

## DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

**Jéssica Gonçalves Mathielo**

Aluna de Graduação da Engenharia de Minas, 9º período, IFES

Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2015 a julho de 2016.

[jmathielo@cetem.gov.br](mailto:jmathielo@cetem.gov.br)

**Thiago Motta Bolonini**

Orientador, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, D. Sc.

[tbolonini@cetem.gov.br](mailto:tbolonini@cetem.gov.br)

### Resumo

O Espírito Santo contribui com 72,33% das exportações de rochas manufaturadas do país, sendo que 19,53% são provenientes do município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, caracterizando-o como importante polo de beneficiamento. As rochas ornamentais manufaturadas passam pelo processo de polimento e com o objetivo de caracterizar esta etapa da cadeia produtiva, este estudo busca diagnosticar suas principais deficiências gerando informações técnicas que auxiliarão nas atividades de planejamento e desenvolvimento de novos projetos e métodos analíticos em função das práticas industriais. Para tanto, faz-se necessário realizar a caracterização completa do processo em diferentes empresas. O diagnóstico mostrou eficiência na definição de pontos críticos e, a partir dos dados gerados, foram elencadas necessidades relacionadas ao controle ou monitoramento da produção, da qualidade do polimento e das sequências abrasivas em função dos litotipos polidos, da correlação entre a qualidade do polimento e o tipo de equipamento e as configurações utilizadas, além da elaboração de métodos eficientes para o controle do consumo dos insumos e para o reaproveitamento dos resíduos gerados.

**Palavras chave:** diagnóstico, rochas ornamentais, polimento.

### DIMENSION STONE POLISHING PROCESS DIAGNOSIS

#### Abstract

The state of Espírito Santo contributes with 72.33% in exports of manufactured rocks in the country, which 19,53% are from Cachoeiro de Itapemirim-ES. Because of that, the city is an important beneficiation center. The manufactured dimension stones go through the polishing process. In order to describe this stage of the production chain, this study aims to diagnose the main weaknesses of manufactured ornamental stones by generating technical information that will help in planning activities and developments of new projects and analytical methods in terms of industry practices. Therefore, it is necessary to perform a complete characterization of the process in different companies. The diagnosis has shown success in the definition of critical points, and through the generated data were listed needs related to: the controlling or monitoring of production, the polishing quality and the abrasive sequences according to the polished rock types, the correlation between the quality of the polishing and the type of equipment and its settings used, the elaboration of efficient methods for controlling the consumption of inputs and for the reuse of waste generated.

**Keywords:** diagnosis, ornamental stones, polishing.

## **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com dados da Abirochas (2016), as exportações brasileiras de rochas ornamentais no ano de 2015 somaram 2,32 milhões de toneladas, representando um total de USD 1.209,1 milhões. Segundo o Centrorochas (2016), a representatividade do estado do Espírito Santo nas exportações brasileiras é de 81,06% (USD 980.146.640 milhões). Destaca-se que desse faturamento, USD 874.528.576 milhões, 72,33%, são provenientes das rochas manufaturadas, sendo que USD 236.112.398 milhões, ou 19,53%, são derivados do município de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

O principal acabamento dado às chapas de rochas ornamentais é o polimento, que consiste no desgaste provocado por ferramentas abrasivas sobre as chapas a fim de eliminar as superfícies irregulares geradas na etapa da serragem. Dentro desse contexto, Silveira (2007), visando compreender melhor os mecanismos envolvidos no processo de polimento de rochas ornamentais, aplicou conceitos advindos da Tribologia e, a partir das informações produzidas, foi possível comparar processos em função dos abrasivos utilizados (ALMEIDA, 2014), das variáveis operacionais como a velocidade de rotação dos satélites em uma politriz (CAMARGO, 2013) concluindo que as variáveis petrográficas das rochas são partes atuantes no processo de desgaste e que a otimização do mesmo pode implicar em aumento da capacidade produtiva e melhoria na qualidade das superfícies acabadas.

Os estudos normalmente analisam o processo de polimento de forma fragmentada testando variáveis operacionais em diferentes tipos de rocha, avaliando suas influências na obtenção do brilho e chegando até a desenvolver técnicas, conforme Bolonini et al. (2015), para a identificação de possíveis microdescontinuidades desenvolvidas ao longo da etapa de beneficiamento. Entretanto, de acordo com o maquinário, com o nível de especialização dos recursos humanos e com os tipos de insumos utilizados, as configurações inerentes a esta atividade podem sofrer alterações de empresa para empresa em função dos tipos de rochas beneficiadas. Portanto, avaliar de forma holística o processo de polimento realizado pelas empresas fornecerá embasamento técnico que auxiliará no direcionamento das atividades de planejamento e desenvolvimento de novos métodos analíticos para o setor de beneficiamento de rochas ornamentais.

## **2. OBJETIVOS**

Avaliar as principais práticas industriais relacionadas ao polimento de rochas ornamentais a fim de diagnosticar suas principais deficiências e dar subsídio técnico ao desenvolvimento de métodos analíticos que possam auxiliar no controle e no aumento da eficiência do processo.

## **3. METODOLOGIA**

O método quantitativo de pesquisa adotado foi um questionário que contempla cinco temas (maquinário, insumos, resíduos, rochas polidas e recursos humanos) de questões abertas, utilizado, segundo Manfroi (2006), quando se pretende medir opiniões, dados, atitudes, informações, etc. de um público-alvo, através de uma amostra que o represente de forma estatística. O questionário foi aplicado em 30 empresas no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, por ser este um importante polo de beneficiamento de rochas ornamentais.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram identificadas 41 politrizes que estão divididas entre as empresas que possuem equipamentos semiautomáticos (53%), automáticos (44%) e ambos (3%). A caracterização do nível de automação em função dos tipos de equipamentos utilizados mostrou que 76% das empresas visitadas possui apenas uma politriz, ficando os 24% restantes divididos entre as empresas que possuem duas (17%), três (4%) e quatro (3%) politrizes. No que se refere à produção mensal, somadas, as 30 empresas produzem cerca de 304.250 m<sup>2</sup>. A comparação entre a produção, em m<sup>2</sup>, por tipo de equipamento disponível, entre empresas que possuem apenas uma politriz, mostra que o beneficiamento com politrizes automáticas implica produção, em média, 3 vezes superior ao realizado com politrizes semiautomáticas (semi 2.312 m<sup>2</sup> e automática 10.772 m<sup>2</sup>). A eficiência e, por consequência, a produtividade das politrizes está relacionada a fatores como os tipos de rochas polidas e de abrasivos utilizados. Uma variável que está diretamente ligada à produtividade e ao desempenho, tanto dos equipamentos quanto das ferramentas abrasivas (que, na prática, não é explorada) é a velocidade de rotação dos satélites. Todavia essa variável, embora não possa ser modificada nos equipamentos atuais sem a instalação de um inversor de frequência, determina junto aos demais parâmetros a velocidade de corte e a qualidade da superfície acabada.

A eficiência dos equipamentos automáticos também se reflete na preferência dos operadores pois, para aqueles que já operaram os dois tipos, a politriz automática (84% da preferência) possui maior produtividade, maior qualidade no acabamento, maior quantidade de recursos disponíveis, melhor custo-benefício e requer menos trabalho do operador quando comparada à semiautomática. Entretanto, 16% dos operadores afirmam que a escolha depende do objetivo do processo de beneficiamento, ou seja, quando se requer produtividade, o equipamento mais indicado é o automático e quando o objetivo é a qualidade da superfície, o equipamento mais indicado é o semiautomático.

Outro fator importante, a análise da qualidade das superfícies polidas das rochas nas empresas é feita de três formas: análise visual (77%), medição do brilho (3%) e ambas (20%). A porcentagem de empresas que realiza apenas a análise visual é significativa e demonstra o caráter subjetivo e a possível incompatibilidade entre as análises de diferentes inspetores de chapas, ou seja, utilizar tecnologia de ponta para o polimento pode não representar uma vantagem competitiva se o recurso humano que avalia sua eficiência em função da superfície acabada não tiver a mesma acurácia do inspetor concorrente.

Ao questionar as empresas a respeito das influências das rochas nas configurações dos equipamentos em função de suas durezas e abrasividades nota-se que apenas a dureza é considerada no processo. Em função do aumento no valor desse parâmetro percebe-se que, geralmente, os operadores reduzem a velocidade (na semiautomática a velocidade da trave e na automática as velocidades da esteira e da trave), aumentam a carga (variando de 0 a 4 Bars) e a sequência granulométrica dos abrasivos para todos os tipos de politrizes.

A quantificação do consumo relacionado aos rebolos abrasivos foi impossibilitada pela ausência do controle desta variável nas empresas. A falta de controle se justifica pelas variações das sequências granulométricas, das composições dos abrasivos e das quantidades de metros quadrados beneficiados em função dos tipos de rocha. Tal informação indica a necessidade da adoção de rotinas de controle de consumo nas empresas e do aumento da eficiência da comunicação entre o setor produtivo e o

administrativo de modo a minimizar os custos inerentes ao processo e fornecer informações que possibilitarão a avaliação da sua eficiência.

As sequências granulométricas para os abrasivos são definidas, em sua maioria (70%), a partir de uma sequência básica dada pela empresa fornecedora e são aprimoradas pelos operadores. Do total de empresas, apenas 30% realiza esta tarefa por conta própria. Segundo os operadores, quando as marcas de abrasivos são misturadas e quando os materiais apresentam particularidades como dureza elevada, presença de microdescontinuidades e são resinados, essa tarefa é dificultada. Além dos abrasivos metálicos e resinóides, os magnesianos ainda são utilizados pela maior parte das empresas (uma ou duas granulometrias no levigamento e/ ou no polimento, geralmente 120 e/ou 220 *mesh*).

Com relação a água, as empresas não souberam informar, por exemplo, as vazões dos satélites utilizados no processo. Contudo, sabe-se que cada satélite apresenta capacidade de vazão máxima de fábrica em torno de 30 l/min. Logo, quando somados, os 402 satélites identificados pela pesquisa, apresentam potencial de consumo de 723,6 m<sup>3</sup> de água por hora. A maior parte desse recurso é proveniente de poços artesianos (73%), reservatórios (27%) e tanques de decantação (23%). Geralmente as empresas não pagam por esse recurso e, por isso, não realizam o controle do consumo na fonte. Entretanto, boa parte da água, 40% a 90% (de acordo com as estimativas das empresas) retorna para o processo sendo necessário, para tanto, o uso de floculantes e coagulantes para separá-la dos resíduos gerados que, por sua vez, são recolhidos por uma empresa terceirizada. Salienta-se que nenhuma das empresas reaproveita os resíduos do processo de polimento.

Em relação às demandas por estudos relacionados ao processo de polimento levantadas pelas empresas, pode-se constatar que as empresas sentem a necessidade do desenvolvimento de: tecnologias capazes de definir uma sequência ótima para os abrasivos por tipo de rocha beneficiada; estudos relacionados à influência da qualidade da serrada no polimento e; melhoramentos tecnológicos como sensores para reconhecimento de imperfeições (trincas, arranhões, erros de forma, etc.) durante o processo.

## 5. CONCLUSÕES

A avaliação do processo de polimento de rochas ornamentais possibilitou a identificação de diversos pontos críticos que necessitam de suporte técnico dentro desse setor. A partir do diagnóstico será possível planejar ações que auxiliarão no desenvolvimento de métodos analíticos que permitirão otimizar e aumentar a eficiência da etapa de beneficiamento como um todo.

As propriedades intrínsecas às rochas beneficiadas, na prática, se restringem às durezas relativas dos materiais. No entanto, sabe-se que, o teor de quartzo, a orientação dos minerais em relação às superfícies polidas, o grau de anisotropia, a presença de descontinuidades e o grau de alteração mineral, por exemplo, caracterizam a abrasividade que, junto à dureza, irá definir a resistência oferecida por uma rocha ao desgaste. Logo, a variação da sequência abrasiva para cada litotipo deve considerar estas propriedades.

Novos métodos de avaliação da qualidade do polimento precisam ser desenvolvidos com o objetivo de diminuir seu grau de subjetividade e aumentar as possibilidades de correlação entre a qualidade do polimento, o tipo de equipamento e as configurações utilizadas. O desenvolvimento de um método para o controle dos insumos, pode gerar a

otimização técnica e econômica do processo, por isso é importante realizar um uso racional da água e energia elétrica, bem como otimizar o uso dos abrasivos. É importante salientar, também, a necessidade do desenvolvimento de tecnologias que permitam o reaproveitamento dos resíduos, uma vez que, esse material apresenta características que podem ser empregadas em diversas áreas da construção civil.

O caráter empírico do processo de polimento, identificado a partir do diagnóstico, demonstra a necessidade do desenvolvimento e da implementação de técnicas para essa etapa do beneficiamento, além disso, cursos e treinamentos específicos podem ser ministrados a fim de aumentar o nível de conhecimento dos operadores e das empresas acerca do maquinário, das rochas e dos insumos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ (proc. n° 313857/2014-8 e 102521/2015-8), ao CETEM, NR-ES e às empresas de beneficiamento de rochas de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. F. **Estudo comparativo do polimento de “granitos” com diferentes tipos de abrasivos**. 2014. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/17-05\\_materia1\\_3.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/17-05_materia1_3.pdf)>. Acessado em: 6 de junho de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (ABIROCHAS). **Balanco das exportações e importações de rochas de janeiro a agosto de 2015**. São Paulo. Disponível em: <[http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve\\_id=3609](http://www.abirochas.com.br/noticia.php?eve_id=3609)>. Acessado em: 25 de janeiro de 2016.

BOLONINI, T. M.; SILVEIRA, L. L. L.; MATHIELO, J. G.; LEITAO, V. M. F. 2015 **Inspeção por líquidos penetrantes em placas polidas de rochas para revestimento: detecção de descontinuidades**. In: XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2015, Poços de Caldas - MG. Anais do XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2015.

CAMARGO, J. L. **Influência das propriedades petrográficas na qualidade do polimento de rochas ornamentais**. 2013. 201f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013.

CENTRO BRASILEIRO DOS EXPORTADORES DE ROCHAS ORNAMENTAIS (CENTROROCHAS). **Dezembro de 2015: Informativo das exportações de rochas**. Vitória. Disponível em: <<http://www.centrorochas.org.br/site/images/informativo%20dezembro%202015.pdf>>. Acessado em: 25 de janeiro de 2016.

MANFROI, J. **Métodos e técnicas de pesquisa**. Campo Grande: UCDB/EAD, 2006. 37 p.

SILVEIRA, L. L. L. **Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo**. 2007. 205f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.