

ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE TEARES MULTILÂMINA E MULTIFIO NO BENEFICIAMENTO DE GRANITOS COMERCIAIS

Davi Vargas de Souza

Aluno de Graduação em Eng. de Minas – 6º período, IFES

Período PIBIC/CETEM: agosto de 2011 a julho de 2012

dsouza@cetem.gov.br

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.

fhollanda@cetem.gov.br

Nuria Fernández Castro

Coorientadora, Engenheira de Minas, M.Sc.

ncastro@cetem.gov.br

1- INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma importante participação no mercado internacional de rochas ornamentais, e no ano de 2011, as exportações de rochas ornamentais alcançaram um faturamento de U\$\$ 1 bilhão, o que representa 2,2 milhões de toneladas. As rochas processadas representaram quase 1 milhão de toneladas desse volume. (CHIODI FILHO, 2012a).

As rochas processadas são em sua grande maioria chapas polidas e o método mais tradicional de obtenção dessas chapas é o desdobramento dos blocos em tear de lâminas de aço. Com o aumento da demanda, e a maior exigência do mercado com relação à qualidade do produto, o setor de rochas ornamentais começou a fazer o desdobramento das rochas utilizando o tear de fios diamantados, que vêm mostrando resultados satisfatórios e suprimindo tais necessidades.

2- OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo comparar o beneficiamento primário de granitos comerciais com a utilização do tear multifio e do tear multilâmina, em termos de rendimento, consumo de insumos, qualidade dos produtos e desempenho ambiental.

3- METODOLOGIA

O embasamento teórico para o estudo em questão contemplou uma revisão bibliográfica abordando o beneficiamento primário de rochas ornamentais. Para a base técnica do trabalho, foram coletadas informações junto aos fornecedores desses equipamentos, bem como com pessoas da área, a fim de se conhecer o procedimento de serragem utilizando os teares em questão. Para obtenção dos dados foram acompanhadas, *in loco*, na empresa Pedra Rio Mármore e Granitos e na empresa Granfaccin Granitos oito serradas com os dois tipos de teares. Também foram analisadas planilhas de produção de um período de dez meses de outras três empresas, para então gerar planilhas auxiliares envolvendo cálculos e comparações. Além disso, foram analisadas 6 amostras de chapas, cedidas pela empresa Pedra Rio Mármore e Granitos, sendo 3 desdobradas em cada tear. Para essa análise, foi utilizado um apalpador para medir a rugosidade da chapa, com o qual foram feitas 180 medições ao longo de uma linha de 180 mm em direção perpendicular à direção da serrada.

3.1 Processo de beneficiamento primário de rochas ornamentais

Uma última estimativa feita pelo CETEM (CASTRO,2012), quantificou que, no Brasil estão em operação cerca de 1400 teares multilâmina e 48 teares multifio. Essa mesma estimativa também prevê que entrarão em operação mais 30 teares multifio neste ano de 2012.

Segundo ABIROCHAS (2012b), atualmente 20% das chapas estão sendo desdobradas usando o tear multifio. Como essa nova tecnologia vem se expandindo no mercado nacional, compará-la com a tecnologia tradicional é muito importante para a finalidade de auxiliar o setor apresentando as vantagens e desvantagens de uma tecnologia em relação à outra.

4.1- Teares Multilâmina Convencionais

A serragem dos blocos, na sua grande maioria, é realizada com esses teares, que representam um modelo mais tradicional e amplamente difundido para o desdobramento de granitos comerciais.

Ela se dá pela ação de uma polpa abrasiva composta por água, granalha de aço ou ferro, cal ou bentonita e o próprio pó da rocha, a qual é conduzida por um conjunto de lâminas dispostas de maneira equidistante, fixadas e tensionadas num quadro que, se movimenta de forma descendente sobre o bloco. Esse quadro é suportado por quatro colunas e acoplado à um sistema de biela/manivela, que é acionado por um motor elétrico. Esse mecanismo é responsável pela movimentação do quadro porta lâmina, que entra em atrito com o bloco. A velocidade de descida do quadro porta lâmina é conhecida como cala.

Sob a óptica tribológica do processo, abordada por Silveira (2007), a etapa de desgaste nos teares pendulares pode ser entendida como sendo um processo de desgaste entre três corpos, onde o abrasivo (granalha), desliza entre duas superfícies (lâmina e a rocha a ser serrada).

4.2- Teares Multifio

Os teares multifio representam uma evolução tecnológica idealizada a partir do sucesso do uso do fio diamantado na lavra de rochas ornamentais. Eles são constituídos de uma estrutura (armação) metálica, na qual se dispõem de forma equidistante e tensionados os fios diamantados, que realizam um movimento circular em torno dela. Esse conjunto armação/fios é suportado por duas ou quatro colunas (dependendo do fabricante e do modelo) e movimentando-se verticalmente em sentido descendente, os fios diamantados entram em contato com o bloco proporcionando o seu desdobramento em chapas. Chama-se cala (velocidade de corte) à distância percorrida na descida do conjunto em função do tempo gasto.

A tecnologia de fio diamantado aplicada ao beneficiamento primário de granitos comerciais melhora a produtividade, pois a cala do tear multifio é maior que a do tear multilâmina. O fio diamantado é constituído por um cabo de aço sobre o qual são fixadas pequenas peças cilíndricas diamantadas (pérolas), distanciadas entre si por um plástico/borracha especial injetado a alta pressão. A pérola diamantada utilizada no fio apresenta, aproximadamente, diâmetro inicial de 6,7mm, tendo sua utilização finalizada quando apresentar diâmetro de 5,2mm.

Na parte tribológica do processo, abordada por Silveira (*op.cit.*), nota-se que o corte com o fio diamantado é um processo de abrasão à dois corpos (pérola diamantada e rocha). De acordo com esse mesmo autor, o desgaste no processo de abrasão a dois corpos é menor que na abrasão a três corpos. Aplicando essa óptica ao processo de desdobramento de blocos, vemos que no caso do fio diamantado precisa-se desgastar um corpo (pérola), enquanto que no caso de teares convencionais de lâminas, é necessário desgastar dois corpos (granalha e lâmina), para em ambos os casos desgastar (serrar) a rocha.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Quantitativa

Considerando as planilhas analisadas, o consumo de energia elétrica em quilowatts por metro quadrado de chapa serrada (kw/m^2) no tear multifio equivale à 68% do consumo no tear multilâmina. Quando consideramos os insumos cal, granalha e lâmina para o tear multilâmina e o fio diamantado para o tear multifio, a comparação será em função dos seus respectivos custos ($\text{R\$/m}^2$). De acordo com as planilhas aqui consideradas, o custo dos insumos no tear multilâmina equivale à 50,6% do custo do insumo no tear multifio. No procedimento de serrada dos dois teares necessita-se de mão de obra especializada e também de manutenção em função do desgaste da máquina, logo, a comparação desses parâmetros também é importante. Da análise das planilhas obteve-se que, no que se refere a custos de mão-de-obra e manutenção ($\text{R\$/m}^2$), o tear multifio é 26% mais barato.

Já a produtividade é um parâmetro muito importante a ser observado e está diretamente relacionada ao rendimento de cada tecnologia e nos indica a produção (m² de chapas serradas) em função do tempo de serragem (h). A produtividade do tear multilâmina equivale a 16,25% da produtividade do tear multifio. Isso significa que, enquanto o tear multifio produz 100 m², o tear multilâmina produz apenas 16,25 m², quando considerado o mesmo tempo. Pode-se observar que, para esse importante parâmetro, há uma maior discrepância quantitativa entre as duas tecnologias.

O resíduo gerado quando se considera o tear multifio é uma lama composta basicamente por pó de rocha e alguns micro cristais de diamante que vieram a se desprender do fio diamantado e água. Já no tear multilâmina, a lama contém pó de rocha, cal, água, granalha de aço ou ferro e a lâmina desgastada. Em ambos os casos, mais de 95% da água utilizada é recirculada. Foram feitos cálculos para verificar a quantidade de resíduo que é gerado nas serradas analisadas, mensurando o volume de rocha desgastada pela largura dos sulcos que são feitos no bloco, ao ser cortado com os teares em questão (aproximadamente 6,8 mm no tear multifio e 7,6 mm no tear multilâmina). Eles indicaram que aproximadamente 26% do volume do bloco é perdido na forma de resíduo fino. Mais especificamente, no tear multifio o volume de resíduo equivale a 26,35% do volume do bloco e no tear multilâmina equivale a 26,88%. Porém, no tear multilâmina os insumos utilizados também se transformam em resíduo, o que indica que a quantidade é maior que no tear multifio. Em termos quantitativos, os cálculos mostram que a quantidade de resíduo em função da quantidade de chapa produzida (kg/m²) que é gerado no tear multifio equivale à 79% do que é gerado no tear multilâmina. Além disso, na maioria das serradas são gerados casqueiros (irregularidades na largura e comprimento do bloco) que em sua grande maioria são perdidos. Quando se utiliza o tear multifio para o desdobramento do bloco, de acordo com as planilhas consideradas, essa perda equivale a aproximadamente 10% do volume do bloco, já no tear multilâmina ela corresponde a aproximadamente 15%. Em termos qualitativos há também uma grande diferença entre os resíduos gerados, já que o tear multilâmina contém resíduos metálicos dos insumos de corte que podem ser prejudiciais ao meio ambiente, enquanto que os do tear multifio são inertes.

Podemos observar tais comparações na figura 1, onde, para termos de comparação são considerados os maiores valores como 100%.

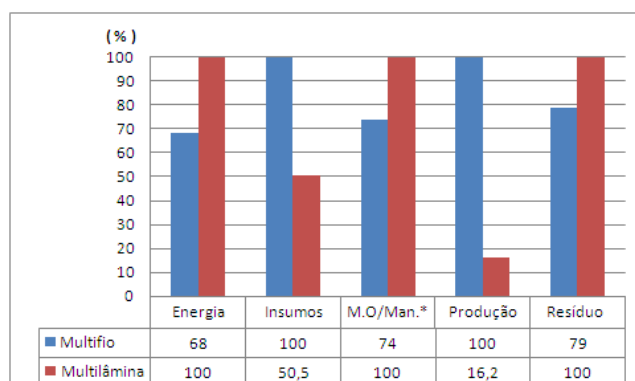


Figura 1. Gráfico comparativo.
*Mão-de-obra e Manutenção

5.2. Análise Qualitativa

Amostras de chapas de granitos comerciais, serradas utilizando as duas tecnologias, foram coletadas para análise. Os resultados foram comparados considerando as amostras da mesma rocha quando serradas com os dois teares. A figura 2 representa o resultado obtido de duas chapas do granito comercial conhecido como Branco Ceará. A amostra 1 foi obtida de uma chapa serrada no tear multilâmina, enquanto que a amostra 2, no tear multifio.

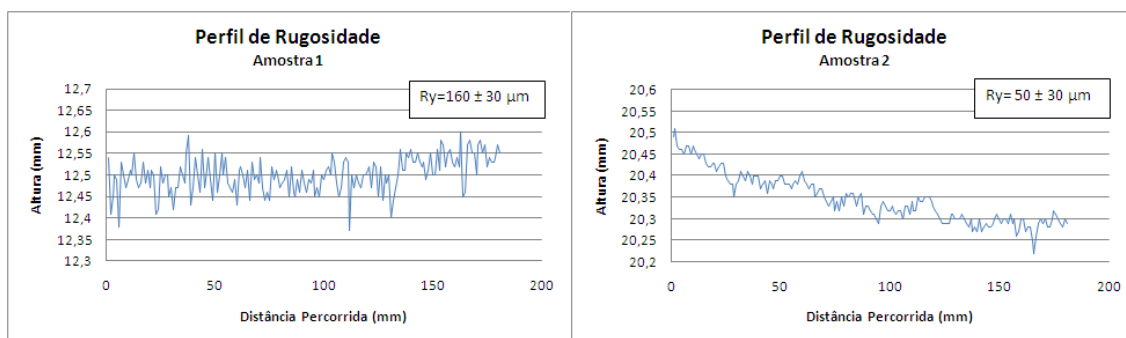


Figura 2. Perfis de rugosidade.

As chapas obtidas do processo de desdobramento (serrada) dos granitos comerciais, geralmente apresentam variações na espessura, o que não influencia na análise de rugosidade máxima (R_y). Observa-se que, R_y da amostra 1 ($160 \pm 30 \mu\text{m}$) é maior que da amostra 2 ($50 \pm 30 \mu\text{m}$). Este parâmetro (R_y) indica a rugosidade máxima da superfície. Assim, como a amostra 2 apresentou menor rugosidade máxima, pode-se inferir que a superfície é mais regular quando comparada à superfície da amostra 1. Nas amostras analisadas, as que foram desdobradas utilizando o tear multifio apresentaram rugosidade máxima menor que as desdobradas no tear multilâmina. Esse parâmetro tem influência direta no beneficiamento secundário das chapas (polimento), onde o consumo do insumo (abrasivo) é influenciado de forma direta pela rugosidade superficial das chapas.

5.3. Conclusão

Do estudo realizado, os resultados aqui apresentados mostram que o tear multifio apresenta um melhor desempenho quando comparado ao tear multilâmina, principalmente no que diz respeito à produtividade, desempenho ambiental e qualidade do produto obtido. Em contrapartida, o tear multilâmina apresenta melhor desempenho no custo de insumos que equivale à metade desse custo no tear multifio. Desta forma, devido principalmente ao alto custo do tear multifio e ao custo do fio diamantado, o custo final de produção é igual ou até maior que no tear multilâmina, porém sendo sua produção em torno de seis vezes maior, permite um retorno mais rápido do investimento, gerando mais lucro para a empresa, o que nos leva a pensar que o tear multifio poderá vir a substituir o tear multilâmina nos próximos anos.

6- AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a equipe do Núcleo Regional de Cachoeiro de Itapemirim do Centro de Tecnologia Mineral, principalmente a: Millena Basilio, Isabela Rigão, Leonardo Cattabriga, Leonardo Silveira, Pedro Vale e Jefferson Camargo pela ajuda, e em especial a Nuria Fernández Castro pela dedicação ao projeto. Ao Sr. Manuel Correia Gonçalves da empresa Pedra Rio Mármore e Granitos e os seus funcionários: Sebastião Junior Neves, Emerson Mendes, Roberto Carlos Fortes Mendes, Sarah Sanbes, ao Sr. Ewerton Faccin da empresa Granfaccin Granitos, a Murilo Agrizzi e ao CNPq pela bolsa concedida.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, Nuria. Comunicação Pessoal, 2012 (Núcleo Regional de Cachoeiro de Itapemirim – NUCI, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI)
- CHIODI FILHO, Cid. Balanço das Exportações e Importações de Rochas e de Revestimento no 1º Bimestre de 2012. São Paulo: ABIROCHAS, 2012a. 7p. (Informe n. 04/2012).
- CHIODI FILHO, Cid. Estimativa da serragem de chapas de rochas ornamentais no Brasil de 2009 a 2011. São Paulo: ABIROCHAS, 2012b. 5p. (Informe n. 05/2012).
- SILVEIRA, L. L. L. Polimento de rochas ornamentais. 1 ed; Um enfoque tribológico ao processo 2007. 203f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).