

DESENVOLVIMENTO DE TINTA SUSTENTÁVEL COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL EM MATRIZ DE MAMONA

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE PAINT WITH MINERAL RESIDUE INCORPORATION IN A CASTOR OIL MATRIX

Arthur Camargo Rocha

Aluno de Graduação de Engenharia de Minas, 4º período, Universidade
Instituto Federal do Espírito Santo
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: abril de 2026 a agosto de 2026
arthurcamargo.rocha15@gmail.com

Fabício Bagli Siqueira

Orientador, Químico, D.Sc.
fsiqueira@cetem.gov.br

RESUMO

O setor de rochas ornamentais gera, por consequência de suas extrações, grandes volumes de resíduos minerais. O projeto propõe uma alternativa sustentável para o reaproveitamento desses subprodutos por meio da incorporação de resíduo mineral em uma matriz de poliuretano derivada do óleo de mamona. Essa abordagem substitui resinas convencionais derivadas de combustíveis fósseis por um polímero vegetal que oferece biodegradabilidade e baixa toxicidade. Além de agregar valor a um resíduo industrial e reduzir custos de produção com o uso de partículas maiores, os resultados demonstraram que a adição de 50% da carga mineral otimizou o desempenho do revestimento, criando uma barreira física mais eficiente contra a corrosão em ambientes agressivos.

Palavras-chave: Óleo de mamona, resíduo mineral, tinta sustentável.

ABSTRACT

The ornamental stone sector generates large volumes of mineral waste as a consequence of its extraction. The research proposes a sustainable alternative for the reuse of these subproducts through the incorporation of mineral waste into a castor oil-derived polyurethane matrix. This approach replaces conventional fossil fuel-derived resins with a plant-based polymer that offers biodegradability and low toxicity. In addition to adding value to an industrial waste and reducing production costs through the use of larger particles, the results demonstrated that the addition of 50% mineral filler optimized the coating's performance, creating a more efficient physical barrier against corrosion in aggressive environments.

Keywords: Castor oil, mineral waste, sustainable paint.

1. INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais desempenha um papel estratégico na economia mineral brasileira, consolidando o país como um dos principais players globais em extração e beneficiamento. No entanto, esse protagonismo é acompanhado por um desafio ambiental crítico: a geração de elevados volumes de resíduos particulados.

No cenário capixaba, a busca por estratégias de Economia Circular tem impulsionado o reaproveitamento desses materiais como cargas funcionais em novos produtos. O uso de resíduos em sistemas de revestimento surge como uma solução promissora, dada a suas características físicas e químicas. Contudo, a eficácia desses revestimentos depende da substituição de matrizes poliméricas derivadas de combustíveis fósseis por alternativas sustentáveis e de alto desempenho (ALVES, 2024).

Neste contexto, a resina de poliuretano (PU) derivada do óleo de mamona apresenta-se como uma matriz polimérica inovadora. Diferente das resinas acrílicas ou epóxi convencionais, o PU vegetal oferece biodegradabilidade, baixa toxicidade e excelente aderência a substratos minerais (HASHIM, 2020).

Este projeto propõe o desenvolvimento e a validação técnica de uma formulação de tinta sustentável, incorporando até 50% de resíduo mineral em matriz de mamona.

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é desenvolver e avaliar uma tinta sustentável à base de mamona com incorporação de resíduo mineral, visando aplicação como revestimento com propriedades de resistência a ambientes corrosivos.

3. METODOLOGIA

3.1. Beneficiamento do Resíduo

O resíduo em pó foi colocado em estufa com circulação de ar a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até a constância de massa, garantindo a remoção total da umidade livre.



Figura 1: Resíduo mineral.

Para garantir uma granulometria menor o pó obtido foi submetido ao peneiramento em malha #200 (75 μm).

Essa abordagem permitirá investigar o potencial de utilização de partículas mais grossas como estratégia para redução do custo de produção, devido à menor demanda energética no processo de moagem e menor grau de processamento.

3.2. Caracterização Química

Para determinar a composição química da amostra e inferir a presença de minerais potencialmente capazes de interferir no comportamento reológico da tinta, foi realizada a análise por fluorescência de raios X (FRX).

3.3. Preparação da Tinta (Processo de Mistura)

A produção de uma tinta exige que a carga mineral seja perfeitamente "molhada" e dispersa.

Em um dispersor de alta rotação, foi inicialmente adicionado o componente poliuretano tipo B em conjunto com o solvente, promovendo-se a homogeneização até a obtenção de um meio uniforme.

Na sequência, foi incorporado o componente poliuretano tipo A, mantendo a agitação controlada para assegurar a adequada interação entre os componentes do sistema (Teste para saber quando misturar o resíduo).

Foi adicionado o resíduo de forma gradual. Mantenha a agitação entre 1000-1500 RPM por 2 minutos.

3.4. Confecção, Aplicação e Preparação dos Corpos de Prova

Foram produzidos 50 corpos de prova (figura 2), com dimensões de aproximadamente 52 x 25 mm e um furo central com diâmetro de 7 mm.

Ambos corpos de prova foram submetidos a 2 demãos de tinta (figura 3), variando entre tinta pura, tinta com adição de 25% de resíduo mineral e tinta com adição de 50% de resíduo mineral para a visualização de diferentes resultados.

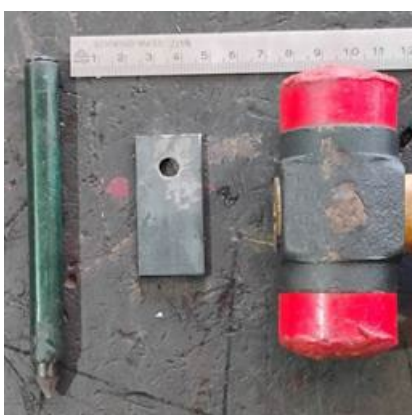


Figura 2: Corpos de prova antes da aplicação da tinta.

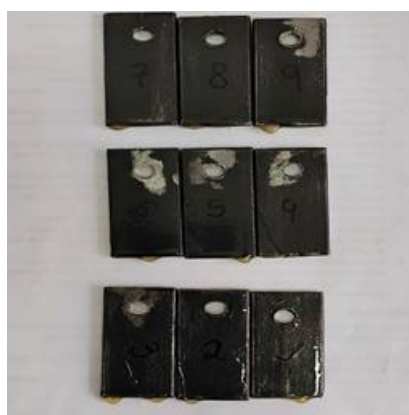


Figura 3: Corpos de prova depois da aplicação da tinta.

3.5. Ensaios de Corrosão

A resistência à corrosão dos corpos de prova foi avaliada por meio de ensaio em câmara de intemperismo acelerado, que simula a degradação provocada pela exposição a ciclos de radiação UV, variações de temperatura e umidade, reproduzindo condições ambientais agressivas. O ensaio teve duração de cinco dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Físico-Química

A Tabela 1 apresenta os resultados de FRX do resíduo mineral que foi utilizado no projeto.

Tabela 1: Composição Química por Fluorescência de Raios-X (FRX).

Amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Outros
Contração (%)	98,5	1,1	0,3	0,1

Os resultados da análise por fluorescência de raios X (FRX) evidenciaram que a amostra é constituída predominantemente por SiO₂ (98,5%), com baixos teores de Al₂O₃ (1,1%), MgO (0,3%) e outros óxidos (0,1%). A composição química observada é compatível com resíduos de casqueiro provenientes da extração de quartzo leitoso, corroborando as informações fornecidas no momento da coleta da amostra acerca de sua procedência.

4.2. Ensaio de Corrosão

A Figura 4 apresenta a morfologia superficial dos revestimentos, obtida por meio de uma lupa digital com aumento de 1000×, após cinco dias de exposição ao ensaio de corrosão em câmara de intemperismo acelerado. São apresentados os revestimentos de poliuretano à base de óleo de mamona sem adição de carga mineral (A), com 25% de carga mineral (B) e com 50% de carga mineral (C).

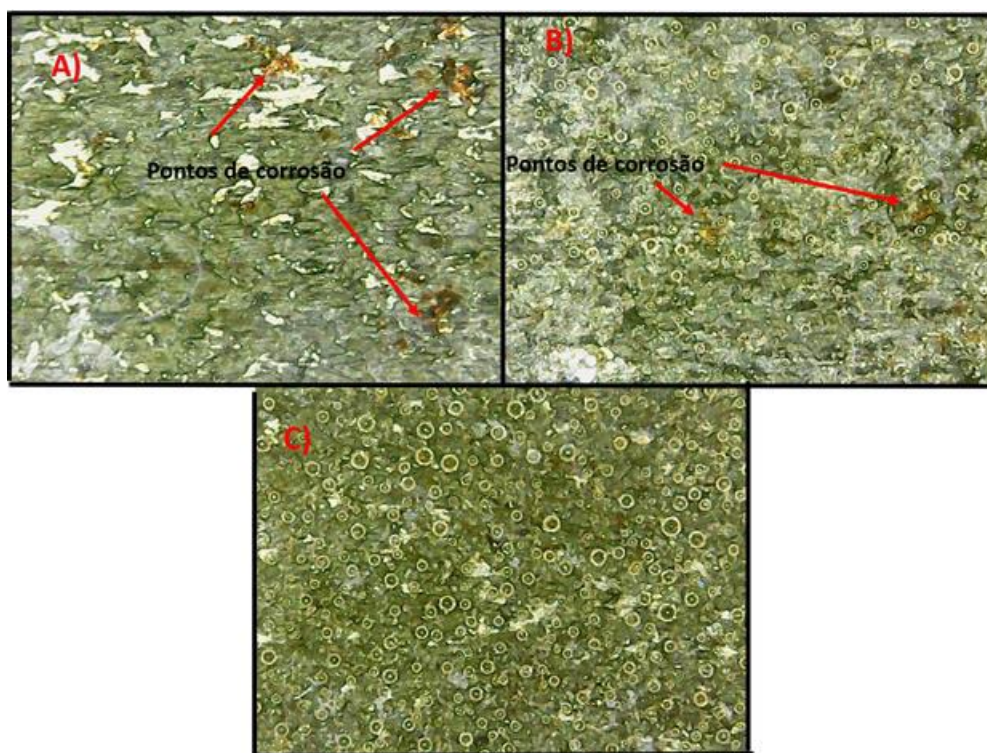


Figura 4: A) Resina B) 25% de carga mineral C) 50 % de carga mineral.

A Figura 4A, correspondente ao revestimento constituído exclusivamente por resina de poliuretano, apresenta pontos localizados de corrosão, evidenciados pela formação de produtos de corrosão de coloração marrom-avermelhada. Essas regiões indicam falhas pontuais na integridade da barreira polimérica, permitindo a penetração do eletrólito até o substrato metálico e, conseqüentemente, o início do processo corrosivo.

Na amostra contendo 25% de carga mineral (Figura B), observa-se uma distribuição relativamente homogênea de estruturas circulares, atribuídas às partículas de carga mineral (fillers) dispersas na matriz polimérica. Apesar da presença de alguns pontos isolados de corrosão, a superfície apresenta aspecto mais uniforme em comparação com a resina pura, indicando que a incorporação da carga pode ter contribuído para aumentar a eficiência do revestimento.

Para a formulação contendo 50% de carga mineral (Figura C), verifica-se maior quantidade e distribuição mais uniforme dessas partículas minerais ao longo da superfície, evidenciando uma elevada incorporação do filler na matriz. Nessa condição, não são observados, de forma evidente, produtos de corrosão semelhantes aos identificados nas amostras A e B, sugerindo que o aumento da fração mineral favoreceu o desempenho do revestimento.

A incorporação da carga mineral pode ter promovido o aumento da tortuosidade do caminho de difusão do eletrólito através do revestimento, reduzindo a permeabilidade à água, oxigênio e íons agressivos. Além disso, a boa dispersão dos fillers pode atuar preenchendo microvazios da matriz polimérica, contribuindo para a formação de uma barreira física mais eficiente contra a corrosão.

5. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, conclui-se que, os ensaios de corrosão em câmara de intemperismo acelerado demonstraram que a adição do resíduo mineral influenciou diretamente o desempenho protetivo do revestimento. Enquanto a resina pura apresentou pontos evidentes de corrosão localizada, o incremento progressivo da carga mineral, especialmente na formulação com 50%, promoveu uma distribuição homogênea das partículas na matriz polimérica.

Esse comportamento sugere que a incorporação do resíduo preencheu microvazios, resultando em uma barreira física mais eficiente contra agentes agressivos. Portanto, a tecnologia desenvolvida alia a valorização de rejeitos industriais aos princípios da economia circular, gerando um revestimento sustentável de alto desempenho com excelente aplicabilidade na proteção anticorrosiva de superfícies metálicas.

6. AGRADECIMENTOS

Registro meu reconhecimento ao CNPq (processo nº 113232/2026-8) pelo apoio por meio desta bolsa. Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Fabrício Bagli Siqueira, por todo o suporte e direcionamento fundamentais. Sou igualmente grato a todos os bolsistas do CETEM NRES que ajudaram, cuja colaboração foi essencial para a realização desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6210: Corrosão atmosférica — Materiais metálicos: preparo, limpeza e determinação da taxa de corrosão de corpos-de-prova em ensaios de corrosão. Rio de Janeiro, 2008. 9 p.

ALVES, Lucas Repecka. Preparação, caracterização e aplicação de tinta bicomponente de poliuretano à base de óleo de mamona. 2024. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2024.

FONTANA, Mars G. Corrosion engineering. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

HASHIM, Ummu Raihanah; JUMAHAT, Aidah; JAWAID, Mohammad; DUNGANI, Rudi; ALAMERY, Salman. Effects of Accelerated Weathering on the Mechanical Properties of Basalt Fiber Reinforced Polymer Nanocomposites. *Polymers*, v. 12, n. 11, p. 2514, 2020.

ŁADOSZ, Łukasz; SUDOŁ, Ewa; KOZIKOWSKA, Ewelina; CHOIŃSKA, Emilia. Evaluation of Artificial Weathering Test Methods for Waterborne Acrylic Coatings Designed for Corrosion Protection of Steel Structures. *Materials*, v. 17, n. 3, p. 642, 2024.

REVIE, R. Winston; UHLIG, Herbert H. Corrosion and corrosion control: an introduction to corrosion science and engineering. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

ROBERGE, Pierre R. Handbook of corrosion engineering. New York: McGraw-Hill, 2000.