

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO SISTEMA ROCHA-RESINA POLIURETANA DE MAMONA NO PROCESSO DE ENVELOPAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS CARBONÁTICAS

EVALUATION OF THE TENSILE STRENGTH OF THE SYSTEM ROCK-POLYURETHANE RESIN OF CASTOR OIL IN THE PROCESS OF WRAPPING OF CARBONATIC DIMENSION STONES

Taynara Lobato Moreira

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas do 8º período, IFES

Período PIBIC/CETEM: agosto de 2018 a julho de 2019

taynaralmoreira@hotmail.com

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

Orientador, Geólogo, D.Sc.

leolysil@cetem.gov.br

RESUMO

A crescente busca pela ecoeficiência do setor de rochas ornamentais exige alternativas ecológicas para as etapas de beneficiamento dos materiais rochosos, como o envelopamento dos blocos, que consiste em circundar o bloco por um sistema de reforço composto por resina epóxi com cargas minerais e camadas de manta de fibra de vidro. A substituição da resina epoxídica pela resina poliuretana à base de óleo de mamona nesse procedimento, além de alavancar a competitividade do ramo no quesito exportação de chapas de rochas contendo um produto de origem vegetal em uma fase do seu processamento, representará um diferencial mercadológico para os materiais brasileiros. Nesta pesquisa, comparou-se os valores de resistência à tração do sistema de reforço composto por variações de resina epóxi e mamona, cargas minerais e camadas de manta de fibra de vidro, na rocha em três litotipos de composição carbonática. Os resultados obtidos mostram que a resina de mamona, quando usada com cargas minerais e a manta de fibra de vidro, apresenta valores inferiores a epóxi, corroborando com estudos anteriores a respeito do comportamento da resina de mamona pura. Portanto, pode-se inferir a necessidade de pesquisas voltadas para a substituição das cargas minerais utilizadas pela indústria, principalmente considerando os conceitos de Economia Circular.

Palavras chave: Envelopamento, resina, poliuretana, mamona.

ABSTRACT

The seeking for eco-efficiency in the dimension stone sector requires ecological alternatives for the processing stages of the materials, as the case of the block wrapping process, which consists of surrounding the block by a reinforcement system composed of epoxy resin with mineral fillers and a fiberglass net. The substitution of the epoxy resin by the polyurethane resin based on the castor oil, besides improving the competitiveness for the exportation of rock slabs, will represent a market differential for the Brazilian materials, once a product of vegetable origin is used at the processing stage. In this research, the values of tensile strength of the reinforcement system composed of epoxy resin or castor oil resin, mineral fillers and fiberglass net were compared in three different lithotypes from carbonatic composition. The results obtained show that the resin of castor oil, when used with mineral fillers and the fiberglass net, presents values inferior to epoxy, corroborating with previous studies on the behavior of castor oil resin. Therefore, there is a need for further research aiming to replace the mineral fillers used by industry, especially considering the concepts of Circular Economy.

Keywords: Enveloping, resin, polyurethane, castor oil.

1. INTRODUÇÃO

No primeiro trimestre de 2019 as exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimentos somaram cerca de US\$ 223,2 milhões apresentando uma variação positiva, pela primeira vez desde 2013, de 8,29% com relação ao mesmo período do ano anterior. Os mármore são entre os materiais mais desejados apresentando um crescimento de 40% nas exportações de chapas e 56%, em volume físico, de blocos (ABIROCHAS, 2019). Essas informações indicam a relevância econômica das rochas ornamentais para o País. O tratamento dos blocos de rochas ornamentais, extraídos na fase de lavra, possibilitou um melhor aproveitamento dos materiais rochosos, principalmente, aqueles considerados frágeis, com trincas acentuadas ou de baixa coesão como os pegmatitos, alguns mármore e quartzitos. O envelopamento dos blocos é um procedimento realizado antes do seu desdobramento em chapas e consiste em um sistema de reforço composto por resina epoxídica, cargas minerais e camadas de manta de fibra de vidro que envolvem o bloco. O objetivo de tal procedimento é aumentar a resistência físico-mecânica do material para evitar que as chapas a serem obtidas não se fracturem. Vale ressaltar que geralmente esses materiais pertencem ao grupo dos exóticos e apresentam alto valor comercial. Na literatura, não existem parâmetros mínimos de adesividade do sistema de reforço no material rochoso que certifique a qualidade do envelopamento realizado pelas empresas. Na tentativa de promover a redução dos impactos ambientais e o consumo de recursos naturais, percebeu-se a necessidade de encontrar alternativas para o processo de envelopamento dos blocos, uma vez que, a resina epóxi utilizada é constituída por matéria prima de origem mineral, não renovável e possui em sua composição Bisfenol A e Epicloridrina, produtos esses que podem causar danos ao meio ambiente e às pessoas que os manipulam. Estudos já realizados indicam que a composição mineralógica das rochas, as zonas de fraqueza e o grau de alteração atuam como aspectos condicionantes para a aderência da resina na rocha. Os resultados encontrados no jaspelito *Bronzite*, no pegmatito *Typhoon Bordeaux* e no quartzito *Sky Gold*, utilizando a resina poliuretana à base de óleo de mamona apresentaram-se promissores quando comparados com a resina epóxi, principalmente no traço contendo apenas mamona, ou seja, sem nenhuma carga mineral ou manta de fibra de vidro, sugerindo um aprofundamento na pesquisa quanto a real possibilidade de uso dessa resina para essa finalidade pelo setor de rochas ornamentais (MOREIRA e SILVEIRA, 2018).

2. OBJETIVO

O presente estudo visa contribuir com a pesquisa desenvolvida pelo CETEM - Núcleo Regional do Espírito Santo (NR-ES) na análise da viabilidade técnica de utilização de resina poliuretana à base de óleo de mamona, em substituição a resina epóxi, na técnica de envelopamento de blocos em rochas ornamentais através da avaliação de resistência à tração do sistema de reforço em três litotipos de composição carbonática.

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais

As amostras utilizadas nessa pesquisa foram três rochas ornamentais de composição carbonática, comercializadas como Mármore *Superlative*, *White Shadow* e *Matarazzo* respectivamente (Figura 1). Esses materiais apresentam uma fragilidade ao serem submetidos as forças de cisalhamento, tração e compressão do processo de serragem do bloco, por isso eles são envelopados pelas empresas para evitar a perda das chapas. Coletou-se seis amostras no formato de placas quadradas de cada rocha, com espessura mínima de 3cm e dimensão mínima de 50 cm de aresta para a resinagem da superfície.

As resinas utilizadas na composição do sistema de reforço foram: Epóxi e poliuretana à base de óleo de mamona. As cargas minerais utilizadas foram o calcário e o talco, e a manta de fibra de vidro. Para o ensaio de resistência à tração utilizou-se: a furadeira de bancada do Ifes *campus Cachoeiro de Itapemirim* para a realização dos furos, através de uma serra copo diamantada, e o equipamento de arrancamento da marca *Solotest* com manômetro digital acoplado.



Figura 1: Chapas das rochas carbonáticas: *Superlative* (A), *White Shadow* (B) e *Matarazzo* (C).

3.2. Método

Com base no procedimento realizado pelas indústrias, definiram-se seis traços a serem trabalhados conforme a tabela abaixo (Tabela 1). De acordo com o fabricante, a proporção utilizada para a resina epóxi e catalisador foi de 1:0.35 e para a resina de mamona seguiu-se a relação polioliol e pré-polímero 1:1.2.

Tabela 1: Composição dos traços utilizados nessa pesquisa.

Traços	RE (g)	Catalisador (g)	RPMP (g)	RPMPP (g)	Talco (g)	Calcário (g)	MFV (camada)
T1	122,22	42,78	-	-	-	-	-
T2	122,22	42,78	-	-	88	176	-
T3	122,22	42,78	-	-	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 (polioliol); RPMPP - Resina poliuretana de mamona (pré-polímero); MFV - Manta de fibra de vidro.

Inicialmente, as superfícies das amostras foram limpas para retirar possíveis resíduos e garantir a ausência de interferência na adesividade do sistema de reforço, em seguida aplicou-se a mistura de cada traço nas amostras e o tempo de cura foi de no mínimo 48 horas. Embasado na norma da ABNT NBR 13528:2010 - "Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração" (Adaptada) realizou-se seis furos vazados em cada placa de rocha com 5cm de diâmetro interno e espaçamento radial de no mínimo 6cm entre cada furo. O procedimento de colagem das pastilhas nos furos é realizado utilizando uma cola a base de resina epóxi e o tempo de fixação é de, no mínimo, 24 horas. Devido a utilização de água no processo de furação, a colagem foi realizada no dia subsequente. Em seguida, realizou-se o ensaio de resistência à tração pelo equipamento de arrancamento que fornece a carga de ruptura através do manômetro digital. A Figura 2 a seguir ilustra a sequência de passos adotados.



Figura 2: Amostras resinadas (A), preparação dos furos (B), amostras prontas para o ensaio de resistência à tração (C) e ensaio sendo realizado com equipamento de arrancamento (D).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de resistência à tração, obtidos a partir dos ensaios de arrancamento das três rochas carbonáticas estudadas, estão plotados nos gráficos a seguir. Para o mármore *Superlative*, as amostras resinadas com epóxi apresentaram valores superiores quando comparadas com as de mamona, porém para os traços contendo cargas minerais e manta de fibra de vidro, a resina de mamona apresentou uma menor dispersão dos valores, isso infere uma maior confiabilidade dos resultados (Figura 3).

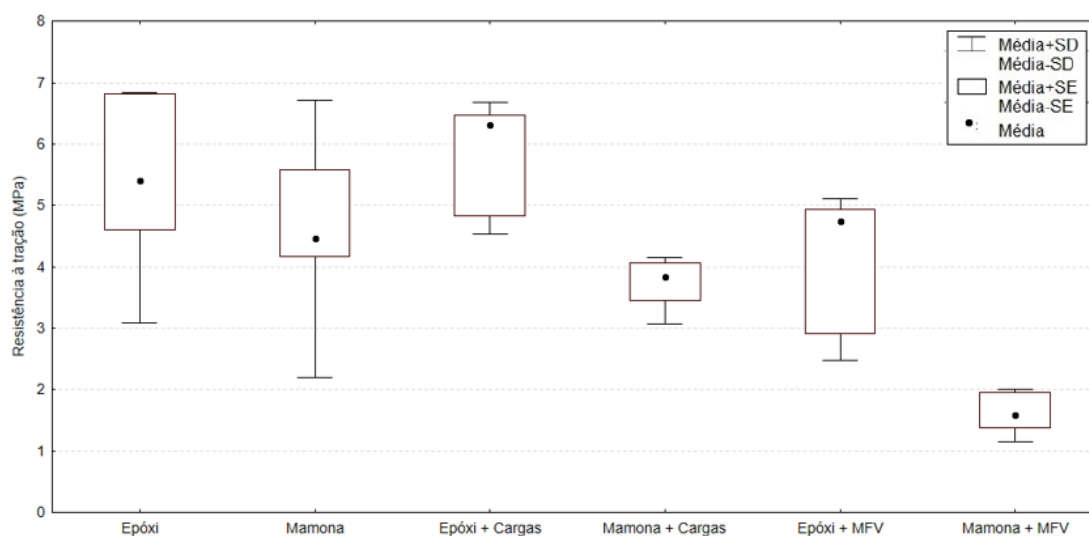


Figura 3: Resultados da resistência à tração do mármore *Superlative*.

Para o mármore *White Shadow* pode-se destacar que a amostra contendo apenas resina de mamona apresenta a média de valores bastante próxima ao traço de epóxi (Figura 4). Esse resultado corrobora com os estudos já realizados no que se refere ao comportamento da resina poliuretana de mamona para essa finalidade.

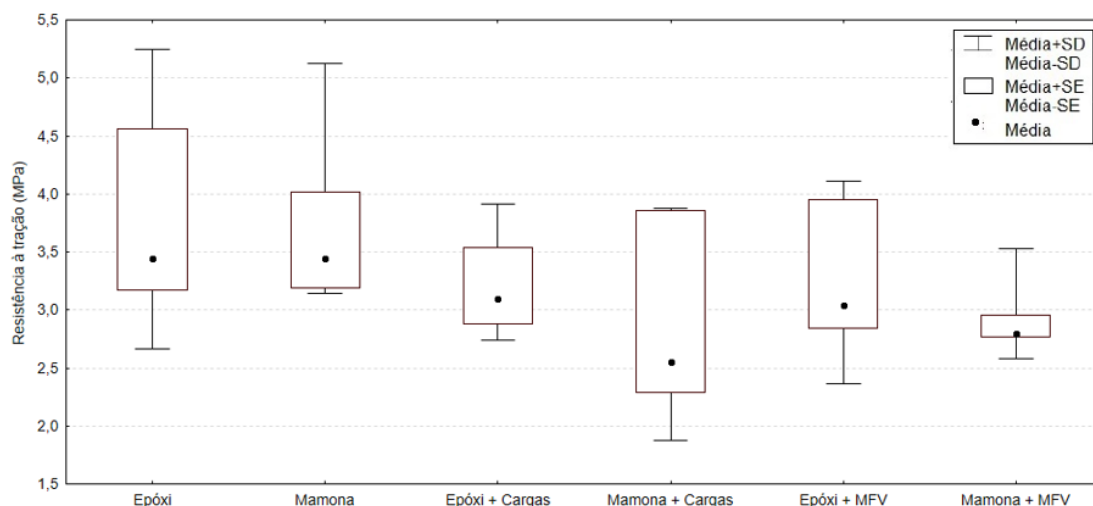


Figura 4: Resultados da resistência à tração do mármore *White Shadow*.

O mármore Matarazzo foi o que apresentou maior contraste entre os grupos de variáveis. Embora em todas as situações os valores de resistência à tração tenham sido maiores quando utilizado a resina epoxídica, não se pode descartar a possibilidade de aplicação da resina de mamona, visto que a diferença não foi muito alta, além de ter repetido nesta rocha as menores dispersões quando utilizado a mamona (Figura 5).

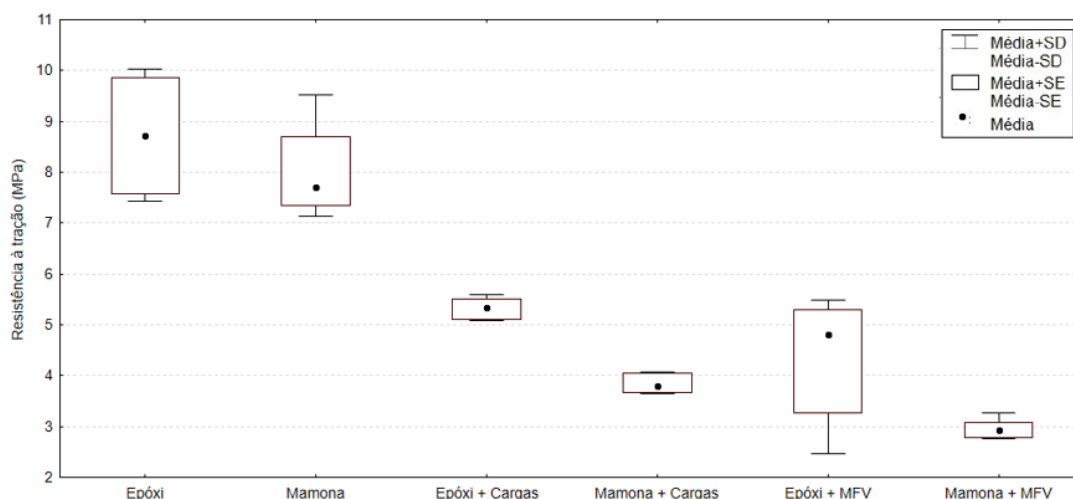


Figura 5: Resultados da resistência à tração do mármore *Matarazzo*.

5. CONCLUSÕES

A tentativa de substituir insumos oriundos da indústria petroquímica por produtos de origem vegetal, logo, de fontes renováveis, que agridam menos o meio ambiente, é uma premissa indispensável para os novos tempos de consciência ambiental mais apurada na qual a sociedade considera, cada vez mais, condição indispensável para o sucesso de determinado produto ou processo. Já sendo estudado há alguns anos, a resina poliuretana de mamona tem se mostrado uma alternativa ecológica para várias aplicações ao longo das etapas de beneficiamento de rochas ornamentais.

Especificamente para sua utilização como elemento adesivo no envelopamento de blocos, a resina poliuretana de mamona, em comparação com o epóxi, apresentou resultados inferiores de resistência à tração principalmente quando não usada pura, mas sim com as cargas minerais e a

manta de fibra de vidro. Tal fato permite concluir que pesquisas relacionadas a novos produtos que possam ser utilizados como cargas, de preferência considerando aspectos relacionados aos conceitos de Economia Circular, pode promover um aumento nos valores ora obtidos e melhorar a aplicabilidade da resina poliuretana de mamona para essa finalidade.

Vale ressaltar que não existem valores mínimos de resistência à tração, determinados em norma, que um sistema rocha/resina deva apresentar para ser considerada segura. Logo, faz-se necessário a medição, *in situ*, de valores de resistência à tração em blocos de rochas envelopados para subsidiar critérios comparativos de resistência com outros materiais e técnicas a serem desenvolvidas.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida (Proc.: 164133/2018-6), aos profissionais do CETEM e, em especial, aos servidores do Laboratório de Beneficiamento de Rochas Ornamentais do IFES pelo apoio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Trimestre de 2019**. Disponível em <http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2019/04/Informe_02_2019_1Trimestre.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2019.

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

MOREIRA, T.L., SILVEIRA, L.L.L. **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 infusion process**. In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. 5p.