadram dentro das famílias dos mármore e granitos, mas em distintas classes de rochas.

Cada rocha recebe um nome de uso comercial de acordo com sua característica ou região em que é produzida e com as rochas a serem testadas no SDPD não é diferente são denominadas Granito Verde Ubatuba, Granito Preto São Gabriel, Granito Arabesco e Granito Ocre Itabira.

- Granito Verde Ubatuba: rocha ígnea que macroscopicamente se apresenta maciça, sem sinais de alteração, melanocrática, verde-escuro a amarronzado com pequenas manchas brancas e granulação variando de a média graça. Analisada microscopicamente é composta por plagioclásio (35%), feldspato alcalino(27%), quartzo (15%) hiperstênio (10%), acessórios (5%), hornblenda (3%), biotita (3%), opacos (2%), sendo classificada com um magerito.
- Granito Preto São Gabriel: rocha ígnea que macroscopicamente se apresenta maciça, sem sinais de alteração, melanocrática, de coloração cinza escuro com machas pretas e brancas e granulação variando de fina a média. Analisada microscopicamente é composta por plagioclásio (60%), hiperstênio (15%), biotita (15%), hornblenda (5%) e quartzo (5%), sendo então um diorito norítico.
- Granito Arabesco: rocha metamórfica que macroscopicamente se apresenta maciça, são, hololeucocrática de coloração branca levemente amarelada, com ponto pretos (biotita) e vermelhos (granada) e fanerítica inequigranular, com granulação variando de fina a grossa. Analisada microscopicamente é composta microclina micropertítica (33%), quartzo (27%), plagioclásio (20%), granada (10%), biotita (7%), acessórios (3%), sendo por sua vez uma granada gnaisse mozogranítico com silimanita.
- Granito Ocre Itabira: Rocha ígnea que macroscopicamente se apresenta maciça, são, mesocrática de coloração marrom a cinza claro a médio e granulação variando de média a grossa. Analisada microscopicamente é composta microclina micropertítica (45%), plagioclásio (20%), hornblenda (14%), biotita (7%), opacos (5%), quartzo (5%), titanita (4%), sendo então uma hornblenda quartzo sienito.

A dureza Knoop é a propriedade de uma rocha medida através da microimpressão de uma ponteira de diamante de for manto losangular na sua superfície da rocha testada, dividida pela carga empregada nesta impressão. Dessa forma quanto maior a impressão menor a dureza. A extensão da diagonal da edentação impressa é medida, em micrômetros, logo após cada impressão, sendo observada através de uma objetiva e medida com apoio da escala Vernier inclusa no sistema da ocular do aparelho.



Figura1: Vista frontal do SDPD.



Figura2: Microdurômetro utilizado na pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Quitete (2002) a dureza Knoop, que pode ser expressa como a média das 40 medidas (HKmédica) ou como valores intermediários obtidos em diagrama de valores individuais em ordem crescente: HK25 (correspondente ao valor de 25% do diagrama), HK50 (correspondente ao valor da metade do diagrama) e HK75 (correspondente a 75% do diagrama). Ainda de acordo com Quitete (*Op. Cit.*) valores (HK25, HK50 e HK75) expõem as várias circunstâncias que envolvem a dureza da rocha. O HK75 indica a ação de minerais mais duros, influenciando na abrasividade, o que interfere no desempenho da ferramenta de corte, uma vez que envolve seu desgaste. O HK25 serve como parâmetro para o desgaste abrasivo, onde ocorre o desgaste dos minerais de menor dureza, enquanto há a remoção dos minerais mais duros por escarificação. O HK50 é o valor que mais se aproxima da dureza média da rocha (HKmédica) (QUITETE, et al., 2020). A Tabela 1 mostra os resultados obtidos para as quatro rochas estudadas.

Tabela 1: Distribuição de dureza por Quartil.

Amostra	1º Quartil	2º Quartil	3º Quartil
Verde Ubatuba	364,75	485,95	534,85
Preto São Gabriel	393,025	457,45	530,45
Arabesco	373,5	497,95	613,075
Ocre Itabira	335,95	468,4	554,525

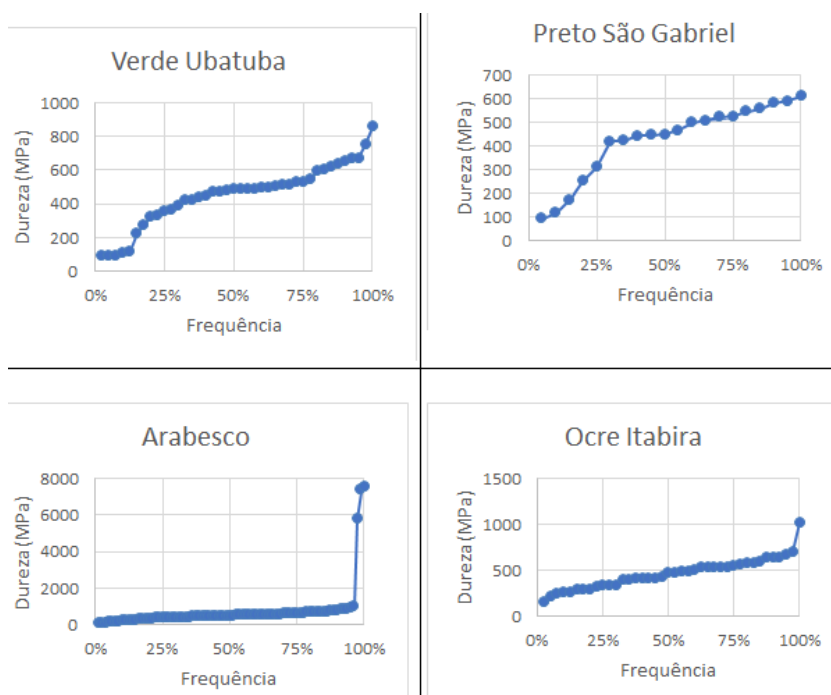


Figura 3: Gráficos de frequência acumulada das dureza Knoop.

A partir dos ensaios de microdureza, constatou-se através dos valores de frequências acumulada dos três primeiros quartis de 25%, 50% e 75% (Tabela 1) que o Granito Arabesco apresentou a maior dureza, seguido do Verde Ubatuba, Ocre Itabira e por fim o Preto São Gabriel. Ao analisar os gráficos (figuralse percebe a presença de minerais de elevada dureza, onde o Arabesco apresentou dureza máxima de aproximadamente 8 GPa, o Ocre Itabira com aproximadamente 1 GPa, Verde Ubatuba em torno de 900 MPa e o Preto são Gabriel em torno de 600 MPa.

Dados da cala (velocidade de corte) fornecidos por uma serraria expõe o rendimento do corte com tear multifio em cm/h onde o Arabesco apresenta um rendimento de 35 cm/h, Verde Ubatuba 30 cm/h, Ocre Itabira 30 cm/h e Preto São Gabriel 55 cm/h.

Os dados sugerem que a composição mineralogia influencia diretamente na dureza da rocha, onde quanto maior a quantidade de quartzo ou de outro mineral consideravelmente duro maior a dureza da rocha.

Quando comparadas as durezas das rochas estudadas, com a velocidade de cala utilizada na indústria, percebe-se uma incongruência, uma vez que se esperava que as rochas de menor dureza fossem cortadas com maior velocidade de cala, enquanto as de dureza elevada fossem cortadas com velocidades menores. Porém, tem-se o Arabesco como sendo o mais duro e corta com maior velocidade que o Ocre Itabira e o Verde Ubatuba, ambos de dureza menor. Esse fato se dá devido ao teor de quartzo mais elevado, do Arabesco, também ao tamanho dos grãos e imbricamento dos minerais, que se despendem durante o corte, o que confere maior abrasividade, auxiliando na afiação da ferramenta, melhorando sua performance e aumentando assim o rendimento do corte.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho visou contribuir para uma melhor compreensão da influência da dureza mineral no rendimento de ferramentas diamantadas usadas para cortar blocos de rochas ornamentais. O sistema de desgaste encontrado nessa etapa industrial de beneficiamento de rochas, se caracteriza por um conjunto de fatores, entre os quais, se ressalta a resistência do mineral a ser riscado. A microdureza medida nessa pesquisa irá, juntamente com a quantificação futura de outras propriedades intrínsecas do material rochoso (textura, estrutura, grau de alteração, microfissuras, e.g.), definir o Tribossistema que melhor correlacione os dados a serem obtidos no SDPD como os dados da indústria.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida (Proc.: 123496/2021-7), ao meu orientador Dr. Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, ao Engenheiro mecânico Luan Lamom Machado, e ao CETEM pelo apoio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALEGARI, J. R. S. et al (2020). Estudo das Correlações Operacionais Entre o Simulador de Desgaste de Pérolas Diamantadas e o Processo de Corte com Fio Diamantado na Lavra de Rochas Ornamentais. Instituto Federal do Espírito Santo. IFES. 30p.

QUITETE E. B.; KAHN, H. Dureza Knoop em rochas para revestimento: correlação com desgaste abrasivo. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 3. Recife. Anais...Recife: 2002.

QUITETE E. B.; NAVARO, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. Microdureza e desgaste abrasivo de rochas silicáticas de revestimento. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 7, p. 51516-51527, jul. 2020.

REGADAS, I. C. M. C. (2006). Aspectos Relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais com Fio Diamantado no Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil. Tese de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. USP. 128p.

SARDOU FILHO, R., MATOS, G. M. M. D., MENDES, V. A., & IZA, E. R. H. D. F. Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo, Brasília: CPRM, 2013.

VIDAL, F. W. H. (1999). Estudo dos elementos abrasivos de fios diamantados para lavra de granitos do Ceará. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. USP. 179p.