

ASPECTOS RELACIONADOS AO ATRITO NO PROCESSO DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Isaias Pereira Seraco

Aluno de graduação em Engenharia de Produção, 9º período, Faculdade Multivix
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2015 a julho de 2016,

iseraco@cetem.gov.br

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

Orientador, Geólogo, D.Sc.

leolysil@cetem.gov.br

Resumo

A mitigação dos impactos ambientais oriundos dos processos de beneficiamento das rochas ornamentais é temática preponderante no atual cenário ambiental mundial e a economia de insumos é questão econômica indissociável frente à crise brasileira. No polimento, processo de beneficiamento onde ocorrem a planificação e promoção de brilho das chapas, a vazão de água adotada pela indústria é da ordem de 30 litros por minuto para cada satélite. Contudo, este parâmetro fica um tanto quanto vago quando busca-se fundamento teórico capaz de justificá-lo. O uso da água decorre da necessidade de se manter o conjunto rocha-rebolo abrasivo resfriado e ainda promover a limpeza da superfície trabalhada. As dúvidas sobre os fenômenos físico-químicos que ocorrem nesse regime ainda são relevantes, uma vez que poucos estudos mais aprofundados abordaram a temática sobre a ótica da eficiência acima dita. Sob esse aspecto, um parâmetro que ainda desperta interesse é o comportamento da temperatura da interface rocha-rebolo abrasivo, por não se saber a quais patamares chegam as temperaturas e o quanto de água é realmente necessária para resfriar o procedimento. Este trabalho busca apresentar uma contribuição teórica a respeito desse assunto, com foco nos fenômenos térmicos do processo em vista a fomentar estudos futuros que visem analisar na prática a influência desta grandeza no procedimento de polimento das placas de rochas ornamentais.

Palavras chave: Temperatura, Água, Polimento.

RELATED ASPECTS OF FRICTION IN ORNAMENTAL STONES POLISHING PROCESS

Abstract

The mitigation of environmental impacts from the ornamental rocks beneficiation processes is predominant theme in the current global environmental scenario and the economy of inputs is inseparable economic issue facing the Brazilian crisis. Polishing, beneficiation process where there are planning and promotion brightness of the plates, the flow of water adopted by the industry is of 30 liters per minute for each satellite order. However, this parameter is somewhat vague when seeking to theoretical foundation able to justify it. The use of water from the need to maintain the cold abrasive rock-grinding together and encourage the cleaning worked surface. Questions on the physical and chemical phenomena that occur in this regime are still relevant, since few in-depth studies have addressed the subject of the optical efficiency of said above. In this regard, a parameter that still arouses interest is the behavior of the temperature of the abrasive rock-grinding machine interface, not knowing which levels - reach the temperatures and how much water is really needed to cool the procedure. This

study aims to present a theoretical contribution on this subject, focusing on the process of thermal phenomena in order to encourage future studies that aim to analyze in practice the influence of this magnitude in the polishing procedure of ornamental plates.

Keywords: Temperature, Water, Polishing.

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo é líder nacional na extração e beneficiamento de rochas ornamentais, reunindo um dos maiores e mais modernos arranjos produtivos nacionais. (Alencar, 2013). O beneficiamento das rochas ornamentais passa por etapas básicas que conferem às mesmas características buscadas pelo consumidor, e o polimento é a etapa em cuja ocorre a promoção do brilho através de um processo abrasivo onde uma sequência de rebolos abrasivos incide sobre a superfície da chapa promovendo um desbaste. Esse sistema funda-se nos princípios do atrito e do desgaste, que, segundo Silveira (2007), estão sob o escopo da Tribologia, Ciência responsável pelo estudo das superfícies que interagem entre si. O desbaste dos minerais durante as etapas promove uma redução progressiva da rugosidade, e conseqüente aumento da reflexão da luz. Ribeiro e Silveira (2004) afirmam que segundo esse enfoque, o desgaste se insere no chamado tribossistema, cujo efeito final é a resultante entre a interação das propriedades da rocha e dos abrasivos, além das variáveis operacionais do processo. É impossível desvencilhar tal realidade àquela encontrada nos processos tradicionais de usinagem dos metais, onde, segundo Marinescu (2004) geralmente se melhoram a qualidade da superfície da peça, produzindo baixa rugosidade, compressão ou neutralizando tensões através de processos como o polimento. Nesses processos os efeitos térmicos são geralmente prejudiciais à integridade do sistema, onde elevadas temperaturas podem gerar dilatações térmicas indesejadas, promoção de reações químicas e até rupturas. Quando se pensa nessa temática transferida ao polimento das rochas, a geração de calor na interação rocha-rebolo ainda carece de maior compreensão demandando mais estudos com esse objetivo.

2. OBJETIVO

Apresentar aspectos a respeito do comportamento da temperatura no sistema tribológico do polimento das rochas ornamentais.

3. METODOLOGIA

Quando se fala em usinagem a geração de calor é produto preponderante do processo, uma vez que segundo Taylor e Quinney (1934, 1937) citados por Melo *et al.* (1999) cerca de 97 a 99 % de toda a potência empregada no processo é convertida em calor. Bhushan (1999) afirma que durante um processo de polimento, o efeito de condições de operação tais como a carga, velocidade de atrito e o desgaste são frequentemente manifestadas com um aumento da temperatura. As propriedades mecânicas de diversos materiais começam a degradar-se com um aumento da temperatura de interface, o que afeta o seu desempenho tribológico. No âmbito específico do polimento das rochas, Silveira (2007) diz que a temperatura tem influência direta na resistência ao desgaste do material, pois o aumento da temperatura provoca a diminuição da dureza dos minerais. Controlar essa temperatura, portanto é fundamental para evitar problemas inclusive com desgastes prematuros do maquinário, e isso é feito através de um fluxo contínuo de água no processo.

A geração de calor no polimento das chapas advém do contato relativo entre o rebolo e a rocha, contudo Bhushan (1999) demonstra que as superfícies, tanto da rocha quanto

do rebolo, são irregulares. Logo, esse contato não se reflete em um atrito advindo de uma área correspondente a toda dimensão do rebolo, mas de pontos menores que geram o que esse autor chama de “*contact-stress*”, onde a força do equipamento incide sobre uma área significativamente pequena, produzindo uma pressão extremamente alta, o que pode se converter em “*flashes*” de temperaturas elevadas. Para Huang e Xu (2004), apesar da temperatura chegar a patamares elevados, esses “*flashes*” não seriam capazes de promover qualquer alteração química das propriedades dos materiais envolvidos, pela curta duração do fenômeno. Huang e Xu (*Op. Cit*) ainda reiteram que as temperaturas na interface da rocha não extrapolam o ponto de ebulição da água, chegando a cerca de apenas 45°C, quando o processo é refrigerado, e 70°C a seco.

A dissipação do calor gerado na placa de rocha segue um curso impreciso uma vez que fica condicionada às características de condutividade térmica dos minerais distribuídos, condicionando também a estimativa da temperatura do processo. Figueiredo *et al.* (2008) demonstram através de um ensaio de condutividade térmica em diferentes rochas graníticas, que a composição mineralógica e a textura da rocha influenciam diretamente na forma como o calor se dissipa. Segundo estes autores os tipos de minerais dispostos na rocha, principalmente quanto a porcentagem de determinados, como o quartzo, tem relação direta com a maior ou menor condutividade. Segundo sua conclusão, constata-se que o quartzo é o mineral que mostra as melhores correlações entre mineralogia e condução térmica, sendo um fator importante e decisivo, e sua ausência, ou presença, implicarão em resultados muito diferenciados de condutividade térmica. Quanto aos aspectos texturais, Figueiredo *et al.* (2008) afirmam que a forma como estão distribuídas as fases minerais é crucial para uma melhor ou pior condutividade, uma vez que quando há a ocorrência de cristais de tamanho grande, existe um favorecimento da condutividade térmica, por exemplo. Outro componente do sistema que também sofre influência direta da geração de calor por abrasão, são os rebolos. A temperatura produzida na interface de contato também se dissipa pelo rebolo, cujos grãos abrasivos geralmente são bons condutores (Diamante, SiC). O desgaste dessas ferramentas de corte ocorre ao longo do processo, e segundo Aigueira e Filgueira (2006) o desgaste do abrasivo, principalmente o diamante, não aumenta com a temperatura, mas é dependente da direção de abrasão. Logo, a vida útil do rebolo não está ligada diretamente as temperaturas ocorrentes, mas ao regime de utilização.

Portanto, pressupõe-se que o volume empregado atualmente é sobredimensionado, entretanto, para promover uma redução segura deste insumo, faz-se necessário estabelecer um método eficiente capaz de medir a temperatura na interface rocha-rebolo, a fim de verificar até que ponto pode-se reduzir a vazão de água, sem que haja variação da temperatura gerada no conjunto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização deste teste, o NR-ES dispõe de um simulador de polimento de rochas (SPR) capaz de ensaiar a variação de diversos parâmetros dos equipamentos comerciais, tais como rotação do satélite, pressão de carga, e a vazão de água. Este equipamento dispõe de um termopar que pode ser utilizado na medição de temperatura em alguma parte do ensaio, sendo útil, portanto neste caso específico. Todavia, a forma como essa medição deve ser feita, principalmente quanto ao posicionamento do termopar na chapa ainda carece de um melhor detalhamento. O termopar do SPR pode ser visto na Figura 1 A, e na Figura 1 B destaca-se todo o equipamento.

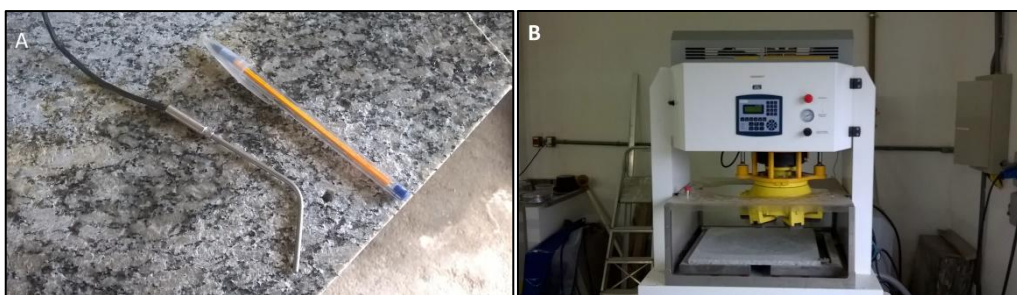


Figura 1: Termopar (A) contido no equipamento SPR (B).

Inicialmente pensou-se em instalar a parte cilíndrica do termopar orientada de forma paralela a superfície da placa. Entretanto, este modo necessitaria de um furo extremamente preciso a poucos milímetros da superfície da chapa, demandando um ferramental específico. A forma adotada então, foi a realização de um furo de 4mm de diâmetro perpendicular a superfície da placa, e a cerca de 15 cm da borda, no qual se instalaria o termopar com sua ponta a poucos milímetros da superfície. A Figura 2 demonstra o procedimento de furação (A) e fixação do termopar (B).



Figura 2: Procedimento de furação e instalação do termopar.

O furo, com 1 mm de folga, exigiu que se utilizasse algum método capaz de imobilizar o termopar, para que durante o processo este não se soltasse. Para isso foi aplicada na parte inferior da rocha uma porção de silicone. Esse produto, todavia, é um isolante térmico, por isso sua aplicação deveria ser restrita a parte inferior da placa, sendo necessária a utilização de um outro composto na parte superior que fosse capaz de preencher o espaço entre o termopar e rocha no interior do furo, evitando a entrada de água que impactaria na fidelidade das medições, e ao mesmo tempo fosse condutor de calor. Optou-se então pelo uso de pasta térmica à base de prata, um composto químico condutor que é utilizado geralmente em informática para facilitar a transferência de calor do microprocessador ao dissipador. A Figura 3 demonstra a aplicação da referida pasta.



Figura 3: Aplicação de pasta térmica e detalhe do local de instalação.

Após essa etapa de fixação do termopar, foi realizada uma breve simulação de polimento para averiguar se a metodologia demonstrada estaria funcional. Essa

simulação foi realizada em um granito comercialmente conhecido como Cinza Corumbá, com duração de 4 minutos e vazão de água de 10 litros/minuto. O rebolo abrasivo utilizado foi um magnésiano 24 mesh e com todos os demais parâmetros orientados segundo o utilizado comercialmente. No decorrer desse teste, a temperatura da chapa elevou-se progressivamente ao longo do ensaio, partindo de 28°C e chegando a 40°C.

5. CONCLUSÕES

A metodologia proposta para fixação do termopar à placa de rocha para efetuar a medição de temperatura durante ensaios de polimento mostrou-se eficiente uma vez que foi possível, em um teste preliminar, efetuar a medição de um ensaio de polimento. Como continuação desta pesquisa, propõe-se a realização de ensaios de polimento seguindo a metodologia apresentada, variando a vazão de água afim de se observar o comportamento da temperatura na interface de polimento em diferentes condições de arrefecimento.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação de pesquisa concedida, ao CETEM pelo ambiente de trabalho, e ao orientador Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, pela atenção e dedicação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIGUEIRA, R. B.; FILGUEIRA, M. Mecanismo e Resistência à Abrasão de Compósitos à Base de Poliéster-SiC para Uso em Coroas de Polimento de Rochas Ornamentais. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 16, n° 3, p. 187-192, 2006

ALENCAR, C. R. A. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais**. Instituto Euvaldo Lodi - Regional do Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013. 242 p.

BHUSHAN, B. **Principles and applications of tribology**. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 1999.

HUANG, H; XU, X, P. Interfacial interactions between diamond disk and granite during vertical spindle grinding. **Science Direct**, 2004.

MARINESCU, I. D.; ROWE, W.B.; DIMITROV, B.; INASAKI, I. **Tribology of abrasive machining processes**. United States of America: William Andrew, Inc, 2004.

MELO, A. C. A. de. Potência consumida e geração de calor no processo de torneamento. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica**, XV, 1999, Águas de Lindóia. São Paulo.

SILVEIRA, L. L. L.; RIBEIRO, R. P. **Geotécnica: Aplicação de bases conceituais de tribologia no beneficiamento de granitos ornamentais**. 2004. 6p. (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

SILVEIRA, L.L.L. **Polimento de Rochas Ornamentais: Um Enfoque Tribológico ao Processo**. 2007. 203p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

FIGUEIREDO, E. R. H.; GALINDO, A. C.; MOREIRA, J. A. M.; LINS, F. A. P. L. Condutividade térmica em rochas silicáticas cristalinas, com ênfase a rochas graníticas da província Borborema, NE do Brasil, e sua correlação com os parâmetros petrográficos e texturais. **Revista Brasileira de Geofísica**, 2008, v. 26(3), p. 293-307.