

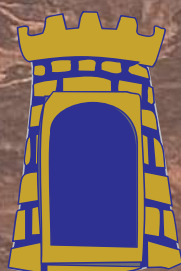
# XII SRONE



**12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**

**16 - 19 de novembro de 2025**

**Fortaleza - CE**



## LIVRO DE RESUMOS

**Organizadores:**

Nuria Fernández Castro

Kayrone Marvila de Almeida

Guilherme de Resende Camara

Millena Basílio da Silva



**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA  
Presidente

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

LUCIANA SANTOS  
Ministra de Estado

LUIS MANUEL REBELO FERNANDES  
Secretário Executivo

ISA ASSEF DOS SANTOS  
Subsecretária de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

**CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

SILVIA CRISTINA ALVES FRANÇA  
Diretora

ROBSON ARAÚJO D'AVILA  
Coordenador de Administração - COADM

ANDRÉA CAMARDELLA DE LIMA RIZZO  
Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

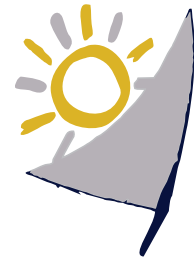
PAULO FERNANDO ALMEIDA BRAGA  
Coordenador de Processamento e Tecnologias Mineraias - COPTM

MARISA NASCIMENTO  
Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais – COPMA

LEONARDO LUIZ LYRIO DA SILVEIRA  
Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

ARNALDO ALCOVER NETO  
Coordenador de Análises Mineraias - COAMI

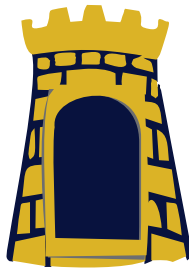
# XII SRONE



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

16 a 19 de novembro de 2025

Fortaleza - CE



## LIVRO DE RESUMOS

Organizadores:

Nuria Fernández Castro

Kayrone Marvila de Almeida

Guilherme de Resende Camara

Millena Basílio da Silva

CETEM/MCTI  
Rio de Janeiro, 2026

# Realização:



NÚCLEO  
NORDESTE



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



# Patrocínio:



# Apoio:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ



Universidade Federal  
de Campina Grande



Studio Eloisa Piardi



Serviços Geológicos



GRANOS



GRUPO VERMONT MINERAÇÃO



# LIVRO DE RESUMOS

## XII SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE

16 a 19 de novembro de 2025 – Hotel Oásis Atlântico Imperial, Fortaleza - CE

### COMISSÃO ORGANIZADORA

Christiano Magini (SBG-NE/UFC) – Presidente da Comissão Organizadora 30º SGNE & 12º SRONE

### XII SRONE

Elissandra N. de Moura Lima – (UFCC)  
Guilherme de Resende Camara (CETEM/MCTI)  
Irani Clezar Mattos – (UFC)  
Isabela Oliveira Rigão (CETEM/MCTI)  
Kayrone Marvila de Almeida (CETEM/MCTI)  
Millena Basílio da Silva (CETEM/MCTI)  
Nuria Fernández Castro (CETEM/MCTI)- Presidente

### COMITÊ CIENTÍFICO

Antonio Augusto Pereira Sousa • Antonio Gilberto Costa • Eliane dal Lama • Elissandra Nascimento de Moura Lima • Guilherme de Resende Camara • Irani Clezar Mattos • Juliano Tessinari Zagôto • Kayrone Marvila de Almeida • Luciana Boaventura Palhares • Mariane Costalonga Aguiar • Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá • Nuria Fernández Castro • Rita de Cássia Pedrosa Santos • Roberto Carlos da Conceição Ribeiro • Thiago Motta Bolonini

### SECRETARIA EXECUTIVA: CEJEM Eventos

**O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es)**

Organização: Nuria F. Castro, Kayrone M. Almeida, Guilherme R. Camara, Millena B. Silva  
Projeto Gráfico: SER Digital e Nuria F. Castro/Editoração Eletrônica: Nuria F. Castro /Apoio: Isabela O. Rigão  
Imagens de rochas (Nuria F. Castro): Fantastic Brown (capa); Pannetone (miolo); Matira (contracapa)

S612

Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste ( 12: 2025: Fortaleza-CE)  
Livro de resumos do XII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste/  
Nuria Fernández Castro (org.) ... [et al.] – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI,  
2026.  
63 p.

ISBN 978-65-5919-116-1.

1. Rochas ornamentais. 2. Rochas e minerais industriais. 3. Evento.  
I. Castro, Nuria Fernández (org.). II. Almeida, Kayrone Marvila de (org.). III.  
Camara, Guilherme de Resende (org.). IV. Silva, Millena Basílio. V. Centro de  
Tecnologia Mineral.

CDD 552.4

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI  
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 – 5849

@ 2026 Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Centro de Tecnologia Mineral.



Esta obra é disponibilizada nos termos da licença Creative Commons 4.0 — Atribuição não comercial — Compartilhamento pela mesma licença internacional 4.0. Permitida a reprodução total ou parcial, desde que a fonte seja citada.

## APRESENTAÇÃO

*A realização do XII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste simultaneamente ao 30º Simpósio de Geologia do Nordeste (SGNE), entre os dias 16 e 19 de novembro de 2025, em Fortaleza (CE), foi o resultado do esforço conjunto da Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Nordeste (SBG-NE), e o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI), com apoio de professores da Universidade Federal do Ceará (UFC) e da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).*

*O SRONE retornou a Fortaleza, onde já tinham sido realizadas outras três edições (2003, 2009 e 2019) ao longo desse quarto de século de história desde a criação do primeiro evento técnico-científico dedicado às rochas ornamentais no Brasil, em 1998, na cidade de Olinda (PE). Outras cidades que acolheram o SRONE foram Salvador — BA (2001), Recife — PE (2002, 2005), Natal — RN (2007), João Pessoa — PB (2016) e Campina Grande — PB (2012 e 2023).*

*Neste ano, em Fortaleza, tivemos a honra de homenagear o Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal (pesquisador aposentado do CETEM, iniciador e organizador das 10 primeiras edições do SRONE) quem ministrou a palestra de abertura. Conseguimos reunir estudantes e profissionais para debater avanços, desafios e tendências do setor, na pesquisa mineral, lavra, sustentabilidade, caracterização tecnológica, uso das rochas ornamentais e dos resíduos da sua produção, durabilidade, e conservação do patrimônio, sendo apresentados meio centenar de trabalhos nas sessões técnicas.*

*Tivemos a oportunidade de ver apresentações de renomados profissionais, aos quais muito agradecemos pela sua participação dessinteressada. Antonio Nelson e Ludson Zampirolli (GRANISTONE AMAZON MINERAÇÃO LTDA. e Z-IDEA) mostraram as tendências atuais nos tipos de rocha explorados e a valorização de seus produtos pelo design e tecnologia; a Arquiteta Eloisa Piardi (STUDIO ELOISA PIARDI) nos brindou com sua visão da pedra como linguagem arquitetônica que revela o entendimento da permanência, beleza e inovação por cada civilização ao longo do tempo; e sobre as práticas para aumentar a durabilidade das rochas ornamentais tratou a Dra. Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá (MHB SERVIÇOS GEOLÓGICOS E ENGENHARIA LTDA.), pesquisadora aposentada do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo — IPT. A durabilidade dos materiais de construção também foi abordada pelo Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita (UFC) sob a ótica do impacto do aquecimento global e a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais — ABIROCHAS, mais uma vez, apoiou e prestigiou o evento com a participação do seu Presidente, Reinaldo Dantas Sampaio, quem nos apresentou seu plano de elaboração de uma política específica para viabilizar o uso dos estoques remanescentes das rochas ornamentais no país, e do Geólogo Cid Chiodi Filho que mostrou a importância da correta especificação das rochas para revestimento.*

*Dessinteressadamente também, foram oferecidos dois mini-cursos: um sobre a legislação mineral aplicada ao setor de rochas ornamentais, ministrado pelo Engenheiro de Minas Daniel Pimentel Tavares (GRUPO DTC CONSULTORIA MINERAL E AMBIENTAL com o apoio do CREA-ES) e um segundo que acabou não sendo realizado por falta de adesão, mas que merece nosso reconhecimento e seria sobre o uso das bases de dados geológicos, oferecido pelo Geólogo Edgar Romeu Figueiredo Iza (SGB/CPRM).*

*Nosso reconhecimento também às participantes (e às empresas que financiaram sua participação) na mesa redonda inovadora intitulada "Mulheres de Pedra": Vanessa Araújo Soares (MINERAÇÃO AGRESTE), Ruteleia Lima (JMC BEGE BAHIA), Mikaella Barbosa Cruz (MAGNÍFICO ROCHAS) e à colaboração de Ana Paula Delfino Monteiro (PETTRUS) e Marilha Monteiro (GRANOS). A troca de experiências serviu de ponto de encontro e reflexão sobre como o setor da pedra natural pode — e deve — se alinhar às demandas ambientais do nosso tempo, com práticas mais conscientes e soluções criativas, e de inspiração para outras mulheres buscarem ocupar seus espaços, e fortalecer a rede de profissionais comprometidas com um futuro mais justo, equitativo e sustentável. Após o evento, nos dias 20 e 21 de novembro, alguns participantes tiveram a oportunidade de visitar a indústria de beneficiamento de rochas ornamentais da empresa Granos e as pedreiras de traquito Blue Deep e Panetonne, da empresa Vermont Mineração, e o quartzito Matira, da empresa ThorNatural Stones, empresas e funcionários aos quais somos gratos pela disponibilidade e atenção dispensada.*

*Agradecendo, por último à SBG-NE pela acolhida e ao Christiano Magini (UFC) pela organização geral e continuado suporte, bem como aos colegas da comissão organizadora do XII SRONE, Guilherme Camara, Kayrone Almeida, Millena Basilio e Isabela Rigão (CETEM), Irani Mattos (UFC) e Elissandra Lima (UFCG), aos patrocinadores e apoiadores, à equipe da CEJEM Eventos pelo suporte, em especial à Juliana Miranda, e ao Rafael Lira e Ruan Morim, da Ser Digital, e aos alunos da UFC, desejo que este evento continue sua caminhada de sucesso nas próximas edições.*

Rio de Janeiro, novembro de 2025.

Nuria Fernández Castro  
Presidente da Comissão Organizadora do XII SRONE

# SUMÁRIO

<b>Produção de Rochas Ornamentais .....</b>	<b>13</b>
ANÁLISES DOS NOVOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA -Raytallo Martins Dantas, Flanelson Maciel Monteiro, Djalma Valério Ribeiro Neto, Tércio Graciano Machado, Mauro Froes Meyer .....	14
AVALIAÇÃO DA TELAGEM EM ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA ANÁLISE DO INCREMENTO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA -Laís Baiense Scaramussa, Mariane Costalonga de Aguiar, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Maria Angelica Kramer Sant'ana, Rodrigo Carneiro Novaes .....	15
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO MÁRMORE BRANCO CACHOEIRO UTILIZANDO TELA DE REFORÇO ESTRUTURAL - Poliana do Carmo Silva, Larissa Giacomeli Turini , Elton Souza dos Santos.....	16
AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE REBOLOS ABRASIVOS NO POLIMENTO DE GRANITOS AMARELO OURO BRASIL E BEGE IPANEMA EM POLITRIZ SEMIAUTOMÁTICA -Maria Angelica Kramer Sant'ana, Rodrigo Carneiro Novaes, Bruno Mardegan, Lucielen Ribeiro de Oliveira dos Anjos, Laís Baiense Scaramussa, Lucas de Carvalho .....	17
AVALIAÇÃO DOS REGIMES MINERÁRIOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO CEARÁ DURANTE A ÚLTIMA DÉCADA - Maria Vitória de Medeiros Pereira, Thaíla Ravena Santana Carvalho, Tiany Guedes Cota .....	18
EFICIÊNCIA DA SECAGEM DE CHAPAS DE QUARTZITO EM ESTUFA INDUSTRIAL E SUAS IMPLICAÇÕES NA IMPERMEABILIZAÇÃO - Brener Charra, Julia de Souza Carvalho, Elton Souza dos Santos, Kayrone Marvila de Almeida.....	19
ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PROCESSOS MINERÁRIOS DA ANM PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DE QUARTZITO NO CEARÁ - Kayrone Marvila de Almeida, Thálita Brandão Maurício .....	20
METODOLOGIA DETERMINÍSTICA PARA CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS A PARTIR DE NUENS DE PONTOS - Gleicon Maior, Rodrigo de Lemos Peroni, Juliano Tessinari Zagôto, Rodrigo Carneiro Novaes, Daniel Vale.....	21
PATOLOGIA ACASTANHADA EM QUARTZITO CRISTALLO APÓS TRATAMENTO COM ÁCIDO FOSFÓRICO: DIAGNÓSTICO E PROTOCOLO PREVENTIVO - Mikaela Barbosa Cruz, Juliano Tessinari Zagôto .....	22
USO DE SOFWARES LIVRES NO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL - Thálita Brandão Mauricio, Antônio Luiz Pinheiro, Rodrigo Carneiro Novaes .....	23
UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL NA PREDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO DO FIO DIAMANTADO NA LAVRA	

DE ROCHAS ORNAMENTAIS - Juliano Tessinari Zagôto, Evandro F. Filgueiras, Ester G. Santolin.....24

## Uso das rochas ornamentais .....25

A PEDRA CARIRI COMO ROCHA ORNAMENTAL E MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL: USOS E APLICAÇÕES - Livia Manuela Gomes Caetano, Ismar de Souza Carvalho, Nuria Fernández Castro .....26

ABSORÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DA ESPONJA DE CONTATO: APLICAÇÃO NO GNAISSE FACOIDAL - Nuria Fernández Castro, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda, Bruno Filgueiras Conde Piacesi .27

ANÁLISE DE MICRODUREZA KNOOP EM QUARTZITOS ORNAMENTAIS - Alan Dutra Pedruzzi, Rogério Pinto Ribeiro, Beatriz Carvalheira Moreira, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira .....28

ANÁLISE PETROGRÁFICA UM INSTRUMENTO PARA CERTIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS NATURAIS - Ana Paula Meyer, Daniel Vale, Marialice Gomes de Sousa Freitas, Juliano Tessinari Zagôto, Mikaela Barbosa Cruz .....29

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DE HIDROFUGANTES EM CALCÁRIO LIOZ: UMA ABORDAGEM PARA A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PÉTREO - Livia Manuela Gomes Caetano, Nuria Fernández Castro, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda .....30

AVALIAÇÃO DA ALTERABILIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS POR ATAQUE QUÍMICO: UMA ABORDAGEM COM ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS Antonio Álvaro Alves Xavier , Tiany Guedes Cota , Francisco Diones Oliveira Silva,Wollker Cunha Soares .....31

CARACTERIZAÇÃO DE ROCHAS COM POTENCIAL ORNAMENTAL NO AGRESTE POTIGUAR - Elissandra Nascimento de Moura Lima, Flavio Valadares Araújo Filho .....32

CARACTERIZAÇÃO DOS GNAISSES ORNAMENTAIS OLHO DE POMBO APLICADOS EM REVESTIMENTOS EXTERNOS - José Luiz Ernandes Dias Filho, Joane Almeida da Conceição, Cleverton Correia Silva .....33

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ORTOGNAISSE MILONÍTICO ALÉM PARAÍBA, A PEDRA DO PATRIMÔNIO DO VALE DO CAFÉ - RIO DE JANEIRO - Stephany de Paula Miranda, Patrícia Anselmo Duffles Teixeira , Nuria Fernández Castro, Bruno Filgueiras Conde Piacesi, Millena Basílio da Silva, Larissa Soares Silva.....34

ESTUDO DA REMEDIAÇÃO DE ALTERABILIDADES DE QUARTZITOS ORNAMENTAIS DO CEARÁ - Renata de Oliveira Lopes, Irani Clezar Mattos .....35

ESTUDO DE ALTERABILIDADE E RECUPERAÇÃO DOS CALCÁRIOS CEARENSES - Ana Grazielle de Oliveira Silva, Ana Letícia Xenofonte Simões Bastos, Irani Clezar Mattos .....36

ESTUDO DE CRISTALIZAÇÃO DE SAIS NO GNAISSE FACOIDAL E AVALIAÇÃO POR MICROTOMOGRÁFIA DE RAIOS-X - Nuria Fernández Castro, Maíra da Costa de Oliveira Lima, Thiago Pineiro,

Bruno Filgueiras Conde Piacesi, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda, Jan Dewanckele, Ksenija Nikolic, Paulo Couto .....	37
HISTÓRIA, ARQUITETURA E AS ROCHAS EM CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS DE FORTALEZA, CEARÁ - Edenise Mônica Puerari, Luana Ferreira Dourado, Irani Clezar Mattos .....	38
INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE QUARTZITO, MÁRMORE DOLOMÍTICO E MONZOGRANITO - Larissa Soares Silva, Elton Souza dos Santos .....	39
INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA NA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO EM ROCHAS GRANÍTICAS - Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá, Jorge Kazuo Yamamoto .....	40
PAPEL DA PETROGRAFIA NA CARACTERIZAÇÃO DE MÁRMORES PARA USO ORNAMENTAL: ESTUDO DA LENTE ITALVA-SÃO JOAQUIM (ORÓGENO ARAÇUAÍ, ES) - Daniel Vale, Ana Paula Meyer, Luiz Carlos Bertolino, Vinicius Scherrer Pinheiro, Rodrigo Carneiro Novaes, Renzo Dias Rodrigues, Juliano Tessinari Zagôto.....	41
PROCESSOS DE ALTERAÇÃO ARTIFICIAL E ACELERADA DO CALCÁRIO LIOZ EM LABORATÓRIO - Lívia Manuela Gomes Caetano, Nuria Fernández Castro, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda, Amanda Guimarães dos Santos Mozer .....	42
SITUAÇÃO DOS PEDESTAIS DE MÁRMORE DO METEORITO DO BENDEGÓ APÓS O INCÊNDIO DO MUSEU NACIONAL - Giovanna Oliveira dos Santos Consoli Louro, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Eliane Guedes, Nuria Fernández Castro, Maria Luiza Soares....	43

## **Rochas ornamentais na economia circular .....44**

ANÁLISE GRANULOQUÍMICA DE ESTÉREIS DE ROCHAS ORNAMENTAIS UTILIZADAS COMO REMINERALIZADORES DE SOLO - Lucas de Carvalho, Elton Souza dos Santos, Guilherme de Resende Camara .....	45
AVALIAÇÃO DO MANCHAMENTO E ATAQUE QUÍMICO EM ROCHAS ARTIFICIAIS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E GRANITO - Bruno Mardegan, Evanizis Dias Frizzera Castilho, Rondinelli Moulin Lima, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Maria Angélica Kramer Sant'ana, Mariane Costalonga de Aguiar.....	46
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ESTÉREIS DE SIENITO COMO REMINERALIZADORES DE SOLO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA - Isabella Andrêza do Nascimento, Mayara Machado Melila Marinato, Gabriel Souza Campo, Guilherme de Resende Camara, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira .....	47
COMPÓSITOS CERÂMICOS COM ARDÓSIA E CARBETO DE SILÍCIO (SIC) PARA APLICAÇÃO ABRASIVA - Luciana Boaventura Palhares, Rafael Vasconcelos Silva Lopes .....	48
DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE ROCHAS AGLOMERADAS	

PRODUZIDAS COM RESÍDUOS ORNAMENTAIS: INFLUÊNCIA DO TIPO DE MOINHO - Caio Barboza Louzada, Rondinelli Moulin Lima, Evanizis Dias Frizzera Castilho, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Maria Angelica Kramer Sant'ana, Mariane Costalonga de Aguiar.....	49
ECONOMIA CIRCULAR E INOVAÇÃO: VIDROS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS - Thana Milena Lino Sabino, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Michelle Pereira Babisk, Maria Angelica Kramer Sant'ana, Mariane Costalonga de Aguiar.....	50
FABRICAÇÃO DE PISO E PORCELANATO COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO FINO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - FIBRO - Thálita Brandão Maurício, Kayrone Marvila de Almeida, Mônica Castoldi Borlini Gadioli .....	51
INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: O CASO DE SUCESSO NO APROVEITAMENTO DE XISTO EM UMA PEDREIRA DE ITINGA-MG - Rodrigo Carneiro Novaes, Juan Pablo Rodrigues de Souza, Janaina Davel dos Anjos, Maria Angelica Kramer Sant` Ana, Juliano Tessinari Zagôto .....	52
MERCADO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PARAÍBA E A ECONOMIA CIRCULAR MINERAL - Ludmila Bernardo Farias Pereira, Joaquim das Virgens Neto, Ana Paula Justo .....	53
OTIMIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA CERÂMICA VERMELHA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E ANÁLISE ESTATÍSTICA - Mariane Costalonga de Aguiar, Kamilly Simões Fernandes, Maria Angélica Kramer Sant'ana, Kayrone Marvila de Almeida, Lucielen Ribeiro de Oliveira dos Anjos, Monica C. Borlini Gadioli .....	54
OTIMIZAÇÃO ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS OPERACIONAIS NA PRODUÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS - Lahís Menon de Almeida, Rondinelli Moulin Lima, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Maria Angelica Kramer Sant'ana, Evanizis Dias Frizzera Castilho, Mariane Costalonga de Aguiar.....	55
PISO FORMADO POR RESÍDUOS DO MÁRMORE BEGE BAHIA E RESINA COM CIRCUITO BASEADO EM SENSOR PIEZZO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA - Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Lucas Marques Palermo de Aguiar, Marcell Nascimento da Conceicao.....	56
PLACAS MODULARES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL CONSTITUÍDAS DE RESÍDUOS DE VARVITO - Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Ana Beatriz Martins, Rosana Elisa Coppedê da Silva.....	57
PRODUÇÃO DE AGREGADOS LEVES A PARTIR DE RESÍDUOS DE ARDÓSIA PARA APLICAÇÃO EM CONCRETOS DE BAIXA DENSIDADE - Luciana Boaventura Palhares .....	58
PRODUÇÃO DE CORAIS ARTIFICIAIS CONTENDO RESÍDUOS DO MÁRMORE BEGE BAHIA E ARGILA COMERCIAL - Roberto Carlos da Conceicao Ribeiro, Manuella de Lima Ribeiro, Nuria Fernández Castro, Marcell Nascimento da Conceição.....	59
PRODUÇÃO DE GEOPOLÍMEROS A PARTIR DE RESÍDUOS DE	

GRANITO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO CIMENTO PORTLAND - Ryan de Jesus Ferreira, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Kayrone Marvila de Almeida, Maria Angélica Kramer Sant'ana, Mariane Costalonga de Aguiar .....	60
REMINERALIZADORES DE SOLOS: AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ECOTOXICIDADE - Mayara Machado Melila Marinato, Isabella Andrêza do Nascimento, Gabriel Souza Campo, Guilherme de Resende Camara, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira .....	61
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA ROCHA PRETO SÃO GABRIEL NA PRODUÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS ARTIFICIAIS COM VARIAÇÃO DA PRESSÃO DE COMPACTAÇÃO - Evanizis Dias Frizzera Castilho, Mariane Costalonga de Aguiar, Mônica Castoldi Borlini Gadioli .....	62
UTILIZAÇÃO DE FIBRO NA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA: ABORDAGEM DE UMA ECONOMIA CIRCULAR - Lucielen Ribeiro de Oliveira Dos Anjos, Monica Castoldi Borlini Gadioli, Maria Angelica Kramer Sant'ana, Mariane Costalonga de Aguiar .....	63



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

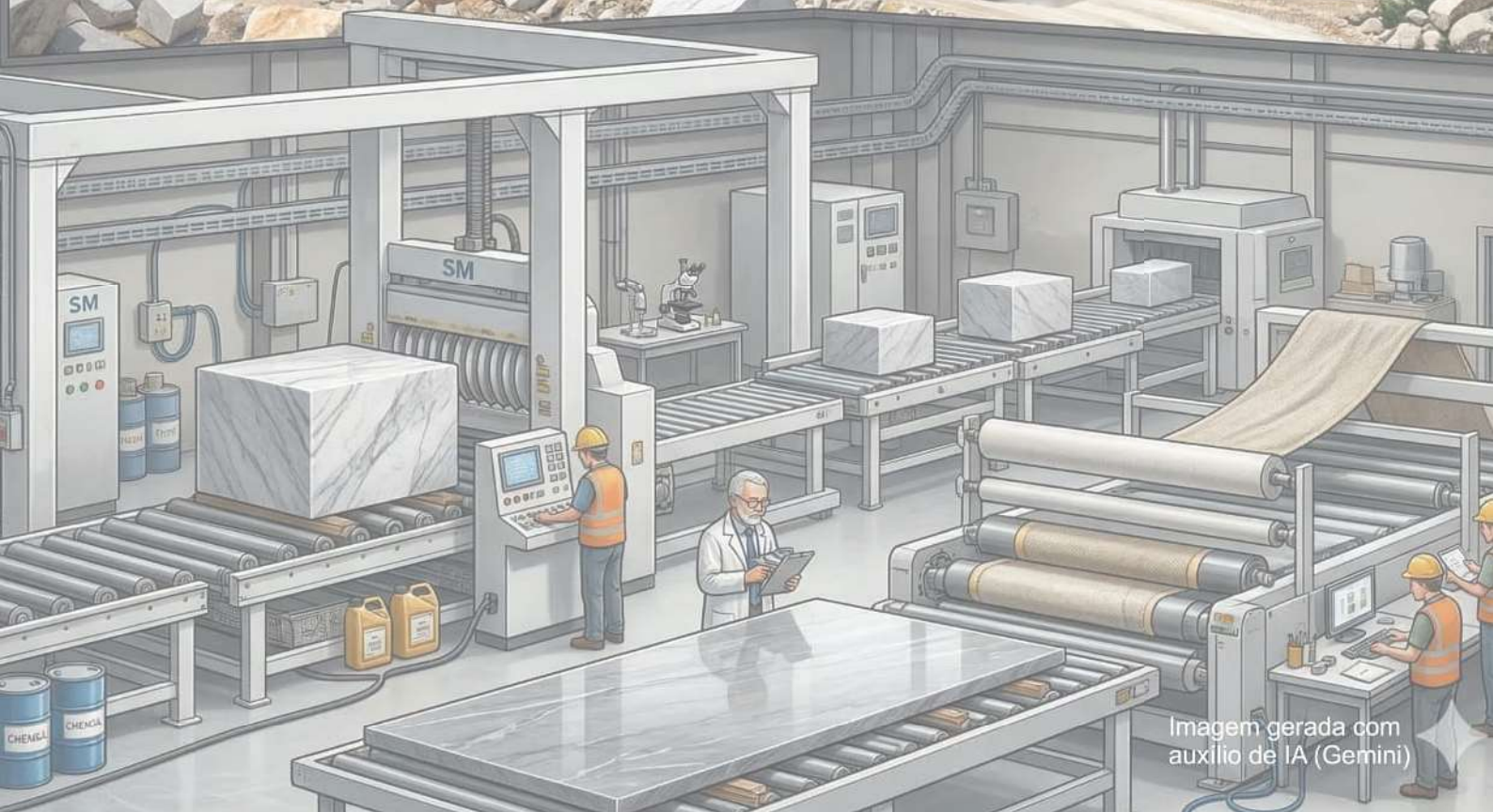


Imagem gerada com auxílio de IA (Gemini)

# ANÁLISES DOS NOVOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Raytallo Martins Dantas<sup>1</sup>, Flanelson Maciel Monteiro<sup>2</sup>, Djalma Valério Ribeiro Neto<sup>3</sup>, Tércio Graciano Machado<sup>4</sup>, Mauro Froes Meyer<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IFRN - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (raytallo.martins@escolar.ifrn.edu.br);

<sup>2</sup>IFRN - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (flanelsonifba@gmail.com);

<sup>3</sup>IFRN - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (djalma.neto@ifrn.edu.br);

<sup>4</sup>IFRN - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (gracianomil@hotmail.com);

<sup>5</sup>IFRN - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (mauro.meyer@ifrn.edu.br)

As rochas ornamentais são amplamente comercializadas mundo afora, muito devido as suas características úteis e de interesse estético, como sua alta durabilidade, resistência e beleza. O uso das rochas ornamentais é bastante versátil, é utilizado como um importante material de construção e pode ser aplicado desde revestimentos e pisos a peças de ornamentação. No Brasil, há uma grande diversidade de tipos de rochas ornamentais, o que contribui para caracterizá-lo como um dos principais exportadores de rochas ornamentais no mundo. A extração desse tipo de rocha é diferente das demais, difere, por exemplo, da extração de bauxita, ouro, scheelita, entre outros. Na extração desses bens minerais, de modo geral, são utilizados explosivos para abertura de frentes de lavra, onde o interesse principal é no mineral minério presente na rocha encaixante sem a preocupação da preservação de sua forma, já a extração das rochas ornamentais o interesse é na sua aparência e morfologia. Assim, um dos critérios de desclassificação de uma frente de rocha ornamental seria apresentar fissuras, oxidações ou outro aspecto de deformação do material rochoso, o fazendo perder o interesse econômico. Dessa forma, para garantir a preservação da boa aparência da rocha ornamental são utilizados métodos e técnicas que visa preservar seu corpo o máximo possível, métodos esses que vão se atualizando com o passar do tempo para garantir eficiência e ter outros benefícios que gerem valor. Assim sendo, esta pesquisa bibliométrica qualitativa de natureza exploratório-interpretativa investigou os novos métodos de extração de rochas ornamentais, identificando as tendências inovadoras nos últimos 10 anos (2015 - 2024), as bases de dados utilizadas foram a Scopus e a Web of Science, a pesquisa se deu por meio de palavras-chave como "extraction methods" and "ornamental rocks" or "innovation in the extraction of ornamental rocks" or "sustainability" and "extraction of ornamental rocks". Com relação aos métodos de inclusão, os filtros utilizados foram a data de publicação, maior número de citação e o conteúdo estar alinhado a área da mineração e/ou engenharias. Já sobre os métodos de exclusão ficaram as duplicatas e os demais trabalhos que não se enquadravam nos filtros apresentados. Após a seleção de trabalhos, os resultados indicam crescimento das pesquisas voltadas para métodos de baixo impacto ambiental e tecnologias de monitoramento digital. Foi observado também a baixa disponibilidade de estudos relacionados a temática estudada presente no recorte sistematizado abordado neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; extração; bibliometria.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AVALIAÇÃO DA TELAGEM EM ROCHAS ORNAMENTAIS: UMA ANÁLISE DO INCREMENTO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA

Lais Baiense Scaramussa<sup>1</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>2</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>3</sup>,  
Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>4</sup>, Rodrigo Carneiro Novaes<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (lais.scaramussa@outlook.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>4</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>5</sup>IFES -Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. (rodrigo.carneironovaes@gmail.com)

O setor de rochas ornamentais desempenha um papel significativo na economia brasileira, contribuindo com a geração de empregos, o fortalecimento da cadeia produtiva e a presença competitiva do país no mercado internacional. Em 2025, nos quatro primeiros meses, mais de 665,1 mil toneladas de materiais foram exportadas, gerando uma receita de US\$ 459,1 milhões. Diante da relevância econômica do setor, é imprescindível analisar o ciclo produtivo das rochas ornamentais, o qual compreende desde a lavra, etapa em que ocorre a extração dos materiais economicamente viáveis dos maciços rochosos, até o beneficiamento, em que os blocos extraídos são transformados em produtos acabados. Nessa última etapa, um processo amplamente utilizado em materiais considerados frágeis, como rochas fraturadas ou com baixa resistência a esforços fletores, é a telagem. Esse processo consiste na aplicação de um sistema composto por resina epóxi e tela de fibra de vidro, com o objetivo de aumentar a resistência mecânica da rocha, prevenindo quebras ou trincas durante as etapas subsequentes do beneficiamento, como o polimento, e permitindo a comercialização desses materiais, como os exóticos. Dentro desse contexto, este estudo buscou aplicar o processo de telagem em dois materiais denominados comercialmente de Matrix e Magma, utilizando telas de fibra de vidro reforçadas com resina epóxi, nas gramaturas de 80 g/m<sup>2</sup> e 170 g/m<sup>2</sup>. Além disso, foram realizados ensaios de flexão em quatro pontos nos corpos de prova, tanto no estado bruto quanto após a aplicação da telagem com as duas gramaturas, seguindo as especificações da Norma Brasileira ABNT NBR 15845-7. A análise dos resultados evidenciou que o material Matrix possui maior resistência em comparação ao Magma. A utilização da tela de 80 g/m<sup>2</sup> demonstrou-se bastante eficaz, reduzindo consideravelmente o coeficiente de variação e aprimorando a homogeneidade estrutural, sobretudo no material Matrix. Os resultados do material Magma são diretamente influenciados pelas inúmeras fraturas e pelos minerais altamente intemperizados presentes em sua estrutura. Os dados indicam que a utilização da tela representa uma alternativa eficiente para o reforço de chapas de rochas ornamentais, aumentando tanto sua versatilidade quanto a segurança durante as etapas de produção, além de aprimorar as técnicas de beneficiamento no setor e fortalecer a competitividade dos produtos nacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; telagem; caracterização tecnológica.



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO MÁRMORE BRANCO CACHOEIRO UTILIZANDO TELA DE REFORÇO ESTRUTURAL

Poliana do Carmo Silva<sup>1</sup>, Larissa Giacomeli Turini<sup>2</sup>, Elton Souza dos Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FACI - Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim ([polianadocarmo9@gmail.com](mailto:polianadocarmo9@gmail.com));

<sup>2</sup>FACI - Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim ([larissilvasoares@gmail.com](mailto:larissilvasoares@gmail.com));

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([tompositivo@gmail.com](mailto:tompositivo@gmail.com))

O setor de rochas ornamentais é essencial para a economia brasileira, gerando empregos e impulsionando o comércio internacional. Nas últimas décadas, o crescimento das exportações e do consumo interno impulsionou a modernização do setor produtivo, gerando demanda por profissionais capacitados para compreender as propriedades tecnológicas dos materiais e atuar em todas as etapas da produção. Este estudo analisa o comportamento físico e mecânico do Mármore Branco Cachoeiro, com foco na eficiência da aplicação de tela como reforço estrutural. A pesquisa foi conduzida ao longo de três meses no Laboratório de Rochas Ornamentais da Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim (FACI). Para determinar os índices físicos, foram selecionados dez corpos de prova cúbicos de 55 mm, mantendo a proporção base/altura de 1:1. Inicialmente, os corpos foram lavados com água corrente e escova de cerda macia. Em seguida, foram identificados e submetidos à saturação em água deionizada por 48 horas, passando por três etapas de imersão progressiva. Após a saturação, cada corpo de prova foi pesado em uma balança de precisão acoplada a um kit de pesagem hidrostática. Para a massa seca, as amostras foram dispostas em bandejas de aço inox e secas em estufa a 70 °C até massa constante. Com os dados obtidos, calcularam-se a densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água. Para o ensaio de flexão por carregamento em quatro pontos, foram preparados 20 corpos de prova com dimensões de 30 mm x 100 mm x 400 mm, cortados por uma empresa local. Os corpos foram polidos e divididos em dois grupos: um recebeu tela de 80 g/m<sup>2</sup> fixada com resina epóxi, enquanto o outro permaneceu sem telagem para comparação. Os corpos de prova foram identificados, medidos e submetidos ao ensaio em uma prensa hidráulica da marca Contenco, na condição seca. O módulo de ruptura foi determinado com o software Pavitest Rocha, desenvolvido pelo mesmo fabricante. Todos os procedimentos seguiram as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os testes revelaram que as amostras sem telagem apresentaram maior propensão ao rompimento sob carga, enquanto as teladas suportaram esforços adicionais antes do aparecimento de fissuras. Isso evidencia a eficácia da telagem como reforço estrutural, contribuindo para a integridade do material e aumentando sua segurança em aplicações como fachadas e bancadas. Além de prevenir a fragmentação completa, a telagem proporcionou maior consistência entre as amostras, refletindo positivamente na performance sob carga. Embora o ensaio de flexão tenha apresentado resultados satisfatórios, os índices físicos não demonstraram o mesmo desempenho. Apesar da densidade aparente atender às normas da ABNT e ASTM, os valores elevados de porosidade e absorção de água indicam que o material pode ser inadequado para ambientes com alta umidade, exigindo avaliação criteriosa para seu uso em tais condições.

**PALAVRAS-CHAVE:** caracterização tecnológica; rochas ornamentais; telagem.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE REBOLOS ABRASIVOS NO POLIMENTO DE GRANITOS AMARELO OURO BRASIL E BEGE IPANEMA EM POLITRIZ SEMIAUTOMÁTICA

Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>1</sup>, Rodrigo Carneiro Novaes<sup>2</sup>, Bruno Mardegan<sup>3</sup>, Lucielen Ribeiro de Oliveira dos Anjos<sup>4</sup>, Laís Baiense Scaramussa<sup>5</sup>, Lucas de Carvalho<sup>6</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (marianagelicaks@gmail.com);

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (rodrigo.carneironovaes@gmail.com);

<sup>3</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (bruno.mardegann@hotmail.com);

<sup>4</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (oliveiralucielenoliveira@gmail.com);

<sup>5</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (scaramussalais@gmail.com);

<sup>6</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Lucas.carvalhokj@gmail.com)

O polimento de rochas ornamentais é uma etapa fundamental no beneficiamento, responsável por conferir brilho, regularidade superficial e valor estético ao produto final, agregando competitividade no mercado. Entre os fatores que influenciam a eficiência desse processo, destacam-se as características petrográficas e tecnológicas da rocha, a configuração operacional da máquina e o desempenho dos abrasivos utilizados. O desgaste dos rebolos abrasivos é um parâmetro crítico, pois impacta diretamente no custo operacional e na qualidade final do polimento. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar comparativamente o desgaste de rebolos abrasivos no polimento de dois granitos comerciais amplamente utilizados: o Granito Amarelo Ouro Brasil e o Granito Bege Ipanema. Os ensaios foram realizados no IFES – Campus Cachoeiro de Itapemirim, utilizando uma politriz semiautomática de um cabeçote, operando sob pressão de 3 bar (equivalente a aproximadamente 45 psi). A sequência de movimentos aplicada seguiu a ordem zigzag, transversal, longitudinal e novamente zigzag, simulando as condições reais do beneficiamento industrial. Foram testadas cinco granulometrias de abrasivo (220, 400, 600, 800 e 1200 mesh), avaliando-se, para cada grit, seis réplicas em cada material. O desgaste dos rebolos foi monitorado por medições de massa (g) e espessura (mm) em três momentos distintos: antes do uso, após o primeiro polimento e após o segundo polimento consecutivo. Os resultados demonstraram que, para ambos os materiais, as maiores perdas de massa e redução de espessura ocorreram nas granulometrias iniciais, especialmente no grit 220, etapa de abertura do polimento. O Granito Amarelo Ouro Brasil apresentou desgaste significativamente superior em todas as granulometrias, com destaque para perdas médias acima de 12% em massa e 10% em espessura no grit 220 após o segundo polimento, enquanto o Granito Bege Ipanema apresentou perdas inferiores a 2% em ambas as métricas. Essa diferença de desempenho sugere forte influência das propriedades mineralógicas e microestruturais de cada rocha sobre a taxa de desgaste dos abrasivos. A análise dos dados evidencia que a otimização de parâmetros como tempo de contato, pressão aplicada e tipo de ligante do rebolo nas granulometrias de abertura pode resultar em redução de custos e aumento da eficiência do processo, sobretudo para rochas mais abrasivas como o Amarelo Ouro Brasil. Assim, este estudo fornece subsídios técnicos para ajustes operacionais no polimento de diferentes rochas ornamentais, contribuindo para maior produtividade, economia de insumos e qualidade final do produto.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; polimento; beneficiamento.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AValiação DOS REGIMES MINERÁRIOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO CEARÁ DURANTE A ÚLTIMA DÉCADA

Maria Vitória de Medeiros Pereira<sup>1</sup>, Thaíla Ravena Santana Carvalho<sup>2</sup>, Tiany Guedes Cota<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús (vitoriamedeiros2104@gmail.com);

<sup>2</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús (thaila.ravena@ufc.br);

<sup>3</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús (tianycota@crateus.ufc.br)

O estado do Ceará possui características geológicas favoráveis, que contribuem para a ocorrência de rochas com potencial de aplicação para fins ornamentais e de revestimento. Na última década, as diferentes tipologias de rochas presentes no território cearense contribuíram para o fortalecimento da atividade minerária voltada ao aproveitamento desses recursos. O embasamento geológico do Ceará, inserido na Província Borborema, destaca-se por apresentar uma grande diversidade geológica, predominantemente de rochas cristalinas (74% do território). Esse panorama beneficia a formação de materiais ornamentais de alto valor comercial e relevância estética, como os granitos esbranquiçados (Branco Ceará, Super Branco), granitos verdes (Verde Meruoca, Verde Ceará), mármore (Crema Porto Fino, Bege Capri) e o calcário laminado conhecido como Pedra Cariri. Esses recursos são responsáveis por abastecer o mercado interno, além de possuírem um alto potencial de exportação. Com isso, este estudo tem como objetivo compreender a evolução do setor, por meio da análise da variação no número de registros dos regimes de aproveitamento de rochas ornamentais nos anos de 2014, 2019 e 2024. A metodologia utilizada consistiu na coleta de dados disponibilizados pela plataforma SIGMINE/ANM, visando à obtenção dos processos minerários ativos do estado do Ceará, filtrados para os anos selecionados. Esses processos foram filtrados no QGIS, possibilitando a construção de tabelas e mapas temáticos, além da análise da evolução qualitativa e quantitativa dos regimes de aproveitamento de rochas ornamentais. A avaliação dos dados obtidos permitiu analisar que o estado do Ceará apresentou um crescimento nos anos de 2014 a 2024 de cerca de 303,2%. Esse aumento também foi expressivo entre 2014 e 2019, com 235,5%, enquanto entre 2019 e 2024 o crescimento foi de apenas 20,2%, indicando uma tendência de estabilidade, após um início mais acelerado. Com relação aos regimes minerários, destacaram-se autorização e requerimento de pesquisa, mostrando que o setor apresenta um amplo potencial a ser explorado. O interesse crescente por substâncias como o quartzito e o granito, aliado ao uso de tecnologias, demonstra que o setor tende a crescer cada vez mais. À vista disso, é possível concluir que o progresso constante tende a impulsionar ainda mais o desenvolvimento do setor nos próximos anos, tanto no mercado interno quanto nas exportações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ceará; rochas ornamentais; potencial geológico.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# EFICIÊNCIA DA SECAGEM DE CHAPAS DE QUARTZITO EM ESTUFA INDUSTRIAL E SUAS IMPLICAÇÕES NA IMPERMEABILIZAÇÃO

Brener Charra<sup>1</sup>, Julia de Souza Carvalho<sup>2</sup>, Elton Souza dos Santos<sup>3</sup>, Kayrone Marvila de Almeida<sup>4</sup>

<sup>1</sup>FACI - Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim (brenercharra@hotmail.com);

<sup>2</sup>FACI - Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim (juliadesouzacarvalhok@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (tompositivo@gmail.com);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (kayronemarvila@gmail.com)

No setor de rochas ornamentais, a etapa de impermeabilização é essencial para garantir maior durabilidade, resistência e valor estético ao material. Para a correta aplicação de resinas e outros tratamentos superficiais, é imprescindível que as chapas estejam completamente secas, uma vez que a umidade residual pode comprometer a aderência dos produtos e a qualidade final do acabamento. Contudo, o uso de fornos industriais apresenta limitações quanto à eficiência da secagem completa, sobretudo em materiais de alta densidade e baixa porosidade, como o quartzito. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de diferentes condições de secagem em uma estufa industrial, contribuindo para a otimização do processo de beneficiamento dessas rochas. Foram selecionadas três variedades comerciais de quartzito, Terre Crystal, Nazca e Sandaluz, provenientes de uma indústria localizada em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. Cada amostra consistiu em uma chapa de quartzito de coloração clara, com dimensões de 3,2 x 2,0 m. Inicialmente, aplicou-se ácido para o tratamento de oxidações de minerais ferruginosos, seguido de lavagem para neutralização do pH. Com o pH já estabilizado, as chapas foram transportadas para a estufa industrial e dispostas sobre cavaletes (estivas). O processo de secagem teve duração de 24 horas, sob temperatura controlada entre 40°C e 60°C. Após a secagem, foram aferidas a temperatura e a umidade superficial das chapas com o auxílio de um termômetro digital e de um medidor de umidade industrial, fornecidos pela própria indústria. Para a determinação dos índices físicos, as amostras foram confeccionadas no Laboratório de Caracterização de Rochas da Faculdade de Tecnologia Cachoeiro de Itapemirim (FACI). Foram utilizados 10 corpos de prova para cada tipo de quartzito, totalizando 30 amostras, com dimensões de 7 x 7 x 3 cm. As massas seca, saturada e submersa foram determinadas segundo os procedimentos estabelecidos na norma ABNT NBR 15845-2:2015, utilizando-se estufa ventilada, balança com resolução de 0,01 g, bandeja de material não oxidável e recipiente adequado para pesagem submersa. As chapas submetidas à temperatura de 60°C apresentaram secagem mais eficiente, alcançando níveis de umidade de 12% após 24 horas, valor considerado ideal para a aplicação de resinas. Os índices de porosidade obtidos (valores entre 0,39 e 0,46 %) aliado a baixa absorção de água (valores entre 0,15 e 0,17 %), evidenciam a baixa permeabilidade dessas rochas, o que aumenta sua resistência à penetração de líquidos. A baixa absorção de água reflete maior resistência à penetração de líquidos e reduz o risco de manchas ou deterioração superficial. Além disso, a elevada densidade aparente observada nas amostras (valores superiores a 2633 kg.m<sup>-3</sup>) contribuí para o aumento da resistência mecânica e da durabilidade do material. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes com os parâmetros esperados pela indústria e reforçam a importância do controle térmico no processo de secagem. Conclui-se que a estufa industrial operando a 60°C por 24 horas proporciona eficiência satisfatória na eliminação da umidade em quartzitos. No entanto, recomenda-se a realização de estudos adicionais com um número maior de amostras e diferentes condições de temperatura e tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** absorção de água; densidade; impermeabilização; porosidade; rochas ornamentais.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PROCESSOS MINERÁRIOS DA ANM PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DE QUARTZITO NO CEARÁ

Kayrone Marvila de Almeida<sup>1</sup>, Thálita Brandão Maurício<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([kmalmeida@cetem.gov.br](mailto:kmalmeida@cetem.gov.br));

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([tmauricio@cetem.gov.br](mailto:tmauricio@cetem.gov.br))

O Brasil ocupa posição de destaque na produção mundial de rochas ornamentais, sendo o quarto maior produtor, com uma produção anual de aproximadamente 10 Mt, conforme dados da ABIROCHAS (2024). Dentro desse contexto, o estado do Ceará se destaca como o terceiro maior exportador nacional, principalmente devido aos quartzitos, cujo valor médio por tonelada chega a US\$ 2.304,5. A crescente demanda por esse material, tanto no mercado interno quanto externo, associada ao seu alto valor agregado, intensificou a busca por novas áreas de exploração, especialmente em regiões de potencial geológico ainda pouco estudadas. Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição espacial dos processos minerários relacionados ao quartzito no estado do Ceará, utilizando dados públicos da Agência Nacional de Mineração (ANM) e técnicas de geoprocessamento, em especial a análise de densidade espacial por meio da técnica de Densidade Kernel, para delimitar zonas com potencial para prospecção e pesquisa mineral futura. A metodologia baseou-se na coleta de dados públicos disponíveis na plataforma Sistema de Informação Geográfica da Mineração - SIGMINE e em dados abertos da ANM, processados no software ArcGIS 10.8. Inicialmente, foram selecionados apenas os processos minerários que indicavam o quartzito como substância principal e que se encontravam em fases processuais que atestavam a ocorrência mineral, como Requerimento de Lavra, Concessão de Lavra, Direito de Requerer Lavra, Guia de Utilização e Licenciamento Mineral. O levantamento apresentou um total de 123 processos com a substância de interesse o quartzito. Em seguida, transformaram-se as poligonais desses processos em centroides para análise pontual. A técnica estatística não paramétrica de Densidade Kernel foi aplicada para gerar uma superfície contínua, estimando a concentração de ocorrências por quilômetro quadrado, de modo a evidenciar padrões espaciais. Os resultados apontaram uma maior concentração de ocorrências no noroeste do Ceará, abrangendo municípios como Granja, Viçosa do Ceará, Uruoca, Santana do Acaraú e Massapê. Essa área coincide geologicamente com a Formação São Joaquim, do Grupo Martinópole, caracterizada por quartzitos puros e micáceos, além de xistos e intercalações ferríferas, reforçando a coerência entre os dados minerários e o contexto geológico regional. Além do noroeste, outras manchas de densidade moderada foram observadas em regiões do centro-sul e sudoeste do estado, ainda que com menor intensidade. A utilização da técnica de Densidade Kernel mostrou-se eficaz para identificar áreas prioritárias de pesquisa mineral, o que possibilita uma análise integrada entre registros oficiais da ANM e dados geológicos. Essa abordagem oferece subsídios relevantes para o planejamento de novas campanhas de prospecção mineral, contribuindo para otimizar recursos e direcionar esforços de campo a regiões com maior potencial econômico. Por fim, o estudo reforça a importância da integração entre geoprocessamento e dados públicos como ferramenta estratégica para ampliar o conhecimento sobre a distribuição espacial de substâncias minerais, apoiando políticas de expansão do setor de rochas ornamentais no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; quartzito; geoprocessamento.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# METODOLOGIA DETERMINÍSTICA PARA CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS A PARTIR DE NUVENS DE PONTOS

Gleicon Maior<sup>1</sup>, Rodrigo de Lemos Peroni<sup>2</sup>, Juliano Tessinari Zagoto<sup>3</sup>, Rodrigo Carneiro Novaes<sup>4</sup>, Daniel Vale<sup>5</sup>

<sup>1</sup>URGS - Univ. Fed. do Rio Grande do Sul /IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (gleicon.maior@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>UFRGS - Univ. Fed. do Rio Grande do Sul (peroni@ufrgs.br);

<sup>3</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (tessinari@ifes.edu.br);

<sup>4</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (rodrigo.novaes@ifes.edu.br);

<sup>5</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (daniel.vale@ifes.edu.br)

O setor de rochas ornamentais exige precisão e reprodutibilidade na caracterização estrutural dos maciços, visando a maximização do aproveitamento comercial e a redução de perdas durante a lavra. Nesse cenário, metodologias computacionais vêm sendo desenvolvidas em Python para inspeção automatizada e análise quantitativa do fraturamento a partir de nuvens de pontos 3D. Essas soluções integram ferramentas robustas com foco em reprodutibilidade, o que é essencial para garantir a consistência de avaliações técnicas em ambientes de lavra e beneficiamento. O fluxo metodológico inicia-se com a importação de nuvens de pontos em formatos como PLY, PCD ou LAS, obtidas por fotogrametria com drones ou escaneamento a laser. Em seguida, a segmentação das descontinuidades é realizada por meio de algoritmos determinísticos baseados no RANSAC (Random Sample Consensus), assegurando que os mesmos parâmetros de entrada gerem sempre os mesmos planos, eliminando a aleatoriedade na extração das fraturas. As descontinuidades extraídas são agrupadas em famílias estruturais com base na orientação espacial (azimute e mergulho), utilizando técnicas como o DBSCAN para clusterização angular das normais. Duas abordagens complementares são aplicadas na análise. A primeira é a "Análise de Grid Artificial", em que o usuário define uma malha tridimensional sobre o maciço, e o sistema calcula a intensidade de fraturamento P32 (área de fratura por unidade de volume) para cada bloco. Isso permite mapear zonas de maior fragmentação, orientando decisões quanto à viabilidade de extração. A segunda abordagem, a "Análise de Blocos Naturais", foca na identificação e geometria dos blocos efetivamente gerados pela interseção de fraturas. A partir da interseção de trios de planos, são calculados vértices potenciais, os quais são filtrados para permanecer apenas aqueles dentro do casco convexo do maciço. Essa etapa fornece uma base geométrica para estimar volumes extraíveis e a qualidade dos blocos naturais, aspectos cruciais na indústria de rochas ornamentais. A metodologia é acompanhada de ferramentas avançadas de visualização e análise, incluindo renderização 3D interativa dos blocos, fraturas e nuvem original, além de outputs estatísticos como histogramas, rosáceas e estereogramas. A exportação dos dados em formatos como CSV facilita sua integração com sistemas de planejamento de lavra e controle de qualidade. Ainda, o software permite simular a extração de blocos e analisar o impacto na estabilidade do maciço remanescente, contribuindo para um planejamento técnico mais seguro e eficiente. Assim, a metodologia proposta representa um avanço expressivo no campo das rochas ornamentais, permitindo maior controle estrutural, melhor aproveitamento da jazida e suporte técnico às decisões de lavra.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; nuvem de pontos; fraturamento.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PATOLOGIA ACASTANHADA EM QUARTZITO CRISTALLO APÓS TRATAMENTO COM ÁCIDO FOSFÓRICO: DIAGNÓSTICO E PROTOCOLO PREVENTIVO

Mikaella Barbosa Cruz<sup>1</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo ([barbosacruzmiikaella@gmail.com](mailto:barbosacruzmiikaella@gmail.com));

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo ([tessinari@ifes.edu.br](mailto:tessinari@ifes.edu.br))

A técnica de aplicação de ácidos vem sendo cada vez mais adotada no setor de rochas ornamentais, especialmente para a remoção de manchas de oxidação em materiais como granitos, mármore e quartzitos. Contudo, a ausência de padronização no processo e a falta de estudos técnicos aprofundados têm levado à ocorrência de efeitos indesejados, como manchas e degradações estéticas. O presente estudo teve como objetivo identificar e compreender a origem de uma patologia acastanhada observada em chapas de quartzito Cristallo após tratamento com ácido fosfórico. Neste trabalho, foram analisadas amostras tratadas e não tratadas por meio de técnicas como lâmina petrográfica, espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e difração de raios X (DRX), a fim de avaliar a presença de minerais secundários e alterações químicas que justificassem a coloração anômala. As chapas foram submetidas a imersão em ácido fosfórico por 48 horas, a temperaturas entre 55 °C e 65 °C, e posteriormente armazenadas em bundles fechados por aproximadamente quatro meses. Os resultados indicaram que a mancha não está relacionada à formação de fosfato de ferro, composto oriundo da reação química, ou à presença de minerais secundários. A análise petrográfica evidenciou a presença de microfissuras com resíduos impregnados, caracterizando a formação de uma "lama acastanhada" composta por óxidos ferrosos que se acumularam nas zonas de maior porosidade e permeabilidade da rocha. O ICP-OES demonstrou redução na concentração de ferro após o tratamento, confirmando a eficácia parcial da remoção de óxidos, mas também indicando que a má secagem pode reverter os ganhos obtidos. O DRX não apontou a formação de novos minerais. Concluiu-se que o fator determinante para o surgimento da patologia foi a insuficiência do tempo de secagem após o tratamento ácido, agravada pela elevada porosidade do quartzito Cristallo e pelo armazenamento inadequado das chapas. Diante disso, foi proposto um protocolo técnico que inclui: secagem mínima de sete dias com ventilação ativa; espaçamento entre chapas; e períodos de repouso entre etapas de telagem, resinagem e polimento. Tais medidas foram validadas com base na experiência industrial de empresas do setor, com destaque para a Magnífico Group, que demonstrou êxito na aplicação do protocolo em larga escala. O estudo contribui para a padronização dos processos de beneficiamento com ácidos, visando minimizar perdas, melhorar a qualidade do produto final e garantir maior segurança e previsibilidade no uso de tecnologias químicas no setor de rochas ornamentais.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento; rochas ornamentais; ácidos.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# USO DE SOFTWARES LIVRES NO PLANEJAMENTO DE LAVRA DE ROCHA ORNAMENTAL

Thálita Brandão Mauricio<sup>1</sup>, Antônio Luiz Pinheiro<sup>2</sup>, Rodrigo Carneiro Novaes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (thalitabm493@gmail.com);

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (antonio.pinheiro@ifes.edu.br);

<sup>3</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (rodrigo.novaes@ifes.edu.br)

O planejamento de lavra garante o melhor aproveitamento de todo recurso mineiro de uma lavra buscando a redução de custos com um máximo de aproveitamento. As lavras de rocha ornamental normalmente possuem baixo aproveitamento, estima-se taxas no entorno de 25%. Quando tratado de rochas exóticas, assim conhecidas por serem mais raras e frágeis, o aproveitamento é ainda menor, podendo ser até de 1 à 3%. Um bom planejamento antecede e minimiza tais prejuízos para o minerador. Atualmente é possível planejar a vida útil de uma mina com o uso de softwares livres. Estes são capazes de calcular recursos medidos durante a etapa de pesquisa e inferir volumes tecnicamente possíveis de serem recuperados destas reservas minerais através do projeto de cavas finais. Desta forma, este trabalho usou de dados de campo de um área potencial de extração de granito no município de Aimorés em Minas Gerais, próximo à divisa com o estado do Espírito Santo. Os dados coletados foram: relatório de furo de sondagem e modelo digital de terreno obtido através de fotogrametria com drone. Estes dados foram processados em softwares gratuitos como excel, QGis e RecMin e com eles projetado os corpos de minério e estéril. Com o modelo litológico projetado foi possível calcular o recurso medido por dois métodos utilizando o RecMin: método das seções e métodos dos blocos. Para o método das seções, o software RecMin permite especificar a distância de cada seção em metros, dessa forma, quanto menor a distância mais fidedigno será o resultado. Foram simulados espaçamentos distintos entre as seções até que os valores atingissem a convergência pela condição de contorno de erro de iteração 5%. Já o método dos blocos consistiu em calcular o volume de blocos contidos no corpo de minério e estéril 5x5 metros e posteriormente a contagem dos mesmos. O modelo de blocos foi ainda utilizado para projetar uma cava final de uma lavra por bancadas com bermas de segurança, rampas de acesso e praça. Com ela, foi possível identificar os blocos tecnicamente viáveis de serem explotados, ou seja, possíveis de extração para o corpo de minério projetado, o resultado foi de 1.185.875 m<sup>3</sup>. Com os valores de densidade do estéril e minério foi possível calcular também a Relação Estéril Minério – REM com valor de 6/25, demonstrando viabilidade para a abertura de lavra.

**PALAVRAS-CHAVE:** softwares livres; planejamento de lavra; cava final.



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# UTILIZAÇÃO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL NA PREDIÇÃO DE PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO DO FIO DIAMANTADO NA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Juliano Tessinari Zagôto<sup>1</sup>, Evandro F. Filgueiras<sup>2</sup>, Ester G. Santolin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (tessinari@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (filgueiras.evandro1@gmail.com);

<sup>3</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (egobisantolin@gmail.com)

O fio diamantado tem se destacado como uma alternativa tecnológica ao fio helicoidal, superando suas limitações em cortes de rochas de elevada dureza, como granitos e quartzitos. Sua adoção no Brasil teve início na década de 1990 e cresceu consistentemente nas pedreiras, trazendo benefícios como cortes mais precisos e definição geométrica aprimorada, redução de emissão de poeira, ruído e vibração, além de resultar em maiores níveis de produtividade, segurança operacional e viabilidade econômica. Em um contexto de competição intensificada e avanços tecnológicos no setor mineral, torna-se essencial aprimorar a eficiência produtiva e o controle de custos por meio do uso otimizado de recursos. O objetivo deste trabalho consiste em desenvolver uma ferramenta computacional capaz de estimar o rendimento e a produtividade do fio diamantado na extração de rochas ornamentais. A proposta alinha-se à filosofia *mine to mill*, integrando as etapas da cadeia produtiva mineral e oferecendo suporte à tomada de decisão operacional em pedreiras. A pesquisa foi conduzida como estudo aplicado com abordagem quantitativa. Utilizou-se modelagem computacional, por meio de um programa desenvolvido em Python, que simula cenários operacionais com base em parâmetros bibliográficos extraídos de literatura técnica e artigos científicos. Os dados foram simulados dentro de intervalos reais informados na bibliografia, caracterizando o estudo como uma pesquisa simulativa com dados secundários. Não houve coleta empírica em campo, mas o desenvolvimento do modelo foi fundamentado em referências consolidadas da área. Os resultados parciais obtidos nas simulações mostraram coerência matemática e conformidade física com padrões operacionais já documentados. O modelo demonstrou capacidade satisfatória para prever indicadores de rendimento e produtividade do fio diamantado. Ainda que os testes em condições reais de campo não tenham sido realizados, os dados simulados sugerem que o sistema é robusto e funcional. As simulações demonstram que o programa tem potencial real de aplicação prática, especialmente no planejamento operacional em pedreiras. Conclui-se que o programa tem potencial para ser adotado como ferramenta de planejamento e apoio à gestão da lavra de rochas ornamentais. A partir de previsões confiáveis, é possível otimizar a alocação de recursos, melhorar o controle operacional e reduzir custos, contribuindo para maior eficiência técnica e econômica do processo produtivo. Esse alinhamento à abordagem *mine to mill* favorece uma visão integrada que potencializa desempenho e sustentabilidade nas operações.

**PALAVRAS-CHAVE:** fio diamantado; modelagem computacional; *mine to mill*.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE





12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# UTILIZAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS



Imagem gerada com auxílio de IA. (Gemini)



# A PEDRA CARIRI COMO ROCHA ORNAMENTAL E MATERIAL DE CONSTRUÇÃO CIVIL: USOS E APLICAÇÕES

Lívia Manuela Gomes Caetano<sup>1</sup>, Ismar de Souza Carvalho<sup>2</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro (liviscamanu@gmail.com);

<sup>2</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro- FCC, Casa da Ciência (ismar@geologia.ufrj.br);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ncastro@cetem.gov.br )

A Pedra Cariri é uma rocha sedimentar calcária, formada há aproximadamente 120 milhões de anos, durante o Aptiano (Cretáceo Inferior). Seus afloramentos localizam-se na região do Vale do Cariri, no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, inseridos no contexto geológico da Bacia do Araripe. A rocha pertence à unidade estratigráfica denominada Formação Crato, reconhecida como um dos mais importantes depósitos do tipo Konservat-Lagerstätte do Cretáceo, sítios fossilíferos com excepcional preservação de organismos. Essa característica destaca a Pedra Cariri como ferramenta fundamental para o entendimento da biodiversidade de antigos ecossistemas da Terra e para a compreensão da evolução das espécies. Para além dos atributos destacados, a Pedra Cariri apresenta propriedades que favorecem seu uso em aplicações ornamentais e na construção civil, ressaltando-se pelo caráter laminado bem definido e pelos resultados obtidos em análises de caracterização tecnológica, que reforçam a viabilidade do uso da rocha nessas aplicações. Corroborando com o exposto, a rocha foi utilizada em larga escala e é encontrada por toda a extensão do Vale do Cariri, especialmente nos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda, e em seus municípios vizinhos, Crato e Juazeiro do Norte. A presente pesquisa tem como objetivo principal reunir dados sobre as diversas aplicações da Pedra Cariri, destacando seu uso como rocha ornamental e material para construção civil, visando contribuir para a documentação do conhecimento técnico e científico relativo à rocha. Para isso, foram realizadas visitas de campo na região com o intuito de registrar e coletar dados e informações diretamente da realidade do objeto de estudo. Nesse sentido, observou-se na região uma forte identidade arquitetônica associada à rocha. Inicialmente, foi possível reconhecer com facilidade o seu uso como elemento estrutural e para revestimento, evidenciado pela quantidade de edificações construídas com blocos e unidades de alvenaria do material pétreo, expondo paredes e pisos com padrões únicos, característicos e de beleza inegável. Para além do seu uso na construção civil, a rocha também foi utilizada para o desenvolvimento de diversas peças de mobiliário, desde mesas, cadeiras e bancos, até cubas, estantes, aparadores, vasos de planta e cascatas para piscina, feitas exclusivamente com o material pétreo. Não obstante, a Pedra Cariri também é amplamente incorporada como elemento decorativo, presente em miniaturas de prédios históricos, cofres e, especialmente, sendo utilizada por artesãos como uma verdadeira tela em branco. A superfície plana da rocha ganha, através de delicadas pinturas, elementos culturais brasileiros e internacionais, além de representações científicas que remetem à rica paleontologia da região, resultando em peças de elevado valor artístico, geológico e cultural. Sua abundância, ampla aplicabilidade e forte vínculo com a identidade regional favorecem sua presença em locais emblemáticos e de reconhecido valor simbólico para os municípios. Assim, a Pedra Cariri se destaca como uma rocha singular, consolidada como marco arquitetônico, patrimonial e científico do Vale do Cariri, cuja ampla utilização como material de construção e rocha ornamental reforça seu papel na formação da identidade e das características culturais locais, afirmando-se como notável expressão da geodiversidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pedra Cariri; rocha ornamental; identidade regional.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ABSORÇÃO DE ÁGUA PELO MÉTODO DA ESPONJA DE CONTATO: APLICAÇÃO NO GNAISSE FACOIDAL

Nuria Fernández Castro<sup>1</sup>, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda<sup>2</sup>, Bruno Filgueiras Conde Piacesi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([ncastro@cetem.gov.br](mailto:ncastro@cetem.gov.br));

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([cerquedapci2@gmail.com](mailto:cerquedapci2@gmail.com));

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([bruno01piacesi10@gmail.com](mailto:bruno01piacesi10@gmail.com))

A água é um dos agentes mais deletérios para as rochas, sendo veículo de processos de intemperismo químico, físico e biológico. As principais fontes de água são a chuva, a água do solo ou subterrânea e, em menor medida, a absorvida pela condensação da umidade do ar. No caso das rochas que integram o patrimônio construído, isto é edificações, estruturas ou monumentos com valor cultural, denominadas pedras do patrimônio, há consenso em que a água é a principal causa ou meio para sua deterioração. A água penetra nas rochas por absorção capilar ou fraturas e a mensuração da capacidade de absorção de água por capilaridade é fundamental para a conservação do patrimônio, principalmente para avaliar a eficácia de tratamentos de proteção em monumentos. Pode ser medida em laboratório pelo ganho de peso, ao longo do tempo, de amostras em contato com uma lâmina de água ou in situ, pelo descenso do nível de água em um tubo de vidro graduado afixado à superfície da rocha (método do cachimbo). Para rochas de baixa absorção, esse último método pode ser muito demorado, tendo sido desenvolvido um novo método aplicável in situ, o da esponja de contato, no qual uma esponja de fibra natural em uma caixa rígida é carregada com água destilada e colocada em contato com a superfície da rocha, obtendo-se a quantidade de água absorvida após um tempo pré-determinado em testes prévios, de entre 30 e 180 segundos, pela pesagem antes e depois em balança digital de precisão de 0,001g. Este estudo investigou o uso do método da esponja de contato para avaliar a absorção de água por capilaridade do Gnaisse Facoidal, a rocha mais representativa do patrimônio natural e cultural da cidade do Rio de Janeiro e presente em muitas outras cidades do país, o que justificou que fosse a primeira rocha brasileira a ser designada Pedra do Patrimônio mundial pela União Internacional das Ciências Geológicas. O método da esponja de contato foi aplicado em 48 corpos de prova, extraídos de cantarias de demolição doadas pela Santa Casa de Misericórdia. Os parâmetros aplicados para o ensaio foram a orientação da esponja na vertical (como em paredes) ou horizontal (como em pisos), o tempo de contato na rocha em 60 ou 90 segundos e a direção da foliação da rocha (perpendicular, oblíqua e paralela) com relação a orientação preferencial para a absorção da água. A análise dos resultados mostrou que o tempo de contato é o parâmetro de maior influência. Com 60 segundos de contato obtiveram-se, em todos os casos, maiores valores de absorção ( $\text{g/cm}^2 \cdot \text{min}$ ) que com 90 segundos, porém com maior dispersão e diferenças significativas em relação ao posicionamento da esponja e à orientação da foliação. Com 90 segundos obtiveram-se resultados melhor distribuídos, menos dispersos e que não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o posicionamento da esponja. Em função desses resultados, pode se estabelecer como procedimento padrão para avaliação da absorção por capilaridade in situ do Gnaisse Facoidal pelo método da esponja de contato, o tempo de 90 segundos.

**PALAVRAS-CHAVE:** ensaios não destrutivos, pedras do patrimônio, conservação



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# ANÁLISE DE MICRODUREZA KNOOP EM QUARTZITOS ORNAMENTAIS

Alan Dutra Pedruzzi<sup>1</sup>, Rogério Pinto Ribeiro<sup>2</sup>, Beatriz Carvalheira Moreira<sup>3</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>USP - Universidade de São Paulo (alanpedruzzi@usp.br);

<sup>2</sup>USP - Universidade de São Paulo (rogerioprx@sc.usp.br);

<sup>3</sup>USP - Universidade de São Paulo (bia\_moreira@usp.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (leolysil@cetem.gov.br)

Os quartzitos desempenham um papel de destaque no mercado de rochas ornamentais, tanto no Brasil quanto no cenário internacional, devido à sua beleza natural, alta resistência e versatilidade. Formados principalmente a partir do metamorfismo de arenitos quartzosos, esses materiais apresentam dureza superior à do granito e uma ampla variedade de cores e padrões, o que os torna altamente desejáveis para aplicações em pisos, bancadas, fachadas e revestimentos. O Brasil, por sua grande diversidade geológica, é um dos principais produtores e exportadores de quartzito, fornecendo materiais para mercados da América do Norte, Europa e Ásia. A valorização crescente desses materiais reflete não apenas sua estética, mas também sua durabilidade, consolidando o quartzito como uma excelente escolha no setor de rochas ornamentais. Nesse contexto, torna-se essencial compreender as propriedades tecnológicas desses materiais, sendo a dureza uma variável relevante quando se trata de estudar a capacidade de serrabilidade dessas rochas, a qual pode ser determinada por meio da análise de microdureza Knoop. Essa análise é importante para avaliar a serrabilidade dos quartzitos, ou seja, a facilidade com que podem ser cortados e processados industrialmente. Quartzitos com microdurezas elevadas exigem processos de corte mais demorados e provocam maior desgaste das ferramentas diamantadas, impactando diretamente nos custos e na eficiência do beneficiamento. Por outro lado, a identificação de variações na microdureza ao longo da rocha permite uma seleção mais estratégica dos blocos e a otimização das condições operacionais de corte. Com isso, o ensaio de Microdureza Knoop foi executado no Laboratório de Metrologia do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), utilizando o Microdurômetro FM-700 da Future-Tech Corp. Nesta pesquisa, foram selecionados quatro quartzitos distintos, classificados como: Q1, Q2, Q3 e Linha Q4, esta subdividida em Q4-1, Q4-2 e Q4-3 devido às variações estruturais e mineralógicas observadas em diferentes pontos da lavra. Utilizaram-se três amostras de cada tipo, com variações texturais e estruturais, extraídas de diferentes regiões de uma mesma chapa. Cada tipo teve três amostras submetidas ao ensaio de microdureza Knoop: a mais homogênea (granulação fina) recebeu 20 indentações; a de heterogeneidade intermediária (granulação fina a média), 40; e a mais heterogênea (granulação fina a grossa), 80. A metodologia buscou avaliar como o número de medições afeta a confiabilidade dos resultados em rochas com diferentes graus de variabilidade interna. Como resultados, a análise de microdureza Knoop mostrou que os quartzitos Q3 e Q2 possuem alta resistência ao desgaste e boa homogeneidade, enquanto Q1 apresentou baixa dureza e alta heterogeneidade, sendo inadequado para aplicações técnicas. Os materiais da Linha Q4 apresentaram desempenho intermediário, com dureza crescente e variações moderadas, adequadas a usos técnicos e decorativos sob controle. Conclui-se que o aumento no número de indentações permitiu identificar com mais precisão a dureza e a homogeneidade dos quartzitos, influenciando diretamente sua serrabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** quartzitos; microdureza; serrabilidade.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ANÁLISE PETROGRÁFICA UM INSTRUMENTO PARA CERTIFICAÇÃO E VALORIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS NATURAIS

Ana Paula Meyer<sup>1</sup>, Daniel Vale<sup>2</sup>, Marialice Gomes de Sousa Freitas<sup>3</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>4</sup>, Mikaella Barbosa Cruz<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (paulam@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (daniel.vale@ifes.edu.br);

<sup>3</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (mary.souzaa@hotmail.com);

<sup>4</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (tessinari@ifes.edu.br);

<sup>5</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do ES/ UFRJ - Univ. Federal do Rio de Janeiro (mbarbosacruzmoreira@gmail.com)

As rochas ornamentais naturais são amplamente reconhecidas pela qualidade estética e pela capacidade de conferir sofisticação às edificações, sendo sua aplicação consolidada na arquitetura contemporânea. Em virtude da escassez de estudos dedicados, a singularidade e exclusividade das jazidas de rochas ornamentais no contexto global têm sido pouco exploradas. Essas rochas são produto de condições geológico ambientais raras, geradas ao longo de milhões de anos por processos como intrusões magmáticas, metamorfismo e sedimentação, que resultam em padrões únicos de coloração, textura e estrutura mineralógica. Isso posto, uma jazida de rocha ornamental natural é um bem mineral não renovável. Assim, cada bloco ou lâmina comercializada não apenas valoriza o ambiente construído em termos estéticos, mas representa também um registro natural da evolução da crosta terrestre, carregando consigo uma narrativa geológica milenar com significado histórico e científico. Ainda que haja rochas de aspectos visuais muito similares, cada uma guarda composições químicas e mineralógicas específicas as quais refletem as condições do ambiente geológico em que foram formadas. Com as atuais demandas tecnológicas, sobretudo no beneficiamento dos materiais naturais submetidos ao tratamento com ácidos, a noção de que cada rocha ornamental é única se consolidou no setor de produção de chapas ornamentais. Dessa forma, a composição química e mineralógica das rochas, bem como a textura, grau de alteração, fissuramento/ porosidade passaram a ser fatores preponderante no processo de produção das chapas. A atuação dos profissionais da área da geologia e da química na cadeia produtiva de rochas ornamentais é notável no setor, quando comparada há alguns anos. A necessidade do conhecimento das características intrínsecas das rochas naturais começa a ser efetivada no setor justamente em função das novas técnicas de produção. Neste sentido a análise petrográfica é uma ferramenta imprescindível para o estudo das feições composicionais texturais e estruturais da rocha. Contudo, apenas a análise petrográfica clássica para o estudo litológico das rochas atende as demandas atuais do setor de rochas ornamentais? Ainda, os laudos petrográficos apresentam de forma detalhada e adequada a identificação e quantificação dos minerais acessórios e opacos? Tais questões fundamentam-se devido a importância em que estes minerais podem controlar a oxidação das chapas. Neste sentido, o presente trabalho propõe uma discussão acerca da importância da observação de determinadas feições petrográficas específicas para o setor de produção da rochas ornamentais e a forma com a qual esses parâmetros são apresentados nos laudos além da necessidade de enaltecer o processor formador do jazimento, história geológica da rocha, explorando essa informação com clareza, acessibilidade e critério científico no sentido de valorização do material natural diante dos diversos tipos de revestimentos artificiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Petrográfica; Rochas Ornamentais



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DE HIDROFUGANTES EM CALCÁRIO LIOZ: UMA ABORDAGEM PARA A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO PÉTREO

Lívia Manuela Gomes Caetano<sup>1</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>2</sup>, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro ([liviscamanu@gmail.com](mailto:liviscamanu@gmail.com));

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral([ncaastro@cetem.gov.br](mailto:ncaastro@cetem.gov.br));

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([cerquedapci@gmail.com](mailto:cerquedapci@gmail.com))

O Calcário Lioz é uma rocha sedimentar carbonatada com alta ocorrência fossilífera de organismos marinhos, formada há cerca de 120 milhões de anos, no período Cretáceo, com afloramentos na região de Lisboa e arredores, em Portugal. A rocha exhibe padrões marcantes e se destaca por seu elevado valor estético e paleontológico, além de reunir propriedades que a tornam especialmente notável e contribuem para um elevado desempenho na utilização da mesma para fins ornamentais. Sendo assim, foi utilizada em larga escala como rocha ornamental e material de construção em Portugal, mas também em suas antigas colônias, como o Brasil. Embora tenha notável desempenho em aplicações ornamentais, o Calcário Lioz tende a exibir padrões de deterioração característicos após prolongado período de exposição a fatores atmosféricos como chuva, umidade e temperatura, causando, naturalmente, alterações intempéricas e erosão superficial. Dentre as principais causas de degradação dessa rocha, a percolação de fluidos destaca-se como um dos agentes mais nocivos, especialmente no caso de soluções salinas. Visando a preservação do patrimônio pétreo construído, pesquisas têm promovido o surgimento de soluções para conservação e restauro. Dentre essas, destaca-se a existência de produtos hidrofugantes, desenvolvidos para limitar o contato e a penetração de fluidos na estrutura porosa da rocha, atuando por meio da modificação das propriedades capilares e da hidrofobicidade da superfície, tendo como consequência a prevenção da degradação e a desaceleração de processos em curso. Todavia, embora o uso busque resultados benéficos, testes e avaliações prévios realizados em laboratório são imprescindíveis antes de sua aplicação final, de modo a certificar a eficácia e evitar impactos não desejados nas rochas como alterações no aspecto visual e modificações em suas propriedades físico-químicas. O objetivo da presente pesquisa é avaliar e comparar a eficácia de diferentes produtos hidrofugantes em corpos de prova de Calcário Lioz alterados artificialmente em laboratório, com padrões de deteriorações superficiais semelhantes às observada em condições reais de exposição, com o intuito de determinar as formulações mais apropriadas para serem utilizadas em intervenções voltadas à conservação das rochas utilizadas no patrimônio construído. Foram utilizados onze corpos de prova de Calcário Lioz, submetidos a processos de alteração artificial em laboratório, com dimensões de 5 cm x 5 cm x 2 cm, além de cinco produtos hidrofugantes distintos, nomeadamente: Akemi Antimanchas W, Akemi Hidro Óleo Fugante Nano-Effect, Aquarium Impermeabilizante, Quatzolite - repele água e Montana Koromix. O desenvolvimento da pesquisa se deu através de duas etapas principais: a caracterização inicial das amostras alteradas e a caracterização final das amostras após a aplicação dos produtos hidrofugantes. A partir da comparação dos resultados obtidos, foi possível verificar que os diferentes produtos hidrofugantes apresentaram desempenhos variados quanto à eficácia protetiva, evidenciando a existência de formulações com resultados mais satisfatórios e reforçando a importância de uma caracterização prévia dos produtos e de sua eficácia. Os dados obtidos podem servir como subsídio técnico-científico para auxiliar e orientar o desenvolvimento de ações com maior eficácia voltadas à preservação do patrimônio construído com a rocha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calcário Lioz; produtos hidrofugantes; alteração artificial.



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# AVALIAÇÃO DA ALTERABILIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS POR ATAQUE QUÍMICO: UMA ABORDAGEM COM ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS

Antonio Álvaro Alves Xavier<sup>1</sup>, Tiany Guedes Cota<sup>2</sup>, Francisco Diones Oliveira Silva<sup>3</sup>, Wollker Cunha Soares<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará (alvaroengdeminas@gmail.com);;

<sup>2</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - Campus Crateús ( tianycota@crateus.ufc.br);

<sup>3</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - Campus Crateús (franciscodiones@crateus.ufc.br);

<sup>4</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - Campus Crateús (wollker@crateus.ufc.br)

As rochas ornamentais se destacam por ocuparem um papel importante no setor mineral brasileiro, principalmente, por apresentarem tanto valores estéticos de alto padrão quanto por sua diversidade de aplicação no mercado da construção civil e da arquitetura. Atualmente, é notório a expansão do mercado consumidor pela busca de padrões que reforçam a necessidade do aprimoramento de estudos sobre as propriedades dos materiais, visto que, muitas das aplicações incorretas dessas rochas acarretam no comprometimento da durabilidade e de aspectos estéticos. A composição mineralógica das rochas ornamentais exerce influência direta em sua resistência, sendo que minerais como feldspatos e micas, presentes nos granitos, são mais suscetíveis a alterações químicas, enquanto o quartzo, presente nos quartzitos, apresenta maior estabilidade. Neste sentido, a diversidade mineralógica presente nas rochas ornamentais explica o comportamento diferenciado frente a intempéries e produtos químicos, que podem ocasionar perda de brilho, alteração de cor, surgimento de microfissuras e até degradação estrutural. Do ponto de vista técnico, avaliar a alterabilidade desses materiais através de ensaios experimentais, em um tempo menor, os efeitos de longo prazo, se tornam alternativas para evitar o acarretamento de manchas e comprometimento estéticos das rochas ornamentais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a resistência química de duas variações de granitos, o Verde Ubatuba e o Branco Ceará frente, frente a exposição de soluções padronizadas de reagentes HCl, NaClO, NH<sub>4</sub>Cl e KOH. Para obtenção de resultados, foram realizados ensaios em laboratório seguindo a norma NBR 16596:2017, além do software livre ImageJ . Esse recurso permitiu monitorar alterações cromáticas, variações na textura superficial e modificações na estrutura mineralógica, oferecendo uma visão detalhada do grau de deterioração sofrido pelas amostras. A partir dos resultados, visualmente foi perceptível que o granito Branco Ceará apresentou maior resistência química frente ao tempo de exposição evidenciando apenas leves alterações quando em contato com o ácido clorídrico (HCl), enquanto os demais reagentes hidróxido de potássio (KOH), hipoclorito de sódio (NaClO) e cloreto de amônio (NH<sub>4</sub>Cl) não provocaram modificações significativas na superfície da rocha, quando comparado com o Verde Ubatuba que apresentou expressivamente alterações em sua superfície, acarretando na perda do brilho e cor em contato com o ácido clorídrico (HCl). De acordo com os dados RGB ( *Red*, *Green* e *Blue*) os picos observados nos histogramas do ImageJ indicaram uma degradação expressiva na coloração e no brilho do granito Verde Ubatuba.

**PALAVRAS-CHAVE:** alterabilidade de rochas; granito; MEV.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# CARACTERIZAÇÃO DE ROCHAS COM POTENCIAL ORNAMENTAL NO AGRESTE POTIGUAR

Elissandra Nascimento de Moura Lima<sup>1</sup>, Flavio Valadares Araújo Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFCG - Universidade Federal de Campina Grande (enmouralima@gmail.com);

<sup>2</sup>UFCG - Universidade Federal de Campina Grande (flaviovaladaresaf@outlook.com)

Este trabalho teve como objetivo a caracterização tecnológica de rochas com potencial ornamental, analisando amostras de granito coletadas nos municípios do Agreste Potiguar (RN), especificamente Serra Caiada, Santa Cruz e Tangará. A pesquisa envolveu a análise de propriedades físicas, como densidade aparente, absorção e porosidade aparente, a fim de comparar e avaliar a adequação dessas rochas para uso como revestimentos ornamentais. As amostras foram avaliadas segundo as normas ABNT NBR 15844:2010 e ASTM C615/C615M. No estudo, a densidade aparente das amostras variou entre 2631,53 kg/m<sup>3</sup> (Amostra A, Serra Caiada) e 2696,44 kg/m<sup>3</sup> (Amostra B, Santa Cruz), com a amostra B exibindo maior densidade, o que a torna mais resistente. Em relação à porosidade aparente, a Amostra A apresentou a menor porosidade (0,47%), enquanto a Amostra B teve a maior (1,08%). Já em relação a absorção d'água, as médias foram de 0,18% para o grupo A, 0,29% para o grupo B e 0,40% para o grupo C. Os valores de porosidade, por exemplo, influenciam diretamente na resistência e durabilidade das rochas, especialmente em ambientes sujeitos a variações climáticas e umidade. A pesquisa também comparou os resultados obtidos com métodos distintos de caracterização, incluindo a pesagem tradicional e o método de expansão gasosa realizado em anteriores. Os resultados foram muito distintos, fazendo valer o questionamento do porquê dessas diferenças. Embora os métodos tenham apresentado discrepâncias, especialmente em relação à porosidade, os resultados da pesagem atendem à maioria dos critérios estabelecidos pelas normas técnicas. A amostra B, que apresentou porosidade ligeiramente acima do limite estipulado pela ABNT, ainda se manteve dentro dos parâmetros aceitáveis pela ASTM. Além disso, o estudo reforçou a importância de seguir as normas técnicas para garantir a qualidade e a durabilidade das rochas ornamentais utilizadas na construção civil, destacando a necessidade de padronização dos métodos de análise. As amostras estudadas possuem qualidades adequadas para aplicação comercial, especialmente quando tratadas industrialmente para melhorar suas propriedades, como a redução da absorção de água. Em conclusão, no que se refere às características analisadas neste estudo, os 3 granitos têm potencial para ser explorado como rochas ornamental. Esta exploração pode somar à economia dos pequenos respectivos municípios.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; caracterização tecnológica; Agreste Potiguar.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# CARACTERIZAÇÃO DOS GNAISSES ORNAMENTAIS OLHO DE POMBO APLICADOS EM REVESTIMENTOS EXTERNOS

José Luiz Ernandes Dias Filho<sup>1</sup>, Joane Almeida da Conceição<sup>2</sup>, Cleverton Correia Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia (jledfilho@ufob.edu.br);

<sup>2</sup>UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia (joane.conceicao@ufob.edu.br);

<sup>3</sup>UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia (cleverton.silva@ufob.edu.br )

As rochas são amplamente utilizadas na construção civil, principalmente como compósito do concreto. No entanto, é na ornamentação em revestimentos externos de edificações e obras públicas que elas ganham destaque por sua beleza. Na primeira aplicação, as rochas estão protegidas e pouco suscetíveis à degradação, devido às camadas de chapisco, emboço, reboco e pintura. Já na segunda, encontram-se expostas às intempéries, o que pode levar à sua degradação. Diante dessas condições, este trabalho objetiva a caracterização mineralógica e física dos gnaisses ornamentais de Santo Antônio de Pádua, cidade do interior do Rio de Janeiro. Esses gnaisses, conhecidos como "Pedra Miracema" ou "Olho de Pombo", pertencem à Suite Serra do Bonfim, formada por granitos porfiríticos com hornblenda e biotita (hornblenda-biotita granitos porfiríticos), e provêm de um importante local de extração de rocha ornamental da região. Essas rochas foram exploradas e incorporadas em obras de revestimento da cidade entre os anos de 2000 e 2015. As amostras selecionadas foram aplicadas em acabamentos externos de cinco localidades distintas, sendo duas em muretas (vertical) e três em pisos (horizontal). A análise mineralógica foi realizada com microscópio petrográfico Olympus®, e observou-se, que as rochas possuem origem de exploração distintas. As rochas exibem mineralogia semelhante, variando apenas na proporção dos minerais. A mineralogia principal é constituída por quartzo, plagioclásio, K-feldspato (microclínio e ortoclásio), biotita e hornblenda. Como mineralogia acessória, têm-se zircão, apatita, titanita, allanita, muscovita e minerais opacos. É possível perceber que três amostras (OP01, OP02 e OP03) apresentaram cristais de quartzo e feldspatos bastante fraturados, com os feldspatos alterando-se para sericita. Tais características sugerem que essas rochas foram coletadas próximas às zonas de cisalhamento da região. Já as amostras OP04 e OP05 apresentam cristais alongados, com quartzo e feldspatos exibindo textura tipo ribbon e orientação preferencial. O mineral máfico dominante é a biotita, por vezes orientada em bandas, característica dos gnaisses. A caracterização física das rochas estudadas considerou os índices de densidade aparente seca, densidade aparente saturada, porosidade aparente e absorção aparente. Observou-se que não houve variações nas densidades aparentes seca e saturada. Contudo, a porosidade e a absorção variaram até 60% em relação ao material virgem, seja em função do tempo de exposição ou da aplicação da rocha na vertical ou horizontal. Nesse sentido, a caracterização petrográfica e física realizada nos gnaisses ornamentais da cidade de Santo Antônio de Pádua possibilitou correlacionar a suscetibilidade do gnaisse ornamental à degradação frente às suas condições de aplicação e ao clima. Assim, os resultados obtidos sugerem que a combinação das análises dos índices físicos e da petrografia contribui de forma significativa para atribuir a escolha da rocha ornamental, em função de sua origem e de sua utilização no meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais; gnaisses; petrografia.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ORTOGNAISSE MILONÍTICO ALÉM PARAÍBA, A PEDRA DO PATRIMÔNIO DO VALE DO CAFÉ - RIO DE JANEIRO

Stephany de Paula Miranda<sup>1</sup>, Patrícia Anselmo Duffles Teixeira<sup>2</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>3</sup>, Bruno Filgueiras Conde Piacesi<sup>4</sup>, Millena Basílio da Silva<sup>5</sup>, Larissa Soares Silva<sup>6</sup>

<sup>1</sup>UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (stephanydepaulamiranda@gmail.com);

<sup>2</sup>UFRRJ- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (pduffles@geologist.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ncastro@cetem.gov.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (bruno01piacesi10@gmail.com );

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mbasilio@cetem.gov.br);

<sup>6</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (larissilvasoares@gmail.com)

Vale do Café é o nome turístico da região do Vale do Paraíba no Rio de Janeiro de grande importância cultural por ter sido uma das maiores produtoras de café no mundo. Geologicamente, está instalado na Zona de Cisalhamento Além Paraíba, resultante da amalgamação do Gondwana durante o Neoproterozóico, uma estrutura subvertical de rochas miloníticas, que controla o curso do Rio Paraíba do Sul e a morfologia da região. Dentre elas, o Milonito Além Paraíba é uma rocha heterogênea, parcialmente fundida, de composição granulítica paragnáissica, ortognáissica e máfica. Exibe a foliação milonítica típica, com bandas claras e escuras centimétricas a decamétricas e inserções deformadas de anfíbolito e rochas calcissilicáticas paralelas à foliação. Duas variedades do Milonito Além Paraíba, o ortognaisse e o paragnaisse, foram utilizadas extensivamente em todo o Vale do Café na construção tanto de obras públicas quanto de edificações, monumentos e implementos urbanos, sendo a principal pedra de construção do apogeu da produção cafeeira, no século XIX. Com o objetivo de auxiliar na conservação do patrimônio cultural, foi realizada a caracterização tecnológica do Milonito Além Paraíba de composição ortognáissica utilizado como material de construção no Vale do Café do Rio de Janeiro. Esse ortognaisse milonítico apresenta baixa porosidade (0,61%) e absorção de água (0,23%) (NBR 15845-2:2015) e alta resistência mecânica. Sua resistência à compressão é de entre 95 e 140 MPa (NBR 15845-5:2015) com os menores valores no sentido paralelo à foliação. O módulo de ruptura (NBR 15845-6:2015) e a resistência à flexão (NBR 15845-7:2015), com a carga aplicada perpendicularmente à foliação, é de 7 MPa e 10 MPa, respectivamente. Trata-se de uma rocha muito resistente ao impacto de corpo duro (NBR 15845-8:2015), com média de altura de ruptura de 0,83 m e ao desgaste abrasivo (EN 14517:2004, método Capon) com largura da marca de 16 mm, e apresenta alta dureza superficial Leeb, de em torno de 840 HLD (ISO 16859 – 1, 2015). Quanto a propriedades importantes para a conservação das pedras do patrimônio, o Milonito Além Paraíba, ortognaisse, tem bom comportamento frente à umidade com 1,20 g.m<sup>2</sup>/√s (paralelo à foliação) e 1,40 g.m<sup>2</sup>/√s (perpendicular à foliação) de absorção de água por capilaridade (EN 1925:2000), 1,20 a 4,60 mg/cm<sup>2</sup>.min de absorção de água pelo método da esponja de contato (EN 17622:2022) sem haver diferença significativa em função do sentido da foliação, e um índice de secagem (EN 16322:2013) de 0,21 perpendicularmente à foliação e de 0,17 paralelamente à foliação. Quanto aos parâmetros colorimétricos CIEL\*a\*b\* (EN 15886: 2010), a rocha sã é, predominantemente, cinza, com intervalos de L\* [60,51 a 71,48], a\* [-0,81 a 0,28] e b\* [-1,69 a 1,14] tornando-se mais clara e amarelada com a exposição ambiental: L\* [39,08 a 57,59], a\* [-0,39 a 2,92] e b\* [-0,69 a 8,71]. Pode-se concluir que a variedade ortognaisse do Milonito Além Paraíba tem excelentes características como material de construção, sendo muito resistente mecanicamente e apresentando muito boas propriedades hidráulicas, o que garante sua durabilidade. Este estudo, inédito, poderá auxiliar na conservação com base científica do patrimônio cultural

**PALAVRAS-CHAVE:** patrimônio cultural; ensaios tecnológicos; conservação da pedra.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ESTUDO DA REMEDIAÇÃO DE ALTERABILIDADES DE QUARTZITOS ORNAMENTAIS DO CEARÁ

Renata de Oliveira Lopes<sup>1</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós Graduação em Geologia(renatarivera597@gmail.com);

<sup>2</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geologia (irani.mattos@ufc.br)

Os quartzitos ornamentais explorados no Ceará apresentam em sua composição mineralógica quartzo (entre 90% a 96%) e silimanita (5%) podendo conter como minerais acessórios talco, muscovita, sericita e caulinita. Apesar de sua elevada resistência à abrasão, os quartzitos estão sujeitos a alterabilidades decorrentes de interferências externas. Neste estudo, foram simuladas em laboratório, alterabilidades (ataque químico e manchamento) visando avaliar o grau das patologias e as possibilidades de remediar os danos gerados. Inicialmente, os quartzitos passaram por ensaios de índices físicos (densidade, porosidade e absorção de água) e a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas, (usada para avaliar a integridade de rochas). As medidas de brilho e cor foram realizadas antes e após os experimentos, por meio do Gloss Meter e a aferição de cor e luminosidade por meio de um colorímetro portátil. O ataque químico foi realizado conforme a NBR 16596, onde os dez reagentes geraram manchas, perda de brilho, alteração de cor e de luminosidade. O NaClO causou a menor perda de brilho (0,51%), seguido da água destilada (1,21%). O HCl a 18%, atingiu 6,58%. O NH<sub>4</sub>Cl (100g /L) provocou 8,16%. Os maiores impactos foram registrados com ácido acético (8,59%), cítrico (8,93%) e láctico (11,11%). O KOH apresentou efeitos mais deletérios 11,33% (30g /L) e 16,49% (100g /L) de perda de brilho. As manchas mais leves foram tratadas com NaHCO<sub>3</sub>, HCl e soluções com detergente e saponáceo. As mais resistentes exigiram ciclos com ácido cítrico, suco de limão e saponáceo. Dentre as alterações, as manchas por oxidação de ferro foram superficiais e reversíveis; outras, associadas a fraturas e cavidades, permitiram a percolação dos reagentes, causando modificações no brilho e na cor irreversíveis. Embora o polimento reduza a porosidade e aumente a durabilidade dos quartzitos, o contato com produtos que contenham KOH deve ser evitado, por ser o mais agressivo. Em geral, os quartzitos com maior porosidade, geradas por microfissuras, contatos entre cristais e cavidades, apresentaram maiores perdas de brilho e maior alteração colorimétrica, evidenciando que a presença dos poros facilita a penetração de agentes agressivos e acelera a degradação sem a possibilidade de remediação. Nesse sentido, a resistência química de um quartzito não depende apenas de sua composição mineralógica, mas da sua integridade física. Conclui-se que a abordagem integrada dos ensaios físicos e de alterabilidade oferece avaliações técnicas importantes sobre a durabilidade e a remediação da alterabilidade nos quartzitos, contribuindo para ao setor de rochas ornamentais, em relação à sua correta utilização e manutenção dos quartzitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** quartzitos ornamentais; ensaios de alterabilidade; remediação de alterabilidades



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ESTUDO DE ALTERABILIDADE E RECUPERAÇÃO DOS CALCÁRIOS CEARENSES

Ana Grazielle de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Ana Letícia Xenofonte Simões Bastos<sup>2</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará (grazielleoliver9977@gmail.com);

<sup>2</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará (leticiaxenofontebastos@gmail.com);

<sup>3</sup>UFC - Universidade Federal do Ceará (irani.mattos@ufc.br)

Para este trabalho, foram utilizadas amostras de duas variedades de rochas calcárias (Jandaíra e Pedra Cariri) que são amplamente aplicadas em múltiplos ambientes e condicionadas a uma ampla gama de solicitações. Elas foram submetidas a ensaios tecnológicos conforme as normas da ABNT, com simulações de desgastes físico-mecânicos, análise de alterabilidade, resistência ao ataque químico e ao manchamento, além da aplicação de métodos de medição e análise de brilho e cor. Por fim, os dados obtidos foram tratados para possibilitar a comparação entre as diferentes amostras analisadas. Os experimentos incluíram a aplicação controlada de ácidos, soluções alcalinas e substâncias manchantes de uso cotidiano, seguidos de análise visual e colorimétrica das superfícies tratadas. Os ensaios de colorimetria foram conduzidos conforme protocolos sistematizados, por meio da determinação dos parâmetros de luminosidade (L) e cromaticidade (a e b) antes e após os tratamentos, utilizando-se um colorímetro digital para a quantificação precisa das variações na cor e na luminosidade das superfícies das amostras. Os resultados das análises indicaram variações significativas na resposta das amostras, com influência direta da composição química dos reagentes. Foi observada uma redução perceptível no brilho e intensificação dos tons amarelos e vermelhos após a ação de ácidos inorgânicos, especialmente o ácido clorídrico a 10%, que apresentou os efeitos mais agressivos. Em contrapartida, o ácido cítrico promoveu clareamento da superfície, redução do eixo b e remoção de minerais superficiais, caracterizando um efeito de limpeza. A atuação de álcalis, como o hidróxido de potássio, resultou em deslocamento de partículas, especialmente na rocha Cariri, sugerindo fragilidade na camada superficial da amostra. Nos ensaios de manchamento, os agentes (óleo de cozinha, vinho, Coca-Cola e tinta azul de carimbo) provocaram transformações visuais intensas. A tinta de carimbo foi responsável pela alteração mais expressiva, com escurecimento acentuado, mudança drástica na tonalidade e inversão do eixo b, revelando uma penetração profunda dos corantes na matriz porosa. Ao analisar o resultados e calcular os valores obtidos fazendo uma média de variação de alterabilidade em porcentagem do quanto as amostras de cada calcário foram afetadas de acordo com os dados obtidos de cada eixo, observamos que por mais que o calcário Jandaíra apresente maiores valores de porosidade e absorção, a Pedra Cariri mostrou obter um nível de variação da alteração no parâmetro cromático b (10,7%) significativamente maior que o encontrado nas amostras de Jandaíra, que possui uma porcentagem de 3,2% nesse eixo. Já nos outros parâmetros, o calcário Jandaíra provou-se ser mais facilmente afetado, apresentando valores de L (-6,36%) ou seja, maior diminuição na luminosidade, e a (25,89%) enquanto a Pedra Cariri possui um valor de L (-6,09%) e a (22,95%). As análises demonstraram que tanto o Apodi quanto o Cariri são sensíveis à ação química e ao manchamento, apresentando padrões distintos de alteração cromática observados durante os ensaios laboratoriais realizados, o que evidencia, de maneira clara e fundamentada, a importância de se considerar cuidadosamente a estabilidade estética dessas rochas em diversas aplicações construtivas, arquitetônicas e também nos projetos voltados à conservação e valorização do patrimônio histórico e cultural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calcário Jandaíra; Pedra Cariri; estabilidade estética.



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# ESTUDO DE CRISTALIZAÇÃO DE SAIS NO GNAISSE FACOIDAL E AVALIAÇÃO POR MICROTOMOGRAFIA DE RAIOS-X

Nuria Fernández Castro<sup>1</sup>, Maíra da Costa de Oliveira Lima<sup>2</sup>, Thiago Pineiro<sup>3</sup>, Bruno Filgueiras Conde Piacesi<sup>4</sup>, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda<sup>5</sup>, Jan Dewanckele<sup>6</sup>, Ksenija Nikolic<sup>7</sup>, Paulo Couto<sup>8</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([ncastro@cetem.gov.br](mailto:ncastro@cetem.gov.br));

<sup>2</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro - LRAP/COPPE ([maira.lima@petroleo.ufrj.br](mailto:maira.lima@petroleo.ufrj.br));

<sup>3</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro - LRAP/COPPE ([thiago.pineiro@petroleo.ufrj.br](mailto:thiago.pineiro@petroleo.ufrj.br));

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([bruno01piacessi10@gmail.com](mailto:bruno01piacessi10@gmail.com));

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([cerquedapci2@gmail.com](mailto:cerquedapci2@gmail.com));

<sup>6</sup>TESCAN ([jan.dewanckele@tescan.com](mailto:jan.dewanckele@tescan.com));

<sup>7</sup>TESCAN ([ksenija.nikolic@tescan.com](mailto:ksenija.nikolic@tescan.com));

<sup>8</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro - LRAP/COPPE ([pcouto@petroleo.ufrj.br](mailto:pcouto@petroleo.ufrj.br))

As pedras do patrimônio são as rochas componentes do patrimônio cultural, e seu estudo dentro das geociências visa apoiar a conservação desse legado. Identificá-las e promovê-las aumenta o valor educacional, turístico e científico dos monumentos. As análises de sua condição e comportamento contribuem para a conservação do patrimônio. O Rio de Janeiro possui um rico patrimônio edificado, caracterizado pelo uso extensivo de rochas representativas de seu patrimônio natural e geológico, destacando-se o Gnaiss Facoidal. Trata-se de um ortognaiss augen que se formou durante o Neoproterozóico durante a amalgamação do Gondwana. Possui megacristais de K-feldspato em forma de amêndoa (3 cm a mais de 15 cm) dentro de uma matriz granítica rica em biotita e ocorre como um batólito que se estende do sul do Rio de Janeiro ao norte de Niterói. Em 2024, esse gnaiss neoproterozoico, apelidado de “a mais carioca das rochas” foi reconhecido internacionalmente como Pedra do Patrimônio pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS) pelo seu significado cultural e geológico, juntando-se a um seleto grupo de 55 rochas utilizadas em construções historicamente importantes em todo o mundo, com materiais de renome mundial como o Mármore de Carrara (Itália) e o Calcário Lioz (Portugal). As rochas são materiais duráveis mas, inevitavelmente, sofrem degradação ao longo do tempo e as análises e estudos de seu comportamento perante agentes e processos, naturais ou não, são fundamentais para auxiliar na sua conservação. Uma das principais causas de degradação da pedra do patrimônio é a cristalização de sais, fenômeno frequentemente observado nos monumentos da cidade do Rio de Janeiro. Buscando entender como afeta ao Gnaiss Facoidal, foram realizados dois tipos de ensaio de cristalização de NaCl em quatro amostras cúbicas obtidas de cantarias de demolição doadas pela Santa Casa da Misericórdia-RJ em incipiente estado de alteração. Duas amostras foram submetidas a 13 ciclos, consistentes em contaminação por capilaridade, secagem a 105° C e choque térmico por lavagem superficial com água a 20 °C. As outras duas amostras foram submetidas a 3 ciclos de uma semana de duração cada um, consistentes em contaminação por capilaridade e subciclos diários de alta e baixa umidade relativa. A formação e distribuição dos sais cristalizados foi avaliada por microtomografia de raios X (micro-CT). Essa técnica tem sido utilizada em países europeus, no âmbito das pedras do patrimônio, para caracterizar sistemas porosos e deterioração, movimentação de água e produtos de tratamento e migração de sais no interior das rochas, dentre outros. Este estudo é o primeiro realizado com microtomografia buscando entender (visualizar) o efeito da cristalização de sais no Gnaiss Facoidal. Foi possível observar o acúmulo de sais alguns milímetros sob a superfície de evaporação da rocha, o que pode levar ao deslocamento na superfície, independentemente do da foliação da rocha, conforme observado em monumentos, bem como entre as lamelas de biotita. Nos dois ensaios, aumentou o número e extensão das microfissuras na rocha, em muito maior grau no ensaio com choque térmico, mas a variação de umidade relativa promoveu também a fissuração pela cristalização do NaCl.

**PALAVRAS-CHAVE:** CT-Scan; Pedras do patrimônio; processos de degradação.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# HISTÓRIA, ARQUITETURA E AS ROCHAS EM CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS DE FORTALEZA, CEARÁ

Edenise Mônica Puerari<sup>1</sup>, Luana Ferreira Dourado<sup>2</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unichristus (edenise.puerari@unichristus.edu.br);

<sup>2</sup>Unichristus (Luana\_d.f@hotmail.com);

<sup>3</sup>UFC- Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geologia/ (iran.mattos@ufc.br)

As rochas utilizadas nos edifícios históricos servem como portadoras de informações valiosas sobre a história, a cultura, a sociedade, a tecnologia e a economia das épocas em que foram empregadas. A evidência da história econômica e tecnológica manifesta-se principalmente através da origem dos materiais, que muitas vezes foram importadas devido à falta de desenvolvimento da indústria de rochas ornamentais no Ceará à época das construções. Foram investigados cinco prédios notáveis, como o Museu do Ceará, a Caixa Cultural (Antiga Alfândega), a Igreja Nossa Senhora do Rosário, o Cineteatro São Luiz e o Palacete Jeremias Arruda visando documentar os materiais pétreos e suas origens. Como exemplos de Nobreza e Comércio Internacional, tem-se: (A) Calcário Lioz, uma rocha cretácea microcristalina e fossilífera de Portugal, foi utilizada nas colunas do Palacete Senador Alencar (Museu do Ceará). Sua utilização em um prédio destinado a ser a sede da Assembleia Provincial do Ceará ressalta a importância e nobreza associada ao material importado. No Brasil, esta pedra, conhecida como "Pedra Real," foi amplamente utilizada em prédios históricos. (B) Mármore de Carrara, uma rocha metamórfica de granulação muito fina e de origem italiana, foi utilizada tanto nas escadarias como nas paredes do Cineteatro São Luiz. A escolha dessa rocha indica a nobreza que se desejava associar ao local, que atendia a classe mais abastada da cidade na época. Na construção da Antiga Alfândega o "gigante de pedra" (iniciado em 1884 e inaugurado em 1891), o uso de calcário no alicerce e granito nas paredes, como elementos de sustentação, demonstra uma técnica construtiva focada em robustez e durabilidade, necessária para a função portuária do edifício. Em prédios mais antigos, como a Igreja Nossa Senhora do Rosário (reconstruída em pedra e cal em 1755), as rochas aparecem apenas nas soleiras das portas, o que indica a dificuldade na utilização desse material. O estado de conservação das rochas também indica o histórico de manutenção como a escadaria do Palacete Jeremias Arruda, que exibe diversos tipos de rochas (granitos, gnaisses e mármore) em detrimento da rocha original, sugere um descaso com a preservação do patrimônio ao longo do tempo. A transição do uso exclusivo de rochas importadas e caras para o uso de rochas nacionais, como o Granito Cinza Andorinha, reflete o surgimento das pedreiras no Brasil e no Ceará, o uso das rochas de revestimento tornou-se mais acessível. O conhecimento dos materiais utilizados na construção é essencial para preservar ou restaurar os edifícios de forma adequada. O estudo da petrografia das rochas como calcários, mármore e granitos Lioz são de grande importância na identificação dos tipos e causas dos mecanismos de degradação e na proposição de técnicas de conservação adequadas, fundamental para a restauração e preservação do Patrimônio Histórico Construído. A escassez de registros sobre as rochas utilizadas pode dificultar o trabalho dos profissionais de restauro.

**PALAVRAS-CHAVE:** patrimônio histórico construído; rochas ornamentais na Arquitetura; construções históricas de Fortaleza



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE QUARTZITO, MÁRMORE DOLOMÍTICO E MONZOGRANITO

Larissa Soares Silva<sup>1</sup>, Elton Souza dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FACI - Faculdade de Cachoeiro de Itapemirim (larissilvasoares@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (tompositivo@gmail.com)

A caracterização tecnológica de rochas ornamentais é essencial para determinar sua viabilidade em diferentes aplicações na construção civil. Propriedades físico-mecânicas como resistência à compressão e flexão, aliadas à análise petrográfica, permitem compreender o comportamento estrutural desses materiais. Pensando nisso, este trabalho teve como objetivo determinar a influência da composição mineralógica nas propriedades mecânicas de diferentes tipos de rochas utilizadas para fins ornamentais. Para tanto, foram realizados ensaios de caracterização tecnológica em três litotipos, sendo um quartzito, um mármore dolomítico e um monzogranito, seguindo o que determina a normativa brasileira. As análises compreenderam a determinação da resistência à compressão uniaxial, flexão por carregamento em três pontos e em quatro pontos, além da caracterização petrográfica, englobando aspectos mineralógicos, texturais e estruturais. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais do Centro de Tecnologia Mineral. Os resultados de caracterização tecnológica obtidos mostraram que a resistência à compressão uniaxial apresentou variação significativa entre os materiais cujos maiores valores, tanto em condição seca quanto saturada foram obtidos pelo monzoranito, superando o quartzito, enquanto que o mármore dolomítico apresentou os menores resultados, não atingindo os 100 MPa recomendados por normas técnicas para usos estruturais, limitando sua aplicação a revestimentos internos ou áreas de menor solicitação mecânica. Nos ensaios de flexão por carregamento em três pontos, o monzogranito novamente apresentou desempenho superior, evidenciando sua resistência à flexão, seguido do mármore dolomítico, que obteve resultados intermediários, enquanto o quartzito apresentando os menores valores. Apesar de sua maior resistência à compressão, a menor resistência à flexão do quartzito pode estar associada à presença de minerais como sericita, zircão e opacos, que atuam como planos de fraqueza interna. Em contrapartida, no ensaio de flexão por carregamento em quatro pontos, o quartzito destacou-se com o maior valor em condição seca, superando inclusive o monzogranito, indicando que, sob distribuição de carga em dois apoios, apresenta desempenho superior, o que amplia sua aplicabilidade em peças arquitetônicas longas e delgadas. No entanto, seu desempenho caiu de forma significativa sob condição saturada, exigindo cautela em ambientes úmidos. A análise petrográfica evidenciou que o comportamento mecânico das rochas está intrinsecamente relacionado à sua composição mineralógica e textura. O monzogranito, com predominância de minerais como plagioclásio, microclina, quartzo e muscovita, apresenta equilíbrio entre dureza, coesão e resistência mecânica. O mármore dolomítico, composto por dolomita, calcita e muscovita, apresenta menor dureza e maior porosidade, enquanto o quartzito, constituído majoritariamente por quartzo, embora resistente à compressão, é mais suscetível à falha por flexão devido à presença de minerais acessórios. Em suma, a caracterização tecnológica demonstrou que o monzogranito apresenta o melhor desempenho estrutural, enquanto o quartzito destaca-se em flexão com carga distribuída, e o mármore dolomítico possui uso mais restrito, adequado principalmente para aplicações de menor exigência mecânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** caracterização tecnológica; petrografia; requisitos tecnológicos.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES DO CORPO DE PROVA NA DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO EM ROCHAS GRANÍTICAS

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá<sup>1</sup>, Jorge Kazuo Yamamoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MHB Serviços Geológicos (mheloisa2@yahoo.com.br);

<sup>2</sup>EPUSP - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo (jkyamamo@gmail.com)

A absorção é uma importante característica das rochas, pois é um dos principais indicadores da capacidade de assimilação ou incorporação de água pelo material, que por sua vez é determinante para seleção e aplicação na construção civil, como também para a projeção da durabilidade da pedra natural no ambiente escolhido. A absorção é uma propriedade fortemente ligada ao tipo de rocha e, portanto, às suas características intrínsecas (petrográficas, estruturais e de alteração). Enquanto para as rochas sedimentares está diretamente relacionada à quantidade, forma e dimensões dos poros presentes, em relação às rochas ígneas e metamórficas (aqui conjuntamente designadas de rochas graníticas), a ausência de poros propriamente ditos – que, no caso, são representados principalmente pelo padrão de microfissuramento e de alteração –, é o aspecto responsável por valores geralmente baixos de absorção. Na determinação laboratorial da absorção, mesmo considerando os diferentes métodos de ensaio estabelecidos pelas diversas organizações normativas, são geralmente utilizados corpos de prova cúbicos com dimensões iguais ou superiores a 50 mm. No entanto, quando efetivamente utilizadas no revestimento de pisos, paredes e fachadas, as rochas ornamentais são cortadas em chapas, placas ou ladrilhos com espessuras geralmente variando entre 20 mm e 30 mm. Assim, visando investigar a possível influência da espessura, ou seja, das dimensões efetivamente usadas na aplicação de rochas ornamentais graníticas, e sua consequente influência nas modificações dos valores de absorção quando comparados àqueles obtidos nos tamanhos normalizados, foram realizadas determinações laboratoriais em corpos de prova com formas e tamanhos diferentes, após imersão em água sob vácuo e em condições atmosféricas. Corpos de prova cúbicos foram obtidos a partir de pequenos blocos retirados diretamente das pedreiras, e mediram 75 mm x 75 mm de arestas; corpos de prova planos foram obtidos a partir de placas polidas, com 100 mm x 100 mm x 20 ou 30 mm, dependendo da espessura da placa. As amostras estudadas foram granitos e gnaisses coletados nos estados de São Paulo, Espírito Santo, Ceará e Bahia, representativas de diferentes ambientações geológicas e de importantes rochas ornamentais graníticas brasileiras. Petrograficamente, o aspecto mais relevante que as diferenciaram, além da estrutura, foi a relativa maior alteração (intempérica) dos gnaisses. Os resultados dos ensaios indicaram variações, com correlação moderada, na absorção entre corpos de prova cúbicos e planos, que tenderam a ser maiores para determinações sob vácuo do que sob condições atmosféricas. Além disso, foi observada uma tendência dos corpos de prova de granitos – são ou pouco alterados –, em comparação com gnaisses – relativamente intemperizados –, a uma maior variação de absorção entre os formatos cúbico e plano, o que poderia se relacionar à sua relativa maior resistência frente às tensões existentes nos processos de extração e processamento, o que levaria ao aumento e modificação das microfissuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais graníticas; absorção de água; tamanho do corpo de prova.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PAPEL DA PETROGRAFIA NA CARACTERIZAÇÃO DE MÁRMORES PARA USO ORNAMENTAL: ESTUDO DA LENTE ITALVA-SÃO JOAQUIM (ORÓGENO ARAÇUAÍ, ES)

Daniel Vale<sup>1</sup>, Ana Paula Meyer<sup>2</sup>, Luiz Carlos Bertolino<sup>3</sup>, Vinicius Scherrer Pinheiro<sup>4</sup>, Rodrigo Carneiro Novaes<sup>5</sup>, Renzo Dias Rodrigues<sup>6</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>7</sup>

<sup>1</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (daniel.vale@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (paulam@ifes.edu.br);

<sup>3</sup>UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (icbertolino@uol.com.br);

<sup>4</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (viniciussherrer@hotmail.com);

<sup>5</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo / Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ (rodrigo.carneironovaes@gmail.com);

<sup>6</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (renzodiasrodrigues@gmail.com);

<sup>7</sup>IFES - Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (tessinari@ifes.edu.br)

A caracterização petrográfica e mineralógica constitui etapa essencial na avaliação de mármore para uso ornamental, permitindo não apenas qualificar o material, mas também prevenir patologias associadas à composição e à estrutura da rocha. Na Lente Italva-São Joaquim (Unidade São Joaquim, Grupo Italva, Orógeno Araçuaí), este estudo integrou descrições macroscópicas, análises em lâmina delgada e difratometria de raios X (DRX) com refinamento de Rietveld para reconhecer litotipos, identificar fases minerais principais e acessórias e avaliar implicações tecnológicas e comerciais. Observou-se ampla diversidade litológica, com mármore calcíticos, dolomíticos e rochas calcissilicáticas, variando em granulação, coloração e estrutura, reflexo de metamorfismo regional em fácies anfíbolito e de influências locais de metamorfismo de contato. O DRX confirmou a presença de diopsídio e tremolita, minerais típicos de rochas carbonáticas magnésicas metamorfozadas, permitindo quantificar suas proporções e inferir a reatividade do material, seu comportamento frente a intempéries e agentes químicos e o risco de manchas ou alterações cromáticas. Do ponto de vista ornamental, minerais silicatados, opacos e micáceos afetam diretamente desempenho estético e estrutural: inclusões de opacos (óxidos e sulfetos) podem gerar manchas por oxidação, enquanto bandas de silicatos, como tremolita e flogopita, podem induzir anisotropia de resistência, fraturamento diferencial e perda de polimento. A identificação prévia dessas feições orienta o corte e o acabamento, além de definir usos adequados para cada litotipo. A análise estrutural macroscópica revelou relações laterais complexas entre variedades cromáticas e texturais, condicionadas por foliações, dobras e intrusões máficas e félsicas que modificam a mineralogia local por skarnificação. Essas heterogeneidades, se não reconhecidas, reduzem o rendimento de lavra e elevam o refugo por não conformidade visual ou falhas mecânicas no beneficiamento. A integração de petrografia e DRX mostrou-se estratégica para a gestão da lavra ornamental ao permitir delimitar domínios petrográficos homogêneos, mapear zonas críticas, orientar o planejamento de corte e extração para maximizar o aproveitamento da jazida e antecipar a necessidade de tratamentos e ou adequações de uso. Assim, o conhecimento detalhado da mineralogia, aliado à compreensão das estruturas e texturas, fundamenta a valorização comercial dos mármore da Lente Italva-São Joaquim, contribui para a sustentabilidade do setor e possibilita reduzir perdas, otimizar a seleção de blocos e minimizar problemas pós-instalação.

**PALAVRAS-CHAVE:** mármore; petrografia; patologias.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# PROCESSOS DE ALTERAÇÃO ARTIFICIAL E ACELERADA DO CALCÁRIO LIOZ EM LABORATÓRIO

Lívia Manuela Gomes Caetano<sup>1</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>2</sup>, Marcelle Lemos Amorim de Cerqueda<sup>3</sup>, Amanda Guimarães dos Santos Mozer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro (liviscamanu@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ncastro@cetem.gov.br );

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral(cerquedapci@gmail.com);

<sup>4</sup>UFRJ -Universidade Federal do Rio de Janeiro (amandagmozer@gmail.com)

O Calcário Lioz, detentor do título de Pedra do Patrimônio Mundial pela IUGS, é uma rocha sedimentar carbonática do Cretáceo com uma rica concentração de fósseis de organismos marinhos e se destaca por sua estética singular e seu notável valor paleontológico. Somado a esses atributos, a rocha também reúne propriedades que favorecem seu alto desempenho em aplicações ornamentais, o que contribuiu para ser usada em larga escala como rocha ornamental e material de construção em seu lugar de origem, Portugal, mas também em suas antigas colônias, como o Brasil. Contudo, após exposição contínua a condições atmosféricas adversas, como chuva, umidade e temperatura, o Calcário Lioz tende a apresentar padrões de deterioração característicos, o que pode comprometer tanto o seu aspecto visual quanto suas propriedades físicas, ocasionando, eventualmente, redução de sua qualidade e de sua funcionalidade. Dentre os agentes de degradação atuantes, a percolação de fluidos, em especial quando relacionada a soluções salinas, é apontada como um dos mecanismos mais nocivos a essa rocha. Estudos têm impulsionado o desenvolvimento de tratamentos voltados à conservação e ao restauro de rochas, evidenciando o uso de produtos hidrofugantes como alternativa de proteger o material do contato e da absorção de fluidos. Nesse sentido, torna-se necessária uma avaliação prévia desses produtos antes de sua utilização, a fim de comprovar sua efetividade e proteger a rocha contra impactos não desejados como mudanças visuais e modificações em suas propriedades físico-químicas. Diante da impossibilidade de retirar amostras pétreas de monumentos e edifícios, rochas são expostas a processos de alteração artificial, buscando replicar os padrões de deterioração de rochas expostas, para verificar a eficácia de produtos em laboratório. A presente pesquisa tem como objetivo reproduzir, de forma artificial e acelerada em laboratório, os processos de degradação e as propriedades hidráulicas característicos do Calcário Lioz quando exposto a condições reais em monumentos e elementos arquitetônicos. Para isso, diferentes corpos de prova de Calcário Lioz foram utilizados em três fases principais da pesquisa: caracterização inicial das amostras sãs, exposição a distintos ciclos de alteração artificial e posterior caracterização das rochas alteradas. Esses ciclos envolveram o contato com soluções diluídas e concentradas de NaCl e HCl, choques térmicos, exposição à névoa salina, radiação UV, atmosfera de SO<sub>2</sub>, além de altas temperaturas. Comparando os dados obtidos, foi possível verificar que as diferentes abordagens obtiveram desempenhos variados quanto à alteração pretendida. Enquanto algumas não produziram os efeitos desejados, as amostras submetidas a ataques superficiais com soluções concentradas de HCl e NaCl mostraram-se mais eficazes em atender aos objetivos da pesquisa, gerando deteriorações semelhantes às observadas em monumentos pétreos que utilizam a rocha. Portanto, a partir dos resultados e corpos de provas gerados, poderão ser desenvolvidos testes e avaliações preliminares para verificar a eficácia de produtos que visam prevenir a degradação e desacelerar processos em curso, contribuindo e amparando decisões mais embasadas quanto ao uso de formulações para a conservação do patrimônio construído com o Calcário Lioz.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calcário Lioz; alteração artificial em laboratório; rochas ornamentais.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# SITUAÇÃO DOS PEDESTAIS DE MÁRMORE DO METEORITO DO BENDEGÓ APÓS O INCÊNDIO DO MUSEU NACIONAL

Giovanna Oliveira dos Santos Consoli Louro<sup>1</sup>, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro<sup>2</sup>, Eliane Guedes<sup>3</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>4</sup>, Maria Luíza Soares<sup>5</sup>

<sup>1</sup>UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro (goconsoli@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (rcarlos@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>Museu Nacional - UFRJ (eguedes@mn.ufrj.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ncastro@cetem.gov.br);

<sup>5</sup>Museu Nacional - UFRJ (marialuizasoaresmaciel@gmail.com)

O meteorito do Bendegó, descoberto em 1784 na Bahia, foi transladado para o Museu Nacional em 1888, no final do Império, sendo instalado sobre três pedestais de mármore com inscrições que registram sua origem e a data de chegada à instituição. Em 1937, durante uma reformulação do espaço expositivo, o meteorito foi transferido para outra sala e seus suportes originais permaneceram abandonados nos jardins da Quinta da Boa Vista por quase sete décadas. Somente em 2005, esses três pedestais foram recuperados e reinstalados no hall de entrada, novamente sustentando o meteorito, onde permanecem até hoje como parte do acervo do Museu Nacional. Em 2 de setembro de 2018, um incêndio de grandes proporções atingiu o Museu, comprometendo parte significativa do patrimônio. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o estado de conservação dos três pedestais de mármore após o incêndio, buscando compreender os possíveis efeitos térmicos e mecânicos sofridos pelo material. Para isso, foram realizados ensaios in situ de velocidade de pulso ultrassônico (VPU), dureza superficial Leeb e colorimetria. Os suportes apresentam superfícies polidas e características macroscópicas compatíveis com Mármore de Carrara, rocha metamórfica homogênea, isotrópica, de granulação fina a média, composta predominantemente por calcita, podendo conter dolomita e minerais acessórios. Não foram observados indícios de descoesão granular (arenização ou sugaring), alterações comuns em mármore submetidos a choque térmico, embora se registre perda de massa pontual. Além disso, as superfícies mantêm-se compactas, possivelmente devido à pressão exercida pelo peso do meteorito. A velocidade ultrassônica, indicativa do grau de coesão da rocha, apresentou valores entre 5.100 e 7.000 m/s, com predominância em torno de 6.500 m/s, valores compatíveis com os registrados na literatura para materiais desse tipo considerados íntegros. Os ensaios de dureza superficial indicaram valores acima de 600 HLD, reforçando a interpretação de boa preservação estrutural. Por fim, a análise colorimétrica indicou valores de luminosidade ( $L^*$ ) de aproximadamente 73, típicas de superfícies claras com boa refletância. Em termos de coloração, o eixo  $a^*$  apresentou valores negativos, em torno de -0,3, tendendo levemente para o verde, enquanto no eixo  $b^*$  o valor foi positivo, igual a 6, revelando um discreto tom amarelado. A combinação desses resultados aponta para uma coloração branca acinzentada, característica de mármore pouco alterados, sem escurecimento significativo ou mudança cromática acentuada após exposição ao fogo. Os resultados apontam que, apesar do longo período em que permaneceram abandonados e da exposição ao incêndio, os pedestais se mantêm estruturalmente íntegros e em bom estado de conservação.

**PALAVRAS-CHAVE:** patrimônio; conservação; Museu Nacional.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE





12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ROCHAS ORNAMENTAIS NA ECONOMIA CIRCULAR

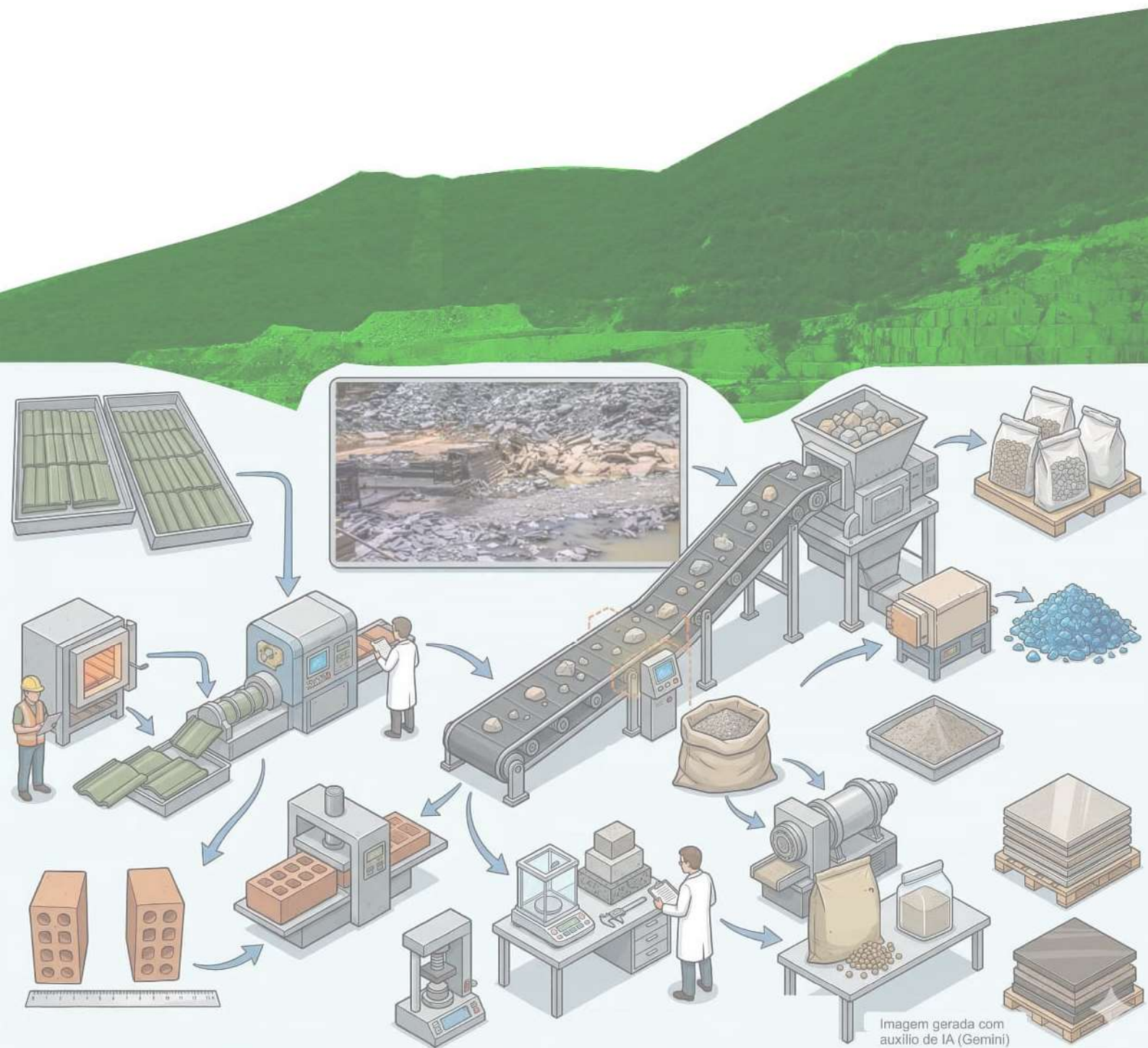


Imagem gerada com auxílio de IA (Gemini)

# ANÁLISE GRANULOQUÍMICA DE ESTÉREIS DE ROCHAS ORNAMENTAIS UTILIZADAS COMO REMINERALIZADORES DE SOLO

Lucas de Carvalho<sup>1</sup>, Elton Souza dos Santos<sup>2</sup>, Guilherme de Resende Camara<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (lucascarvalhokj@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (tompositivo@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (camara.gdr@gmail.com)

O uso do pó de rocha como remineralizador tem se consolidado como uma alternativa de fertilização do solo mais sustentável, acessível e de menor custo para produtores rurais. No entanto, sua aplicação adequada depende da granulometria do material, que influencia diretamente sua eficiência agrônômica. A Instrução Normativa nº 05/2016 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) estabelece critérios para definição, classificação, registro e uso dos remineralizadores, distinguindo-os como filler, farelado ou pó, de acordo com o tamanho das partículas. Cabe destacar, entretanto, que elementos considerados benéficos às plantas podem se concentrar em diferentes frações do material, dependendo de suas características físico-químicas. Diante disso, este estudo teve como objetivo caracterizar quimicamente diferentes frações granulométricas de materiais provenientes de estéreis de lavra, com foco na distribuição de nutrientes e no potencial uso como remineralizadores de solos. Foram analisadas seis amostras: um varvito, um fóide sienito, um álcali sienito, um quartzo-sienito, um gabro-norito e um norito. A granulometria das amostras foi determinada com base na distribuição do tamanho das partículas, utilizando peneiras de malhas 10#, 20# e 50#. Para isso, foi empregado um peneirador do tipo Rotap, e a análise foi conduzida no Laboratório de Rochas Ornamentais do Centro de Tecnologia Mineral. Em seguida, todas as frações foram submetidas à análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), em espectrômetro Bruker modelo S2 Ranger, após prensagem com ácido bórico como aglomerante. Os resultados mostraram que os altos teores de K<sub>2</sub>O presentes nas rochas de sienito indicam que são boas candidatas ao uso como fontes alternativas de potássio. Contudo, apresentaram menores teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO e MgO, quando comparadas com as demais rochas estudadas. Os óxidos de Ca e Mg, fundamentais para correção da acidez e aporte de nutrientes, se destacaram e se mantiveram presentes em maiores concentrações nas amostras de norito e gabro-norito, além de apresentar concentrações promissoras de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em frações mais finas, considerando que este é um nutriente limitante na maioria dos solos tropicais. Por outro lado, a amostra de varvito apresentou elevado teor de sílica, caracterizando-se como uma rocha mais ácida e com menor conteúdo de nutrientes básicos. Apesar de contribuir para a estrutura física do solo e retenção de umidade, seu uso como remineralizador é limitado em termos nutricionais. O Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, presente em concentrações semelhantes em todas as amostras, embora não essencial, pode afetar o pH do solo e a retenção de fósforo, sendo relevante para a compreensão do comportamento do solo. Ao avaliar o comportamento granulométrico das amostras, percebe-se que as frações mais finas concentraram os teores mais elevados de K<sub>2</sub>O, CaO e MgO, sugerindo que esses elementos estão mais associados às partículas menores, reforçando a importância da adequação granulométrica, conforme orienta a IN nº 05/2016.

**PALAVRAS-CHAVE:** agrominerais; fertilização; granulometria.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AVALIAÇÃO DO MANCHAMENTO E ATAQUE QUÍMICO EM ROCHAS ARTIFICIAIS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DE QUARTZITO E GRANITO

Bruno Mardegan<sup>1</sup>, Evanizis Dias Frizzera Castilho<sup>2</sup>, Rondinelli Moulin Lima<sup>3</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>4</sup>, Maria Angélica Kramer Sant'ana<sup>5</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (bruno.mardegann@hotmail.com);

<sup>2</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (evanizis@ifes.edu.br);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (rondinelli\_ml@hotmail.com);

<sup>4</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>5</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>6</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br)

A crescente geração de resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais tem estimulado pesquisas voltadas à sua valorização, com ênfase em soluções sustentáveis. Nesse contexto, as rochas aglomeradas produzidas pela combinação de partículas minerais e resinas poliméricas representam uma alternativa promissora, oferecendo elevada resistência mecânica, baixa absorção de água e ampla possibilidade de personalização estética. O desempenho técnico e visual desses materiais depende da qualidade das matérias-primas, da formulação e do processamento. Entre os requisitos para uso comercial, destacam-se a resistência ao ataque químico e ao manchamento, fundamentais em aplicações sujeitas a agentes agressivos, como produtos de limpeza, alimentos e bebidas. Normas técnicas, como ABNT NBR 16596:2017 e ABNT NBR 10545-14, são utilizadas para avaliar o comportamento superficial frente a substâncias potencialmente prejudiciais. Neste estudo, foram produzidas rochas aglomeradas com resíduos de quartzito Perla Venata e granito Branco Dallas, utilizando resina epóxi e poliuretana vegetal (PUV). As amostras foram denominadas RAQ-EP (rocha aglomerada - quartzito epóxi), RAQ-PUV (rocha aglomerada - quartzito PUV), RAG-EP (rocha aglomerada - granito epóxi) e RAG-PUV (rocha aglomerada - granito PUV). Ensaios de ataque químico avaliaram alterações cromáticas, dissolução ou desprendimento mineral após exposição a ácidos. Ensaios de manchamento testaram a resistência frente a agentes como café, vinho, ketchup, óleo, limão, mostarda, iodo e pigmentos em pasta. No ensaio de ataque químico, não houve sinais de dissolução ou desprendimento mineral, mas observaram-se mudanças cromáticas após contato com ácido clorídrico (3% e 18%), especialmente em RAQ-PUV, RAG-PUV e RAG-EP, indicando maior sensibilidade dessas formulações. A RAQ-EP apresentou menor alteração, demonstrando maior resistência química. Ácidos orgânicos, como cítrico e láctico, provocaram alterações mais discretas, limitadas a alguns tipos de amostra. Quanto ao manchamento, óleo, ketchup, café e limão foram removidos facilmente em todas as amostras. A pasta verde ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) foi eliminada com detergente neutro, e o vinho teve remoção mais difícil utilizando a pasta multiuso, sendo totalmente eliminado com detergente apenas na RAQ-EP. Para iodo e mostarda, a remoção completa exigiu acetona na maioria das amostras, exceto na RAQ-EP. A pasta vermelha ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) não foi removida em nenhuma etapa de limpeza em nenhuma das amostras. Nas rochas com resina PUV, o uso de acetona resultou em degradação do material, devido à sensibilidade dessa matriz polimérica ao solvente. Os resultados indicam correlação entre resistência química e resistência ao manchamento, onde amostras mais suscetíveis ao ataque químico também apresentaram desempenho inferior frente a manchas severas. A RAQ-EP destacou-se como a formulação mais resistente, enquanto as amostras com resina PUV mostraram limitações, sobretudo em contato com solventes fortes. Materiais com maior estabilidade química tendem a apresentar melhor comportamento frente ao manchamento, sendo mais indicados para ambientes com alta exposição a agentes agressivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** ataque químico; manchamento; rochas aglomeradas.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ESTÉREIS DE SIENITO COMO REMINERALIZADORES DE SOLO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Isabella Andrêza do Nascimento<sup>1</sup>, Mayara Machado Melila Marinato<sup>2</sup>, Gabriel Souza Campo<sup>3</sup>, Guilherme de Resende Camara<sup>4</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (isabellaandrez14@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mayaramachado958@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (gabriel.s.campos@edu.ufes.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (gcamara@cetem.gov.br);

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (leolysil@cetem.gov.br)

A indústria de rochas ornamentais no Brasil gera grandes volumes de estéreis e rejeitos, representando um desafio ambiental significativo devido às elevadas perdas na cadeia produtiva, que podem atingir até 83% da matéria-prima extraída. Em 2024, o país exportou US\$ 1,26 bilhão e 2,05 milhões de toneladas de rochas ornamentais, com crescimento de 12,92% e 12,56%, respectivamente, em relação a 2023. Paralelamente, a crescente demanda global por alimentos, estimada em 6% ao ano, exige maior produtividade agrícola. Nesse contexto, o reaproveitamento de resíduos da indústria de rochas ornamentais como remineralizadores de solo surge como alternativa sustentável, contribuindo para a gestão de resíduos, a redução de impactos ambientais e a diminuição da dependência de fertilizantes importados. Com este estudo objetivou-se avaliar o potencial agronômico de estéreis de sienito, provenientes de lavra em Andradadas-MG, para uso como remineralizador de solos, seguindo os critérios da Instrução Normativa nº 05/2016 do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa). A metodologia, baseada em protocolos oficiais do Mapa e da Embrapa, incluiu a caracterização física, química e mineralógica do material. O estéril foi previamente cominuído e classificado como "filler" (100% passante na peneira ABNT nº 50), atendendo à legislação vigente. A caracterização química foi realizada por Fluorescência de Raios X (FRX) e a mineralógica por Difração de Raios X (DRX) com refinamento de Rietveld, complementada por análise petrográfica. O material apresentou microclina (22,66%), ortoclásio (18,31%), augita (17,47%), oligoclásio (15,26%), albita (9,38%), muscovita (5,85%), actinolita (2,57%), fluorapatita (2,50%) e quartzo (1,96%), além de minerais acessórios, confirmando a classificação como sienito. Essa composição confere coloração marrom-escura a preta, com veios dourados, brancos e, ocasionalmente, vermelhos. Quimicamente, destacaram-se SiO<sub>2</sub> (57,90%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (12,12%), K<sub>2</sub>O (8,04%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,94%), CaO (5,92%), MgO (2,97%) e Na<sub>2</sub>O (2,45%), totalizando soma de bases de 16,93%. O teor de sílica livre foi inferior a 25% e o pH médio de 7,98 indicou caráter alcalino. Ensaios de solubilização para Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT), conforme a ABNT NBR 10006:2004 e quantificação por ICP-OES, demonstraram valores abaixo dos limites legais para arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio, atestando a segurança para uso agrícola. Conclui-se que o estéril de sienito avaliado atende integralmente às especificações físicas e químicas da Instrução Normativa nº 05/2016 do MAPA, sem apresentar riscos ambientais relevantes. Sua composição favorável e baixos teores de contaminantes confirmam seu potencial como remineralizador de solos, recomendando a continuidade dos estudos para avaliação de sua eficiência agronômica.

**PALAVRAS-CHAVE:** agrominerais; pó de rocha; sustentabilidade.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# COMPÓSITOS CERÂMICOS COM ARDÓSIA E CARBETO DE SILÍCIO (SiC) PARA APLICAÇÃO ABRASIVA

Luciana Boaventura Palhares<sup>1</sup>, Rafael Vasconcelos Silva Lopes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (lbpalhares@hotmail.com);

<sup>2</sup>CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (rafavsl87@gmail.com)

Os materiais abrasivos possuem ampla aplicabilidade em diversos setores industriais, abrangendo desde a fabricação de maquinário pesado, estruturas metálicas e componentes automotivos até a produção de instrumentos de precisão, dispositivos eletrônicos e peças cerâmicas avançadas. Essa versatilidade evidencia sua importância estratégica para a indústria, pois garante operações de corte, desbaste, polimento e acabamento com elevado desempenho, atendendo às demandas de qualidade e eficiência produtiva em segmentos que vão da construção civil à indústria aeroespacial. Tradicionalmente, esses materiais são produzidos com matérias-primas de alto desempenho, como óxidos metálicos e carbonetos refratários, cujo custo de aquisição e processamento é elevado, impactando significativamente o valor final das ferramentas abrasivas. Nesse contexto, a incorporação de resíduos minerais, como os provenientes da lavra e beneficiamento de ardósia, apresenta-se como alternativa tecnicamente viável e economicamente atrativa, promovendo a redução de custos de produção e contribuindo para a valorização de passivos ambientais gerados em larga escala pela indústria extrativa. O mercado global de abrasivos possui elevada importância estratégica tanto no âmbito econômico quanto tecnológico: projeções indicam que seu valor atingirá mais de US \$ 62 milhões até 2026. No contexto brasileiro, as exportações de rochas ornamentais e de revestimento atingiram, em 2024, um volume de aproximadamente 2,05 milhões de toneladas, resultando em uma receita de US\$ 1,26 bilhão. A produção de ardósia, embora economicamente significativa, é caracterizada por elevado desperdício de material, com geração de até 75% de resíduos sólidos, decorrentes do processo de extração e beneficiamento de blocos. Esses resíduos, em grande parte, não são reaproveitados e acabam sendo depositados de forma inadequada, com impactos ambientais relevantes. Este trabalho teve como objetivo a formulação e caracterização de compósitos cerâmicos à base de carbeto de silício (SiC) e resíduos de ardósia. Os corpos de prova foram produzidos com teores crescentes de resíduo de ardósia, variando de 15% a 100% em massa, incorporados a compósitos cerâmicos à base de carbeto de silício (SiC). As amostras foram conformadas por prensagem uniaxial e submetidas à sinterização a 1100°C. A caracterização envolveu ensaios de resistência à flexão (ASTM C496-17), desgaste abrasivo (ASTM G65), propriedades físicas (ASTM C373-17) e análises microestruturais (MEV). Os resultados indicaram que o aumento da fração mássica de resíduo de ardósia promoveu incremento na resistência mecânica à flexão dos compósitos, acompanhado da redução da porosidade aparente, da absorção de água e do volume de poros abertos. Tais efeitos foram atribuídos à ocorrência de sinterização por fase líquida, decorrente da fusão parcial dos constituintes da ardósia. Os ensaios de abrasão demonstraram que a constante abrasiva apresentou baixa variação em função da proporção de resíduo incorporado, indicando estabilidade do desempenho tribológico frente à adição de ardósia no compósito.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduo de ardósia; abrasivos; sustentabilidade.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# DESEMPENHO FÍSICO-MECÂNICO DE ROCHAS AGLOMERADAS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS ORNAMENTAIS: INFLUÊNCIA DO TIPO DE MOINHO

Caio Barboza Louzada<sup>1</sup>, Rondinelli Moulin Lima<sup>2</sup>, Evanizis Dias Frizzera Castilho<sup>3</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>4</sup>, Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>5</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (caiolouzada20@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (rondinelli\_ml@hotmail.com);

<sup>3</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (evanizis@ifes.edu.br);

<sup>4</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>5</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>6</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br)

A valorização de resíduos de rochas ornamentais tem se mostrado uma estratégia promissora para a produção de materiais sustentáveis no setor da construção civil. Com este trabalho investigou-se a influência de quatro tipos de moinhos (esferas, barras, rolos e disco) na morfologia das partículas de quartzito, mármore e granito, visando avaliar o impacto nas propriedades físicas e mecânicas de rochas aglomeradas. Os resíduos utilizados, provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais, foram processados para obtenção de diferentes distribuições granulométricas e posteriormente incorporados em formulações padrão, compostas por 90% de carga mineral e 10% de resina polimérica. As amostras foram moldadas sob pressão uniaxial (3,75 MPa), vácuo, vibração e temperatura controlada (100°C). Foram realizados ensaios de densidade aparente, porosidade, absorção de água, resistência à flexão e resistência à abrasão, conforme normas EN 14617. Os resultados indicaram que o tipo de moinho exerce influência significativa no desempenho das rochas aglomeradas, variando conforme o tipo de resíduo. O moinho de disco apresentou melhor desempenho, alcançando, para a rocha aglomerada produzida com quartzito, resistência à flexão de  $26,53 \pm 4,60$  MPa, absorção de água de  $0,06 \pm 0,03\%$  e porosidade aparente de  $0,12 \pm 0,06\%$ . Já para a rocha obtida com granito, os valores foram de  $22,00 \pm 2,27$  MPa de resistência à flexão,  $0,15 \pm 0,03\%$  de absorção de água e  $0,32 \pm 0,07\%$  de porosidade aparente. No caso do mármore, o moinho de rolos destacou-se, atingindo resistência à flexão de  $15,55 \pm 1,93$  MPa e densidade aparente de  $2388 \text{ kg/m}^3$ , embora o moinho de disco tenha apresentado vantagens quanto à compactação interna. A análise comparativa evidenciou que partículas obtidas com moinho de disco favorecem uma microestrutura mais coesa, resultando em compósitos de maior desempenho físico-mecânico, enquadrando-se nos parâmetros de qualidade recomendados pelo Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos, incluindo baixa absorção de água ( $<0,4\%$ ) e porosidade ( $<1\%$ ). Os resultados também indicam potencial para aplicação das rochas aglomeradas em revestimentos verticais e pisos de tráfego leve a moderado. Contudo, a escolha adequada do equipamento de cominuição é determinante para a otimização das propriedades tecnológicas de rochas aglomeradas produzidas com os resíduos de rochas ornamentais. O moinho de disco, em especial, se mostrou a alternativa mais vantajosa para formulações com quartzito e granito, enquanto o moinho de rolos pode ser mais indicado para mármore, contribuindo para a produção de materiais de alto desempenho e alinhados aos princípios de economia circular e sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas aglomeradas; cominuição; caracterização tecnológica.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# ECONOMIA CIRCULAR E INOVAÇÃO: VIDROS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Thana Milena Lino Sabino<sup>1</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>, Michelle Pereira Babisk<sup>3</sup>, Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>4</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (thana.milena.l@gmail.com);

<sup>2</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>3</sup>UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (michellebabisk@hotmail.com);

<sup>4</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br)

Reconhecido por sua expressiva contribuição econômica, o setor de rochas ornamentais possui grande representatividade no Brasil, com destaque para o estado do Espírito Santo, consolidado como o principal polo de produção e beneficiamento do País. Essa atividade industrial, embora essencial para diversos segmentos como construção civil e arquitetura, é marcada pela elevada geração de resíduos sólidos ao longo das etapas de extração, serragem e polimento. Esses resíduos, muitas vezes descartados sem aproveitamento, apresentam composição rica em óxidos, especialmente o dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), que é a principal matéria-prima utilizada na fabricação de vidros. O elevado teor de sílica presente nesses rejeitos torna-os uma alternativa promissora para a substituição da areia natural, cuja extração acarreta impactos ambientais significativos. Diante desse cenário, o objetivo com este trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e ambiental da produção de vidros ao chumbo utilizando resíduos de quartzito oriundos de teares multifios, promovendo práticas de economia circular e sustentabilidade industrial. A proposta busca transformar um passivo ambiental em insumo de alto valor agregado, contribuindo para a redução da exploração de recursos naturais e para o aproveitamento de resíduos. As amostras foram coletadas diretamente durante o processo de beneficiamento em empresas localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), e passaram por etapas de secagem em estufa a 110 °C por 24 horas, moagem em almofariz de porcelana e caracterização físico-química. As análises foram realizadas por fluorescência de raios-X (FRX), difração de raios-X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados revelaram que o resíduo de quartzito apresenta 97,90% de  $\text{SiO}_2$ , confirmando seu potencial como fonte alternativa de sílica. A produção dos vidros foi conduzida por meio da técnica de fusão em cadinhos de alumina, com aquecimento gradual até 1500 °C por 3 horas, seguido de resfriamento por inércia do forno. Os vidros obtidos apresentaram coloração azulada, atribuída à presença de óxido de cobalto (0,024%), e estrutura amorfa, conforme indicado pela ausência de picos cristalinos no difratograma de DRX. A análise de FRX dos vidros produzidos revelou composição compatível com materiais comerciais, contendo 52,9% de  $\text{SiO}_2$  e 21,9% de  $\text{PbO}$ , além de outros óxidos como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Esses resultados demonstram que o aproveitamento do resíduo de quartzito é uma alternativa viável e eficaz para a produção de vidros ao chumbo, reduzindo a demanda por areia natural e contribuindo para a gestão sustentável de resíduos industriais. A valorização desses materiais reforça práticas alinhadas à economia circular, promovendo inovação tecnológica e responsabilidade ambiental no setor de rochas ornamentais. Além disso, abre novas possibilidades para o desenvolvimento de produtos sustentáveis com aplicação em diferentes áreas da indústria de materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** vidros; resíduos; rochas ornamentais.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# FABRICAÇÃO DE PISO E PORCELANATO COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO FINO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - FIBRO

Thálita Brandão Maurício<sup>1</sup>, Kayrone Marvila de Almeida<sup>2</sup>, Mônica Castoldi Borlini Gadioli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (thalitabm493@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (kmalmeida@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com)

O Brasil ocupa atualmente a quarta posição entre os maiores produtores mundiais de rochas ornamentais, atrás apenas de China, Índia e Turquia (ABIROCHAS, 2024). Essa relevância é evidenciada pela produção anual de 10,5 milhões de toneladas, que gera cerca de US\$ 1,26 bilhão em exportações, sendo o Espírito Santo responsável por aproximadamente 82% desse valor. Contudo, o elevado volume de produção resulta em expressiva geração de resíduos. Estima-se que 26% de um bloco de rocha seja convertido em resíduo fino, denominado Finos do Beneficiamento de Rochas Ornamentais (FiBRO), cuja deposição anual em aterros privados e associativos alcança cerca de 3,5 milhões de toneladas. A economia circular, por meio de iniciativas como o Plano Nacional de Economia Circular, busca alternativas para reintroduzir esses resíduos no mercado, conferindo-lhes valor agregado (PLANEC, 2025). Entre os setores potenciais, destaca-se a indústria cerâmica, que, somente em 2024, destinou mais de 87% de sua produção ao consumo interno (ANFACER, 2025). Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de incorporação do FiBRO em massas cerâmicas para confecção de cerâmica de revestimento como piso e porcelanato. O resíduo e as argilas utilizadas foram caracterizados por fluorescência de raios X (FRX) e difração de raios X (DRX), além de análise granulométrica. Foram elaboradas três formulações: R0% (sem resíduo), R10% e R30% de FiBRO. Os corpos de prova, foram fabricados por prensagem (15 t) com dimensões de (114 × 25 mm) e 8% de água. Após, foram secos por 24h a 100 °C. Em seguida foram sinterizados a 1100 °C, após foram submetidos a ensaios físicos e mecânicos, incluindo absorção de água, porosidade aparente e resistência à flexão. Os resultados indicaram que a incorporação do FiBRO promoveu redução da absorção de água, de 14,31% (R0%) para 12,28% (R30%) e conseqüentemente da porosidade aparente, além de aumento significativo da resistência à flexão de 3,76 Mpa (R0%) para 6,93 Mpa (R30%). Com base nos resultados, os corpos de prova foram classificados segundo a ABNT NBR 13006 como pertencentes ao Grupo BIIIb, destinado a placas cerâmicas para revestimento interno, categoria piso. Esses resultados demonstram o potencial técnico do FiBRO como matéria-prima alternativa para a indústria cerâmica, contribuindo para a redução do passivo ambiental e para o avanço de práticas alinhadas à economia circular no setor de rochas ornamentais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rochas Ornamentais, FiBRO, Cerâmica de Revestimento, Piso.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: O CASO DE SUCESSO NO APROVEITAMENTO DE XISTO EM UMA PEDREIRA DE ITINGA-MG

Rodrigo Carneiro Novaes<sup>1</sup>, Juan Pablo Rodrigues de Souza<sup>2</sup>, Janaina Davel dos Anjos<sup>3</sup>, Maria Angelica Kramer Sant` Ana<sup>4</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (rodrigo.novaes@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (juanpablorodriguesdesouza@gmail.com);

<sup>3</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (janainadavel355@gmail.com);

<sup>4</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>5</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (tessinari@ifes.edu.br)

As exportações brasileiras de rochas ornamentais atingiram US\$ 117,2 milhões e 170,7 mil toneladas em setembro de 2024. No acumulado de janeiro a setembro, somaram US\$ 920,3 milhões e 1,56 milhão de toneladas, com o Espírito Santo respondendo por 82,2% desse total, registrando crescimento de 8% em valor e 10,9% em volume frente a 2023. Contudo, o setor gera grandes quantidades de resíduos sólidos durante a extração e o beneficiamento. Estima-se que apenas cerca de 17% da rocha extraída no Brasil se transforma em chapas comercializáveis. Para promover um desenvolvimento industrial sustentável, é essencial uma gestão eficaz desses resíduos, uma preocupação ambiental crescente desde a Conferência de Estocolmo de 1972. Frente a este cenário é necessário lidar com um grande volume de resíduos gerados em todas as etapas do processo, desde a extração dos blocos nas pedreiras até o beneficiamento. Durante a extração, muitos materiais são descartados por não atenderem aos padrões estéticos exigidos pelo mercado. Já no beneficiamento, os resíduos consistem principalmente em partículas finas resultantes do corte dos blocos. Esses resíduos possuem propriedades mineralógicas e químicas que os tornam potencialmente úteis na fabricação de outros materiais. Por isso, pesquisadores de diversas áreas têm estudado maneiras de reinseri-los no ciclo produtivo, contribuindo para uma economia mais sustentável e alinhada com os princípios da economia circular. O objetivo do presente trabalho é realizar o estudo de caso de sucesso no aproveitamento de aproximadamente 90% da bancada analisada neste estudo para fins ornamentais, de uma pedreira de estauroilita-biotita-xisto, pertencente à formação salinas na localidade de Itinga - MG. O aproveitamento da rocha explotada pela empresa é fruto da criatividade e tecnologia implantada no seu processamento, contando com cerca de 9 acabamentos superficiais, sendo parte deles mais adequados a materiais com menos imperfeições, são eles: polido, escovado, 4D, escovado intensificado e escovado fosco. Já os acabamentos levigado, apicoado, 3D e hidrojateado. Além dos acabamentos superficiais, porções da rocha com maiores problemas estéticos como veios despadronizados, trincas e falta de padrão homogêneo são ainda aproveitadas para revestimentos denominados rockface e big rockface, que expõe a face bruta da rocha retirada diretamente da lavra. Um outro aproveitamento ainda é explorado para as porções da bancada impossíveis de serem subdivididas em faces regulares, que é a confecção de adegas de vinho, onde são escavados buracos de diâmetros compatíveis com a garrafa de forma artesanal produzindo peças únicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** aproveitamento; xisto; revestimento.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# MERCADO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PARAÍBA E A ECONOMIA CIRCULAR MINERAL

Ludmila Bernardo Farias Pereira<sup>1</sup>, Joaquim das Virgens Neto<sup>2</sup>, Ana Paula Justo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SGB - Serviço Geológico do Brasil (ludmila.pereira@sgb.gov.br);

<sup>2</sup>SGB - Serviço Geológico do Brasil (joaquim.neto@sgb.gov.br);

<sup>3</sup>SGB - Serviço Geológico do Brasil (ana.justo@sgb.gov.br)

A aplicação dos princípios da economia circular na mineração de rochas ornamentais do Nordeste representa uma estratégia inovadora para reduzir desperdícios e ampliar a sustentabilidade do setor. A economia circular incentiva o uso mais eficiente dos recursos minerais por meio do reaproveitamento de materiais ao longo da cadeia produtiva, transformando rejeitos, tradicionalmente descartados, em subprodutos e novos insumos com valor agregado. Dessa forma, além de mitigar impactos ambientais, cria-se a oportunidade de gerar novas frentes de negócio e fortalecer a competitividade regional, alinhando a atividade mineral às demandas contemporâneas de responsabilidade socioambiental e desenvolvimento sustentável. É de amplo conhecimento que a mineração gera uma quantidade significativa de resíduos e estéreis, historicamente dispostos em pilhas e barragens de rejeitos, geralmente tratados como passivos ambientais de mineração. No entanto, com o avanço da pesquisa mineral e das tecnologias de beneficiamento, é possível a descoberta de um novo potencial mineral nesses materiais, os quais podem conter minerais acessórios de grande relevância para a transição energética, agromineração e construção civil. Associados a minerais como monazita, zircão, titanita, quartzo, albita, feldspatos, micas, columbita-tantalita, apatita, entre outros; esses resíduos também podem ser ricos em elementos terras-raras, zircônio, titânio, nióbio, tântalo e tantos outros, inclusive o lítio, como no caso dos materiais extraídos de pegmatitos, contendo espodumênio, ambligonita, lepidolita e trifulita. Muitos desses resíduos apresentam concentrações significativas de macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento agrícola, como potássio, fósforo, cálcio, magnésio e até elementos traço como zinco e cobre. Nesse contexto, a caracterização mineralógica e geoquímica dos rejeitos torna-se fundamental para identificar oportunidades de reaproveitamento, inserindo o setor de rochas ornamentais na agenda da economia circular. A valorização dos resíduos de rochas ornamentais, integrada aos princípios da economia circular, abre espaço para a participação ativa de cooperativas, arranjos produtivos locais e empresas de mineração de micro e pequeno porte, que podem se tornar agentes estratégicos no reaproveitamento desses materiais. Essa dinâmica fortalece o desenvolvimento regional ao gerar novos postos de trabalho, estimular cadeias produtivas locais e diversificar a economia em territórios tradicionalmente dependentes da extração primária. Dessa forma, o setor de rochas ornamentais do Nordeste não apenas reduz seus impactos ambientais, mas também se consolida como vetor de inovação, inclusão socioeconômica e sustentabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** economia circular mineral; rochas ornamentais; resíduos



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# OTIMIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA CERÂMICA VERMELHA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Mariane Costalonga de Aguiar<sup>1</sup>, Kamilly Simões Fernandes<sup>2</sup>, Maria Angélica Kramer Sant'ana<sup>3</sup>, Kayrone Marvila de Almeida<sup>4</sup>, Lucielen Ribeiro de Oliveira dos Anjos<sup>5</sup>, Monica C. Borlini Gadioli<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral(maguiar@cetem.gov.br);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (kamillysimoes7@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (kmalmeida@cetem.gov.br);

<sup>5</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (oliveiralucielenoliveira@gmail.com);

<sup>6</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com)

O Espírito Santo é um dos estados brasileiros com destaque na produção de cerâmica. Apesar de sua relevância econômica, a atividade ainda enfrenta o desafio de aprimorar seus processos produtivos, muitas vezes conduzidos de forma empírica. Paralelamente, o Estado figura entre os maiores produtores de rochas ornamentais do País, gerando grandes volumes de resíduos provenientes do seu beneficiamento, conhecidos como finos do beneficiamento de rochas ornamentais – FIBRO. O aproveitamento desses resíduos na formulação de produtos cerâmicos surge como alternativa promissora, capaz de reduzir impactos ambientais, otimizar o uso de recursos naturais e agregar valor à cadeia produtiva, contribuindo para uma indústria mais sustentável e tecnicamente eficiente. Com isso, este estudo investigou a viabilidade técnica de incorporar esses resíduos em massas cerâmicas como uma alternativa para agregar valor ao material, aprimorar as propriedades tecnológicas dos produtos finais e promover a sustentabilidade no setor. O objetivo central foi avaliar, por meio de ferramentas estatísticas, a influência de diferentes teores de resíduo (0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%) e duas temperaturas de queima (850 °C e 950 °C) nas propriedades de absorção de água e resistência à flexão das cerâmicas. Os corpos de prova foram moldados por extrusão a vácuo, secos em estufa a 110 °C até estabilização da massa e queimados com taxa de aquecimento de 2°C/min, com temperatura de patamar de 180 minutos. A caracterização tecnológica foi realizada por ensaios de absorção de água (NBR 15270-2:2023) e resistência à flexão em três pontos (ASTM C674-77), o tratamento estatístico dos dados, realizado com o software OriginPro®, incluiu a análise de outliers via boxplot, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o cálculo de medidas descritivas para validar as comparações entre os grupos. Essa metodologia garantiu conclusões confiáveis, substituindo decisões empíricas por uma análise técnica. Os resultados demonstraram que a incorporação dos finos do beneficiamento de rochas ornamentais melhora significativamente o desempenho tecnológico da cerâmica, com efeitos mais evidentes em temperaturas de queima mais elevadas. A absorção de água apresentou uma redução progressiva com o aumento do teor de resíduo. Na temperatura de 950°C, a absorção diminuiu de 22,85% na amostra de controle (0% de resíduo) para 15,46% na amostra com 50% de resíduo, indicando que o FIBRO atua como fundente, promovendo maior sinterização e densificação da matriz cerâmica. A resistência mecânica também apresentou ganhos expressivos, especialmente a 950°C, onde atingiu seu valor máximo de 13,67 MPa com a incorporação de 30% de resíduo, representando significativo ganho em relação à amostra controle. Entretanto, teores superiores a 40% resultaram em queda de resistência, sugerindo um limite para a substituição da fração argilosa sem comprometer a coesão do material. Contudo, o uso dos resíduos de rochas ornamentais é tecnicamente viável e vantajoso, principalmente com a formulação contendo entre 20% e 30% de resíduo e queimada a 950°C representando a condição ótima, que equilibra baixa absorção de água e elevada resistência mecânica. A pesquisa valida o uso do FIBRO como matéria-prima, alinhando melhoria de desempenho com os princípios da economia circular.

**PALAVRAS-CHAVE:** cerâmica vermelha; resíduos de rochas ornamentais; teste de normalidade.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# OTIMIZAÇÃO ESTATÍSTICA DE PARÂMETROS OPERACIONAIS NA PRODUÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Lahís Menon de Almeida<sup>1</sup>, Rondinelli Moulin Lima<sup>2</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>3</sup>, Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>4</sup>, Evanizis Dias Frizzera Castilho<sup>5</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (lahismenon18@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (rondinelli\_ml@hotmail.com);

<sup>3</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>4</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>5</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (evanizis@ifes.edu.br);

<sup>6</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br)

O setor brasileiro de rochas ornamentais é economicamente relevante e reconhecido internacionalmente pela diversidade geológica e qualidade de seus materiais. Contudo, o processo de beneficiamento desses recursos naturais gera um volume expressivo de resíduos, especialmente na etapa de corte, onde uma parte significativa do bloco é descartada. Diante da crescente preocupação ambiental e da necessidade de alternativas sustentáveis, a produção de rochas aglomeradas surge como uma solução promissora para o aproveitamento de resíduos. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo estatístico experimental sobre a fabricação de rochas aglomeradas a partir de resíduos de quartzito, empregando o método de vibro-termo-compressão a vácuo e avaliando a influência de variáveis operacionais — temperatura, pressão e tempo — nas propriedades físicas e mecânicas do produto final. O resíduo utilizado foi proveniente do beneficiamento primário do quartzito comercialmente denominado Verde Amazonic, classificado em três faixas granulométricas e posteriormente, misturado 90% em peso de resíduo e 10% em peso de resina epóxi. As composições foram definidas por meio de programação linear baseada no método Simplex Lattice. O processo produtivo incluiu homogeneização, moldagem, prensagem sob vácuo e pós-cura em estufa, seguido de acabamento superficial. Para o estudo, adotou-se um Planejamento Composto Central (PCC) com 16 combinações experimentais, abrangendo cinco níveis para cada variável operacional. Os ensaios de caracterização tecnológica, como índices físicos (densidade aparente, absorção de água e porosidade) foram realizados conforme a norma EN 14617-1, enquanto a resistência à flexão foi avaliada segundo a EN 14617-2. Entre as formulações testadas, a combinação 12 (80 °C, 13,48 MPa, 35 min) apresentou o melhor desempenho, registrando densidade aparente de 2251,53 kg/m<sup>3</sup>, porosidade de 0,44%, absorção de água de 0,19% e resistência à flexão de 29,27 MPa. Tais resultados evidenciam uma forte correlação entre baixa porosidade, elevada densidade e maior resistência mecânica, ressaltando a importância do controle das variáveis operacionais. O estudo demonstrou que a aplicação de ferramentas estatísticas é fundamental para a otimização do processo produtivo, permitindo identificar combinações de parâmetros que maximizem a qualidade e o desempenho das rochas aglomeradas, ao mesmo tempo em que favorecem o aproveitamento eficiente de resíduos. Assim, o trabalho contribui para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e de alto valor agregado para a indústria de rochas ornamentais.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas aglomeradas; vibro-termo-compressão; planejamento composto central (PCC).



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PISO FORMADO POR RESÍDUOS DO MÁRMORE BEGE BAHIA E RESINA COM CIRCUITO BASEADO EM SENSOR PIEZZO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro<sup>1</sup>, Lucas Marques Palermo de Aguiar<sup>2</sup>, Marcell Nascimento da Conceição<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ribeioroberto77@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (laguiar@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mconceicao@cetem.gov.br)

A produção e o consumo de rochas ornamentais no Brasil apresentou crescimento notável nas últimas décadas, devido sua utilização em revestimentos externos de prédios, pisos, paredes, mesas, pias, etc. O processo de extração de rochas ornamentais começa nas pedreiras, onde essa rocha é encontrada na sua forma natural. O bloco rochoso é extraído através de cortes realizados com fios diamantados, onde é então levado às serrarias para realização do beneficiamento e geração das chapas finais. Nesse contexto, o Estado da Bahia posiciona-se como o terceiro maior produtor de rochas ornamentais do Brasil, possuindo a mais completa diversidade de cores de rochas do país, que vão desde as suas mais famosas rochas azuis, passando para uma variedade de cores incluindo-se mármore, granitos, arenitos e conglomerados. Destaca-se o calcário conhecido comercialmente como Bege Bahia que é um material abundante na região do rio Salitre.. É identificado como mármore quando, além do padrão estético tão apreciado no Brasil, evidenciam-se as propriedades físicas e tecnológicas do material utilizado como rocha ornamental conhecido como Mármore Bege Bahia. No entanto, desde a lavra ao beneficiamento gera-se uma quantidade significativa de resíduos que ultrapassa 80% sendo um grave problema ambiental que precisa ser mitigado. Um dos grandes papéis do estudo de engenharia elétrica é buscar fontes renováveis que se mostrem suficientemente eficientes para conseguir abastecer a demanda energética atual. Para alcançar esse objetivo, diversas formas de geração de energia como a eólica, solar, hidrelétrica, são constantemente aprimoradas e estudadas, visando aumentar cada vez mais sua eficiência. Nesse cenário, a procura por novas formas de geração de energia também se mostra crucial para se resolver a questão energética global. Tendo em vista isso, materiais piezoelétricos têm sido estudados como uma possível forma de geração de energia em média e pequena escala. O uso de cristais piezos não são recentes no mundo da eletrônica, já fazendo parte de diversos circuitos para sensoriamento, sendo importantes sobretudo para detecção de vibrações, variação de pressão e deformação sobre o material. Todavia, explorar sua capacidade para geração de energia a ser consumida por diversos tipos de cargas é um estudo que teve como objetivo esse trabalho. Para isso, foi montado um circuito contendo pastilhas piezoelétricas em conjunto com o microcontrolador Arduino Uno, aderido à base da rocha artificial formada com resíduos do Mármore Bege Bahia. Desse modo, o sinal gerado pelo piezo era enviado para o Arduino, visando processá-lo e posteriormente alimentar os LEDs por meio da sua própria alimentação interna. Assim, mantendo-se uma taxa constante de energia pôde-se realizar o acendimento das luzes à medida que se exercia uma força normal ao piso

**PALAVRAS-CHAVE:** piezoeletricidade; resíduos de Mármore Bege Bahia; geração de energia.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PLACAS MODULARES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL CONSTITUÍDAS DE RESÍDUOS DE VARVITO

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro<sup>1</sup>, Ana Beatriz Martins<sup>2</sup>, Rosana Elisa Coppedê da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ribeiroroberto77@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (martins@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (rcoppede@cetem.gov.br)

De acordo com EM-DAT, o Brasil encontra-se em 10º lugar entre os países do mundo em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas. O gerenciamento de desastres é um dos instrumentos de gestão urbana, que integrado a outras políticas públicas, tem finalidade de reduzir, prevenir e controlar de forma permanente o risco de desastres na sociedade. Dessa forma, associar a tecnologia para criação de novos materiais mais leves para construção de casas ecológicas torna-se uma alternativa. Um exemplo promissor é a geração de placas modulares capazes de construir 100% uma casa muito mais leve que os materiais convencionais utilizados, minimizando acidentes caso haja algum desabamento. Nesse contexto, aparece o setor de rochas ornamentais (mármore, granito, ardósia, etc.) que geram desde a lavra ao beneficiamento mais 80% de resíduos que são depositados em aterros. Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para geração de novos materiais associando tais resíduos com polímeros, como por exemplo, o óleo de mamona, que é 100% natural, possibilitando a geração de materiais ecologicamente corretos, contribuindo para mitigação do impacto ambiental e da economia circular e sustentabilidade. A relação do homem com a natureza ao longo da história evoluiu de uma total submissão e aceitação fatalista dos fenômenos da natureza a uma visão equivocada de que o "homem" sempre venceria. As inundações que devastaram o Estado do Rio Grande do Sul afetaram mais de 400 mil famílias e, quase 200 falecidos. Muitas das mortes estão relacionadas ao soterramento das pessoas em suas casas, construídas com materiais convencionais, como concreto, tijolos e ferragens. Dessa forma, objetivou-se gerar placas modulares leves para construção de casas populares, constituídas de poliuretano (PU) de mamona e resíduos da extração de varvito. Para tal, foram realizados ensaios de FRX e DRX para caracterização do resíduo, foram formulados corpos de prova variando-se o teor de varvito de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90%, que foram submetidos a ensaios de colorimetria, dureza, porosidade, absorção de água e densidade e, verificação das amostras à exposição as intempéries (névoa salina, SO<sub>2</sub> e raios-UV). Pôde-se concluir que a adição de resíduos no beneficiamento de varvito foi possível até um teor máximo de 80% em massa, porém, a resistência mecânica a partir de 70% já é reduzida a 50% limitando tais percentuais. Dessa forma, gerar placas modulares para construção civil contendo 60% de resíduo de varvito, com valor de dureza de 389 HLD, absorção de água inferior a 0,5%, densidade em torno de 1 kg.cm<sup>-3</sup> e porosidade de 1% indica ser a formulação mais adequada para esse processamento. Trata-se de um material ecologicamente correto e consiste em importante requisito para a mitigação dos potenciais impactos da geração de resíduos de rochas e destinação adequada dos mesmos, juntamente com uma resina vegetal, contribuindo para a circularidade e sustentabilidade das cadeias produtivas, além de atender uma parcela carente da população.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduos de rochas; varvito; placas modulares.



12º Simpósio de Rochas  
Ornamentais do Nordeste

**SRONE**



# PRODUÇÃO DE AGREGADOS LEVES A PARTIR DE RESÍDUOS DE ARDÓSIA PARA APLICAÇÃO EM CONCRETOS DE BAIXA DENSIDADE

Luciana Boaventura Palhares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (lbpalhares@hotmail.com)

A indústria da construção civil é responsável por elevados níveis de consumo de recursos e geração de impactos ambientais, sendo responsável por aproximadamente 75% da extração de recursos naturais, 44% do consumo energético nacional e pela maior parcela das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no país. Apesar disso, trata-se de um setor com elevado potencial para a incorporação de tecnologias de reciclagem de resíduos, dado o grande volume de materiais utilizados em seus processos. No cenário internacional, a produção de agregados leves a partir de ardósia expandida é dominada por poucas empresas, destacando-se a Stalite (Estados Unidos), que fabrica agregados leves de alto desempenho para múltiplas aplicações, como concretos estruturais, pré-moldados, alvenarias e pavimentação rodoviária. Em comparação aos agregados cerâmicos de origem argilosa, os agregados de ardósia expandida apresentam menor absorção de água, sendo aproximadamente seis vezes inferior após a moldagem e cinco vezes inferior durante os processos de mistura e bombeamento. Essa característica, aliada à elevada resistência mecânica dos agregados de ardósia, permite a redução do teor de cimento nas formulações de concretos estruturais. No Brasil, até o momento, não há registros de fabricantes de ardósia expandida, e a única empresa produtora de agregados leves de argila expandida é a Cinexpan, localizada em Várzea Paulista – SP. O custo elevado de transporte em longas distâncias limita a difusão dessa tecnologia em escala nacional. No presente estudo, foram desenvolvidos agregados leves cerâmicos a partir de resíduos de ardósia com o objetivo de sua aplicação na formulação de concretos leves. O resíduo foi submetido a etapas de moagem e tratamento térmico em temperaturas entre 1100°C e 1200°C. Observou-se que, nessa faixa de temperatura, o material atinge estado próximo à fusão, apresentando plasticidade suficiente para permitir a liberação de gases e a formação de poros esferoidais não interligados, distribuídos uniformemente, resultando em um corpo cerâmico com estrutura porosa e baixa densidade aparente. A caracterização por difração de raios X (DRX) evidenciou a presença de ampla região amorfa, além das fases cristalinas: dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), silicato de cálcio (CaSiO<sub>4</sub>), espinélio (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) e hercinita (Al<sub>2</sub>FeO<sub>4</sub>). A análise térmica diferencial demonstrou a ocorrência de uma reação discreta entre 600°C e 800°C, possivelmente associada à transformação térmica de muscovita e clinocloro residuais, com perda de massa de 0,02 g. O agregado leve produzido apresentou densidade aparente de 0,91 g/cm<sup>3</sup>, absorção de água de 3,3% e proporção de poros impermeáveis de 8,5%.

**PALAVRAS-CHAVE:** ardósia expandida; concreto leve; sustentabilidade.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PRODUÇÃO DE CORAIS ARTIFICIAIS CONTENDO RESÍDUOS DO MÁRMORE BEGE BAHIA E ARGILA COMERCIAL

Roberto Carlos da Conceicao Ribeiro<sup>1</sup>, Manuella de Lima Ribeiro<sup>2</sup>, Nuria Fernández Castro<sup>3</sup>, Marcell Nascimento da Conceição<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ribeioroberto77@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (manuellar04@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ncaastro@cetem.gov.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mconceicao@cetem.gov.br)

Os recifes de corais são estruturas rígidas formadas por organismos marinhos que recobrem um esqueleto de calcário. No entanto, esta rigidez está sendo afetada pelo aumento da temperatura dos oceanos causado pelo aquecimento global que torna o coral frágil, a exploração, o pisoteamento decorrente da visitação, movimentação das embarcações, pesca predatória e até mesmo pelo lixo deixado nessas regiões. Nesse contexto aparece o setor de rochas ornamentais, especificamente o Mármore Bege Bahia, que é um calcário do tipo "calcrete" ou caliche, abundante na região do rio Salitre. Esta rocha é tipificada na formação Caatinga, de ambiente continental, o calcrete provém de alteração de calcários de formação salitre, de ambiente marinho. É identificado como mármore quando, além do padrão estético tão apreciado no Brasil, evidenciam-se as propriedades físicas e tecnológicas do material utilizado como rocha ornamental. No entanto, desde a lavra ao beneficiamento, uma quantidade substancial de resíduos é gerada, ultrapassando muita das vezes 80% da produção. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi produzir corais para recompor recifes danificados e melhorar o desenvolvimento da fauna e flora marinha por meio da manufatura aditiva (MA), ou seja, a impressão 3D de uma pasta contendo resíduos do Mármore Bege Bahia com percentuais de 0-100% associados com argila comercial com posterior sinterização a 1.000 °C por 1 h como descrito na patente desenvolvida pelo grupo BR 1020240117077. Os corpos de prova foram avaliados por meio de dureza, índices físicos, modelagem molecular e avaliação de risco ambiental antes e após serem submetidos a ambientes marinhos com salinidade de 35%. Os resultados indicaram que a composição com 60% de resíduo e 40% de argila foi a mais adequada, pois obteve valores de dureza de 320 HLD, porosidade de 70% e densidade de 2.600 kg.m<sup>-3</sup> antes e após submissão a ambiente salino, e foram similares aos valores de um coral verdadeiro. A modelagem molecular indicou que a interação dos pigmentos gerados pelas algas se associam aos pares de elétrons livres do CaCO<sub>3</sub> e também ocorre interação π-π da ressonância magnética dos anéis aromáticos dos pigmentos. Devido ao aquecimento dos oceanos, a estrutura dos corais se desestrutura e impede essas interações, pois forma-se CaO e não mais CaCO<sub>3</sub>. A confecção de corais artificiais utilizando-se resíduos do Mármore Bege Bahia permitiu maior estabilidade ao material e manteve a integridade do coral, permitindo novamente a pigmentação. Não foram verificados riscos toxicológicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** recifes de corais; resíduo do Mármore Bege Bahia; Impressão 3D.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# PRODUÇÃO DE GEOPOLÍMEROS A PARTIR DE RESÍDUOS DE GRANITO: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO CIMENTO PORTLAND

Ryan de Jesus Ferreira<sup>1</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>, Kayrone Marvila de Almeida<sup>3</sup>, Maria Angélica Kramer Sant'ana<sup>4</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ryan-ferreira@outlook.com.br);

<sup>2</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (ryan-ferreira@outlook.com.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mariaangelicaks@gmail.com);

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br)

A busca por materiais de construção mais sustentáveis tem se intensificado diante dos impactos ambientais causados pela mineração e pela indústria cimenteira. Nesse contexto, os geopolímeros surgem como uma alternativa promissora ao cimento Portland, por apresentarem alto desempenho aliado a menores emissões de CO<sub>2</sub>. O objetivo com este trabalho foi avaliar a viabilidade da produção de geopolímeros a partir da combinação de metacaulim e resíduo de granito, com foco na valorização de resíduos minerais e no desenvolvimento de materiais cimentícios sustentáveis. Considerando que a mineração e a indústria cimenteira são grandes geradoras de resíduos sólidos, responsáveis por cerca de 7% das emissões globais de CO<sub>2</sub> e pelo elevado consumo energético (Roadmap Tecnológico do Cimento, 2019), torna-se relevante o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis. Geopolímeros, conforme Davidovits (2002), são polímeros inorgânicos resultantes da reação de materiais ricos em sílica e alumina com soluções alcalinas, originando produtos resistentes, duráveis e de menor impacto ambiental. Para o desenvolvimento do geopolímero, foram utilizados resíduos de granito, moídos a <75 µm para aumentar sua reatividade e caracterizados por fluorescência de raios X (FRX). O metacaulim também foi analisado. As amostras foram ativadas com solução de hidróxido de potássio (8 mol/L) e silicato de sódio (8% da massa total), mantendo a razão sólido/líquido em 2,05 g/mL. Os corpos de prova foram moldados em duas proporções: massas iguais (MM) e volumes iguais (VV). O processo de cura foi realizado por 7 dias à temperatura ambiente, seguido de 24 h a 40 °C. Os resultados indicaram razões molares Si/Al nos corpos de prova geopoliméricos de 1,65 (MM) e 1,94 (VV), ambas dentro da faixa ideal (1–2) para a formação de geopolímeros do tipo polissialato-siloxo (M-PSS), reconhecidos por sua elevada resistência química, estabilidade térmica e durabilidade. Nos testes de índices físicos, a densidade aparente obtida foi de 1507 kg/m<sup>3</sup> para a formulação MM e 1561 kg/m<sup>3</sup> para a VV, valores inferiores ao intervalo típico do cimento Portland hidratado, que varia entre 1800 e 2100 kg/m<sup>3</sup>. A porosidade aparente foi de 24,80% (MM) e 17,23% (VV), enquanto o cimento Portland apresenta, em média, porosidade próxima de 25%. Já a absorção de água ficou em 16,46% (MM) e 11,04% (VV), em comparação aos valores típicos de 15% a 25% no Portland. Observa-se que a formulação VV apresentou porosidade e absorção de água inferiores aos parâmetros médios do cimento Portland, o que sugere formação de uma matriz mais densa e compacta, com desempenho potencialmente superior nessas propriedades. Contudo, os resíduos de rochas ornamentais podem ser aproveitados na produção de geopolímeros, com desempenho físico-químico promissor e potencial de substituir parcialmente o cimento Portland. A formulação baseada em volumes iguais destacou-se pela maior densidade e menor porosidade. Embora sejam necessários estudos adicionais, especialmente mecânicos, os dados reforçam a viabilidade técnica e ambiental, alinhada à economia circular e à redução de impactos da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** geopolímero; resíduo de granito; economia circular.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# REMINERALIZADORES DE SOLOS: AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA ECOTOXICIDADE

Mayara Machado Melila Marinato<sup>1</sup>, Isabella Andrêza do Nascimento<sup>2</sup>, Gabriel Souza Campo<sup>3</sup>, Guilherme de Resende Camara<sup>4</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (mayaramachado958@gmail.com);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (isabellaandrez14@gmail.com);

<sup>3</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (gabriel.s.campos@edu.ufes.br);

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (gcamara@cetem.gov.br);

<sup>5</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (leolysil@cetem.gov.br)

O setor de rochas ornamentais desempenha papel relevante na economia brasileira, com expressiva produção voltada ao mercado interno e à exportação. Entretanto, essa cadeia produtiva gera grandes volumes de resíduos sólidos, resultantes de fatores como baixa competência estrutural do maciço rochoso ou não conformidade com os padrões estéticos exigidos pelo mercado. O descarte desses estêreis representa um desafio ambiental e econômico, estimulando a busca por alternativas de reaproveitamento que conciliem viabilidade técnica e sustentabilidade. Uma solução promissora é o uso do pó de rocha como remineralizador de solos, prática alinhada à economia circular e capaz de reduzir a dependência do agronegócio brasileiro de insumos agrícolas importados. Além do aporte de nutrientes, essa aplicação pode melhorar a fertilidade do solo e a produtividade agrícola. Contudo, antes de sua adoção em larga escala, é fundamental avaliar potenciais impactos adversos sobre o ecossistema edáfico, especialmente na macrofauna do solo, essencial para a manutenção dos processos ecológicos. Neste contexto, o presente estudo avaliou preventivamente os possíveis efeitos da aplicação de remineralizadores provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais sobre a microbiota do solo, utilizando a minhoca *Eisenia andrei* como bioindicador. O experimento não incluiu incubação prévia do resíduo no solo e empregou dosagens elevadas para simular cenários de uso intensivo. Foram conduzidos ensaios laboratoriais de fuga e mortalidade, seguindo rigorosamente normas técnicas nacionais e internacionais. Os resultados mostraram distribuição homogênea dos organismos entre o solo controle e o solo tratado, sem preferência significativa por qualquer substrato. Não foi registrada mortalidade nos tratamentos com aplicação do pó de rocha. Todos os critérios de validação previstos nas normas foram atendidos, indicando ausência de toxicidade aguda para *Eisenia andrei*. Esses achados reforçam o potencial uso agrícola do pó de rocha como remineralizador, sugerindo segurança para a macrofauna edáfica no curto prazo. Recomenda-se, entretanto, a realização de estudos complementares que abordem efeitos crônicos, assim como testes de incubação prévia, e a avaliação com outros organismos bioindicadores, ampliando a base de evidências e fortalecendo a segurança do uso desses insumos. Este trabalho contribui para o aprimoramento dos protocolos agronômicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 5/2016 do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), destacando a importância da aplicação responsável e sustentável de remineralizadores no manejo de solos agrícolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** agrominerais; *Eisenia andrei*; economia circular.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA ROCHA PRETO SÃO GABRIEL NA PRODUÇÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS ARTIFICIAIS COM VARIAÇÃO DA PRESSÃO DE COMPACTAÇÃO

Evanizis Dias Frizzera Castilho<sup>1</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>2</sup>, Mônica Castoldi Borlini Gadioli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (evanizis1@ifes.edu.br);

<sup>2</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral (maguiar@cetem.gov.br);

<sup>3</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (monicaborlini28@hotmail.com)

O segmento de rochas ornamentais no Brasil está em uma fase de significativa expansão, impulsionado pela crescente demanda do setor da construção civil e pelo avanço tecnológico que permite otimizar o aproveitamento dos materiais rochosos. No entanto, essa indústria enfrenta um grande desafio ambiental relacionado à gestão dos resíduos gerados em todas as etapas do processo produtivo, desde a extração até o beneficiamento final. Esses resíduos, se não forem gerenciados adequadamente, podem representar um sério impacto ambiental, comprometendo a sustentabilidade do setor. Assim, torna-se fundamental a adoção de práticas mais responsáveis e inovadoras para minimizar os efeitos negativos desses resíduos. Nesse contexto, a pesquisa sobre a utilização dos resíduos de rochas ornamentais tem ganhado cada vez mais atenção, buscando alternativas sustentáveis para sua destinação. Uma das abordagens mais promissoras é a produção de rochas aglomeradas artificiais, utilizando os resíduos como matéria-prima, reduzindo a extração de novas rochas e promovendo um ciclo mais sustentável dentro da indústria. Dessa forma, a valorização desses resíduos contribui para a economia circular, agregando valor aos materiais que antes seriam descartados. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver placas de rochas aglomeradas artificiais utilizando resíduos de rocha granítica conhecida comercialmente como Preto São Gabriel, tendo como matriz a resina epóxi, variando a pressão de compactação no processo produtivo. Os resíduos empregados foram provenientes do desdobramento de blocos em chapas realizado pelo equipamento tear a fio diamantado, sendo classificados em três faixas granulométricas (grossa, média e fina). A composição granulométrica ideal foi determinada pelo Modelo Simplex Centróide, visando obter a melhor compactação das partículas. A fabricação das placas ocorreu por meio do processo de vibro-termo compressão a vácuo. As propriedades físicas das rochas produzidas sob pressões de 3,45 MPa e 4,90 MPa apresentaram densidade aparente de 2,41 g/cm<sup>3</sup> e 2,45 g/cm<sup>3</sup>, absorção de água de 0,19% e 0,16%, e porosidade aparente de 0,45% e 0,40%, respectivamente. Esses valores estão dentro dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 15844/2015, que determina uma absorção máxima de 0,4% e porosidade máxima de 1,0%, tornando essas rochas adequadas para aplicações na construção civil, especialmente em ambientes úmidos. Além disso, a baixa absorção de água e a reduzida porosidade conferem a essas rochas maior durabilidade, minimizando problemas como infiltrações, manchas e deterioração ao longo do tempo.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduo de rocha ornamental; rocha aglomerada artificial; propriedades físicas.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# UTILIZAÇÃO DE FIBRO NA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA: ABORDAGEM DE UMA ECONOMIA CIRCULAR

Lucielen Ribeiro de Oliveira Dos Anjos<sup>1</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>, Maria Angelica Kramer Sant'ana<sup>3</sup>, Mariane Costalonga de Aguiar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo ([oliveiralucielenoliveira@gmail.com](mailto:oliveiralucielenoliveira@gmail.com));

<sup>2</sup>MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços ([monicaborlini28@hotmail.com](mailto:monicaborlini28@hotmail.com));

<sup>3</sup>IFES- Inst. Fed. de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo ([mariaangelicaks@gmail.com](mailto:mariaangelicaks@gmail.com));

<sup>4</sup>CETEM/MCTI - Centro de Tecnologia Mineral ([maguiar@cetem.gov.br](mailto:maguiar@cetem.gov.br))

Durante o processo de beneficiamento de rochas ornamentais, quantidades significativas de resíduos são geradas, resíduos esses que conforme instrução normativa publicado pelo IEMA em 22 de agosto de 2023 é denominado de FIBRO – Fino do Beneficiamento de Rochas Ornamentais. O setor de rochas ornamentais desempenha papel de destaque no cenário socioeconômico, impulsionado pelo elevado volume de produção destinado tanto ao mercado interno quanto ao externo, além da expressiva geração de empregos diretamente vinculados à indústria. No setor de cerâmica vermelha estima-se que existam mais de 6.000 indústrias cerâmicas e olarias espalhadas por todo o território brasileiro, majoritariamente compostas por micro, pequenas e médias empresas, operando em distintos níveis tecnológicos e produtivos. Essas indústrias desempenham papel fundamental na economia nacional, fornecendo insumos para a construção civil e gerando milhares de empregos em diversas regiões do país. O objetivo central com este estudo é avaliar a incorporação do FIBRO em artefatos cerâmicos, adotando uma abordagem sustentável que promova o aproveitamento de resíduos e a redução de impactos ambientais. As matérias-primas foram caracterizadas por meio de fluorescência de raios-X (FRX), difração de raios-X (DRX) e análise granulométrica. As cerâmicas foram produzidas por prensagem com força de 12 toneladas e umidade de 8%. Após a prensagem, as cerâmicas foram secas em estufa até peso constante e queimadas a 850 °C e 1050 °C, com taxa de aquecimento controlada de 2°C/min. Os corpos de prova passaram por ensaios tecnológicos para avaliar massa específica aparente, retração linear e absorção de água. A caracterização do FIBRO evidenciou uma composição química favorável ao processamento cerâmico, destacando-se a presença expressiva de óxidos alcalinos, que atuam como fundentes na etapa de queima. Seu principal componente é a sílica (SiO<sub>2</sub> presente sob a forma de aluminossilicatos. A sílica contribui para o ajuste da plasticidade, permitindo maior controle dimensional das peças durante a queima. O FIBRO, entretanto, é um material não plástico, com partículas inferiores a 2 mm. A adição de FIBRO não alterou significativamente a massa específica aparente a seco. Após a queima, a densidade aumentou com a temperatura, sobretudo a 1050 °C, devido à maior sinterização e densificação. A retração linear das cerâmicas apresentou aumento com a elevação da temperatura, refletindo a intensificação dos processos de sinterização e a maior compactação do material. Esse comportamento está relacionado à formação de fase líquida e à consequente redução da porosidade com o aumento térmico. Quanto à absorção de água e porosidade, observou-se que a diminuição da absorção a partir de 1050°C está associada à ação fundente do resíduo e à formação de fase líquida, a qual preenche os poros e promove maior densificação do corpo cerâmico. Além dos benefícios técnicos, o uso do FIBRO se alinha aos princípios da economia circular, ao possibilitar o aproveitamento de resíduos e a mitigação da matéria-prima argila na produção cerâmica. Dessa forma, sua aplicação contribui para a sustentabilidade da indústria, promovendo um ciclo produtivo mais eficiente e ambientalmente responsável, sem comprometer a qualidade das peças cerâmicas.

**PALAVRAS-CHAVE:**FIBRO; cerâmica vermelha; economia circular.



12º Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SRONE



# Realização:



NÚCLEO  
NORDESTE



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



# Patrocínio:



**PETROBRAS**



# Apoio:



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ



Universidade Federal  
de Campina Grande



Studio Eloisa Piardi



Serviços Geológicos



GRUPO VERMOVOT MINERAÇÃO

