

# ANÁLISE DA EFICÁCIA DE ÁCIDOS E MÉTODOS DE TRATAMENTO NA REMOÇÃO DA OXIDAÇÃO EM QUARTZITO ORNAMENTAL

## ANALYSIS OF THE EFFICACY OF ACIDS AND TREATMENT METHODS IN THE REMOVAL OF OXIDATION IN ORNAMENTAL QUARTZITE

**Rafael da Silva Rodrigues**

Aluno da Graduação de Engenharia de Minas 9º período  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Período PIBITI/CETEM: Setembro de 2023 a agosto de 2024  
rrengminas@gmail.com

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

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

**Millena Basilio da Silva**

Coorientadora, Técnica.  
mbasilio@cetem.gov.br

### RESUMO

Os quartzitos, responsáveis por 55,06% das exportações brasileiras de rochas ornamentais no primeiro quadrimestre de 2024, são valorizados no mercado internacional por seu alto valor agregado. Originados da recristalização metamórfica que reduz a porosidade, essas rochas são conhecidas pela ampla gama de cores e padrões cromáticos proporcionados por minerais acessórios. Este estudo teve como objetivo identificar quais produtos e métodos de tratamento ácidos são mais eficazes para remover patologias, como manchas de oxidação e halos oleosos, em um quartzito com acabamento bruto e levigado. Corpos de prova desse quartzito de cor clara foram preparados a partir de um bloco selecionado. Trinta e duas combinações de ácidos foram testadas utilizando métodos de aplicação por rolinho e por imersão em tanque, fornecidos por cinco empresas distintas. Os resultados mostraram eficácia completa na remoção das patologias, com destaque para a imersão em tanque, que conclui o tratamento em 48 horas, em comparação com os 13-20 dias do método do rolinho. Apesar do custo superior, a imersão ofereceu resultados estéticos superiores. Recomenda-se a neutralização pós-tratamento ácido e análises mineralógicas para otimização dos ácidos utilizados.

**Palavras-chave:** quartzito, tratamento ácido, patologias de rochas ornamentais.

### ABSTRACT

Quartzites, accounting for 55.06% of Brazilian ornamental stones exports in the first quarter of 2024, are highly valued in the international market for their high added value. Originating from metamorphic recrystallization that reduces porosity, these rocks are renowned for a wide range of colors and chromatic patterns provided by accessory minerals. This study aimed to identify the most effective products and methods of acid treatment for removing pathologies such as oxidation stains and oily halos on both rough and polished quartzite surfaces. Test specimens of light-colored quartzite were prepared from a selected block. Thirty-two acid combinations were tested using application methods involving roller and tank immersion provided by five different companies. The results demonstrated complete efficacy in pathology removal, notably with tank immersion completing treatment within 48 hours, compared to 13-20 days with roller methods. Despite higher costs, immersion yielded superior aesthetic results. Post-acid treatment neutralization and mineralogical analyses are recommended for acid optimization.

**Keywords:** quartzite, acid treatment, ornamental stones pathologies.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de rochas ornamentais atingiu um novo marco em 2024, no primeiro quadrimestre do ano, o setor registrou exportações de U\$ 387,9 milhões, com crescente demanda para os quartzitos, que representaram 55,06% de tudo o que foi exportado pelo Brasil (CENTROROCHAS, 2024). A região Sudeste corresponde por 93% dos negócios do País, com o Estado do Espírito Santo sendo responsável por 83,66% das exportações.

O quartzito é uma rocha ornamental natural usada para revestimento, predominantemente composta por quartzo que se forma pelo processo de metamorfismo de um arenito quartzoso, durante o qual a dissolução e a redeposição de sílica resultam em uma estrutura compacta composta por grãos de quartzo firmemente comprimidos. Contudo, ocasionalmente podem apresentar minerais acessórios provenientes do protólito, ou incorporados durante o processo metamórfico. Segundo Mello et al (2011) os minerais acessórios comumente encontrados nas rochas silicosas são: Micas, zircão, magnetita/ilmenita e hidróxidos de ferro e de manganês. Esses minerais acessórios influenciam diretamente nas características estéticas dos quartzitos, especialmente no padrão cromático.

No entanto, alguns desses minerais acessórios podem oxidar ao longo do tempo, especialmente quando expostos à umidade e outros agentes intempéricos, causando o surgimento de manchas e mudanças de cor. Neste trabalho, as patologias foram definidas como oxidação, caracterizada por manchas de cor amarelada com aspecto ferruginoso, e halo oleoso, que são manchas com aparência úmida. As duas patologias incidem em torno do mesmo mineral e possuem a mesma forma. Esse processo de oxidação acarreta na diminuição do valor comercial do quartzito, uma vez que a manifestação da patologia compromete sua estética natural e uniforme.

Diante disso, a indústria química de tratamentos para rochas ornamentais oferece ao mercado diversos insumos e linhas de tratamentos com ácidos em várias formulações. Este procedimento, conhecido como tratamento de superfície, é geralmente realizado antes da etapa de polimento, sendo aplicado em chapas no acabamento bruto ou levigado.

Na prática, uma mistura de agentes químicos, como ácidos específicos é usada para reagir com os óxidos metálicos, dissolvê-los ou transformá-los em compostos mais facilmente removíveis. Este processo pode incluir a aplicação de substâncias químicas de maneira manual ou automatizada, seguidas de uma lavagem abrangente para eliminar todos os resíduos químicos. A remoção eficaz da oxidação garante que o quartzito mantenha sua aparência natural. De modo geral, as empresas fabricantes seguem etapas similares: inicialmente, aplicam um produto "detergente", seguido por um produto "orgânico" e, finalmente, os ácidos. A diluição e a quantidade dos produtos variam conforme a marca, assim como o tempo de exposição. A secagem pode ocorrer naturalmente ou com controle de umidade, e os corpos de prova podem estar na posição horizontal ou vertical durante o processo.

A rocha utilizada nesta pesquisa é um quartzito de coloração clara, variando entre branco e acinzentado, com textura homogênea e poucas fraturas, a empresa destinou um bloco que apresentava visualmente problemas de oxidação e halo oleoso. Esse bloco foi desdobrado em chapas utilizando um tear de fio diamantado e as chapas que evidenciaram essas patologias foram escolhidas para o desenvolvimento deste estudo.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi identificar qual(is) produto(s) e método(s) de tratamento, oferecidos atualmente ao mercado são capazes de dirimir as patologias presentes no quartzito, as quais apresentam-se em forma de manchas que remetem a oxidações e halos gordurosos, nos diferentes tipos de acabamento do material, sendo eles bruto e levigado.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Material Utilizado**

##### **3.1.1 Material rochoso - quartzito**

As chapas escolhidas passaram por uma etapa de levigamento até o grão #180 *mesh* para obter amostras com acabamento levigado, enquanto outro conjunto foi mantido com sua superfície bruta, visando amostras no acabamento bruto. Em seguida, as chapas foram cortadas em corpos de prova com dimensões de 20 x 20 x 3 cm.

Os corpos de prova foram inspecionados visualmente e classificados com base nas patologias identificadas nos acabamentos. Da amostragem total de 500 corpos de prova, no acabamento levigado, 117 apresentavam oxidação e 42 halos oleosos. No acabamento bruto, 112 mostraram oxidação e 45 evidenciaram halos oleosos. Dos corpos de prova recebidos, 112 não apresentaram patologias significativas. Corpos de prova danificados foram excluídos da contagem.

##### **3.1.2 Tratamento de superfície – ácidos**

As cinco empresas fornecedoras de produtos químicos tiveram a liberdade de definir quais linhas de tratamento de superfície que testariam para remoção das patologias do quartzito e sendo os responsáveis por fornecer todos os produtos para o desenvolvimento da pesquisa. No total, foram testadas 32 combinações de tratamento de superfície, determinadas por linhas de tratamento, que possuem variedade de ácidos, dosagem, quantidades de produtos e etapas de processo.

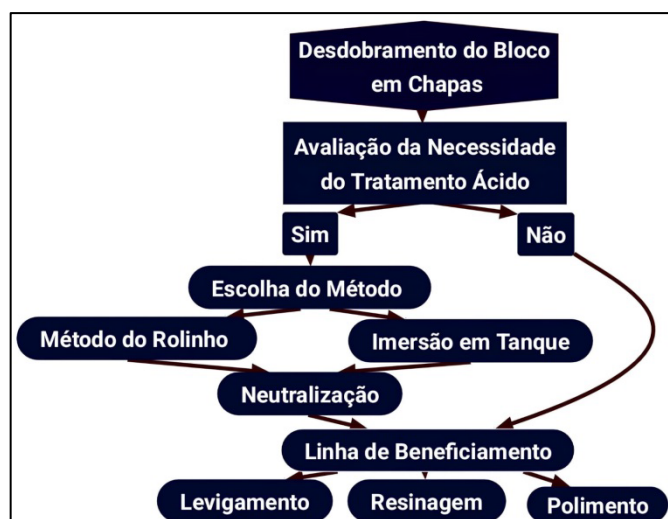
A linha de tratamento da Empresa 1 inclui quatro etapas: limpeza inicial com "detergente", aplicação de ácido orgânico, ácido removedor, repetição da limpeza com "detergente", seguida de tempo de cura. A Empresa 2 adota seis fases: aplicação de removedor, limpeza em água corrente, aplicação de removedor orgânico com catalisador, nova lavagem, imersão em solução de tamponamento e secagem. O processo da Empresa 3 tem três etapas: aferição da umidade, aplicação do produto orgânico; após atingir a umidade necessária, aplicam-se três ácidos diferentes e um produto de proteção superficial. A Empresa 4 segue cinco etapas: aplicação de produto orgânico após aferição da umidade, lavagem, aplicação de três ácidos, secagem e nova lavagem, seguida de tempo de cura. A Empresa 5 não detalhou seu processo de tratamento por imersão.

#### **3.2. Métodos**

O método de imersão, um conjunto de chapas é imerso em um tanque que contém uma solução ácida. Todas as diretrizes são de acordo com o fabricante do tanque que também é o fornecedor do serviço, este método possui segredos industriais, no que se refere ao mecanismo de funcionamento do tanque, os processos que o conjunto de chapas sofre dentro do tanque e os ácidos utilizados. Este método realizou o tratamento em 48 horas. Os corpos de prova foram entregues a empresa 5, responsável por esse método.

O método do rolinho recebe esse nome porque, na indústria, uma quantidade adequada de produto, conforme as orientações do fabricante quanto à dosagem e concentração é colocada sobre a área da chapa. Um rolo de pintura de espuma é utilizado para espalhar o produto de forma uniforme, com movimentos da esquerda para a direita e de cima para baixo, aplicando-o na frente e no verso da chapa. O método do rolinho foi replicado no laboratório, seguindo integralmente as orientações técnicas dos quatro fabricantes envolvidos na pesquisa, e teve duração variável entre 13 a 20 dias, dependendo do modo de aplicação e das fases de tratamento de cada empresa.

Esses métodos foram essenciais para avaliar a eficácia dos tratamentos ácidos nas amostras de quartzito, conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1:** Fluxograma que ilustra o processo de beneficiamento das rochas ornamentais com tratamento de superfície.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tratamentos realizados no quartzito indicam uma eficácia geral dos tratamentos de superfície e dos métodos testados. Esses tratamentos foram bem-sucedidos na remoção das patologias de oxidação e halo oleoso em todos os corpos de prova, tanto no acabamento bruto quanto no levigado. Após uma avaliação visual dos corpos de prova tratados, realizada em conjunto com o produtor desse quartzito, observou-se que alguns corpos de prova apresentaram um aspecto úmido nas áreas onde as patologias foram removidas. Além disso, alguns corpos de prova ficaram mais acinzentados, com aparência de resquícios de produtos, enquanto outros adquiriram um aspecto mais claro após o tratamento. A empresa que optou por testar apenas o ácido orgânico isoladamente no método do rolinho não obteve sucesso na remoção das patologias.

O método de tratamento por imersão em tanque, removeu as patologias do quartzito em 48 horas, em contrapartida, o método do rolinho levou de 13 a 20 dias corridos. As duas empresas que utilizam a técnica de aferir a umidade para a secagem do material destacaram-se, conseguindo tratar o material em menos tempo comparado às outras que adotam tempo de secagem.

#### 5. CONCLUSÕES

Embora todas as empresas tenham demonstrado eficácia na remoção das patologias presentes no quartzito ornamental através da análise visual a olho nu, houve uma variação significativa no tempo necessário para realizar o tratamento entre as empresas que adotaram o método do rolinho. A empresa 3 concluiu o tratamento em 13 dias, enquanto a empresa 1 precisou de 20 dias corridos, resultando em uma diferença de 7 dias. Essa variação sugere que, embora o método do rolinho seja eficaz na remoção das patologias em ambos os acabamentos testados, a eficiência do processo pode variar significativamente dependendo da empresa fornecedora do ácido e de seus métodos específicos de aplicação, bem como da aderência às orientações de uso, concentração e combinações de ácidos adotadas no tratamento.

Conclui-se que o método do rolinho é eficaz e apresenta um menor custo associado para o tratamento do material, porém requer um tempo maior de duração. Em contrapartida, o método de imersão economiza tempo, sendo realizado em 48 horas, e entrega resultados superiores em termos de clareza dos corpos de prova tratados, tornando-se o método preferível em relação à qualidade estética e tempo de realização. No entanto, esse método apresenta um custo elevado, sendo comercialmente mais caro do que o tratamento pelo método do rolinho.

Foi constatado em laboratório que o método do rolinho apresenta uma complexidade considerável em suas fases de tratamento. Além disso, o procedimento sugerido por alguns fabricantes pode não ser adequadamente executado nos galpões industriais de algumas empresas, devido à complexidade do passo-a-passo recomendado. Ademais, a falta de identificação adequada das chapas nos galpões industriais pode comprometer o controle do processo, que frequentemente é realizado por empresas terceirizadas no setor.

Este trabalho continuará com a fase de impermeabilização do quartzito, testes de eficiência dos tratamentos e análise química do material deletério. Trabalhos futuros devem incluir a neutralização da rocha após tratamento ácido, devido à alteração do pH que a torna suscetível a patologias. Recomendam-se análises mais precisas dos resultados com o espectrofotômetro pelo método CIELAB para quantificar a variação de cor após os tratamentos. Além disso, é crucial definir critérios petrográficos e mineralógicos para escolher o ácido ideal, evitando incompatibilidades e danos causados por minerais acessórios na rocha.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (processo nº 126849/2023-4) pela bolsa de iniciação científica concedida; ao meu orientador, Dr. Leonardo Luiz Lyrio da Silveira; e à minha coorientadora, Millena Basilio da Silva. Agradeço também ao CETEM e toda a sua equipe.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Síntese das exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento no 1º bimestre de 2024. Disponível em: <<https://abirochas.com.br/biblioteca/informes-abirochas/>>. Acesso em: maio 2024.

CENTROROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Informativo mensal de exportações de rocha, abril 2024. Disponível em: <<https://centrorochas.org.br/relatorios-de-exportacao/>>. Acesso em: maio 2024.

CENTROROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Informativo mensal de exportações de rocha, fevereiro 2024. Disponível em: <<https://centrorochas.org.br/relatorios-de-exportacao/>>. Acesso em: maio 2024.

CENTROROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Informativo mensal de exportações de rocha, janeiro 2024. Disponível em: <<https://centrorochas.org.br/relatorios-de-exportacao/>>. Acesso em: maio 2024.

CENTROROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Informativo mensal de exportações de rocha, março 2024. Disponível em: <<https://centrorochas.org.br/relatorios-de-exportacao/>>. Acesso em: maio 2024.

KLEIN, Cornelis; DUTROW, Barbara. Assembléias Minerais: Introdução aos tipos de rochas. In: Manual de Ciência dos Minerais. 23. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 632.

MELLO, I. S. C.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. Conceitos e definições, Rochas silicosas (quartzitos, Cherts e Similares). In: Atlas de Rochas Ornamentais da Amazônia Brasileira. São Paulo: CPRM, 2011. p. 19.