

# **CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM FIO DIAMANTADO: HISTÓRICO E PRINCIPAIS ASPECTOS**

## **CUTTING DIMENSION STONE WITH DIAMOND WIRE: MAIN ASPECTS AND HISTORIC**

**Taynara Lobato Moreira**

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas do 10º período, IFES  
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2019 a julho de 2020, taynaralmoreira@hotmail.com

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

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

### **RESUMO**

A técnica de corte de materiais rochosos com o uso de fio diamantado iniciou-se na Itália e representou um avanço tecnológico para o setor. Os mármore, que são rochas macias e pouco abrasivas, foram os primeiros materiais a serem extraídos com o uso do fio. A serragem dos granitos, que são materiais que apresentam alta abrasividade, aconteceu anos depois com o melhoramento do fio diamantado. No Brasil, essa técnica é amplamente utilizada na extração dos blocos de rochas na lavra e, mais recentemente, vem sendo utilizada no desdobramento dos blocos em chapas através dos teares multifio. Porém, a maioria das ferramentas diamantadas são importadas, com exceção de algumas empresas que fabricam tais materiais, além de existirem poucos estudos nacionais de cunho científico em relação ao uso adequado do fio considerando as heterogeneidades dos litotipos. O objetivo dessa pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico do uso do fio diamantado no setor de rochas ornamentais e apresentar alguns estudos já realizados, para contribuir como base teórica do projeto de construção do simulador de desgaste de pérolas diamantadas (SDPD) que vem sendo desenvolvido pelo CETEM-NRES, este que irá contribuir para pesquisas voltadas para o aumento do desempenho da ferramenta de corte e novas alternativas composicionais para a confecção das pérolas.

**Palavras-chave:** Rochas ornamentais; Fio diamantado, Simulador.

### **ABSTRACT**

The technique of cutting rocky materials using diamond wire started in Italy and represented a technological advance for the dimension stone sector. Marbles, which are soft stones with low abrasiveness, were the first materials to be extracted using wire. The granites sawing, which are materials that present high abrasiveness, happened years later with the improvement of diamond wire. In Brazil, this technique is widely used in the extraction of stone blocks in mining and, more recently, has been used in the cutting of blocks into slabs through multi wire saw machine. However, most diamond tools are imported, with the exception of some companies that produce such materials, besides there are few national studies of a scientific nature in relation to the proper use of the wire considering the heterogeneity of the lithotypes. The objective of this research is to conduct a bibliographic survey of the use of diamond wire in the dimension stone sector and to present some studies already conducted, aiming at the contribution as a theoretical basis in the construction project of the diamond beads wear simulator (SDPD) that has been developed by CETEM-NRES, which will support researches aimed at the increasing performance of the cutting tool and new compositional alternatives for the beads manufacture.

**Keywords:** Natural stone, diamond wire, simulator.

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 2019, o Brasil exportou rochas ornamentais para 119 países somando US\$ 1.012.059,91 sendo os EUA responsável por 62% do total desse faturamento registrando cerca de US\$ 730/t de chapas. O Espírito Santo se destaca como o principal estado exportador brasileiro, respondendo com um faturamento de US\$ 827,7 milhões (ABIROCHAS, 2019). O setor representa grande relevância para a economia do País e sua cadeia produtiva apresentou uma evolução significativa ao longo dos anos, principalmente no que tange as técnicas utilizadas para o corte dos materiais rochosos. Nesse sentido, destaca-se o uso do fio diamantado que possibilitou o aumento da produtividade, tanto na fase de lavra, que compreende a extração dos blocos de rocha, como no beneficiamento primário que corresponde o desdobramento dos blocos em chapas. O corte com o fio diamantado aumentou a qualidade do produto final, pois melhora a geometria do corte e, além de agilizar o processo, reduz os níveis de vibração, poeira e ruído se comparado com outros métodos (VIDAL, 1999). Apesar de apresentar bons resultados para o setor, ainda é necessário a realização de estudos mais aprofundados no que se refere ao uso mais apropriado do fio, como por exemplo, a interação entre as propriedades da rocha e as variáveis do processo de corte. Um fator limitante para as pesquisas é o custo do fio que inviabiliza os estudos em escala industrial. Nesse sentido, o CETEM desenvolve um projeto para a construção de um Simulador de Desgaste de Pérolas Diamantadas (SDPD), este que tem o objetivo de testar o procedimento de corte das rochas em escala laboratorial, e ensaiar novas alternativas composicionais para a confecção das pérolas diamantadas, visando os aspectos ambientais e redução dos custos.

## 2. OBJETIVOS

Realizar um estudo bibliográfico da utilização do fio diamantado no setor rochas ornamentais, a fim de contribuir como base teórica para o projeto de construção do Simulador de desgaste de pérolas diamantadas (SDPD) desenvolvido pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/NRES.

## 3. METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas referente a utilização do fio diamantado no setor de rochas ornamentais, levantamentos comparativos, e apresentação de estudos relevantes voltados para o aperfeiçoamento da técnica de corte e ao desenvolvimento de alternativas composicionais das pérolas diamantada.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Breve Histórico

Nós anos 80, a empresa *Diamant Boart* desenvolveu o primeiro fio diamantado dando início ao corte de mármore na região de Carrara – Itália (DIAMANT BOART, 2008). Tais fios eram compostos de pérolas de diamante galvanizadas, montados com molas, espaçadores e prensas. Anos depois surgiram as pérolas sinterizadas que apresentavam menor custo. Com a plastificação do fio surgiu a ideia de realizar o corte primário de blocos de granito, porém o desdobramento dos blocos ainda era inviável, considerando que o diâmetro padrão do fio era de 11 mm e para produzir chapas de 1,5 cm representava uma perda de 40% do material. Em pouco tempo, surgiram fabricantes que começaram a produzir máquinas mais estruturadas para o corte com o fio diamantado (CAI, 2013).

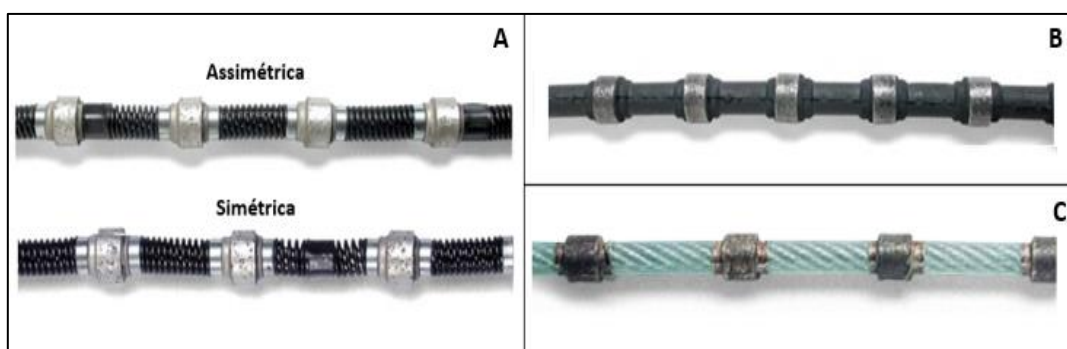
O advento do fio diamantado foi substituindo a utilização do fio helicoidal devido as limitações apresentadas no uso dessa técnica, o alto custo do abrasivo e o tempo de corte. No Brasil, o uso do fio diamantado teve início em 1984 para o corte de mármore e em 1990 para granitos. A partir de 2005, através das trocas de experiências entre colaboradores e gestores das empresas de mineração e os fornecedores de fio, houve um grande avanço na tecnologia do corte aumentando a velocidade e vida útil das pérolas, logo deu-se início a utilização do fio para o desdobramento dos blocos em chapas. As máquinas de corte também evoluíram, passando de hidráulicas para elétricas automatizadas e, em seguida, para equipamentos híbridos a elétricos

com tensionamento do fio por contrapeso. Atualmente, nas empresas de rochas ornamentais o uso dos teares multifios permite que os blocos sejam serrados em chapas de diversas espessuras (VIDAL et al., 2014).

Souza *et al.* (2012) realizaram um estudo comparativo das duas técnicas de corte, teares multifio e multilâmina, em termos de rendimento, qualidade dos produtos, consumo de insumos e desempenho ambiental. Os resultados obtidos indicam que a cala do tear multifio é maior que a do multilâmina, enquanto o tear multifio produz 100 m<sup>2</sup> tem-se apenas 16,25 m<sup>2</sup> serrados pelo multilâmina para o mesmo intervalo de tempo. Os resíduos gerados pelo multifio são compostos basicamente de pó de rocha, micro cristais de diamante que se desprendem da pérola e água, sendo considerado inerte. Já para o multilâmina, tem-se pó de rocha, cal, água, granalha de aço ou ferro e a lâmina desgastada. Em termos quantitativos os resíduos do multifio representam, em função da quantidade de chapa produzida (kg/m<sup>2</sup>) cerca de 79% do que é gerado no tear multilâmina. Em relação ao consumo de energia elétrica em kw/m<sup>2</sup> de chapa, o tear multifio apresenta 68% do consumo no tear multilâmina.

## 4.2 Fio Diamantado

A composição do fio varia com a sua utilização, para a extração de mármore as pérolas são separadas por molas metálicas e podem ser dispostas de maneira simétrica ou assimétrica (Figura 1A) ao longo do cabo de aço galvanizado, que é o suporte do fio. Para a extração de granitos utiliza-se borracha vulcanizada (Figura 1B) que suporta com mais facilidade as variações de temperatura, protege o cabo de aço da lama abrasiva do corte e, por ser mais flexível, diminui o risco de ovalização da pérola. Nesses casos o diâmetro das pérolas varia de 10 a 11 mm. Já para as máquinas de multifio, o fio é injetado com plástico transparente (DIAMANT BOART, 2008). As pérolas são constituídas por um anel de aço revestido por uma pasta metálica, que pode ser depositada por meio de eletrodeposição ou sinterização, ela é composta por uma liga metálica e grãos de diamante, responsáveis pelo corte. Durante o processo o diâmetro da pérola diminui até atingir o anel e o elemento ligante da pérola é responsável pela aderência do diamante, sua dureza pode variar de acordo com o material a ser serrado. O número de pérolas no fio pode variar de 32 a 40 por metro (REGADAS, 2006).



**Figura 1:** (A) fios para extração de mármore, (B) fio para a extração de granitos e (C) fio para as máquinas de multifio (DIAMANT BOART, 2008).

Em 2014, estimava-se que em 2020 os teares multifio teriam substituído um terço dos teares de lâminas, considerando que, a produtividade era seis vezes maior e a geração de resíduos era menor, ainda que o custo de aquisição representasse o dobro do tear convencional (VIDAL et al., 2014). Superando as expectativas, atualmente, segundo a ABIROCHAS (2019) o País conta com 470 teares multilâmina operantes e 360 teares multifio, sendo 330 destes, somente no estado do Espírito Santo. Estima-se que a capacidade instalada do parque brasileiro de serragem é de 90 milhões m<sup>2</sup>/ano.

## 4.3 Estudos Importantes

Vidal (1999) realizou um estudo, em parceria com a Universidade de Cagliari na Itália, com o objetivo de analisar o emprego da técnica de extração por fio diamantado em pedreiras de rochas ornamentais no estado do Ceará, através da avaliação das pérolas diamantadas fabricadas

pelas indústrias de elementos abrasivos, analisando a velocidade de corte e o desgaste. Os ensaios foram realizados em um equipamento construído em 1990 e adaptado anos depois pelos pesquisadores do Departamento de Geoengenharia e Tecnologia Ambiental da universidade italiana, a metodologia do ensaio consiste em submeter o anel de pérolas a diferentes solicitações simulando as condições operacionais de uma máquina industrial. Vale destacar a importância de testar as pérolas em escala laboratorial, visto que existe a dificuldade de realizar a avaliação do corte na mina. O autor obteve resultados significativos, a saber: existe uma forte relação entre as características das rochas com a velocidade de corte e o consumo da pérola, em particular observa-se o percentual de quartzo que, em maior quantidade, reduz a velocidade de corte e aumenta o desgaste da pérola; Um mesmo fio diamantado pode apresentar variação de diâmetro, distribuição, e número de diamantes por pérola, evidenciando que as empresas que fabricavam os fios, nessa época, não apresentavam controle de qualidade rígido e também, uma estrutura laboratorial para estudar o desgaste das pérolas, considerando a heterogeneidade dos granitos.

As ferramentas diamantadas em sua grande maioria são importadas, tornando necessário a nacionalização da produção de tais itens que, além de proporcionar um avanço tecnológico para o País, também irá reduzir os custos de corte dos materiais rochosos. De Oliveira (2005) estudou o sistema Fe-Cu como matriz ligante para a produção de pérolas diamantadas, considerando que esses materiais são pós amplamente disponíveis no mercado nacional a baixo custo. A partir dos ensaios de dureza e resistência à abrasão dessas pérolas o autor concluiu que é possível produzir pérolas de boa qualidade atingindo resistência à abrasão da mesma ordem de algumas pérolas comerciais importadas. Marcon *et al.* (2013) demonstrou o processo metodológico de confecção de pérolas diamantadas à base de resina poliuretana vegetal como elemento ligante, substituindo as ligas de pós metálicos sinterizados, os autores prepararam 28 pérolas que foram testadas no equipamento de desgaste de pérolas para fio diamantado do *Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura – DICAAR* da Universidade de Cagliari, na Itália. Os resultados dos ensaios ainda não foram publicados, segundo os autores é necessário realizar estudos comparativos de rendimento entre as pérolas de resina vegetal e as sinterizadas, além de um estudo de viabilidade econômica.

Durante o processo de corte alguns diamantes se desprendem da matriz metálica e se unem a lama de resíduo, nesse contexto, Souza e Vidal (2013) analisaram a viabilidade técnica de recuperar o diamante sintético do resíduo oriundo da serragem de rochas ornamentais em teares multifio, através do processo de concentração baseado em densidade e susceptibilidade magnética. A análise preliminar do estudo mostrou que é viável tecnicamente considerando a porcentagem de diamante nas concentrações que foi de 44,86 g/T (gramas de diamante por tonelada de resíduo), a forma cubo-octaédrica (quase intactos) e a granulometria. Dando continuidade a linha de pesquisa Egramphonte *et al.* (2019) traçou uma nova rota de recuperação dos diamantes sintéticos através do uso da mesa de concentração e separação em meio denso e realizou o comparativo com os diamantes oriundos do resíduo e os obtidos de pérolas novas. Os resultados da concentração apresentaram uma quantidade de 60,6 g/T, e o comparativo mostrou que os diamantes possuem características parecidas, principalmente a faixa granulométrica. Esses estudos foram desenvolvidos pelo CETEM- NRES, e pretende-se utilizar o diamante sintético recuperado para produzir pérolas diamantadas a base resina de vegetal.

## 5. CONCLUSÕES

Considerando a importância das técnicas de corte com uso do fio diamantado para o setor de rochas ornamentais brasileiro fica evidente a necessidade de realizar mais estudos com embasamento científico no que tange a interação da rocha com o elemento cortante, considerando que as rochas possuem características próprias e que cada material rochoso apresenta um comportamento diante as solicitações do corte. Aliado a essas pesquisas, o simulador irá contribuir para a nacionalização da confecção das ferramentas abrasivas, considerando que as indústrias não possuem estrutura laboratorial para testar as ferramentas

produzidas. Ressaltando, também, a importância de testar novos traços composicionais para a matriz ligante da pérola diamantada utilizando co-produtos da mineração, resinas oriundas da biomassa, e o reaproveitamento do diamante sintético, representando um ganho considerável tanto no aspecto ambiental quanto mercadológico.

Para trabalhos futuros sugere-se um maior detalhamento do SDPD, assim como uma análise dos parâmetros operacionais existentes no processo de corte com fio diamantado tanto na lavra, quanto no beneficiamento das rochas ornamentais, a fim de garantir a reprodução das condições verificadas em campo para o teste em laboratório.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida (Proc.: 136278/2019-1).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2019**. Disponível em < [https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Informe-01\\_2020-Balan%C3%A7o-2019.pdf](https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Informe-01_2020-Balan%C3%A7o-2019.pdf) >. Acesso em 17 de junho de 2020.

CAI, O. **Ricordando gli inizi: dalla “bicicletta” alle multifilo**. *Diamante: Applicazioni & Tecnologia*. Vol. 73, 6-7p., 2013.

DE OLIVEIRA, L. J. **Processamento E Caracterização Do Sistema Fe-Cu-Diamante Para Uso Em Pérolas De Fios Diamantados**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 166p., 2005.

DIAMANT BOART. **Ferramentas diamantadas para a indústria da pedra**. Catálogo, 2008. 83p.

EGRAMPHONTE, G.; VIDAL, F. W. H.; SILVEIRA, L. L. L. **Análise qualitativa dos diamantes oriundos dos resíduos de teares multifios para fins de reaproveitamento = Qualitative analysis of the diamonds originating from the tailings of multiwirw saw machine aiming their reutilization**. In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 27. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.

MARCON, D. B.; VIDAL, F. W. H.; SILVEIRA, L. L. L. **Processo metodológico de confecção de pérola diamantada com a utilização de resina vegetal**. IN: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21, 2013. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

REGADAS, I. C. M. C. (2006). **Aspectos Relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais com Fio Diamantado no Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 130p.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H. **Análise da recuperação do diamante oriundo do resíduo de teares multifio**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. **Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de granitos comerciais**. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20. Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: CETEM, 2012.

VIDAL, F. W. H. **Estudo dos Elementos Abrasivos de Fio Diamantado para a Lavra de Granitos do Ceará**. Tese de Doutorado, São Paulo, 1999, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Deptº de Eng. de Minas, São Paulo, 173p., 1999.

VIDAL, F. W. H. et al. **Lavra de rochas ornamentais**. In: *Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap.4, p.155-257.