

# APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA À BASE DE ÓLEO DE MAMONA NO PROCESSO DE ENVELOPAMENTO DE BLOCOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

## APPLICATION OF POLYURETHANE RESIN BASED ON CASTOR OIL IN THE DIMENSION STONE BLOCK RESIN INFUSIONPROCESS

**Taynara Lobato Moreira**

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas do 6º período, IFES  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2017 a julho de 2018,  
taynaralmoreira@hotmail.com

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

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

### RESUMO

A técnica de envelopamento de rochas ornamentais consiste em envolver o bloco com camadas de resina epoxídica com cargas minerais e mantas de fibra de vidro. A crescente demanda por inovações tecnológicas sustentáveis, que contribua para o aumento da ecoeficiência do setor mineral, exige a busca por alternativas ecológicas. No que se refere ao processo de envelopamento dos blocos das rochas ornamentais, a substituição da resina epóxi por uma poliuretana à base de óleo de mamona, além de proporcionar um diferencial mercadológico, aumentará a competitividade da indústria nacional ao exportar chapas tendo um produto de origem vegetal compondo uma fase de seu processamento. Para a realização desta pesquisa, foram comparados os valores de resistência à tração obtidos em três litotipos, sendo esses um quartzito, um jaspelito e um pegmatito, resinados com epóxi e poliuretana. Os resultados obtidos corroboraram trabalhos anteriores que mostraram uma íntima relação entre a resistência à tração com a composição mineralógica da rocha. Rochas silicáticas apresentam maiores valores dessa variável quando envelopadas com resina epoxídica. Porém, os maiores resultados obtidos em duas das três rochas estudadas foram quando as mesmas foram envelopadas com resina de mamona sem carga. Tal constatação permite inferir que a substituição da resina epóxi por poliuretana de mamona é viável, porém necessitando ainda de maior detalhamento.

**Palavras chave:** Envelopamento, resina, poliuretana, mamona.

### Abstract

The enveloping technique of dimension stones consists of wrapping the block with layers of epoxy resin with mineral fillers and fiberglass blankets. The growing demand for sustainable technological innovations, which contribute to increasing the eco-efficiency of the mineral sector, requires the search for ecological alternatives. As regards the process of enveloping the blocks of dimension stones, the replacement of epoxy resin for an oil-based polyurethane of castor bean, besides providing a market differentiator, will increase the competitiveness of the national industry to export slabs having a product of vegetable origin as part of the process. To carry out this survey, were compared the tensile strength values obtained in three lithotypes: a quartzite, a jaspelite and a pegmatite, all epoxy and polyurethane resinated. The results corroborate previous work that showed a close relationship between the tensile strength with the mineralogical composition of the stone. Silicate rocks present higher values of this variable when enveloped with epoxy resin. However, the best results in two of the three rocks studied were when they were enveloped with castor bean resin. This finding allows us to infer that the substitution of epoxy resin by castor bean polyurethane is feasible, but still requires more detail.

**Keywords:** Enveloping, resin, polyurethane, castor oil.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil exportou no ano de 2017 cerca de 2,36 milhões de toneladas de rochas ornamentais para 117 países, onde os três principais destinos foram EUA, China e Itália. O estado do Espírito Santo respondeu por 81,7% do total do faturamento e 76,2% do total do volume físico dessas exportações (ABIROCHAS, 2018). Esses dados mostram a importância do setor de rochas ornamentais para a economia do País.

O desenvolvimento de técnicas para o beneficiamento primário das rochas ornamentais, como o envelopamento dos blocos, possibilitou em um melhor tratamento dos materiais, principalmente daqueles considerados frágeis e de baixa coesão como, por exemplo, alguns mármore, quartzitos e os pegmatitos. O procedimento de envelopar o bloco antes do processo de serragem tem o objetivo de aumentar a resistência físico-mecânica do material a fim de garantir que as chapas obtidas não se fraturem.

O sistema de reforço é composto por uma mistura de resina epóxi com cargas minerais e também por mantas de fibra de vidro que, em conjunto, envolvem o bloco. Não existem parâmetros na literatura que definam um valor mínimo de adesividade do sistema resina/rocha que assegure a eficiência do envelopamento. A resina epóxi utilizada pela indústria é composta por matéria prima de origem mineral e não renovável, e ainda, possui em sua composição Bisfenol A e Epicloridrina, compostos que não são consonantes com a temática do desenvolvimento sustentável almejado por todos os setores industriais da atualidade. Na busca pela ecoeficiência do mercado de rochas ornamentais, percebeu-se a necessidade de encontrar um processo alternativo para o envelopamento dos blocos, que é a substituição da resina epóxi por uma resina atóxica a base de vegetal que, além de tornar a atividade laboral mais segura, agregue valor ao produto final representando um diferencial mercadológico em nível mundial das rochas ornamentais brasileiras.

Estudos preliminares do uso de uma resina poliuretana à base de óleo de mamona no envelopamento de blocos de rochas ornamentais, realizados em um mármore e um quartzito, apresentaram resultados promissores, cujos valores de resistência à tração dos sistemas de reforço compostos por resina epóxi em comparação com a resina de mamona nesses materiais mostraram diferenças. Isso se deve, principalmente, a composição mineralógica das rochas, visto que a rocha de composição silicática (quartzito) apresentou maiores valores de resistência à tração quando resinada com resina epoxídica, enquanto que o sistema resina vegetal/mármore apresentou maiores valores nesse quesito. Dessa forma, pode-se inferir que as características petrográficas de cada rocha, bem como zonas de fraquezas e grau de alteração dos mesmos atuam como fatores condicionantes para a adesividade do sistema resina/rocha (SILVEIRA, et. al, 2018).

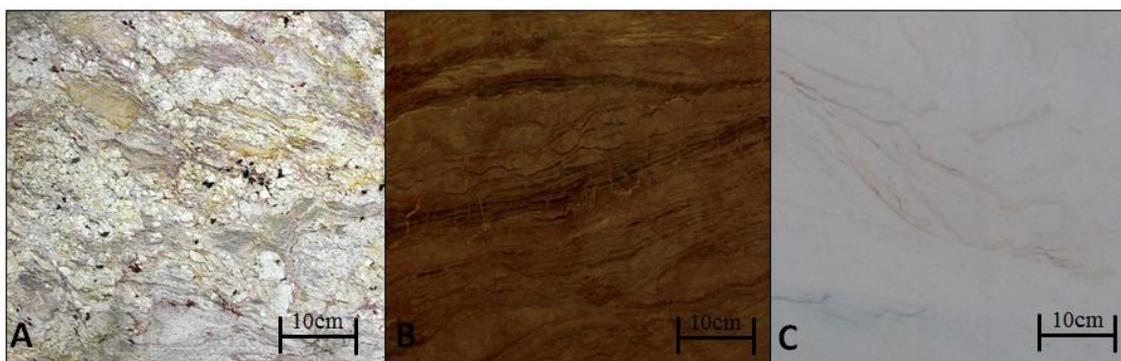
## 2. OBJETIVOS

O objetivo dessa pesquisa é contribuir na continuação do estudo desenvolvido pelo Núcleo Regional do Cetem no Espírito Santo (NR-ES) que visa analisar a viabilidade de substituição da resina epóxi por poliuretana de mamona no processo de envelopamento de blocos de rochas ornamentais, por meio da medição da resistência à tração de três tipos litológicos de composição silicática.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Materiais

Para a realização dessa pesquisa, foram selecionados três tipos litológicos de composição silicática compadões texturais e estruturais específicos, e que comumente são envelopados pela indústria devido à fragilidade que tais materiais apresentam no processo de serragem. Foram coletadas 18 amostras ao todo, cortadas em placas quadradas com dimensões de 50 cm de aresta e com 5 cm de espessura. Foram utilizadas seis amostras de cada rocha, sendo estas um pegmatito, um jaspelito e um quartzito conhecidos comercialmente como *Typhoon Bordeaux*, *Bronzite* e *Sky Gold*, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1:** Amostras das rochas *Typhoon Bordeaux* (A), *Bronzite*(B) e *Sky Gold*(C).

Para o sistema de reforço as resinas utilizadas foram de dois tipos, a primeira epoxídica e a segunda poliuretana à base de óleo de mamona. Como cargas minerais foram utilizadas talco e calcário, juntamente com a manta de fibra de vidro que também é usada no processo de envelopamento realizado pela indústria. Para a realização dos furos nas amostras, utilizou-se uma serra copo de bancada que pertence as IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, e para o ensaio de resistência à tração usou-se o aparelho de arrancamento com manômetro digital acoplado de marca Solotest.

### 3.2. Método

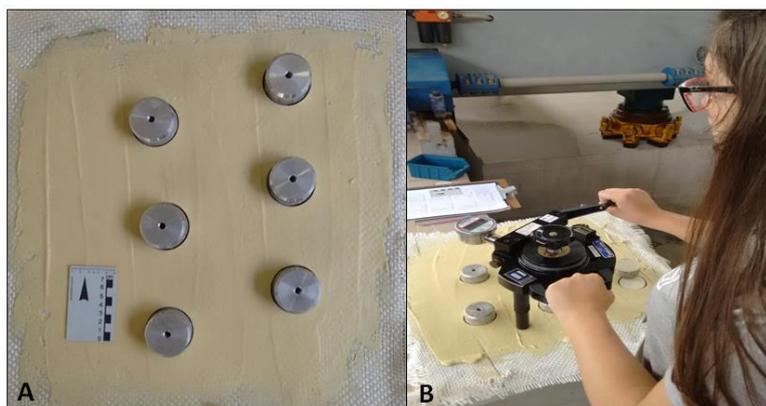
No processo de preparação das amostras foram definidos seis traços a serem trabalhados conforme a Tabela 1. Para a resina de mamona seguiu-se as recomendações do fabricante, que é relação polioliol e pré-polímero 1:1.2. Para a resina epóxi e as cargas minerais adotou-se a proporção utilizada pelos profissionais que realizam o envelopamento na indústria, que é resina e endurente 1:0.5.

**Tabela 1:** Composição dos traços utilizados nessa pesquisa.

Traços	RE (g)	Catalisador (g)	RPMP (g)	RPMP (g)	Talco (g)	Calcário (g)	MFV (camada)
T1	110	55	-	-	-	-	-
T2	110	55	-	-	88	176	-
T3	110	55	-	-	88	176	1
T4	-	-	75	90	-	-	-
T5	-	-	75	90	88	176	-
T6	-	-	75	90	88	176	1

Legenda: RE - Resina epóxi; RPMP – Resina poliuretana de mamona (poliol); RPMP (g) - Resina poliuretana de mamona (pré-polímero); MFV - Manta de fibra de vidro.

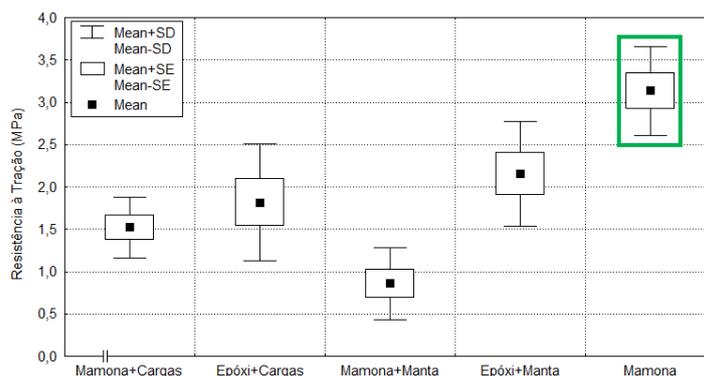
Para a aplicação das resinas, as amostras de rocha foram inicialmente limpas com vista a retirar resíduos a fim de proporcionar uma maior aderência do sistema de reforço na rocha. O tempo de cura para cada traço foi de, no mínimo, 48 horas e a norma utilizada foi a ABNT NBR 13528:2010 - "Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração" (Adaptada). Foram realizados seis furos com 50mm de diâmetro, espaçamento mínimo de 60mm entre cada furo e profundidade de aproximadamente 5mm. Em seguida, as amostras foram novamente limpas para a colagem das pastilhas e após 24 horas de espera para a fixação, efetuou-se o ensaio de resistência à tração com auxílio do equipamento de arrancamento que fornece as cargas de ruptura pelo manômetro digital (Figura 2).



**Figura 2:** Amostra pronta para o ensaio de resistência à tração (A) e ensaio de arrancamento sendo realizado (B).

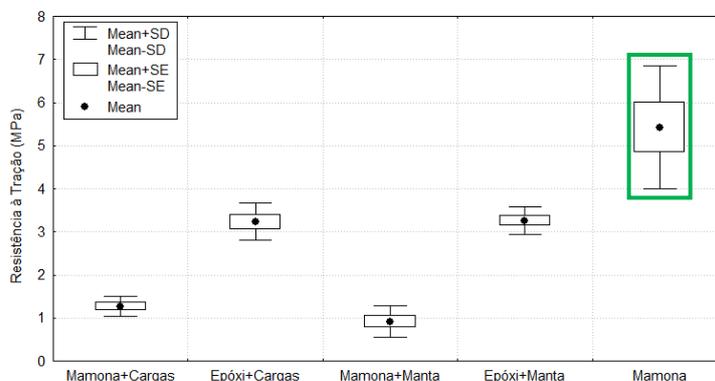
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos a seguir mostram os resultados obtidos nos ensaios de arrancamento realizados para as três rochas ornamentais estudadas. Vale ressaltar que as rochas quando resinadas com epóxi apenas não apresentaram cura total até depois de 30 dias. Por isso que nos gráficos a seguir não apresentam tais resultados. A resina poliuretana de mamona apresentou os melhores resultados de resistência à tração no pegmatito. Além da dispersão dos valores terem ficado em limites similares aos outros, a tensão de ruptura do corpo de prova resinado só com mamona foi novamente superior aos outros grupos (Figura 3).



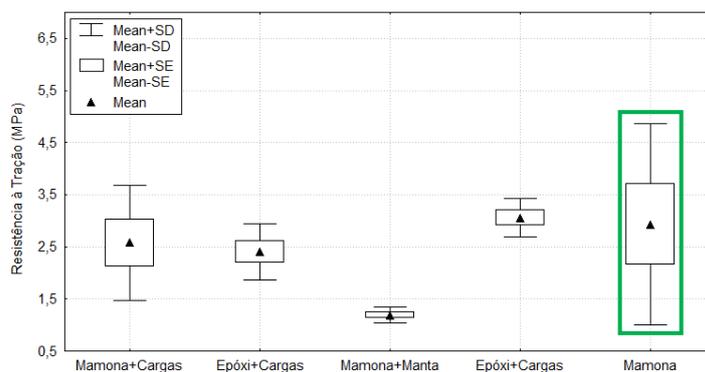
**Figura 3:** Resultados da resistência à tração do pegmatito *Typhoon Bordeaux*.

É possível notar que para o jaspelito os maiores valores de resistência à tração foram verificados para a amostra resinada só com mamona. Apesar de ter apresentado a maior dispersão dos resultados os valores obtidos para esse grupo foi superior a 1 MPa em relação aos outros (Figura 4).



**Figura 4:** Resultados da resistência à tração do jaspelito *Bronzite*.

Para o quartzito estudado, a dispersão dos resultados referentes ao grupo resinado apenas com mamona foi alta. Embora a média tenha ficado muito próximo ao maior valor obtido (Epóxi+Cargas), essa variação dos dados infere que o risco de não se conseguir a repetibilidade de valores mínimos é alto (Figura 5).



**Figura 5:** Resultados da resistência à tração do quartzito *Sky Gold*.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante do que foi apresentado neste trabalho é possível concluir que a resina poliuretana de mamona mostrou melhor comportamento frente a solicitações trativas, quando comparada com a resina epóxi, em duas das três rochas estudadas. O fato de que os maiores resultados de resistência à tração foram obtidos em amostras resinadas apenas com mamona, sem nenhuma carga ou manta, sugere um estudo pormenorizado quanto a real possibilidade de uso dessa resina para essa finalidade por esse setor industrial. Além desse fato, as rochas escolhidas para essa pesquisa eram de composição silicática e os resultados corroboraram estudos anteriores quanto a valores de resistência à tração nesse tipo de rocha em relação ao epóxi e mamona. Como sugestões para trabalhos futuros pretende-se estudar a viabilidade econômica de aplicação de resina de mamona pura, pesquisar resíduos oriundos do processamento de rochas ornamentais ou de outros setores industriais para verificar sua possível aplicação como cargas, preservando assim o aspecto de sustentabilidade e em consonância aos conceitos de economia circular, bem como comparar tais resinas em um grupo de rochas ornamentais com composição carbonática.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida, aos profissionais do CETEM e IFES e às empresas Decolores e Magban.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017**. Disponível em <<http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/03/Informe-01-2018-Balanco-2017.pdf>>. Acesso em 20 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2010.

SILVEIRA, L.L.L.; FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, P.F. **Application of castor oil polyurethane resin in the dimension stone block infusion reinforcement process**. In: Global Stone Congress 2018, Ilhéus, BA, Brazil.