

# LIVRO DE RESUMOS



## X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

5 a 7 de novembro, 2019  
Fortaleza - CE

Organizadores:

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL  
ABILIANE DE ANDRADE PAZETO  
NURIA FERNÁNDEZ CASTRO

**REALIZAÇÃO**

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

UNIDADE DE PESQUISA VINCULADA AO  
MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL



**SIMAGRAN** CE



**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

JAIR MESSIAS BOLSONARO  
Presidente

HAMILTON MOURÃO  
Vice-Presidente

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

MARCOS CESAR PONTES  
Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

JULIO FRANCISCO SEMEGHINI NETO  
Secretário Executivo

GERSON NOGUEIRA MACHADO DE OLIVEIRA  
Subsecretário de Unidades Vinculadas

CESAR AUGUSTO RODRIGUES DO CARMO  
Coordenador-Geral de Unidades de Pesquisa

**CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

FERNANDO ANTONIO FREITAS LINS  
Diretor

ROBSON DE ARAÚJO D'ÁVILA  
Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação

CLAUDIO LUIZ SCHNEIDER  
Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais

ANDREA CAMARDELLA DE LIMA RIZZO  
Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais

FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL  
Coordenador de Rochas Ornamentais e Minerais Industriais

JOSÉ ANTÔNIO PIRES DE MELLO  
Coordenador de Análises Minerais

GUSTAVO SILVA MENEZES  
Coordenador de Administração

# LIVRO DE RESUMOS

## X SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE

Fortaleza - CE, 5-7 Novembro de 2019

### ORGANIZADORES :

Francisco W. Hollanda Vidal, Abiliane de Andrade Pazeto e Nuria F. Castro

### COMITÊ ORGANIZADOR X SRONE

Francisco Wilson Hollanda Vidal – CETEM • Abiliane de Andrade Pazeto – CETEM  
• Nuria Fernández Castro – CETEM • Carlos Rubens de Alencar – SIMAGRAN-CE •  
Risale Neves Almeida – UFPE

### COMITÊ CIENTÍFICO

Andrea Camardella de Lima Rizzo  
Antonio Augusto Pereira Sousa  
Antonio Gilberto Costa  
Antônio Leal Neto  
Antônio Pedro Ferreira Sousa  
César Ulisses Vieira Veríssimo  
Christiano Magini  
Eduardo Brandau Quitete  
Eliane dal Lama  
Elzvir Azevedo Guerra  
Francisco Diones Oliveira Silva  
Gleicon Roberto de Souza Maior  
Irani Clezar Mattos  
José de Araújo Nogueira Neto  
Juliano Tessinari Zagôto  
Julio Cesar de Souza

Kayrone Marvila de Almeida  
Leonardo Luiz Lyrio da Silveira  
Luciana Palhares  
Marcello Filgueiras  
Marcos Aurélio de Oliveira Maia  
Maria Angélica Batista Lima  
Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá  
Mônica Castoldi Borlini Gadioli  
Phillipe Fernandes de Almeida  
Renato José Ávilla Paldês  
Ricardo Emílio Quevedo Nogueira  
Rita de Cássia Pedrosa Santos  
Roberto Carlos da Conceição Ribeiro  
Rosanna Elisa Coppedê da Silva  
Thiago Motta Bolonini

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

André Luiz Costa Alves (Projeto gráfico) - Nuria F. Castro (Editoração Eletrônica) - Abiliane A. Pazeto (Revisão)

Ana Maria Silva Vieira de Sá CRB7 3982 (Catalogação na fonte)

Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste (10: 2019: Fortaleza-CE)

Livro de Resumos do X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro 2019  
/Org. Francisco Wilson Hollanda Vidal, Abiliane de Andrade Pazeto, Nuria Fernández  
Castro – Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.

140p.: il.

1. Rochas ornamentais. 2. Rochas e minerais industriais. I. Centro de Tecnologia  
Mineral. II. Vidal, Francisco W. Hollanda (Org.). III. Pazeto, Abiliane de Andrade (Org.), IV.  
Castro, Nuria Fernández (Org.).

ISBN 978-85-8261-115-9

## **APRESENTAÇÃO**

Entre os dias 5 e 7 de novembro, a cidade de Fortaleza – CE sediou a décima edição do Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste – X SRONE, no Centro de Eventos do Ceará. Organizado pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTIC) e o Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos do estado do Ceará (SIMAGRAN-CE), o evento ocorreu no espaço da feira, no ambiente luxuoso das belas rochas brasileiras à mostra na Fortaleza Brazil Stone Fair. Reuniu cerca de 100 participantes, entre profissionais e pesquisadores ligados ao setor de rochas ornamentais, empresários e estudantes, que compartilharam conhecimentos e discutiram os desafios desta importante indústria. O evento contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do estado do Ceará (CREA-CE), do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do estado do Ceará (SENAI-CE) e das empresas Guidoni Ornamental Rocks Ltda, Inovare, Cajugram Granitos e Mármore Ltda, Imarf Limestones e Granitos do Ceará Ltda, Granos S/A e Petrus Mineração.

Seguindo a tradição, nos painéis foram discutidos temas relevantes para o setor no momento atual: os arquitetos Fabián Salles, Renato José Ávilla Paldés, Gustavo Bruno Andrade e Risale Neves Almeida compartilharam com os presentes suas experiências na especificação de rochas ornamentais e ideias para a melhor divulgação das rochas no mundo da Arquitetura, enquanto que os engenheiros de minas Alexandre Baltar, Luis Eduardo de Vasconcelos Chaves, Ocemar Pinheiro Furquim de Almeida, Paulo Roberto de Melo Cabral e Ubirajara Lira Gomes Júnior conversaram com os geólogos José Vitoriano de Britto Neto e Eduardo Nunes Capelo Alvite sobre as atribuições dos profissionais e a importância da ética em ambas as profissões. As palestras ministradas focaram assuntos tecnológicos de atualidade: a indústria 4.0 no setor de beneficiamento de rochas ornamentais (Manfred Haut – MGR Tecnologia e Gestão Empresarial); a caracterização e conservação das rochas ornamentais (Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá – MHB Serviços Geológicos Ltda.); e o aproveitamento dos resíduos finos (Carlos Maurício Fontes Vieira – LAMAV/UENF).

### *Homenagens*

Na abertura, no dia 5 de novembro, na qual participaram, além dos organizadores, o Sr. Mickaelon Belchior Vasconcelos, Chefe da Residência de Fortaleza do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), o Sr. Roberto Benevides de Castro, Diretor de Governança da Zona de Processamento de Exportação do Ceará (ZPE CEARÁ), o Sr. Orlando Carneiro de Siqueira, Presidente da Câmara Setorial Mineral da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e o Sr. Paulo André de Castro Holanda, Diretor Regional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do estado do Ceará – SENAI, tivemos a grande honra

de homenagear duas importantes personalidades: o Sr. Francisco Ariosto Holanda, em reconhecimento pela relevante atuação como conselheiro do Conselho Técnico-Científico do CETEM, no período de 2000 a 2005, bem como à defesa permanente, como parlamentar, da Ciência e Tecnologia no Brasil e o Sr. Orlando Carneiro de Siqueira, por ter firmado o primeiro acordo de cooperação técnica entre o CETEM e a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS) em 1999, quando era presidente desta instituição, uma parceria que se mantém até hoje.

Reunimos aqui os resumos dos trabalhos técnicos apresentados nas sessões oral e pôster do X SRONE, o mais importante encontro regional das rochas ornamentais, os quais mostram uma maior aproximação da academia com as necessidades reais da indústria, abrangendo o desenvolvimento de tecnologias, o melhor conhecimento das características das rochas e sua performance durante seu uso e diversas soluções para o aproveitamento dos resíduos gerados na produção. Agradecemos profundamente a todos os envolvidos: participantes, palestrantes, debatedores, comitê científico, equipe de apoio do Centro de Tecnologia Mineral, os professores do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, à equipe da Íkone Eventos, e aos patrocinadores e apoiadores que contribuíram para que o XSRONE completasse 21 orgulhosos anos de história, desde seu nascimento, em 1998, na cidade do Recife, apesar do difícil momento que atravessa a ciência e tecnologia no Brasil.

Esperamos que a leitura desperte novas ideias de pesquisa e desenvolvimento para compartilhar no próximo SRONE!

*Francisco Wilson Hollanda Vidal*

*Abiliane de Andrade Pazeto*

*Nuria Fernández Castro*

Organizadores

. Rio de Janeiro, 18 de novembro de 2019

## SUMÁRIO

### SUSTENTABILIDADE

INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DA ROCHA TRAQUITO EM MASSA CERÂMICA UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO .....	1
PRINCIPAIS IMPACTOS DA INDÚSTRIA EXTRATIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA SAÚDE E SEGURANÇA DOS TRABALHADORES .....	3
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GRANITO PARA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA .....	5
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CORTE DE GRANITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	7
GERAÇÃO DE TAMPAS DE BUEIROS FORMADAS POR RESÍDUOS DE QUARTZITOS E PU .....	9
GERAÇÃO DE POSSÍVEIS PEÇAS PARA VESTUÁRIO CONSTITUÍDAS DE POLIAMIDA E MUSCOVITA ..	11
ESTADO DA ARTE DE RESÍDUOS GERADOS NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E SUAS APLICAÇÕES EM MATRIZES CIMENTÍCIAS DE CIMENTO PORTLAND .....	13
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO .....	15
UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA CONTENÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO .....	17
PANORAMA DO SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA.....	19
RESÍDUOS DE REBOLOS ABRASIVOS MAGNESIANOS COMO COMPONENTE DO CONCRETO: UMA ÓTICA NA ECONOMIA CIRCULAR .....	21
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DAS LAVRAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS DAS REGIÕES NORTE E NOROESTE DO ESPÍRITO SANTO .....	23
TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUO ORNAMENTAL DO ESTADO DA BAHIA PARA A OBTENÇÃO DE SILÍCIO DE GRAU METALÚRGICO .....	25
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO ECOFÍLER EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL.....	27

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ROCHA ORNAMENTAL PARA PRODUÇÃO DE AGREGADOS: ESTUDO DE CASO PEDREIRA DO GRANITO OURO BRANCO .....	29
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS EM CONCRETO CELULAR.....	31
ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR: GESTÃO DE RESÍDUOS EM UMA MARMORARIA.....	33
INDICADORES AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	35
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DOS CASQUEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA USO EM CONCRETO.....	37
APOIO DO GOVERNO FEDERAL AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E À EXTENSÃO TECNOLÓGICA PARA ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS (APL) DE BASE MINERAL – CASO APL DE ROCHAS ORNAMENTAIS .....	39
SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM GOIÁS: ASPECTOS PRELIMINARES .....	41
DESEMPENHO DA ATIVIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL NO DECÊNIO 2009-2018 ....	43
PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO ÂMBITO DO APL-PEDRA CARIRI NO CEARÁ.....	45
OS DESAFIOS PARA O APROVEITAMENTO DA ROCHA QUARTZITO EM BASES SUSTENTÁVEIS EM JUNCO DO SERIDÓ, PB .....	47
<b>TECNOLOGIA</b>	
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO DIAMANTE SINTÉTICO NOS TEARES MULTIFIOS DIAMANTADOS .....	50
INFLUÊNCIA DO ARCABOUÇO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL COM O IAEG DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....	52
DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE ENERGIA ESPECÍFICA DE COMINUIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DE GRANITOS .....	54
PREDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO DE FIO DIAMANTADO UTILIZADO NA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS .....	56
POTENCIAL E CONTEXTO GEOLÓGICO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO .....	58

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE CORTE BIDIMENSIONAL DE CHAPAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA .....	60
ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE CHAPAS COMPOSTAS COM FRAGMENTOS DE QUARTZO HIALINO ..	62
APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA À BASE DE ÓLEO DE MAMONA NO ENVELOPAMENTO DE BLOCOS DE ROCHAS CARBONÁTICAS .....	64
FIO DIAMANTADO NO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE PÉROLAS DIAMANTADAS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	66
CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE DIFERENTES REFORÇOS PARA UM “GRANITO” EXÓTICO UTILIZANDO CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM.....	68
MÉTODOS DE LAVRA APLICÁVEIS ÀS ROCHAS ORNAMENTAIS .....	70
AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DA ROCHA ARTIFICIAL FABRICADA COM AGLOMERANTE GEOPOLIMÉRICO UTILIZANDO RESÍDUO DE MÁRMORE .....	72
CONTROLE ESTATÍSTICO PREMILIMINAR DO SIMULADOR DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: CÁLCULO DE INCERTEZAS .....	74
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VAZÃO DE ÁGUA NO POLIMENTO INDUSTRIAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	76
DESENVOLVIMENTO MINEIRO NA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	78
SIMULADOR DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS (S-PRO): ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE BRILHO .....	80
IMPORTÂNCIA DA PESQUISA GEOLÓGICA NA LAVRA E CONTROLE AMBIENTAL NA EXPLOTAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS .....	82
<b>CARACTERIZAÇÃO E USO</b>	
AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO MÁRMORE TIPO CARRARA COM OCORRÊNCIA NO ESTADO DA PARAÍBA .....	85
FRAGILIDADE DO <i>GIALLO VENECIANO</i> : COMPARATIVO DA ANÁLISE DE QUALIDADE PRETÉRITA E ATUAL.....	86
ESTUDO DA AÇÃO DO ÁCIDO OXÁLICO NA REMOÇÃO DE MANCHAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS.	88
ESTUDO COMPARATIVO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE APARENTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS ESTETICAMENTE SEMELHANTES .....	90

ESTUDO DA POROSIDADE APARENTE E ABSORÇÃO DE ÁGUA DO GRANITO CINZA CORUMBÁ RESINADO E NÃO RESINADO .....	92
PAINEL DE ROCHAS – O ENSINO FORA DA SALA DE AULA DESDE 2006 .....	94
COMPARAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS TELADAS COM RESINA EPOXÍDICA E COMPÓSITO VEGETAL SUBMETIDOS A CICLAGEM TÉRMICA.....	96
ESTIMATIVA DE INCERTEZA DA MEDIÇÃO PARA O ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS .....	98
LEVANTAMENTO PRÉVIO DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA VISANDO A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NAS MASSAS CERÂMICAS .....	100
ANÁLISE DO BRILHO APÓS ENSAIOS DE ALTERABILIDADE: COMPARATIVO ENTRE CALCÁRIOS DA BACIA DO ARARIPE E DA BACIA POTIGUAR .....	102
ANÁLISE DO BRILHO EM LIMESTONES APÓS ENSAIOS DE ALTERABILIDADE: COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES NÍVEIS DE LAVRA DO CÁLCARIO MONT CHARMOT.....	104
COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS .....	106
APLICAÇÃO DE <i>MARMOGLASS</i> COMO ROCHA ORNAMENTAL.....	108
ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSÕES DE CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE ÍNDICES FÍSICOS .....	110
TESTE DE COLAS NA CONFECÇÃO DE LÂMINAS PETROGRÁFICAS .....	112
ESTUDO GEOLÓGICO E ALTERABILIDADE DO GRANITO BRANCO NEVASCA, CENTRO NORTE DO CE .....	114
ANÁLISE DE DUREZA SUPERFICIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS EM ROCHAS ORNAMENTAIS .....	116
ANÁLISE DO USO DE ROCHAS NA ARQUITETURA: UM ESTUDO NA CIDADE DO RECIFE-PE .....	118
OS DESAFIOS NA ESPECIFICAÇÃO DE ROCHAS EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS NA CIDADE DO RECIFE. UMA ANÁLISE DE TRÊS BAIRROS: BOA VIAGEM, CASA FORTE E ESPINHEIRO .....	120
VIABILIDADE DO ÁCIDO CÍTRICO COMO SOLUÇÃO PARA REMOÇÃO DE FERRUGEM EM PLACAS POLIDAS DE GRANITOS DO CEARÁ.....	122

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO DA FORMAÇÃO CABEÇAS DA BACIA DO PARNAÍBA-PI.....	123
CARACTERIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS, VISANDO FACILITAR SUAS ESPECIFICAÇÕES E USOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	125
GRANITO DA SERRA DO PARÁ-PE .....	127
CARACTERIZAÇÃO DAS ROCHAS PRESENTES NAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DA ILHA DA BOA VIAGEM – NITERÓI – RJ.....	129
EFEITOS DO SAL E DA POLUIÇÃO NAS ROCHAS PRESENTES NAS EDIFICAÇÕES DA ILHA DA BOA VIAGEM – NITERÓI – RJ.....	131
EFEITO DO SAL NO GNAISSE LEPTINÍTICO DE UMA COLUNA DO MOSTEIRO DE SÃO BENTO DO RIO DE JANEIRO .....	133
RESUMOS EM ORDEM ALFABÉTICA.....	135
ÍNDICE REMISSIVO DE PALAVRAS-CHAVE.....	139



# X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

SUSTENTABILIDADE

## **INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DA ROCHA TRAQUITO EM MASSA CERÂMICA UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO**

Francisca Irleide Lima Paz<sup>1</sup>, Ricardo Emílio Ferreira Nogueira<sup>2</sup>, Pedro Henrique Nogueira Garcia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, UFC  
irleide.engcivil@gmail.com

<sup>2</sup>Professor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, UFC, emilio@ufc.br

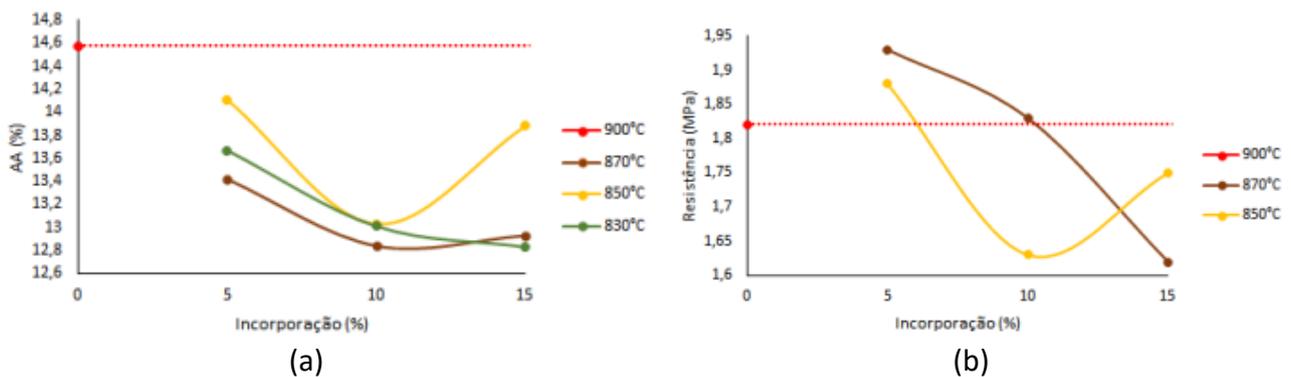
<sup>3</sup>Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, UFC  
pedro.nogueira.garcia@gmail.com

O traquito é uma rocha ígnea extrusiva constituída basicamente por quartzo e feldspato, e é, geralmente, utilizada como rocha ornamental, podendo ser comercializada, também, como granito ou quartzito *Wood Stone*. Devido sua grande resistência à ação mecânica, sua extração e beneficiamento acaba gerando sobras que se transformam em um grande volume de resíduo. Estudos destacaram, de modo geral, o potencial alcalino presente nessa rocha, conseqüentemente nesse resíduo e ele vem sendo testado para fertilização de solos e como fundente. Assim, esta pesquisa analisou a incorporação do resíduo da rocha traquito coletado em São Gonçalo do Amarante-CE como fundente, buscando diminuir a temperatura necessária para realizar a queima de blocos cerâmicos de vedação, de acordo com o processo produtivo tradicional utilizado no município de Russas-CE.

Após a caracterização física e mineralógica dos materiais, através dos ensaios de fluorescência, difração, plasticidade, massa específica dos grãos e teor de umidade, foram confeccionados corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 40mm e altura de aproximadamente 9mm, 10 sem incorporação queimados a 900°C e tomados como referência, e 10 para cada incorporação de 5%, 10% e 15% em forma de pó, calculada a partir da quantidade de solo argiloso, em massa, utilizada nos corpos de prova sem incorporação (CPSI). Os corpos de prova com incorporação (CPCI) foram queimados à 870°C, 850°C e 830°C. Foi considerada massa plástica consistente com percentual de água em torno de 20%, moldagem por prensagem com carga de 3t, secagem em estufa à 100°C por 24h e queima em forno elétrico com taxa de aquecimento de 10°C/min. Foram analisadas, também, as propriedades física e mecânica dos corpos de prova após a queima, através dos ensaios de absorção de água (Figura 1a) e de resistência a compressão axial (Figura 1b), destacando o percentual de incorporação mais eficiente para a aplicação na indústria e ainda se a granulometria do pó incorporado, nessa porcentagem destacada, modificaria essa eficácia.

A partir dos ensaios de caracterização, concluiu-se que o solo utilizado é de baixa plasticidade com teor de umidade em torno de 4%, massa específica dos grãos de 2,55g/cm<sup>3</sup> e mineralogia composta de quartzo e argila ílítica e caulínica. Quanto ao traquito, o pó incorporado na granulometria máxima de 0,30mm, possui mineralogia composta principalmente de quartzo e feldspato alcalino sanidina e plagioclásio albita. Para os 3 percentuais incorporados nas 3 temperaturas ensaiadas, os Índices de Absorção de Água (AA) dos CPCI atenderam ao intervalo proposto pela NBR 15270-1 (8% – 25%), reduzindo até mesmo o AA dos CPSI, haja visto a

granulometria considerada para o resíduo ser menor do que a do solo argiloso utilizado, preenchendo parte dos interstícios, bem como pela função do traquito como fundente, que contribui para a redução da porosidade através da formação de fase líquida durante a queima (RIELLA et al., 2002). Quando resistência, todos os CPCI também atenderam ao valor mínimo imposta pela NBR 15270-1 (1,5MPa), porém, os CPCI-15 atingiram valores menores que os dos CPSI (média de 1,82Mpa), estabelecido como referência. Os CPCI-10 atenderam ao valor mínimo estabelecido, à 870°C, favorecendo uma redução de 30°C. Já os CPCI-5 além do menor custo/benefício com a incorporação, apresentaram resistências mais satisfatórias que os CPSI, possibilitando redução de até 50°C na queima. À 830°C todos os CPCI obtiveram resistências à compressão bastante elevadas, indiferente dos resultados esperados para os materiais cerâmicos em estudo, e por outro lado apresentaram fragilidade durante manuseio, acreditando, assim, que não tenha sido formada a fase vítrea, se tratamos apenas de corpos de prova de solo que ganharam resistência devido a compactação na moldagem, sendo necessário realizar outros ensaios com os mesmos para entender o porquê do comportamento observado e comprovar a teoria descrita acima.



**Figura 1** – Absorção de água (a) e resistência (b) de acordo com as incorporações e as temperaturas ensaiadas (elaboração dos autores).

#### AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Universidade Federal do Ceará.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270-1** – Componentes cerâmicos: Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 26p.

RIELLA, H. G.; FRANJNDLICH, C.; DURAZZO, M. Caracterização e utilização de fundentes em massas cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, v.7, n.3, p. 33-35, mai/jun 2002.

PALAVRAS-CHAVE: solo argiloso; feldspato; materiais cerâmicos

## PRINCIPAIS IMPACTOS DA INDÚSTRIA EXTRATIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA SAÚDE E SEGURANÇA DOS TRABALHADORES

*Lucas Menezes de Farias<sup>1</sup>, Jefferson Luiz Alves Marinho<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Acadêmico, Universidade Regional do Cariri - URCA, lucasmenezes547@gmail.com

<sup>2</sup>Professor M. Sc., Universidade Regional do Cariri - URCA, jeff.marinho@urca.br

No ambiente de trabalho da Construção Civil há uma série de especificidades que, variando conforme a área, podem apresentar riscos à segurança do trabalhador, e que geram um custo muito alto para o país. Cerca de 700 mil casos de acidentes de trabalho são registrados em média no Brasil todos os anos, sem contar os casos não notificados oficialmente e, de acordo com o Ministério da Previdência, o país gasta cerca de R\$ 70 bilhões com esse tipo de acidente anualmente. De todos os setores industriais, a mineração é um dos mais perigosos; a indústria extrativa mineral é ainda responsável pelas maiores taxas de mortalidade dentre todas as indústrias brasileiras. Para a realização desse trabalho foi utilizada como metodologia a pesquisa bibliográfica, através de livros e artigos científicos atuais que discorrem sobre o tema abordado. Além disso, foi consultado o material científico nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Google Acadêmico acerca da temática proposta. No setor de rochas ornamentais também são frequentes os acidentes, sendo os mais graves, muitas vezes fatais, os acontecidos na movimentação de cargas e, infelizmente, o forte ritmo de desenvolvimento tecnológico do setor nos últimos anos não tem sido acompanhado pelo desenvolvimento da conscientização da necessidade da proteção à saúde e segurança dos trabalhadores. São muitos os locais de trabalho perigosos ou insalubres na produção das rochas ornamentais, e muitos os incidentes e acidentes normalmente não comunicados e que poderiam ser evitados com um trabalho intensivo de educação. Da mesma forma, a proteção da saúde dos trabalhadores frente à exposição contínua a agentes nocivos, continua sendo relegada a um segundo plano, observando-se, frequentemente, a utilização de equipamentos e dispositivos de proteção inadequados e, salvo raras exceções, a falta de sistemas de proteção coletiva e capacitação continuada. Este trabalho aborda essas questões de forma específica para as diversas atividades da extração e beneficiamento de rochas ornamentais, detalhando tanto os riscos, quanto as normas do antigo Ministério do Trabalho e os equipamentos e dispositivos que visam diminuir aqueles riscos para uma maior proteção da saúde dos trabalhadores.

### BIBLIOGRAFIA

ANUARIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. Novo Hamburgo: **Revista Proteção**, Edição especial. V.20. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. 2014a. Portaria nº 3214 de 8 de junho de 1978: Normas Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho. Norma Regulamentadora Nº 11.

In: **Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho**, 67a edição, São Paulo: Atlas, 2014. 1042 p.

CATTABRIGA, L.; CASTRO, N. F. **Saúde e segurança no trabalho**. In: Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap.8, p.401-432. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1737>. Acesso em: 10 abr. 2019.

GABAS, Gláucia C. **Programa de Conservação Auditiva: 3M Soluções para Saúde Ocupacional e Segurança Ambiental**; Brasil, 2004. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3137249-3m-solucoes-para-saude-ocupacional-e-seguranca-ambiental.html>. Acesso em: 22 mai. 2019.

MAENO; Maria; et al. **Lesões por esforços repetitivos (LER), distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (Dort), dor relacionada ao trabalho**. (online) Disponível em: [http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/dor\\_relacionada\\_trabalho\\_ler\\_dort.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/dor_relacionada_trabalho_ler_dort.pdf). Acesso em: 26 abr. 2019.

MOULIN, Maria das Graças Barbosa; De heróis e de mártires: visões de mundo e acidente de trabalho no setor de rochas ornamentais. In:\_\_\_\_\_. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007, vol. 10, num. 01, p. 37-53. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/cpst/article/view/25808/27541>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SINDIMÁRMORE - **Sindicato dos Trabalhadores do Mármore e Granito do Espírito Santo. Tragédias no setor de rochas: já são três os acidentes fatais este ano**. 02/02/2016. Disponível em: <http://www.sindimarmore.com.br/noticias/tragedias-no-setor-de-rochas-ja-sao-tres-os-acidentes-fatais-este-ano/>. Acesso em: 07 jun. 2019.

VENDRAME, Antônio Carlos. **Vibrações ocupacionais**. (online). Disponível em: <https://docplayer.com.br/10099030-Vibracoes-ocupacionais-antonio-carlos-vendrame-um-pouco-de-historia.html>. Acesso em: 21 jun. 2019.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais, segurança, saúde.

## INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GRANITO PARA FABRICAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Mauro Roza Machado Filho<sup>1</sup>, Mariana Caroline Andrade Silva<sup>2</sup>, Erica Linhares Reis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando, Universidade Federal de Ouro Preto, mauro.filho@aluno.ufop.edu.br

<sup>2</sup> Mestranda, Universidade Federal de Ouro Preto, mariana\_andrade10@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutora, Universidade Federal de Ouro Preto, erica@ufop.edu.br

Os conceitos sustentabilidade e responsabilidade ambiental têm sido abordados nos mais diversificados setores industriais e a mineração não seria uma exceção. Tratando-se de maneira mais restrita do segmento de extração de rochas ornamentais, caracterizado por uma perda de material da ordem de 26% por bloco no beneficiamento primário [1] e empreendimentos em sua maioria de pequeno porte, essa preocupação tem sido recorrente principalmente no que tange os resíduos descartados de maneira incorreta, comprometendo solos e corpos d'água.

Por sua vez, a indústria da cerâmica demonstra ser capaz de proporcionar um destino adequado a estes resíduos, por meio do aproveitamento como subproduto na fabricação de diversos produtos cerâmicos. Isto se dá, pois, estes resíduos podem ser classificados de acordo com seus principais efeitos quando incorporados ao material cerâmico, sendo estes: redutores de plasticidade, fundentes ou combustíveis [2]. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo a utilização de resíduos provenientes do corte de blocos de granito como substituição de composições constituintes de cerâmica vermelha.

O resíduo granítico utilizado neste trabalho é oriundo do processo de serragem de blocos em chapas, realizado pela empresa Nova Aurora Mármore e Granitos Ltda. no município de Medina-MG. A partir das caracterizações tecnológica determinou-se que 80% das partículas assumem diâmetros inferiores a 30µm, e a composição de mineralógica majoritária de: feldspato plagioclásio (albita), quartzo, ortoclásio e muscovita, respectivamente. Já o solo argiloso utilizado, é oriundo de Cachoeira do Campo-MG e foi previamente caracterizado [3]. Como as amostras utilizadas foram obtidas em diferentes regiões, evidencia-se o caráter fundamental deste trabalho, sendo necessários maiores estudos para aplicação industrial.

Foram avaliados os efeitos da porcentagem de substituição do solo por granito, variando de 10(G10), 15(G15) a 100%(G100) de substituição. Para confecção dos corpos cerâmicos, a composição apresentou umidade entre 8 e 12%, sendo utilizado um molde prismático (70 x 10 x 20 mm) e pressão equivalente a 28 MPa. A secagem foi realizada durante 72 horas, à temperatura de 65°C; seguida pela etapa de queima, à 1000°C, num intervalo de 2 horas. Para avaliar o comportamento dos corpos cerâmicos, foram realizados os seguintes ensaios tecnológicos: retração linear de secagem (RLS) e de queima (RLQ), massa específica aparente após a queima (MEA), resistência à compressão uniaxial (RCU) e absorção de água (AA), sendo os valores experimentalmente obtidos comparados àqueles dos corpos cerâmicos compostos apenas por solo, confeccionados e avaliados por Souza [3], conforme apresentado na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para ensaios tecnológicos em todas as composições avaliadas com substituição de solo argiloso por finos de granito.

**Tabela 1.** Valores obtidos a partir de ensaios tecnológicos para corpos de prova compostos exclusivamente por solo (FONTE: Souza, 2016).

Corpo de Prova	RLS (%)	RLQ (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	AA (%)	RCU (MPa)
Solo	-0,12	2,96	1,57	27,03	50,90

Os valores obtidos para RLS e RLQ apresentaram alterações insignificantes quando comparados àqueles obtidos para os corpos de prova compostos apenas por solo. No que diz respeito à MEA, houve um acréscimo para as composições com 10 e 15% de substituição de, respectivamente, 4,4 e 7%. No que tange a RCU, houve um aumento gradativo entre os valores obtidos para as condições com 10 e 15% de substituição, de respectivamente, 52,91 e 57,79MPa. Quanto ao corpo de prova composto exclusivamente pelo resíduo, obteve-se 17,25 MPa, valor bem abaixo dos demais. Para o parâmetro AA, os valores obtidos para as composições com 10, 15 e 100% de substituição foram, respectivamente, 21, 20 e 25%; observando um decréscimo de 29 e 35% para as duas primeiras composições quando comparadas à composição apenas de solo.

A incorporação do resíduo granítico para fabricação de cerâmica vermelha se apresenta favorável, podendo ser prejudicial se introduzido em excesso.

**Tabela 2.** Resultados ensaios tecnológicos para os corpos de prova cerâmicos com as substituições de argila por diferentes porcentagens de finos de granito.

Corpo de Prova	RLS (%)	RLQ (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )	AA (%)	RCU (MPa)
G10	0,12	3,37	1,64	21,50	52,91
G15	-0,05	3,65	1,68	20,44	57,79
G100	0,16	0,07	1,52	24,66	17,25

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Ouro Preto, à Fundação Gorceix, FAPEMIG, CNPq e à empresa Nova Aurora Mármore e Granitos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. V. Souza, F. W. Vidal, N. F. Castro. Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de rochas de granitos comerciais, IFES, 2012. p. 3.
- [2] M. Dondi, M. Marsigli, B. Fabbri. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – A review, *Tile and Brick International* v.13, 1997, p.218-309.
- [3] H. N. Souza. Adsorção de óleo diesel em resíduo de esteatito e sua incorporação em cerâmica. Dissertação (Pós graduação em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. p. 48.

## REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CORTE DE GRANITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Francisco Saturnino da Silva Neto<sup>1</sup>, Thales Machado Nunes<sup>2</sup>, Belarmino Barbosa Lira<sup>3</sup>*

<sup>1,2</sup> Graduandos em Engenharia Civil, UFPB, pm\_francisco@hotmail.com, thalesmachado1@gmail.com

<sup>3</sup> Professor Dr., Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, belarminoblira@yahoo.com.br

No cenário atual temos a plena convicção da importância da reutilização/reciclagem de materiais naturais que são descartados em aterros de forma irregular podendo causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, sendo eles das mais diversas indústrias inclusive de beneficiamento de placas de granitos. Segundo Gonçalves et al. (2002), são geradas aproximadamente 165.000 toneladas de resíduos de corte de granito (RCG) por ano no Brasil. O presente trabalho aborda a importância e promove uma solução adequada para a utilização dos resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais. As rochas utilizadas nesse estudo são granitos que contém quartzo, feldspato, mica e outros óxidos. Essas rochas são submetidas a diversos processos de beneficiamento e acabamento para atenderem aos requisitos exigidos na construção civil.

Esse tipo de indústria é bastante ativa e acaba gerando um grande volume de resíduos que possuem um alto potencial de reuso. Nosso trabalho é focado em uma revisão sistemática acerca da viabilidade do uso dos RCG e apresentação de algumas soluções por nós ensaiadas capazes de fornecer 100% de aproveitamento, ou seja, todo material coletado é usado não sendo excluído nenhuma porcentagem.

Segundo Santinni (2016), o concreto é um dos materiais que mais se adapta ao conceito de sustentabilidade, pois permite a incorporação de resíduos originados de diversos processos industriais em sua produção. Em seu trabalho, o mesmo autor aponta as vantagens da utilização do filler como adição ao concreto obtendo resultados satisfatórios como diminuição da porosidade, aumento da resistência à compressão axial, diminuição da exudação e outros.

Portanto, uma solução apresentada por essa pesquisa é a cominuição dos RCG para que sejam usadas como agregados no concreto. A segunda alternativa estudada é o aproveitamento do pó, decorrente do corte das placas, em argamassas de rejuntas e sua utilização como adição em concretos. O pó pode ser gerado de duas maneiras, uma pela própria cominuição do material através dos moinhos de bola e uma segunda alternativa seria a sua obtenção pelo corte das placas, onde foi possível determinar a quantidade de pó por metro de corte que o tipo de rocha pode oferecer.

As amostras coletadas foram disponibilizadas por empresas locais que se interessam pela pesquisa e pretendem implantar as alternativas. Esse estudo ainda não possui resultados pois está em andamento na fase de cura dos corpos de prova. Uma análise inicial deste trabalho é estudar a viabilidade de uso dos rejeitos de granito no concreto como agregado. Obtendo resultados satisfatórios, prosseguiremos à segunda etapa que engloba uma análise comparativa entre o desempenho do concreto confeccionado geralmente com as rochas naturais e o concreto produzido com resíduos de granitos.

Para o X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste apresentaremos nosso estudo em análise preliminar, mas não menos completo, pois abordaremos novas metodologias para a proposta do reuso e os resultados da primeira etapa que já servem para estudo de análise de viabilidade.

#### AGRADECIMENTOS

Às empresas que forneceram os granitos para a pesquisa, aos técnicos do Laboratório de Ensaio Materiais e Estruturas – LABEME, a Universidade Federal da Paraíba – UFPB e ao Centro de Tecnologia Mineral – CETEM.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo do corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos.** (Dissertação de mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 135p, 2000.

SANTINNI, L. P. **Influencia do uso dos resíduos de cortes de granito como filer no desempenho do concreto.** (Departamento Acadêmico de Construção Civil)-UTFPR. Pato Branco, p. 62. 2016.

PALAVRAS-CHAVE: reuso, granitos, resíduos

## GERAÇÃO DE TAMPAS DE BUEIROS FORMADAS POR RESÍDUOS DE QUARTZITOS E PU

*Alessandra de Almeida Ferreira<sup>1</sup>, Roberto Carlos Ribeiro<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia de Materiais, CETEM, alessandraufrjr@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Químico, CETEM, rcarlos@cetem.gov.br

Atualmente a cidade do Rio de Janeiro vem sofrendo furtos de tampas metálicas de bueiros nas vias públicas, tampas com valor econômico por serem constituídas de ferro fundido e assim, furtadas e vendidas (COSTA, 2016). Dessa forma, diversos acidentes são causados, principalmente, com idosos, crianças, deficientes físicos, motoqueiros, ciclistas, grávidas e mães com crianças, sendo a população a mais afetada por tamanho vandalismo realizado (FREIRE, 2016). Estudos para a geração de novos materiais que possam sanar tal problema é de suma importância e, sendo o Brasil um dos maiores produtores em escala mundial de rochas ornamentais (ABIROCHAS, 2016), apresentando uma quantidade substancial de resíduos gerados diariamente, desde a lavra ao beneficiamento das rochas, torna-se possível estudar a utilização desses resíduos como cargas em matrizes poliméricas para geração desses novos materiais. Dentre as diversas rochas ornamentais, os quartzitos representaram 30% da produção brasileira no ano de 2016 e, os resíduos gerados no seu beneficiamento apresentam elevada concentração de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), mineral de elevada dureza, e granulometria ultrafina (ABIROCHAS, 2016). Dessa forma, produzir compósitos poliméricos utilizando tais resíduos como carga pode ser vantajoso em relação a ganhos substanciais de propriedades mecânicas. No setor polimérico, destaca-se a resina poliuretana (PU) derivada do óleo de mamona (*Ricinus communis L.*), pois possui propriedades biodegradáveis, já que é de origem vegetal (MARQUES; MARTINS, 2009) e utilizar tal resina para geração de novos materiais minimizará a poluição, devido a não geração de novos polímeros processados. Associar essa resina com resíduos de rochas ornamentais permitirá, possivelmente, a formação de compósitos com melhorias de propriedades mecânicas podendo, por exemplo, ser utilizado na geração de tampas de bueiros. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi geração de tampas de bueiros formadas por resíduos de quartzitos e resina poliuretana de mamona. O resíduo de utilizado nesse trabalho é oriundo do beneficiamento de quartzitos do distrito de Carnaíba, município de Pindobaçu, no Estado da Bahia, tendo granulometria abaixo de 0,020 mm e densidade de 2,51 g.mL<sup>-1</sup>. O polímero utilizado foi resina vegetal poliuretana (PU) derivada do óleo de mamona fornecida pela IMPERVEG, com densidade de 1,02 g.mL<sup>-1</sup>. Foram feitas análise química e mineralógica do resíduo de quartzito utilizando as técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX) e Difração de raios-X (DRX). Foram processados corpos de prova cilíndricos segundo as especificações da ASTM D 695, com 50%, 70% e 80%, em massa e resina poliuretana. Após a mistura, o material ainda não curado foi prensado manualmente em um molde de PVC cilíndrico vazado, com papel kapton para evitar a aderência do compósito com a parede do molde. Foram realizados ensaios de índices físicos (ABNT-NBR 12766) e compressão (ASTM D695), antes e após a exposição dos corpos de prova em câmaras de SO<sub>2</sub> e raios-UV (ASTM G 53/1984).

Os resultados de porosidade e absorção de água dos compósitos indicou que há uma redução da porosidade de 10% para 1,6%, quando se utilizou 50 e 80% de carga, respectivamente. A absorção de água se reduz de 9% para 1%, nos compósitos com 50 e 80% de carga, respectivamente. Tais resultados são vantajosos para os fins pretendidos, pois os compósitos apresentam baixa absorção e porosidade com elevados teores de carga mineral. Já a massa específica aumenta de 1.000 g/cm<sup>3</sup> para 1.100 g/cm<sup>3</sup> mesmo com a adição de 50 ou 70% de carga. Somente com 80% de carga a massa específica aumenta para 1.700 g/cm<sup>3</sup>. A Figura 1 mostra os resultados dos ensaios de compressão que os corpos de prova foram submetidos, antes e após dos ensaios de alterabilidade (UV e SO<sub>2</sub>). Pode-se observar que aumento do teor de carga aumenta significativamente a resistência mecânica dos compósitos, visto que sem carga a resina apresentava 5 MPa e com adição de 50% aumenta para 28 MPa. Já a adição de 80% de carga ultrapassa-se 100 MPa. Em relação à ação dos poluentes, verifica-se que apenas com 50% de carga há uma ligeira perda de resistência mecânica, mas com 70 e 80% não se observa.

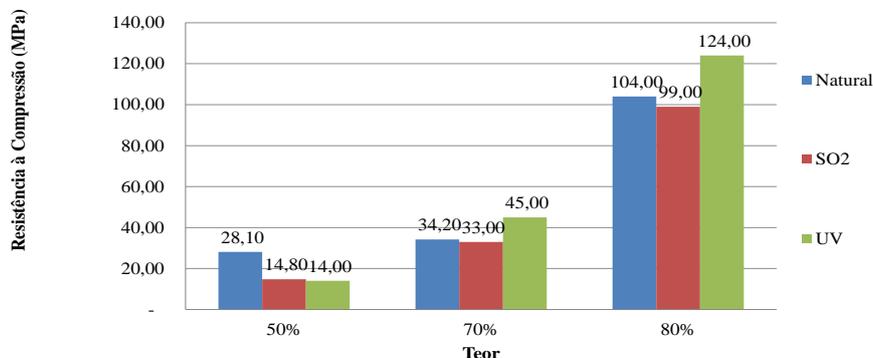


Figura 1: Resistência à compressão (MPa) x teor de carga (%).

Conclui-se que a inclusão de resíduos de quartzitos na matriz do PU de mamona aumenta a resistência mecânica do material que chega a valores em torno de 100 MPa com adição de 80% de carga. Mesmo com a adição de cargas na matriz do PU, de 50 para 80%, observa-se diminuição drástica da absorção de água (de 9 para 1%) e porosidade (de 10 para 1,6%) e pouca alteração nos valores de massa específica (~ 1.100 g/cm<sup>3</sup>), indicando a possibilidade de se gerar um material resistente, leve e com baixos valores de porosidade e absorção de água, o que facilitaria a remoção para limpeza e não ter valor comercial para ser furtado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. Rochas Ornamentais no Século XXI. 2016.

COSTA, L. G. Tampão Metálico Ajustável Para Poço de Vista em vias Públicas. Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. Porto Alegre.

FREIRE, J. Ceará substituiu 20 tampas de poços de visita furtadas por vândalos no primeiro semestre. Publicação AESBE. 2016.

MARQUE, B. R. E MARTINS, L. J. R. Poliuretano derivado de óleo de mamona: de meio ambiente a biocompatibilidade, Trabalho de conclusão de curso, UniSalesiano, 2009.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de rochas ornamentais, tampas de bueiros, quartzitos.

## GERAÇÃO DE POSSÍVEIS PEÇAS PARA VESTUÁRIO CONSTITUÍDAS DE POLIAMIDA E MUSCOVITA

*Gabriella Neto Chagas<sup>1</sup>, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro<sup>2</sup>, Daniele Cruz Bastos<sup>3</sup>, Maiccon Martins Barros<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia de Materiais, UFRRJ, gabriellanetoc@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Químico, D Sc., CETEM, rcarlos@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Engenheira Química, D Sc., UEZO, danielebastos@uezo.rj.gov.br

<sup>4</sup>Tecnólogo em Polímeros, M Sc., CETEM, maiccon.martins@int.gov.br

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 50% dos brasileiros trabalham de 40 a 44 horas semanais (IBGE, 2014-2015). Diante desse cenário, a preocupação com o bem-estar dos trabalhadores durante as horas trabalhadas se torna um fator importante para a produtividade e saúde do indivíduo, principalmente em ambientes de periculosidade e insalubridade. Condições como a constante exposição ao sol, por exemplo, muitas vezes não conseguem ser evitadas no ambiente de trabalho, mas seus efeitos podem ser minimizados a partir de um vestuário adequado. Nessa óptica, atrelado à reutilização de resíduos de rochas ornamentais, o presente projeto teve como objetivo tentar gerar peças de vestuários constituídos de poliamida 6 e muscovita, que é um mineral residual do corte de rochas pegmatíticas, e apresenta características de isolamento térmico. Para esse trabalho foi utilizado a muscovita proveniente de resíduos de pegmatitos da região da Borborema-Seridó (PB), previamente caracterizada por FRX e DRX e uma poliamida 6 da Mazzaferro, Mazmid B261.

O teste de ecotoxicidade foi realizado com base na norma NBR 15537 (ABNT, 2014). Para tal, no presente trabalho, são utilizadas as amostras de solo contendo muscovita nas concentrações de 5, 10, 20, 40, 80% e um solo controle sem resíduo. Para cada concentração, dispôs-se de 30 minhocas *Lumbricidae*.

Para o processamento dos materiais utilizou-se um câmara de mistura, que foram previamente secos (80 °C) por 24 h em estufa SALVISLAB e as formulações (50%, 70%, 80%, 90% e 95%, em massa de resíduo) foram processadas em câmara de mistura interna acoplado a um reômetro de torque Haake. A velocidade dos rotores foi ajustada em 80 rpm. Por fim, todas as misturas foram moídas em um moinho de duas facas da marca SEIBT com velocidade de rotação de 1.150 r.p.m. As misturas foram prensadas inicialmente em uma prensa hidráulica aquecida a 215°C da marca MARCONI por 15 min a uma pressão de 7 ton. e resfriadas em uma prensa a frio.

Os testes que possibilitaram a determinação de porosidade e absorção de água dos corpos de prova foram baseados na norma NBR 15845-2 (ABNT, 2015).

Em um tubo de PVC de 30 cm de comprimento, as amostras foram posicionadas na extremidade inferior, enquanto um termômetro foi inserido na abertura superior. Posteriormente, uma corrente de ar contínua a 80°C foi aplicada à amostra durante o intervalo de 10 minutos, sendo monitorada a temperatura interna no PVC conforme a adição de camadas, ilustrada pela Figura 1.

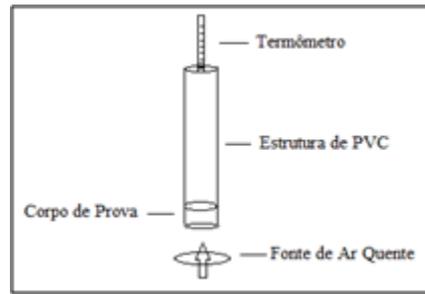


Figura 1: Esquema do teste de isolamento térmico.

Verificou-se que a adição de 95% de carga mineral não alterou significativamente os índices físicos das amostras, tendo a massa específica aumentada apenas de 1.300 para 1.600 g/cm<sup>3</sup>. Além disso, corpos de prova contendo 90% de carga mineral na matriz da poliamida permitem a redução da temperatura em mais de 50%.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM, ao INT e à UEZO pela infraestrutura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 15537. Ecotoxicologia terrestre – Toxicidade aguda – Método de ensaios com minhocas (Lumbricidae). Rio de Janeiro, ABNT, 2014. 17p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 15845-2. Rochas para revestimento Parte 2 – Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

CAMPOS, A. R., Resíduos: Tratamento e Aplicações Industriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. ISBN: 987-85– 8261-005-3. p 433 – 492, 2014.

CANEVAROLO, S., Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. ArtLiberEditora, São Paulo, 2006, 2a edição.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2014-2015.

IIDA, I. Ergonomia Projeto e Produto. Ed.; Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 2005.

LIMA, A., Aplicações de Cargas Mineraias em Polímeros, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil). 2007.

PALAVRAS-CHAVE: poliamida, resíduos de rochas ornamentais, vestuário.

## ESTADO DA ARTE DE RESÍDUOS GERADOS NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E SUAS APLICAÇÕES EM MATRIZES CIMENTÍCIAS DE CIMENTO PORTLAND

*Janaína dos Santos Vazzoler<sup>1</sup>, Geilma Lima Vieira<sup>2</sup>, Leonardo Cattabriga,<sup>3</sup>Francisco Hollanda<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Eng. Civil, Pesquisadora, UFES, janaina.vazzoler@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Civil, Professora Associada, UFES, geilma.vieira@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. de Petróleo e Gás, CETEM-ES, lfriere@cetem.gov.br

<sup>4</sup>Eng. de Minas, CETEM-ES, fhollanda@cetem.gov.br

Atualmente é de amplo conhecimento que a indústria de rochas ornamentais é capaz de gerar grande quantidade de resíduos em cada uma de suas diversas atividades, desde a extração até o beneficiamento. Sabe-se também, através de trabalhos publicados desde o final da década de 1990 (CALMON *et al.*, 1997), que esses resíduos têm grande potencialidade de aplicação em diferentes produtos na indústria da construção civil. Dependendo da etapa industrial de geração de resíduo, as características dele serão mais ou menos adequadas para diferentes finalidades. Para os resíduos gerados na etapa de corte dos blocos em chapas é possível encontrar número crescente de trabalhos que analisam sua aplicabilidade em matrizes cimentícias, tendo em vista que os estudos demonstram sua viabilidade técnica (MENEZES *et al.*, 2005; RAMOS *et al.*, 2013).

Este trabalho tem por finalidade apresentar uma revisão da literatura quanto ao uso do resíduo da serragem de rochas ornamentais na produção de matrizes cimentícias na atualidade, demonstrando o atual patamar em que se encontra este estudo. A metodologia utilizada consiste em levantamento em base de dados de trabalhos técnicos e científicos publicados nos últimos cinco anos sobre o tema.

Há pelo menos vinte anos pesquisas a respeito da utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais são produzidas, principalmente nas regiões onde a indústria de rochas ornamentais exerce forte influência econômica. Os trabalhos analisados, que tratam da utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas ornamentais em matrizes cimentícias publicados recentemente, abordam, em sua maioria, o concreto como produto final. Como exemplo podem-se citar as pesquisas de Dietrich *et al.* (2017) e Petry *et al.* (2017), que utilizaram o resíduo como adição em até 15% e 20% respectivamente, atestando que tais níveis de adição podem ser benéficos para características relacionadas à resistência mecânica e de durabilidade. Em concretos autoadensáveis outros trabalhos foram produzidos, dentre eles o de Queiroz e Castro (2018) e o de Xavier (2019), que também utilizaram o resíduo como adição, concluindo que tal incorporação atende aos requisitos técnicos do material. Analisou-se que há também volume significativo de pesquisas que analisam a incorporação de resíduos de corte de rochas ornamentais como substitutos do cimento Portland na produção de argamassas, como o trabalho de Marvila *et al.* (2018), que conclui que substituições de até 50% podem ser utilizadas. Há também trabalhos que tratam da utilização do resíduo na produção de pastas cimentícias, dentre eles citam-se o trabalho de Sato *et al.* (2018), que analisa o comportamento reológico de pastas com adição de até 15%, e o de Vazzoler *et al.*

(2018), que verifica a potencialidade pozolânica do resíduo quando tratado termicamente e utilizado em pastas cimentícias como adição em até 10%.

A partir dos estudos analisados é admissível afirmar que há respaldo técnico para a utilização do resíduo de corte de rochas ornamentais na produção de matrizes cimentícias. Sendo assim, sugere-se que sejam feitas análises que possibilitem transformar o resíduo do corte de rochas ornamentais em um coproduto de alto valor agregado, possibilitando uma redução de áreas destinadas a aterros industriais, onde seriam depositados esses rejeitos, assegurando à indústria de rochas ornamentais maior sustentabilidade.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; LORDÊLLO, F. S. S.; SILVA, S. A. C.; MATTOS, F. V. Reciclagem do resíduo de corte de granito para produção de argamassas. In: **I Encontro Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**: Canela, 1997.

DIETRICH, Y. P.; TELES, C. R.; VIEIRA, G. L. Desempenho mecânico e análise da corrosão das armaduras em concretos produzidos com adição de resíduos de rochas ornamentais. Revista **Matéria**, v. 22, n. 4, 2017.

MARVILA, M. T.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A. R. G.; ZANELATO, E. B. Evaluation of the use of marble waste in hydrated lime cement mortar based. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, March 2019.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. Use of granite sawing wastes in the production of ceramic bricks and tiles. **Jour. Eur. Ceramic Soc.**, v. 25, 2005.

PETRY, N. S.; DELONGUI, L.; MULLER, A. L.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. Avaliação do uso de resíduos de marmoraria na produção de concretos. **Arquitetura IMED**, v. 6, n. 2, 2017.

QUEIROZ, F. C.; CASTRO, N. F. Utilização de resíduos de rochas ornamentais como Ecofíler de concreto. In: **VII Jornada do Programa de Capacitação Institucional** – PCI/CETEM, novembro 2018.

RAMOS, T.; MATOS, A. M.; SCHMIDT, B.; RIO, J.; COUTINHO, J. S. Granitic quarry sludge waste in mortar: Effect on strength and durability. **Const. and Building Materials**, v. 47, 2013.

SATO, V. Y.; GALINA, A. P. L.; TEIXEIRA, J. E. S. L. Contribuição ao estudo reológico de pastas cimentícias com adição de resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais. Revista **RIEM**, v.11, n. 6, 2018.

VAZZOLER, J. S.; VIEIRA, G. L.; TELES, C. R.; DEGEN, M. K.; TEIXEIRA, R. A. Investigation of the potential use of waste from ornamental stone processing after heat treatment for the production of cement-based paste. **Construction and Building Materials**, v. 177, 2018.

XAVIER, B. C. Comparação do concreto autoadensável com adição de resíduo de beneficiamento de mármore e granito com o concreto autoadensável convencional. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil: Limeira, 2019.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais; resíduos; cimento Portland.

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO

*Elton Souza dos Santos<sup>1</sup>, Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Técnico, Centro de Tecnologia Mineral, tompositivo@gmail.com

<sup>2</sup> Professor, Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, arnaldohenrique.carvalho@gmail.com

Muitos substratos utilizados no Brasil possuem baixa qualidade e pouca oferta para produção de determinados tipos de muda, sendo crescentes os esforços visando sua substituição ou incorporação com as mais diversas matérias primas, muitas delas oriundas de resíduos industriais, tornando-os atrativos para o uso na agricultura. Dentre os resíduos utilizados, a lama gerada no beneficiamento de rochas ornamentais tem se destacado devido seu potencial agrônomo, principalmente pela elevada superfície específica, por apresentar em sua composição química elementos essenciais ao crescimento vegetal, como Mg e Ca (BERTOSSO et al., 2012), por melhorar a fertilidade e corrigir a acidez (MELAMED et al., 2007) e pela alta disponibilidade e baixo custo de aquisição (OLIVEIRA E HERNANDEZ, 2008). Dessa forma, presente trabalho teve como objetivo avaliar a efetividade de dois tipos de resíduos de rochas ornamentais associados a substrato comercial em diferentes concentrações na produção de mudas de tomateiro.

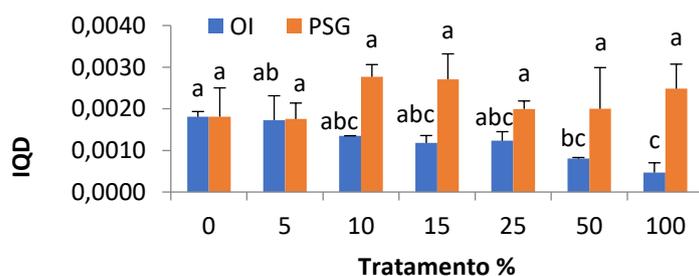
Os resíduos utilizados, comercialmente chamados de Ocre Itabira (OI) e Preto São Gabriel (PSG), foram coletados e levados ao Centro de Tecnologia Mineral em Cachoeiro de Itapemirim para caracterização química e física. O plantio das mudas foi desenvolvido com 28 dias de semeadura no Setor de Agroecologia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre, utilizando sementes de tomate do tipo Santa Clara, plantadas em bandejas de poliestireno de 162 células, com duas sementes por célula, deixando-se somente uma plântula após a germinação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por sete tratamentos em diferentes concentrações (em massa) de mistura de substrato com resíduo de rocha, a saber: 5%; 10%; 15%; 25%; 50% e 100%, além do substrato comercial como testemunha (0%), com sete repetições. Foram avaliados o comprimento da parte aérea, o diâmetro do coleto, as massas secas da raiz e da parte aérea e o índice de qualidade do desenvolvimento de mudas (IQD), proposto por Dickson et al. (1960). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa SISVAR Versão 5.6 build 86, aplicando o teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resíduos apresentaram maior parte de sua constituição mineralógica na fração silte, com 62% (OI) e 46% (PSG). O resíduo de OI mostrou menor granulometria e por consequência maior área superficial, quando comparado ao resíduo PSG, indicando que este resíduo é mais propenso a ser solubilizado no substrato. Contudo, apesar dos resíduos apresentarem natureza alcalina semelhante, as análises químicas mostraram que o resíduo de PSG teve melhor soma de bases (CaO + MgO + K<sub>2</sub>O) e maiores concentrações de macronutrientes (Tabela 1). Uma maior soma de bases influencia diretamente na capacidade de troca catiônica do substrato utilizado, uma vez que o resíduo possui em sua composição, concentrações de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> suficientes para que seja absorvido pelas mudas e assim, contribuir para seu melhor crescimento.

**Tabela 1.** pH, composição química (%) e soma de bases (%) dos resíduos estudados.

Amostra	pH	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Soma de Bases
OI	8,44	5,50	0,46	17,00	69,90	0,14	-	3,40	1,50	0,24	-	1,30	5,36
PSG	8,94	3,50	6,10	19,30	47,20	2,00	0,32	1,20	7,10	3,10	0,13	9,60	14,4

Para todas as características morfoagronômicas analisadas, os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram os que possuíam concentrações em massa de resíduo de até 25%, para o OI, e de até 100% para o PSG. Em especial, o IQD, que é um bom indicador de qualidade, por estar associado ao equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, apresentou resultados distintos a partir da adição de 10% para ambos os resíduos (Figura 1). Os erros encontrados foram maiores no resíduo PSG devido a maior variabilidade no crescimento das mudas. Se para o resíduo de OI houve um decaimento, possivelmente associado à baixa oferta de macronutrientes, para o resíduo de PSG, as médias não variaram estatisticamente entre si em ambos os tratamentos. Valores semelhantes foram encontrados por Cerqueira et al. (2015) e por Dos Santos et al. (2016), entre 0,0035 e 0,0160, ao estudar o crescimento de mudas de tomate cv. Santa Cruz e tomate cv. Drica, respectivamente, em função de diferentes substratos. Em geral, o resíduo de PSG se saiu superior ao resíduo de OI, mostrando-se promissor no plantio de mudas se incorporado ao substrato comercial.



**Figura 1.** IQD de mudas de tomate cv. Santa Cruz em função dos resíduos estudados. Médias com mesma letra minúscula para cada tipo de resíduo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOSSI, A. P. A. et al. Influência da utilização do resíduo fino de beneficiamento de rochas ornamentais silicáticas na qualidade do solo e da água. **Geociências (São Paulo)**, v. 31, n. 2, p. 185-195, 2012.
- CERQUEIRA, F. B. et al. Produção de mudas de tomate cv. Santa cruz em diferentes substratos. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.2, n. 2, p. 39-45, abr./ jun. 2015.
- DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle.**, v. 36: p.10-13, 1960.
- DOS SANTOS, A. C. M. et al. Produção de mudas de tomateiro cv. Drica sob substratos alternativos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 1-12, 2016.
- MELAMED, R. et al. "Pó-de-Rocha" como Fertilizante Alternativo para Sistemas de Produção Sustentáveis em Solos Tropicais. **Série de Estudos e Documentos**. v. 72, 26p., 2007.
- OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F. Absorção de nutrientes em mudas de berinjela cultivadas em substratos alternativos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 583-589, 2008.
- PALAVRAS-CHAVE: Ocre Itabira, Preto São Gabriel, Substrato.

## UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA CONTENÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO

Maria Clara Martins de Rezende<sup>1</sup>, Rafael Antônio Moraes<sup>1</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>2</sup>, Elton Destro<sup>3</sup>,  
Felipe Ribeiro Souza<sup>3</sup>

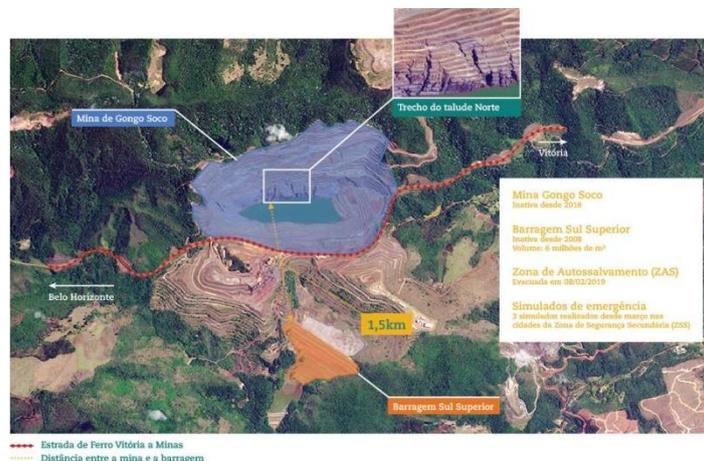
<sup>1</sup>Mestrandos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, maria.rezende@aluno.ufop.edu.br/rafael.moraes@aluno.ufop.edu.br

<sup>2</sup>Professor EBTT, Coordenadoria de Mineração, IFES – Campus Nova Venécia, tessinari@ifes.edu.br.

<sup>3</sup>Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, [felipe.souza@ufop.edu.br](mailto:felipe.souza@ufop.edu.br), [elton.destro@ufop.edu.br](mailto:elton.destro@ufop.edu.br)

A mina de Gongo Soco, localizada na cidade mineira de Barão de Cocais, pertencente à Vale S.A produziu ouro e minério de ferro do início do século XVII até o mês de abril do ano de 2016.

No início do ano de 2019 percebeu-se uma movimentação irregular no talude Norte da cava da mina, que se encontra parcialmente ocupada por água. O rompimento abrupto deste talude causaria vibrações que atingiriam a Barragem Sul Superior, distante 1,5 km da cava da mina (Figura 1) e assim poderia levar ao seu rompimento. A Barragem Sul Superior está descomissionada desde o ano de 2006 e tem uma altura de 85 m e um volume de aproximadamente 7,6 milhões de m<sup>3</sup> de rejeito.



**Figura 1** – Localização da Mina de Gongo Soco e a Barragem Sul Superior (VALE, 2019).

Com o risco iminente de rompimento de mais uma barragem de rejeitos e com a experiência negativa dos impactos ambientais e sociais que a própria empresa passou recentemente com o rompimento das barragens de Fundão no município de Mariana em 2015 e da barragem de Córrego do Feijão, em Brumadinho no mesmo ano, a Vale tomou iniciativas preventivas para contenção dos rejeitos.

Como iniciativa preventiva planejou-se a construção de uma grande estrutura de contenção com 36 m de altura, 13,5 m de largura e 315 m de comprimento (Figura 2). Esse muro será construído distante 6 km da barragem, e o tempo de chegada dos rejeitos até a estrutura será de aproximadamente 23 minutos. O objetivo dessa estrutura de contenção é bloquear uma eventual

onda de rejeitos que pode vazar da Barragem Sul Superior, que apresenta nível 3 (três) da escala de risco que significa rompimento ou risco iminente de rompimento, o mais alto dessa classificação, desde o mês de março de 2019.



**Figura 2** – Figura esquemática da estrutura de contenção (ESTADO DE MINAS, 2019).

Para a construção dessa estrutura de contenção foram comprados de uma empresa do setor de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo aproximadamente 5000 blocos de granitos que estavam estocados nos seus pátios. Esses blocos foram embarcados em 300 carretas até a cidade de Colatina/ES e dali seguiu de trem até a cidade de Barão de Cocais.

Importante salientar que esses blocos de rochas ornamentais comercializados para Vale atualmente como material estéril eram, no passado, material considerado comercial.

Verifica-se com isso que há uma troca colaborativa entre dois setores da indústria mineral brasileira. O setor de rochas ornamentais colabora com minimização do impacto ambiental e social de um possível rompimento de barragem de rejeitos e a Vale colabora com o setor de rochas ornamentais capixaba diminuindo o seu passivo ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PPGEM/UFOP e a CAPES pelo conhecimento proporcionado, pelo auxílio e pelo incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VALE. **Estudo de ruptura hipotética – Dam Break**: Relatório Técnico. Barão de Cocais, 2019.

VALE Inicia Construção de Muro para Conter Lama de Barragem de Barão de Cocais. **Estado de Minas**. Seção Economia. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/05/19/interna\\_gerais,1054847/vale-inicia-construcao-de-muro-para-conter-lama-de-barragem-em-barao-d.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/05/19/interna_gerais,1054847/vale-inicia-construcao-de-muro-para-conter-lama-de-barragem-em-barao-d.shtml)>. Acesso em: 17 de julho de 2019.

**PALAVRAS-CHAVE:** barragem de rejeito, Gongo Soco, bloco de rochas ornamentais.

## PANORAMA DO SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA BAHIA

*Edgar Romeo Herrera de Figueiredo Iza*<sup>1</sup>, *Ana Cristina Franco Magalhães*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geólogo, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, edgar.iza@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Economista, SDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado da Bahia,  
anacristina.magalhaes@sde.ba.gov.br

O segmento de rochas ornamentais vem sendo alvo de diversos estudos no Brasil em razão da sua potencialidade, significativa produção, contribuição para o bom desempenho da balança comercial brasileira, além de ser destaque no mercado internacional pela beleza das suas rochas. Assim, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM elaborou o PANORAMA DO SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DA BAHIA. Nesse trabalho é apresentada uma visão geral do segmento na Bahia, partindo-se do início das atividades de extração de rochas ornamentais em território baiano e chegando-se aos dias atuais, focando ainda as potencialidades do estado. O trabalho é resultado do esforço de cooperação entre a CPRM a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado da Bahia-SDE, da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, bem como do sindicato e associações de empresas produtoras de rochas ornamentais.

No desenvolvimento das atividades, foram consideradas as referências históricas em grande parte representada por publicações (livros, catálogos, atlas impressos, atlas digitais, etc.) produzidas por diversas instituições, assim como, outros registros, tais como fotos, folders, cartazes, mapas etc. Neste aspecto trata-se, portanto, de um estudo focado no cadastramento preliminar de alguns dos principais produtos pétreos atualmente em produção e no levantamento dos aspectos econômicos históricos mais importantes. O informe é constituído por 6 capítulos: o primeiro denominado “introdução” faz uma abordagem histórica enfatizando o papel do Brasil e da Bahia dentro do segmento de rochas ornamentais, além de abordar aspectos da metodologia do trabalho; o segundo aborda aspectos históricos e do estado da arte focados no contexto da Bahia e dos principais materiais produzidos até a elaboração do Atlas de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia, produzido em 2002; o terceiro capítulo aborda aspectos do potencial geoeconômico onde são discutidos sucintamente os direitos minerários, reservas minerais as áreas vocacionadas; o quarto capítulo trata do panorama econômico sob a ótica da evolução histórica, panorama atual e comércio exterior; o quinto capítulo apresenta alguns dos principais materiais atualmente em produção no intuito de enaltecer o seu potencial geológico e estético; No capítulo 6 são feitas as considerações finais onde é destacado o panorama geral e a necessidade da elaboração de produtos que visem a divulgação e fomento do segmento de rochas ornamentais.

Dentre os principais resultados destacamos que o estado da Bahia mostra, desde a década de 1950, vocação para a produção e comercialização de produtos pétreos. O processo de modernização gradual se deu a partir da década de 1990 em grande parte realizado pelos empresários, mas apoiado e incentivado pelo governo estadual (MAGALHÃES, 1997). A integração entre o setor público e a iniciativa privada gerou bons frutos e contribuiu para a manutenção da posição de destaque da Bahia diante o cenário nacional e internacional.

A grande diversidade geológica da Bahia é apenas um dos pontos extremamente favoráveis para o segmento que cada vez mais busca por novos produtos pétreos, especialmente os materiais que apresentem características estéticas únicas, tais como, os exóticos e/ou translúcidos. Apesar do potencial geológico naturalmente existente, do histórico produtivo positivo em termos de balança comercial para o estado e para o país, há forte necessidade de permanente incentivo, divulgação e produção de materiais e produtos que visem à disseminação da “cultura da pedra”. Adicionalmente, a produção comercializada de rochas ornamentais da Bahia entre os anos de 1988 a 2016, mostra um notável crescimento do setor especialmente após o ano de 2010, o que evidencia a força do segmento e a real necessidade de políticas de manutenção e incentivo (BAHIA, 2017). Os atuais produtos pétreos produzidos na Bahia são absolutamente distintos daqueles produzidos há 10 ou 20 anos, e por este motivo há forte necessidade do cadastramento e atualização dessa geodiversidade, de forma a buscar não apenas o registro, mas principalmente o desenvolvimento do seguimento. Este trabalho registrou 40 materiais distintos produzidos após o Atlas de Rochas Ornamentais de 2002. Este resultado evidencia a dinâmica do setor e corrobora com a asserção do potencial geológico. Outro fato a se considerar é a competição com o material de revestimento cerâmico cuja escala de produção e o avanço tecnológico vão na direção de reproduzir texturas, cores e outras características das rochas naturais a custos mais atrativos ao mercado de consumo mais popular. Nesse sentido é importantíssimo incentivar a pesquisa para descoberta de novos materiais naturais exóticos, simultaneamente ao forte incentivo fiscal do setor de rochas ornamentais. A avaliação mais detalhada que será realizada a partir de 2019 com a elaboração do Atlas de Rochas Ornamentais pretende fazer o registro de novos materiais.

A expectativa atual é que o variável número de rochas em produção, que esta em torno de 60 e 150 materiais, constituídos majoritariamente por materiais exóticos, corrobore para colocar a Bahia entre os primeiros lugares no país em termos de diversidade e atrativo estético.

Em todo caso, os materiais tradicionais produzidos, tais como, o mármore Bege Bahia, o Azul Bahia e diversos outros, já contribuem significativamente com o setor e garantem o desenvolvimento econômico de regiões do estado que não apresentam atualmente alternativas econômicas de curto e médio prazo. Informações completas sobre o Panorama do Segmento de Rochas Ornamentais da Bahia podem ser encontradas no site da CPRM ([www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)).

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as empresas que do setor que contribuíram com a cessão de dados sobre os materiais produzidos no estado da Bahia.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Sinopse mineral da Bahia, 2007-2016**. Salvador: SDE, [2017].

MAGALHÃES, A. C. F. **Bahia, rochas ornamentais, principais indicadores: 1993 a 1996**. Salvador: SGM, 1997. 84p.

PALAVRAS-CHAVE: atlas, granito, mármore.

## RESÍDUOS DE REBOLOS ABRASIVOS MAGNESIANOS COMO COMPONENTE DO CONCRETO: UMA ÓTICA NA ECONOMIA CIRCULAR

*Lorrane Vimercati Rodrigues<sup>1</sup>, Marcos Moulim da Paschoa<sup>2</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Estudante de Geologia, bolsista CETEM, lorranevimercati@gmail.com

<sup>2</sup> Estudante de Geologia, bolsista CETEM, marcosmoulin96@gmail.com

<sup>3</sup> Geólogo, Tecnologista Sênior, CETEM, leolysil@cetem.gov.br

Desde o início da década passada utiliza-se o conceito da Economia Circular como uma alternativa para potencializar o uso de recursos no beneficiamento de rochas ornamentais.

Silveira (2004) explica que o processo de polimento e lustro de placas de rochas ornamentais é feito por meio de rebolos abrasivos que, por fricção sobre o material, vão desbastando-o. Entretanto, parte dos abrasivos é considerada resíduo por não possibilitar o uso ao atingir certo desgaste, que geralmente é quando o rebolo atinge o plástico que o envolve. Nesse contexto, busca-se aproveitar o resíduo gerado pelo processo de polimento de rochas ornamentais, especificamente dos rebolos abrasivos magnesianos, na construção civil, como parte da composição de concreto.

Para isso, foram realizados os ensaios de caracterização dos resíduos de rebolos abrasivos magnesianos. As amostras foram coletadas de uma empresa situada na cidade de Cachoeiro de Itapemirim diretamente nas pilhas de estocagem, e levadas para a usina piloto do Centro de Tecnologia Mineral/Núcleo Regional do Espírito Santo (CETEM/NRES), onde foram separadas do plástico, homogeneizadas e reduzidas em alíquotas (ABNT NBR NM 27:2001) para a realização dos seguintes ensaios de caracterização: Índice de forma com paquímetro (ABNT NBR NM 7809:2006), Impacto de Treton (ABNT NBR NM 5564:2011), Abrasão Los Angeles (ABNT NBR NM 0051:2001) e Picnometria (DNER-ME 084:1995).

Os resultados obtidos indicam que os agregados formados por rebolos abrasivos magnesianos tenderiam a gerar um concreto resistente uma vez que sua perda ao impacto e abrasão foram baixas. Somado a isso, o índice de forma determina que a grande maioria dos agregados são cúbicos, que é a forma ideal para constituir o concreto. Outra variável, a Picnometria, indicou que a densidade real é próxima da rocha usada como padrão na confecção de concreto.

De posse dos resultados dos ensaios, foram determinados dois traços de concreto utilizando como base o trabalho de Sartori et al (2016), sendo um traço padrão e outro substituindo a brita 1 do traço padrão pelo resíduo de rebolo abrasivo magnesiano.

Nas misturas elaboradas, realizou-se o ensaio de abatimento de tronco de cone (ABNT NBR NM 67:1998) para o padrão e com resíduo. O resultado obtido foi de 20 cm para o concreto padrão e de 11,5 cm para o concreto com rebolo, o que indica que o concreto com rebolo é de consistência maior por consequência uma menor fluidez, relacionando com a menor mobilidade da massa e maior coesão entre seus componentes, por isso possui melhor trabalhabilidade.

Por fim, foram confeccionados 8 corpos de prova cilíndricos para cada traço, com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm para se testar a resistência a compressão (ABNT NBR 5739:2007) em ensaio realizado após 7, 14, 21 e 28 dias, para cada dia dois corpos de prova do concreto padrão e

do concreto com reboło. Calculou-se então a média dos corpos de prova para o concreto padrão e para o concreto com agregado de reboło.

Os concretos foram classificados como não estruturais de resistência C10, pois apresentaram resistência a compressão de aproximadamente 10MPa, já a classe de consistência foi S10, indicando um concreto extrusado (ABNT NBR 8953).

O concreto padrão foi aumentando a resistência ao longo do tempo aumentando cerca de 9,2 MPa do ensaio de 7 dias para o ensaio de 28 dias, enquanto que o concreto com agregado manteve-se constante variando certa de 1,75 MPa. Os resultados obtidos indicam que o concreto com agregados de reboło abrasivo magnesianos, tem resistência muito baixa (9,3 MPa) à apresentada pelo concreto comercial (27,1 MPa) com base na resistência à compressão, sendo assim, mesmo com uma caracterização favorável, não é possível sua utilização como concreto estrutural, porém pode ser utilizado na construção de guias e sarjetas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPES, ao CETEM, a empresa Decolores e Minerasul, a todo corpo técnico que trabalhou diretamente neste trabalho no NRES.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). NBR NM 27. **Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios**. Rio de Janeiro. 7p

\_\_\_\_\_ (1998). NBR NM 67. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro. 8p

\_\_\_\_\_ (2001). NBR NM 51. **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro. 6p

\_\_\_\_\_ (2006). NBR NM 7809. **Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio**. Rio de Janeiro. 3p

\_\_\_\_\_ (2007). NBR NM 5739. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro. 13p

\_\_\_\_\_ (2011). NBR NM 5564. **Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro. 26p

\_\_\_\_\_ (2015). NBR 8953. **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro. 7p

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – ME 084/95. **Agregado Miúdo: Determinação de Densidade Real**. Rio de Janeiro, 1995.

SARTORI, M.; CASTRO, N. F.; CORREIA, E. R. C.; CERQUEIRA, F. C.. **Utilização dos resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de concreto**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

SILVEIRA, L. L. L.; RIBEIRO, R. P. Geotécnica: **Aplicação de bases conceituais de tribologia no beneficiamento de granitos ornamentais**. 2004. 6p. (Doutorado) –Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil).

PALAVRAS-CHAVE: concreto, rochas ornamentais, sustentabilidade.

## **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DAS LAVRAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS DAS REGIÕES NORTE E NOROESTE DO ESPÍRITO SANTO**

*João Victor Tavares Sarlo*<sup>1</sup>, *Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>2</sup>, *Phillipe Fernandes de Almeida*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bolsista de Iniciação Científica, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC, joaotavaressarlo@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnologista Sênior, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Pesquisador PCI, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC, palmeida@cetem.gov.br

Segundo a ABIROCHAS (2019), no ano de 2018, a extração brasileira de rochas ornamentais totalizou 9 milhões de toneladas, com destaque para o estado do Espírito Santo, responsável pela maior produção entre os estados brasileiros. Segundo dados do DNPM (2018) referente ao ano de 2017, do total de rochas ornamentais capixabas comercializadas, cerca de 40% tiveram origem em seis municípios do Noroeste capixaba. Estima-se uma taxa de aproveitamento do desmonte em pedreiras em torno de 25% e com base nesse percentual, pode-se afirmar que no ano de 2018 foi gerado, no Brasil, cerca de aproximadamente 30 milhões de toneladas de resíduos advindos da extração de rochas ornamentais. Estes materiais estão disponíveis sem nenhum aproveitamento e podem ser aplicados em uma gama de segmentos da indústria da construção civil, como agregado graúdo para concreto, na composição de base e sub-base de pavimentos asfálticos e como componente de lastro ferroviário em linhas férreas. Ressalta-se que, a atividade de extração de rochas para utilização como agregados depende diretamente da distância entre a lavra e o processamento dos materiais, que implica diretamente no custo final do produto. No caso dos depósitos de resíduos grossos de rochas ornamentais, os materiais já estão disponíveis para processamento e localizados em vários pontos estratégicos do estado do Espírito Santo.

A partir do exposto, o presente estudo é uma continuidade das pesquisas de Silva (2015) e Carlete, Castro e Silva (2016), que tem por objetivo a confecção de um mapa cartográfico a partir da realização de um levantamento de coordenadas geográficas das frentes das lavras no Noroeste e Norte do estado do Espírito Santo, para a localização, identificação e representação das possíveis fontes materiais passíveis de serem processados e aplicados na construção civil. Para a realização desse trabalho, foi utilizado: o software ArcGIS© para lançamento das coordenadas geográficas referentes as frentes de lavra paralisadas e em atividade, fornecidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e os dados vetoriais disponibilizados pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

Com a realização de vasta pesquisa bibliográfica e levantamento prévio das pedreiras das regiões Norte e Noroeste do Espírito Santo foi obtida a quantidade de frentes de lavra nessas regiões além das variedades cromáticas existentes. Estima-se que na região Noroeste há 322 frentes de lavra ativas e 570 paralisadas, com variedades cromáticas: amarela, azul, bege, branco, cinza, marrom, preto, rosa e verde. Pode-se afirmar também que o município dono da maior produção é Barra de São Francisco.

O próximo passo do trabalho é a realização de uma campanha de campo para a coleta de amostras em depósitos de resíduos grossos, em alguns pontos levantados pelo mapeamento, com

o intuito de caracteriza-las de acordo com o seu potencial de uso como agregados para a construção civil. Para isto, serão realizados os ensaios de determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53; Ensaio de abrasão “Los Angeles” – ABNT NBR NM 51; Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio – ABNT NBR 7809; Determinação da densidade real do agregado miúdo – DNER-ME 084/95; Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – ABNT NBR NM 7809/ Via férrea – Lastro ferroviário – Requisitos e métodos de ensaio - ABNT NBR 5564. Esse trabalho deve orientar o desenvolvimento econômico e industrial destas regiões, pela indicação das fontes de materiais que podem ser aproveitados na construção civil e com isto, dar destinação à um passivo ambiental que atualmente não é utilizado.

#### AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Francisco Wilson Hollanda Vidal, ao meu coorientador Phillippe Fernandes de Almeida e a todo corpo técnico-científico do CETEM-NRES.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira Da Indústria De Rochas Ornamentais. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018**. Informe 01/2019. 18p. 2019

DNPM–Departamento Nacional de Produção Mineral. Principais Municípios Produtores. **ANUÁRIO MINERAL ESTADUAL – ESPÍRITO SANTO 2018 (ANO BASE 2017)**, Espírito Santo, out. 2018.

CARLETE, B. A.; CASTRO, N. F.; SILVA, H. V.; **Caracterização de Agregados Mineraiis Provenientes de Resíduos Grosseiros de Rochas Ornamentais**. Jornada de Iniciação Científica, Rio de Janeiro, p. 1-5, 1 jul. 2016.

SILVA, H. V.; CASTRO, N. F.; RIBEIRO, R.C.C. **Aproveitamento de resíduos grossos oriundos de lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo em pavimentos asfálticos**. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 4. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Rochas ornamentais, resíduos, mapeamento.

## TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUO ORNAMENTAL DO ESTADO DA BAHIA PARA A OBTENÇÃO DE SILÍCIO DE GRAU METALÚRGICO

*Jodan Silva Volpasso*<sup>1</sup>, *Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudante, CETEM, jodansilvavolpasso@gmail.com

<sup>2</sup> Coordenador do NRES, CETEM, fhollanda@cetem.gov.br

O dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), também conhecido como sílica, é um composto químico que está presente em muitas das rochas ornamentais. Com o avanço de pesquisas sobre o  $\text{SiO}_2$ , comprovou-se que o composto, numa determinada concentração, é nomeado silício de grau metalúrgico (SiGM), uma matéria-prima necessária para a obtenção do silício de grau solar (SiGS), cujo maior interesse de tal concentração está na produção das células fotovoltaicas (RAJAM, 2011; KIM; KWADWO, 2012). Conforme proposto por Argonz (2001), o SiGM, primeiro grau necessário para sequenciar a obtenção do SiGS, também é matéria prima fundamental para o atingimento do silício de grau eletrônico (SiGE), e este é utilizado na produção de microchips e obtenção do silício de grau químico (SiGQ) para a produção dos silanos. Segundo Soares et al (2012), para ser utilizado como SiGM, o produto de  $\text{SiO}_2$  precisa estar em uma faixa de concentração com 98,0% a 99,5% de pureza.

Existem diversos meios de purificação, como a adição de ácido fluorídrico (HF), a aplicação do método de lixiviação e o método de tratamento térmico. O tratamento térmico é uma técnica utilizada com o objetivo de reduzir a concentração de compostos químicos voláteis, como por exemplo óxidos de cálcio.

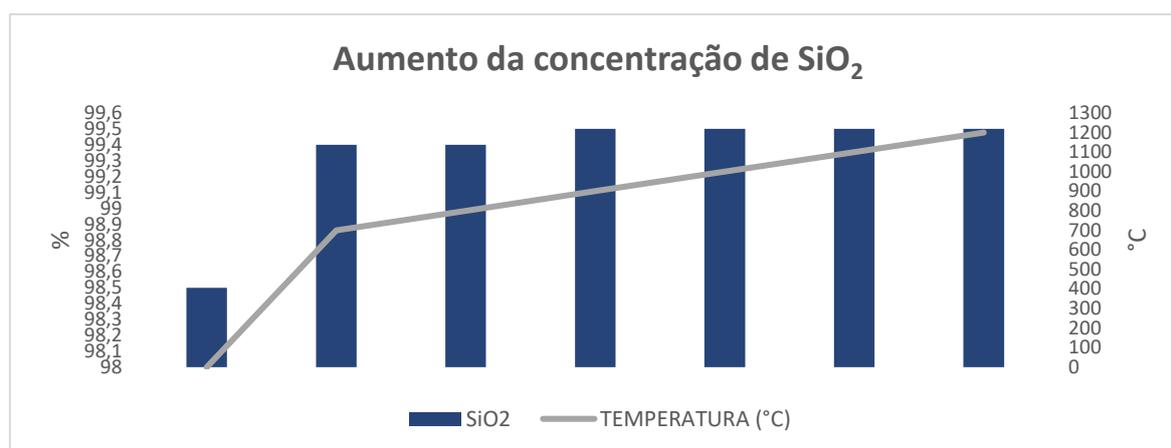
Tendo como base toda a teoria proposta, visou-se estudar se é possível obter o SiGM, conforme aumenta-se a concentração de  $\text{SiO}_2$ , em casqueiros de quartzito, a partir da aplicação da técnica de tratamento térmico. Para esta pesquisa, os materiais estudados foram resíduos de quartzitos ornamentais proveniente do estado da Bahia

Como metodologia aplicada, para os ensaios térmicos foram utilizadas temperaturas de 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C e 1200°C, permanecendo na temperatura de patamar por 30, 60 e 90 minutos cada. Quanto a divisão das amostras, separou-se 7 amostras, sendo que a primeira foi nomeada como referência e, as demais, foram destinadas de acordo com cada valor de temperatura para a realização do ensaio de tratamento térmico. Para a análise dos resultados de composição química, após o tratamento, foi realizado o ensaio de fluorescência de raios X nas amostras utilizado o espectrômetro (WDS-2), modelo AxiosMax (Panalytical). Elas foram preparadas em prensa automática VANEON, utilizando como aglomerante o ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) na proporção de 1:0,3, com 2g de amostra seca à 105 °C e 0,6g do ácido para a realização do ensaio. Os resultados tomam como média de 3 leituras e, são determinados por análise semiquantitativa (standardless).

O resultado obtido é apresentado conforme a Tabela 1, a seguir, e observa-se que houve um aumento no teor de dióxido de silício nas amostras de 2 a 7, após o tratamento térmico, e verifica-se que existe uma temperatura de patamar cujo valor é de 900 °C, a qual torna o valor de aumento da concentração inalterado, conforme apresenta-se na Figura 1, a seguir.

**Tabela 1.** Concentração de acordo com a temperatura utilizada na calcinação (Elaboração dos autores)

AMOSTRAS	TEMPERATURA (°C)	CONCENTRAÇÃO (%)							
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	WO <sub>3</sub>	MgO	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	*PPC
1	-	0,2	98,5	0,46	0,16	0,12	0,17	0,13	0,28
2	700	0,19	99,4	0,26	0,15	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
3	800	0,12	99,4	0,26	0,17	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
4	900	0,14	99,5	0,18	0,16	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
5	1000	0,16	99,5	0,18	0,16	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
6	1100	0,13	99,5	0,19	0,19	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
7	1200	0,12	99,5	0,2	0,18	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0

**Figura 1** – Aumento da concentração de SiO<sub>2</sub> de acordo com a temperatura utilizada para a calcinação.

A partir do resultado satisfatório na obtenção do SiGM para o quartzito ornamental, tem como diretriz a busca por novos valores de pureza, utilizando meios de purificação mais avançados. É importante salientar que para alcançar tais purezas, do tipo 99,99%, ou seja, grau eletrônico, solar e químico, é necessário equipamentos mais apropriados e compostos químicos mais fortes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGONZ, R. **Purificação de rejeitos de lascas de Quartzo das Indústrias de Silício**. 2001. 101p. Tese (Doutorado). Faculdade De Engenharia Mecânica, Univ. Estadual de Campinas, São Paulo.

KIM, E.; KWADWO, O. **Dissolution Windows for Hydrometallurgical Purification of Metallurgical-Grade Silicon to Solar-Grade Silicon: Eh–pH Diagrams for Fe Silicides**. *Hydrometallurgy*. v.127-128, p. 178-186, 2012.

RANJAN, S. et al. **Silicon Solar Cell Production**. *Computers and Chemical Engineering*. v.35, p. 1439–1453, 2011.

SOARES, et al. **Beneficiamento e caracterização de quartzo para obtenção de silício grau metalúrgico**, HOLOS, Ano 28, v.5, p. 8, 2012.

PALAVRAS-CHAVE: dióxido de silício, calcinação, pureza.

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO ECOFÍLER EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL

*Nuria Fernández Castro*<sup>1</sup>, *Leonardo Cattabriga*<sup>2</sup>, *Fábio Conrado de Queiróz*<sup>3</sup>, *Rubens Curti*<sup>4</sup>,  
*Rubens Monge*<sup>5</sup>, *Paolo Marone*<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Tecnologista Pleno, CETEM/MCTIC, ncastro@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Técnico, CETEM/MCTIC, lfreire@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Bolsista PCI, CETEM/MCTIC, fqueiroz@cetem.gov.br

<sup>4</sup> Eng. Civil, ABCP, rubens.curti@abcp.org.br

<sup>5</sup> Eng. Civil, ABCP, rubens.monge@abcp.org.br

<sup>6</sup> Eng. Civil, IS.I.M, paolo.marone@stonetechtraining.it

Mais de 25% do volume dos blocos de rochas ornamentais, quando serrados em chapas, são transformados em resíduos (SOUZA *et al.*, 2012) de granulometria muito fina e composição semelhante à das rochas de origem. A produção destes resíduos no Brasil é estimada em 2 Mt e, considerando que, em 2017, foram processados 152 Mt de rochas ornamentais no mundo, pode-se estimar uma produção de resíduos finos de seu processamento próxima a 40 Mt para esse ano. No Brasil, foram processadas mais de 7 Mt de rochas e gerados mais de 2 Mt de resíduos finos em 2017.

Os resíduos do corte e polimento de mármore e granitos comerciais, por suas características, podem agir como fílers (aditivos minerais) no concreto, melhorar suas propriedades e até substituir parte do cimento (QUEIROZ; CASTRO, 2018). O concreto autoadensável (CAA) é um tipo que se autocompacta, sem necessitar vibração e com fluidez suficiente para ser bombeado, alcançando alta resistência com poucos dias de cura. Já foram obtidos excelentes resultados incorporando resíduos de rochas ornamentais a esse tipo de concreto (ELYAMANY *et al.*, 2014; BARROS, 2008). Ainda é necessário desenvolver outros estudos para se obter algum tipo de certificação que ofereça garantia e segurança às empresas de construção sobre a incorporação desses resíduos em produtos cimentícios. Por esse motivo, o CETEM em parceria com o Instituto Internacional do Mármore (IS.I.M, Itália) e a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desenvolve o presente estudo buscando verificar a viabilidade efetiva de utilizar resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais em concreto autoadensável.

Dentre 20 amostras coletadas em aterros e caracterizadas (QUEIRÓZ; CASTRO, 2017), 100 kg de resíduos de mármore e 100 kg de resíduos misturados foram utilizados na elaboração de traços de concreto autoadensável. Foi realizado o teste de reação álcali agregado para ambas as amostras, pelo método da barra de argamassa (ABNT NBR 15577-4:2018) e testes iniciais em três traços de CAA (dois com 50 kg/m<sup>3</sup> de resíduo de mármore como Ecofíler e um padrão sem resíduo): testes normalizados para concreto fresco, retração na secagem e resistência à compressão do concreto endurecido. Os resultados mostraram que o uso de 50 kg/m<sup>3</sup> de Ecofíler de resíduos não afeta às propriedades do concreto e houve diminuição da expansão devida à reação álcali-agregado, tanto para resíduos de mármore quanto misturados (maioria de materiais silicáticos), conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** – Traços e resultados obtidos (CAA com Ecofíler e CAA padrão).

AMOSTRAS DE CONCRETO	PADRÃO (sem fíler)	ECOFÍLER 1 50 kg/m <sup>3</sup> resíduo de mármore	ECOFÍLER 2 50 kg/m <sup>3</sup> resíduo de granito
<b>Componentes</b>	<b>Massa bruta</b>	<b>Massa bruta</b>	<b>Massa bruta</b>
Cimento CII E 40	8.393 g	10.071 g	10.071 g
Areia natural (< 0,6 mm)	14.872 g	17.847 g	17.847 g
Areia artificial (< 6,3 mm)	9.005 g	10.806 g	10.806 g
Brita (< 12,5 mm)	24.082 g	28.898 g	28.898 g
Ecofíler (resíduos)		1.531 g	1.531 g
Aditivo 1	50 ml	60 ml	60 ml
Aditivo 2	109 ml	131 ml	131 ml
<b>RAA (% volume 28 dd)</b>	0,090	0,080	0,040
<b>Retração (% 28 dd)</b>	-0,036	-0,041	-
<b><math>\sigma_c</math> (3 dd)</b>	34,3	35,8	-
<b><math>\sigma_c</math> (28 dd)</b>	53,6	55,00	

Os resultados obtidos levaram à elaboração de um novo plano de trabalho, com a elaboração e teste de misturas com resíduo e fibra, e variação sem incluir aditivo antirretração, buscando validar o uso de resíduos de R.O. em concreto autoadensável para parede de concreto, utilização que demanda grandes quantidades.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, PEDRO GUSTAVO DOS SANTOS. **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto auto-adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. 2008. 101 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió (Brasil).

ELYAMANY HAFEZ E., ELMOATY M., ELMOATY A, BASMA MOHAMED. Effect of filler types on physical, mechanical and microstructure of self compacting concrete and Flow-able concrete - **Alexandria Engineering Journal** (2014) 53, 295–307 - <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2014.03.010>

QUEIRÓZ, F. C.; CASTRO, N. F. Incorporação de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais em concreto autoadensável como Ecofiller. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 6. Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. p.31-37

QUEIRÓZ, F. C., CASTRO, N. F. Utilização de resíduos de rochas ornamentais como Ecofíler de concreto autoadensável. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 7. Rio de Janeiro, **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H.; FERNÁNDEZ CASTRO, N.; Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de rochas ornamentais. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20., Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM, 2012.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo de rochas ornamentais, concreto autoadensável, Ecofíler.

## **APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE ROCHA ORNAMENTAL PARA PRODUÇÃO DE AGREGADOS: ESTUDO DE CASO PEDREIRA DO GRANITO OURO BRANCO**

*Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>1</sup>, *Fernando W. Lima Hollanda Vidal*<sup>2</sup>, *José Almeida Santos Junior*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Distribuidora Cummins Diesel do Nordeste, fwvidal@gmail.com

<sup>3</sup> Professor, Universidade de Fortaleza, aljunior@unifor.br

O setor de rochas ornamentais tem como principal característica a formação de uma expressiva quantidade de resíduos na etapa de lavra e beneficiamento. Estima-se que, no Brasil, onde considera-se uma taxa de aproveitamento média na produção de bloco de, aproximadamente, 25%, são geradas algo em torno de 30 Mt de resíduos por ano (resíduos grossos gerados nas pedreiras) (SILVA; CASTRO; VIDAL, 2015). Mesmo não representando um grave problema ambiental, geram um forte impacto visual e representam um desperdício de recurso natural, já que podem ser utilizados para outros fins, como agregados de construção civil. Na Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estes passam a ser definidos como todos os materiais resultantes de atividades humanas, em sociedade, cuja destinação final não seja seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, exigindo, portanto, soluções técnicas e o gerenciamento para a sua destinação final ambientalmente adequada. Os rejeitos, por sua vez, são todos os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (a exemplo dos aterros).

Considerando esta realidade, o presente trabalho apresenta resultados de caracterização mineral e tecnológica de agregados provenientes de resíduos da lavra e da serragem (casqueiro) de uma rocha monzogranítica, denominada "Ouro Branco", além de analisar a viabilidade econômica de implementação de uma usina de brita, para utilização deste coproduto na construção civil.

Os ensaios realizados com resíduos grossos foram feitos utilizando-se os britadores de mandíbulas HEDEL 2015 e FAÇO 3020. Variaram-se as aberturas dos britadores na posição fechada (APF), com o objetivo de verificar o comportamento das distribuições granulométricas dos produtos. Além disto, foram realizados a caracterização quanto ao índice de forma, aos índices físicos e o ensaio de abrasão Los Angeles nas amostras britadas.

As análises petrográficas das amostras apresentaram o mesmo resultado, sendo classificadas como um monzogranito constituído principalmente por feldspato (65%), quartzo (30%), micas (5%) e outros (1%). Os resultados da caracterização tecnológica da rocha, tanto para uso como rocha ornamental quanto para agregado, apresentaram índices dentro dos limites de especificação da ABNT. Nos estudos de britagem com as duas amostras, utilizando-se britadores de mandíbula, verificou-se a similaridade das mesmas, e quando comparadas com agregados típicos utilizados nas obras da construção civil, as amostras apresentaram parâmetros semelhantes.

Os valores de índices físicos da amostra obtidos para absorção de água foram satisfatórios, sendo a absorção de água média de 0,55 %, para uso em concreto, uma vez que a norma ABNT NBR 7211:2005 estabelece limites de 2% de absorção. O valor de densidade real dos agregados miúdos também apresentou resultado esperado para este tipo litológico, mostrando também um pequeno aumento no valor se comparado aos agregados graúdos, onde maior porosidade indica uma menor resistência, que pode contribuir para a diminuição das resistências mecânicas dos concretos com ele confeccionados.

O resultado do ensaio de abrasão Los Angeles também mostrou valor comum a este tipo de rocha, ligeiramente acima do sugerido pela norma ABNT NBR 7211:2005 que estabelece valor abaixo dos 50%. A norma ABNT NBR 7211:2005 não sugere valores de perda por abrasão para utilização do agregado, entretanto diante dos resultados deste tipo litológico encontrados na literatura, pode-se afirmar que o valor de 32% é comum para este tipo litológico e que se enquadraria para uso.

O estudo realizado de pré-viabilidade econômica para operação de uma usina de brita, com capacidade aproximada de produção 21 mil m<sup>3</sup>/ano, projetou um investimento total de cerca de R\$ 2,7 milhões com receita anual aproximada de R\$ 1 milhão e gerando uma taxa de retorno de 20% a.a. O projeto tem um apelo ambiental indiscutível, visto que promoverá o aproveitamento de resíduos que hoje são gerados em quantidades muito significativas, e são dispostos de maneira desordenada, gerando enorme impacto ambiental e visual. O presente trabalho pode ser considerado apenas como um estudo preliminar para se ter uma primeira quantificação dos valores a serem alocados no projeto.

Considerando o potencial existente no Brasil, especialmente na região Nordeste para o setor de rochas ornamentais, especificamente para o Setor de rochas de origem graníticas, muitos benefícios poderiam advir da grande quantidade de rejeitos produzidos pela lavra nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, sobretudo com o aproveitamento de resíduos da lavra para a construção civil. No entanto, para que isto seja possível, é necessária uma maior compreensão dos fatores que dificultam o desenvolvimento dessa atividade minero-industrial no Brasil, de forma a se poder traçar estratégias para a superação dos empecilhos que retardam o seu crescimento no mesmo nível de outros países.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa tecnológica de laboratório e à Universidade de Fortaleza – UNIFOR.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, H. V.; CASTRO, N. F.; RIBEIRO, R. C. C. **Aproveitamento de resíduos grossos oriundos de lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo em pavimentos asfálticos.** In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 4. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Rochas Ornamentais, Agregados Grossos e Aproveitamento de Resíduos

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS EM CONCRETO CELULAR

*Nuria F. Castro*<sup>1</sup>, *Leonardo Cattabriga Freire*<sup>2</sup>, *Fábio Conrado de Queiróz*<sup>3</sup>, *Andrea di Donato*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Tecnologista Pleno, CETEM/MCTIC, ncastro@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Técnico, CETEM/MCTIC, lfreire@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Bolsista PCI, CETEM/MCTIC, fqueiroz@cetem.gov.br

<sup>4</sup> Técnico, Bunker Tek.Sp.Es.

O Brasil produziu, em 2018, nove milhões de toneladas de rochas ornamentais, principalmente de granitos comerciais e quartzitos, sendo os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia responsáveis por 80% dessa produção. Dentre esses estados, destaca-se o Espírito Santo com cerca de 70% do volume exportado e 80% do faturamento total das exportações nacionais (ABIROCHAS, 2018). No processo de beneficiamento nas unidades industriais, mais de 25% do volume dos blocos é transformado em resíduos finos, constituídos majoritariamente de pó de rocha, os quais, após processos de separação sólido-líquido nas serrarias, são depositados em aterros licenciados por órgãos ambientais, sem serem aproveitados para outros usos. Estima-se que 2 Mt desse tipo de resíduo sejam depositadas por ano em mais de 40 aterros no estado do Espírito Santo e seu aproveitamento constitui um dos grandes desafios do setor de rochas ornamentais (QUEIRÓZ; CASTRO, 2017). O CETEM vem estudando, nos últimos anos, diversos usos na construção civil, por meio de um projeto de cooperação internacional, coordenado pelo Instituto Internacional del Mármol – I.S.I.M, da Itália. Dentre as muitas possibilidades de utilização desses resíduos sendo analisadas, a produção de concreto celular é de interesse, por ser um tipo de concreto mais leve que o tradicional, apresentando boa resistência. O concreto celular é um concreto leve, com menor massa específica que o convencional, por ter na matriz bolhas de ar ou gás homogêneas, não comunicáveis e que se mantêm estáveis desde a produção até o adensamento do concreto (SILVA, 2015). Além de ter a vantagem de menor peso próprio que, quando produzido pré-moldado, facilita o manuseio e transporte, reduz as cargas atuantes na fundação e tem baixa condutividade térmica.

Zernikov, em 1877, produziu uma mistura de cálcio e areia com vapor a alta pressão, embora pouco sólida, precursora do concreto celular. Já com maior pressão, Michaelis conseguiu uma massa endurecida de hidrossilicato de cálcio resistente à água, em 1881. Em 1887, Hoffmann conseguiu produzir uma argamassa de cimento e poros de ar, a partir de ácido clorídrico e pó de rocha calcárea e, em 1914, Alysworth ativam a argamassa de cálcio e areia com pó de zinco ou alumínio (VASILAKAKIS *et al.*, 2011). Depois da Primeira Guerra Mundial, que levou à escassez de recursos e energia, na Europa foram promovidas pesquisas na busca de materiais de construção que fossem isolantes térmicos e de baixo custo e, em 1924, o cientista sueco A. Eriksson desenvolveu a base para a produção do concreto celular autoclavado, iniciando-se sua produção industrial em 1929 em Yxhult (Suécia), sob a marca YTONG. O número de plantas industriais cresceu muito durante os anos de 1930 e, embora a Segunda Guerra Mundial ralentizou sua expansão, a produção de concreto celular autoclavado entre 1929 e 1975 aumentou mais de 4.200 vezes no mundo (BERNSTEIN, 2011). A partir daí o desenvolvimento continuou com variações na composição e produtos comerciais de marcas diversas, como o concreto celular com argila expandida como agregado leve (LECA). Desde 2013, o I.S.I.M, em parceria com o

grupo Bunker Tek.Sp.Ed vem desenvolvendo, dentre outros produtos para a construção, concreto celular com agente espumante e incorporando diversos tipos de resíduos. O grupo desenvolveu também equipamentos para a produção e bombeamento em obra. Dentro do projeto internacional, busca-se no presente estudo a utilização do resíduo fino de mármore e granitos, denominado de Ecofíler, como carga na produção de concreto celular. Trata-se de um estudo em andamento no qual para três misturas de concreto celular (duas misturas utilizando resíduos de rochas ornamentais, coletados em aterros da Região de Cachoeiro de Itapemirim no Estado do Espírito Santo e uma mistura padrão, sem adição de resíduos) são verificadas as propriedades em estado fresco e endurecido. O cimento é um tipo encontrado na região de Cachoeiro de Itapemirim, CP III-40RS da marca MIZU. Optou-se por utilizar o aditivo DRY 1, que é um aditivo plastificante e anti-retração de pega normal fornecido pela empresa Chimica Edile, também em Cachoeiro de Itapemirim. O ar é incorporado com um equipamento gerador de espuma, da marca Bunker modelo G100 AC, do Núcleo Regional do Espírito Santo – NRES/CETEM usando um agente espumante da marca LASTON fornecido pela equipe italiana. As três misturas são feitas com 50% cimento, 50% de resíduos finos, 3 partes de espuma de densidade 75-80 g/cm<sup>3</sup> e bastante água, resultando em alta relação água-cimento por causa da finura do Ecofíler utilizado. Os resultados da análise, agora em andamento, das propriedades dos concretos elaborados (*slump*, consistência, retração, resistência à compressão e velocidade de propagação de ondas ultrassônicas) serão apresentados no XSRONE.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018**. Disponível em: [http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Informes/Informe\\_01\\_2019\\_Balanco\\_2018.pdf](http://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2018/06/Informes/Informe_01_2019_Balanco_2018.pdf). Acessado em 20/07/2019.

BERNSTEIN, Saskia (2011): **Determination of reaction kinetics and mechanisms of 1.13 NM tobermorite by in-situ neutron diffraction**. Dissertation, LMU München: Faculty of Geosciences.

QUEIRÓZ, F. C.; CASTRO, N. F. Incorporação de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais em concreto autodensável como Ecofiller = Use of natural stones processing waste as Ecofiller in self-compacting concrete. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 6. Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. p.31-37.

SILVA, Cledson André de Oliveira. **Estudo de dosagem e avaliação de concreto celular com fins estruturais**. 2015. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

VASILAKAKIS, D., EDELMANN, F. T., & MÖRL, L. (2011). **Die Herstellung und Charakterisierung von Kupfer-, Chrom- und Titanoxidkatalysatoren auf Basis Porenbeton zur katalytischen Nachverbrennung von flüchtigen organischen Stoffen**. Tese Doutorado. Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Disponível em: <https://opendata.uni-halle.de/handle/1981185920/11355>. Acessado em 12/07/2019.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo de rochas ornamentais, concreto celular, Ecofíler.

## **ROCHAS ORNAMENTAIS NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR: GESTÃO DE RESÍDUOS EM UMA MARMORARIA**

*Jonas Ronald Silva<sup>1</sup>, Júlio César de Souza<sup>2</sup>, Suelen Silva Rocha<sup>3</sup>, Jorge Luiz Valença Mariz<sup>4</sup>, Augusto Marçal Alves de Barros<sup>5</sup>, Vinícius de Jesus Silva de Oliveira<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Administrador de Empresas, M.Sc. Eng<sup>a</sup>, jonasronald13@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro de Minas, Dr. Eng<sup>a</sup>./Docente, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, jcsouza@ufpe.br

<sup>3</sup> Engenheira de Minas, M.Sc. Eng<sup>a</sup>., Depto. Engenharia de Minas/UFPE, eng.suelen.rocha@hotmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro de Minas, M.Sc., PPGE3M/UFRGS, jorge\_valenca@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Eng. de Minas, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, augusto.mab.13@gmail.com

As rochas ornamentais e de revestimento definem na atualidade uma das mais promissoras áreas do setor mineral, apresentando crescimento significativo com representação percentual importante na pauta de exportações do setor mineral brasileiro. Tal crescimento resulta da diversificação dos produtos, de novas aplicações, das novas tecnologias de extração e otimização da produção e do forte investimento em tecnologia para melhoria da produtividade da produção, além do desenvolvimento de metodologias que visam o aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais em todas as etapas do seu processamento (ROSATO, 2013). No Brasil, a quantidade estimada da geração conjunta de resíduos relacionados à produção e beneficiamento de mármore e granitos é de 1,25 milhões de toneladas (ONOFRE et al., 2016). Nas marmorarias, apesar dos avanços tecnológicos, cerca de 30% da matéria-prima é transformada em pó e/ou fragmentos, os quais ficam depositados nos seus pátios ou são descartados diretamente no meio ambiente. Neste cenário, a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos gerados na industrialização das rochas ornamentais podem ser vistos como uma oportunidade de negócios ecologicamente viável, minimizando os grandes volumes dispostos em aterros, contribuindo para o desenvolvimento sustentável urbano e aumentando a vantagem competitiva da empresa frente ao mercado. Uma ferramenta para se conseguir implantar esta prática é um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), visto que seus pressupostos estão interligados à economia de insumos, soluções para o melhor aproveitamento da matéria-prima, utilização de resíduos de processos e sobras de matéria-prima e utilização eficiente da mão-de-obra e recursos da produção (ROSATO, 2013). Neste contexto, este trabalho objetivou desenvolver e implantar um SGA para reutilização dos rejeitos de uma marmoraria, buscando-se alternativas sustentáveis para a organização e destinação adequada de cada material. O estudo foi desenvolvido em uma marmoraria localizada na Região Metropolitana de Recife, no município do Cabo de Santo Agostinho-PE. As etapas de produção na marmoraria são o recorte de chapas, colagem, aplicação de acessórios, acabamento, conferência das peças prontas, limpeza final e entrega do produto para expedição. Os rejeitos são gerados nas operações de recorte de peças com detalhes, como arredondamento dos cantos de mesas, e a partir de chapas com fissuras ou quebras de peças. Os principais tipos de rejeitos são as tiras, os tampos oriundos do recorte de pias para colocação de cubas, pedaços (aparas e quebras) e o pó oriundo dos processos de corte e polimento. A metodologia foi executada durante visitas às instalações da empresa tendo como guia das entrevistas o proprietário da empresa e o encarregado do setor de produção. Foi

elaborado um modelo de gestão de resíduos junto à marmoraria, com metas a serem alcançadas de acordo com os materiais e tecnologias disponíveis na marmoraria, contemplando a reutilização dos rejeitos. Alguns procedimentos que auxiliam na redução da geração de resíduos relacionam-se com as condições de operação dentro do sistema produtivo. Assim, deve-se realizar a manutenção preventiva dos equipamentos utilizados para o acabamento, direcionar as peças sem condições de reparo ao ferro velho e encaminhar os insumos utilizados na produção e seus resíduos sólidos a empresas de reciclagem. A lama proveniente do processo de corte de chapas é composta por água mais o pó fino do processo de corte com discos diamantados. Deve-se separar o pó da água através do processo de decantação, permitindo a utilização do pó para fabricar compostos de resina, louças sanitárias e argamassas e na indústria de cerâmica vermelha, e o reuso da água nos setores produtivos da marmoraria para evitar a geração de poeira. Isso será possibilitado pelo fato de a empresa já estar montando em sua planta um decantador e um acumulador de água mais resíduo. A gestão dos resíduos sólidos, de acordo com o SGA elaborado, deve-se iniciar através da separação por cores e por tipo de rejeito. Os recortes de tampos e tiras podem ser aplicados no setor de construção civil, na construção de painéis e mosaicos para revestimentos horizontais (pisos) e verticais (paredes), na construção de fachadas e de logomarcas de empresas e em obras artísticas.

Os pedaços irregulares (aparas e quebras) podem ser britados para aplicação na construção civil na fabricação de concretos aparentes, de argamassas de revestimento aparente e de argamassa para área de jardins, aplicação em jardinagem, decoração de ambientes, fachadas residenciais, revestimento horizontal ou vertical através da técnica denominada *fulget* em ambientes externos ou internos (rampas, calçadas e entorno de piscinas) e fabricação de compósitos com resina acrílica. A marmoraria já reutiliza todo o rejeito na forma de pedaços, transformando os mesmos em seixos, pedras roladas e brita graúda para aplicação em jardinagem. Essa prática, aliada ao proposto pelo SGA, permite à empresa um retorno econômico e agregação de valor à produção, além dos benefícios ambientais e organizacionais. Neste contexto, pode-se concluir que o aproveitamento dos rejeitos produzidos nas marmorarias tem potencial econômico elevado, podendo gerar receitas significativas para as empresas através da produção de diversos tipos de produtos para aplicação nas áreas da construção civil, paisagismo e decoração de ambientes. Dessa forma, é imprescindível a motivação para que os empresários do setor de rochas ornamentais direcionem esforços para a adoção/implementação de modelos de gestão de resíduos sólidos que permitam a utilização desse material como matéria-prima para fabricação de novos produtos com evidentes benefícios econômicos e ambientais. Nesta perspectiva, pode-se inserir a indústria de rochas ornamentais no contexto da economia circular, onde o processo produtivo que tendia a seguir tendências lineares passa a ser caracterizado como um processo circular, o qual procura conciliar o modelo sustentável com o ritmo tecnológico e comercial do mundo moderno.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ONOFRE, S. B., et al. Marble and granite waste use in mortar and production in rcd concrete production. In: **Proceedings of International Symposium on Environmental Quality**. Porto Alegre/RS, October 2016.

ROSATO, C. S. O. **Salvador's marble industry**: a quantitative and strategic study on reuse and recycling of natural stone waste. MS Thesis, Postgraduate Program in Geology, Federal University of Bahia, 2013.

PALAVRAS-CHAVE: Rochas ornamentais, Sistema de Gestão Ambiental, economia circular.

## INDICADORES AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Mikaella Barbosa Cruz Moreira<sup>1</sup>, Gleicon Roberto de Sousa Maior<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus Cachoeiro*, mikabcruz@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor M.Sc., Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus Cachoeiro*, gleicon.maior@ifes.edu.br

A atividade de beneficiamento de rochas ornamentais, desde a extração do bloco até o acabamento final, é uma atividade altamente impactante, e, portanto, requer medidas de gestão e controle a fim de minimizar os impactos ambientais. Nesse sentido surgem os indicadores, cujo papel como ferramenta é o estabelecimento de uma visão de conjunto que exige um processo de avaliação de resultados em relação às metas de sustentabilidade estabelecidas.

Portanto, este trabalho tem como objetivo estabelecer indicadores de desempenho ambiental apropriados para as indústrias de Beneficiamento de Rochas Ornamentais e aplicar o método Pressão-Estado-Resposta (PSR) em uma empresa, de forma quantitativa e descritiva, a fim de analisar os diferentes indicadores de degradação ambiental e o grau de significância de cada um. Os indicadores desenvolvidos pelo modelo buscam responder a três questões básicas: o que está acontecendo com o ambiente (Estado); por que isso ocorre (Pressão) e o que a sociedade está fazendo a respeito (Resposta) (CARVALHO; BARCELLOS, 2010).

O estudo foi realizado em 2 etapas: caracterização do processo produtivo da empresa e seleção dos indicadores ambientais. O empreendimento estudado está localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim, e realiza a atividade de desdobramento, polimento e corte e aparelhamento de rochas ornamentais. Foram levantados 8 indicadores de pressão, para qual foram observados, respectivamente, o estado dos recursos naturais diante dessas pressões e a resposta administrativa relacionada à ação antrópica levantada.

Com o objetivo de quantificar o grau de importância de cada pressão, estado e resposta, e conforme proposto por Ribeiro et al (2012) em seu artigo, atribuiu-se “notas” aos indicadores, a partir de uma observação no local, considerando o impacto ambiental causado, com o intuito de uma maior aproximação dos indicadores à realidade (vide quadro 1).

Quadro 1 – Notas atribuídas ao modelo PSR (Adaptado de RIBEIRO, et al, 2012).

Pressão	Estado	Resposta
4 – Alta Pressão	4 – Altamente Negativa	8 – Muito Boa
2 – Forte Pressão	2 – Negativa	4 – Boa
1 – Fraca Pressão	1 – Sensível	2 – Fraca
0 – Sem Pressão	0 - Positiva	0 - Insatisfatória

Conforme proposto por RIBEIRO et al (2012), utilizou-se a equação 1 que possibilitou calcular a condição ambiental da atividade de beneficiamento de rochas ornamentais, facilitando a análise:

$$\text{Condição ambiental atual} = \text{Resposta} - (\text{Pressão} + \text{Estado}) \quad (1)$$

Com a tabela elaborada e suas respectivas notas atribuídas, calcularam-se os resultados das condições ambientais e verificaram-se quais indicadores tem maior significância na degradação do meio ambiente, conforme descritos no quadro 2:

Quadro 2 – PSR e Condição Ambiental Atual

Indicadores	Pressão	Estado	Resposta	Recuperação
<b>Lama de Beneficiamento de Rochas Ornamentais (LBRO)</b>	4	2	8	2
<b>Ruído</b>	2	2	8	4
<b>Vibração</b>	1	0	8	7
<b>Poeira</b>	2	0	4	2
<b>Casqueiros de rochas</b>	2	2	2	-2
<b>Contaminação do solo</b>	0	0	8	8
<b>Contaminação do lençol freático</b>	0	0	8	8
<b>Poluição Visual</b>	4	2	0	-6

A partir da análise dos dados, observa-se que dentre os oitos indicadores selecionados, somente dois estão com sua condição ambiental abaixo do esperado, o que corresponde à 25% do total, devido à falta de uma ação corretiva adequada.

Em suma, observa-se que a metodologia adotada neste trabalho, fornece informações relevantes relacionadas à gestão ambiental, tendo em vista que possibilita sua aplicação em qualquer circunstância cujo as ações antrópicas interferem no meio ambiente. Além disso, os indicadores ambientais possibilitam uma visão de conjunto, pois são consttuídos a partir dos problemas e da realidade existente, a fim de que se possa entender seus aspectos críticos, considerando as dimensões sociais, ambientais e econômicas, para a consolidação de uma sociedade sustentável.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÔAS, R. C. V. **Indicadores de sustentabilidade para a indústria extrativa mineral**: Estudos de Casos. Rio de Janeiro: Cetem / Mct / Cnpq, 2011.

CASTRO, N. F.; FREIRE, L. C. **Segurança e saúde na produção de rochas ornamentais**. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, João Pessoa, 2016.

CARVALHO, P. G. M. de.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. In: MAY, P. **Economia do Meio Ambiente**: Teoria e Prática. 3 ed. p. 99-132, Editora Campus. Rio de Janeiro, 2010.

RIBEIRO, A. I. et al. Utilização do modelo pressão, estado e resposta (per) no parque municipal da agua vermelha “João Cândio Pereira” – Sorocaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., Goiânia, 2012.

PALAVRAS-CHAVE: indicadores ambientais, beneficiamento de rochas ornamentais, gestão ambiental.

## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DOS CASQUEIROS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA USO EM CONCRETO

Bruno Alves Carlete<sup>1</sup>, Francisco Wilson Hollanda Vidal<sup>2</sup>, Núria Fernández Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas, IFES Campus Cachoeiro/CETEM-NRES, brunocarleti@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro de Minas, CETEM-NRES, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Engenheira de Minas, CETEM-NRES, ncastro@cetem.gov.br

Na cadeia produtiva de rochas ornamentais, durante o processo de serragem dos blocos em chapas, em torno de 14% do volume dos blocos serrados são transformados em resíduos grosseiros (VIDAL *et al*, 2013). De morfologia tabular e espessura de 7 a 15 cm, são conhecidos, no meio, como “casqueiros” e devem ser adequadamente dispostos em aterros licenciados até o surgimento de rotas de aproveitamento devidamente comprovadas, atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/2010). Formas alternativas de mitigar estes impactos ambientais estão sendo levantadas, entre uma delas, o uso dos resíduos para produção de agregados é visto como uma solução. O objetivo deste trabalho é testar a viabilidade técnica, com base na norma ABNT NBR 7211/2009, da utilização de resíduos grossos oriundos do desdobramento de blocos de rochas ornamentais, como agregados para uso em produtos de concreto. Foram utilizados casqueiros de diversos materiais comerciais e britados na usina piloto do NRES do CETEM. Os agregados obtidos foram caracterizados quanto à granulometria, massa específica, absorção d’água, resistência à abrasão “Los Angeles”, índice de forma, resistência ao esmagamento, massa unitária e do número de vazios, seguindo normas em vigência. A seguir, foram elaborados dois tipos de concreto (traço de acordo à Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP): um com agregados de rochas ornamentais e outro com agregados comerciais, e avaliadas sua trabalhabilidade (abatimento de tronco de cone) e resistência mecânica (compressão uniaxial).

Dos resultados da análise granulométrica, observou-se que o agregado graúdo está em maior proporção contido na zona ótima da fração considerada como brita 0 (zero) o que não desqualifica o agregado, uma vez que o conjunto de peneiras da planta de britagem pode ser ajustado para produzir na proporção desejada cada fração do agregado. Os resultados da caracterização, são apresentados na Tabela 1, verificando-se que os agregados produzidos atendem às recomendações das normas ABNT.

**Tabela 1.** Resultados da caracterização dos agregados de rochas ornamentais (Autores, 2019)

Ensaio	Recomendação das normas	Resultados no laboratório
Massa específica (ABNT NBR NM 53/2009)	>2,10 g/cm <sup>3</sup>	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Absorção de água (ABNT NBR NM 53/2009)	<7%	1,13%
Índice de forma (ABNT NBR 7809/2008)	< 3	2,11
Desgaste por abrasão (ABNT NBR NM 51/2001)	<50%	39,64%
Resistência ao esmagamento (ABNT NBR 9938/2013)	<29% (SABS 1083)	28,02%

Para fins de análise do desempenho do agregado em concreto, foram produzidos 2 traços de concreto segundo o método da ABCP. Um utilizando-se agregados convencionais e o outro utilizando os agregados de rocha ornamental. Para ambos os concretos foram encontrados valores de abatimento de tronco de cone de 12,5 cm, indicando que ambos apresentam a mesma trabalhabilidade. A resistência à compressão uniaxial mostra-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados ensaio de compressão uniaxial (Autores, 2019)

Concreto	7 dias	14 dias	28 dias
Comercial	25,36 MPa	32,68 MPa	30,60 MPa
	25,94 MPa	30,57 MPa	41,24 MPa
c/ agregado de rocha ornamental.	29,30 MPa	33,74 MPa	34,82 MPa
	26,48 MPa	31,95 MPa	30,15 MPa

Os resultados foram satisfatórios tendo se obtido um concreto de classe I de resistência C30 e classe S100 de consistência, podendo ser utilizado em elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto (ABNT NBR 8953).

Para o uso em elementos estruturais, deverão ser realizados ensaios complementares: ensaios de reação álcali-agregado, determinação de absorção do concreto, índices de vazios do concreto, massa específica e resistência à tração na flexão do concreto. Recomenda-se também investigar outros métodos de dosagem do concreto para possível redução do consumo de cimento, visando um menor custo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 7211.** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro. 2009. 9p.

\_\_\_\_\_ (2009). **NBR NM 53.** Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro. 8p

\_\_\_\_\_ (2001). **NBR NM 51.** Agregado graúdo – Ensaio e abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro. 6p

\_\_\_\_\_ (2008). **NBR 7809.** Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 3p

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui A Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera A Lei no 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998; e Dá Outras Providências.. Brasília, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)>. Acesso em: 05 out. 2017.

VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais – Pesquisa, Lavra e Beneficiamento.** 1.ed. Rio de Janeiro, Brasil: CETEM/MCTI, 2013.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos de rochas ornamentais, concreto, agregados.

## **APOIO DO GOVERNO FEDERAL AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E À EXTENSÃO TECNOLÓGICA PARA ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS (APL) DE BASE MINERAL – CASO APL DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

*Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>1</sup>, *Elzivir Azevêdo Guerra*<sup>2</sup>, *Tássia de Melo Arraes*<sup>3</sup>, *Cristina Ferreira Correia e Silva*<sup>4</sup>, *José Augusto Vieira Costa*<sup>5</sup>, *Francisco Diniz Bezerra*<sup>6</sup>, *Roosevelt Tomé Silva Filho*<sup>7</sup>, *Tiago Emmanuel Nunes Braga*<sup>8</sup> e *Nuria Fernández Castro*<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro de Minas, DSc, Tecnologista e Coordenador, CETEM, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>2</sup>Engenheiro de Minas, DrEng e Analista C&T, MCTIC/SEMPI, eguerra@mctic.gov.br

<sup>3</sup>Geóloga, MSc e Analista em C&T, MCTIC/SEMPI, tassia.araes@mctic.gov.br

<sup>4</sup>Geóloga, MSc e Analista em C&T, MCTIC/SEMPI, cristina.silva@mctic.gov.br

<sup>5</sup>Geólogo, DrSc e Analista de Infraestrutura, SEDEC/MDR, vieira.costa@mdr.gov.br

<sup>6</sup>Engenheiro, D. Sc., ETENE/BNB, diniz@bnb.gov.br

<sup>7</sup>Economista e Analista de Sistema, Pesquisador, IBICT, rtome@ibict.br

<sup>8</sup>Analista de Sistema, DrSc, IBICT, tiagobraga@ibict.br

<sup>9</sup>Engenheira de Minas, MSc. e Tecnologista Pleno, CETEM, ncastro@cetem.gov.br

A mineração de pequeno e médio porte apresenta, de uma forma geral e coletiva, vários gargalos, desafios e carências nas áreas de formalização (mineral, ambiental, trabalhista e tributária), qualificação e escolaridade de pessoas, gestão técnica e gerencial da organização da produção, de assistência e extensão tecnológica, de aplicação e/ou adequação de tecnologias existentes, de aproveitamento de resíduos, rejeitos ou coprodutos, de recuperação ambiental e de saúde e segurança ocupacional (BEZERRA, 2001). O Governo Federal principalmente vem, desde 2002, priorizando a aplicação da abordagem do Arranjo Produtivo Local - APL como estratégia de desenvolvimento e de políticas setoriais, de inovação e extensão tecnológica, desenvolvimento regional e industrial, capaz de contribuir com soluções coletivas e conjuntas destes gargalos, desafios e carências e de proporcionar melhoria de competitividade, de produtividade, de condições ambientais e de saúde e segurança ocupacional da mineração de pequeno e médio porte (GUERRA & VIDAL, 2009).

Atualmente, a instância responsável no Governo Federal por sua implantação e execução é o Comitê Temático Rede Brasileira de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral – CT RedeAPLmineral, que se encontra vinculado ao Grupo de Trabalho Permanente para Arranjos Produtivos Locais do Ministério da Economia – GTP APL/ME, e que é composto, além do GTP APL, pela Secretaria de Empreendedorismo e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - SEMPI/ME, que o coordena, pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Instituto de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT e Banco do Nordeste do Brasil – BNB (GUERRA, 2018a).

Este trabalho tem como objetivo apresentar as principais medidas, ações e iniciativas da política de desenvolvimento tecnológico, extensão tecnológica e inovação incremental para mineração de pequeno e médio porte organizada em APL, por meio de parcerias estabelecidas por órgãos governamentais federais, estaduais e municipais, institutos e centros tecnológicos, academia, instituições de apoio e financeiras, empresas e cooperativas, bem como os resultados

obtidos por meio de suas aplicações para APL de Rochas Ornamentais. Inicialmente, de forma esquemática, é apresentada a identificação e distribuição dos APL de base mineral por segmentos e regiões geográficas do País, bem como seu potencial de geração de empregos diretos (GUERRA, 2018b). Em seguida, destacam-se os resultados alcançados desta política por meio da descrição de casos selecionados como: a) a instituição de mecanismos de fomento aos APL de base mineral (GUERRA & VIDAL, 2009); b) a aplicação de tecnologias de corte de blocos de rochas ornamentais para o APL de Rochas Ornamentais do Espírito Santo (BEVILAQUA, 2003; CASTRO et al., 2011); e, c) o aproveitamento de resíduos da mineração e do beneficiamento em coprodutos ou produtos de valor agregado nos APL de Rochas Ornamentais de Santo Antônio de Pádua/RJ, do Bege Bahia/BA e do Calcário Cariri/CE (CASTRO *et al.*, 2009).

#### AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT, ao Banco do Nordeste do Brasil - BNB e à Secretaria de Empreendedorismo e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – SEMPI/MCTIC pelo apoio no desenvolvimento de política de inovação e extensão tecnológica para o desenvolvimento de APL de base mineral.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEVILAQUA, T.M. **Informe do Programa para o Desenvolvimento em Rede do Setor de Rochas Ornamentais do Espírito Santo**: Concepção, Realização e Metas para 2003. Fev. 2003. 8 p.

BEZERRA, F.D. **Perfil da Indústria Cerâmica Vermelha do Nordeste**. BNB/ETENE, 2001, 12 p.

CASTRO, N.F.; BABISK, M.P.; VIDAL, F.W.H. APL's de rochas ornamentais: estudo de casos. In: XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste/N.F. Castro, F.H. Vidal (Orgs). – **Anais ...** Fortaleza: CETEM/MCT, 2009, pp. 19 – 30.

CASTRO, N.F., MARCON, D.B., FREIRE, L.C., LIMA, E.F. & ALMEIDA, P.F. de. Impacto do APL de Rochas Ornamentais do Espírito Santo nas Comunidades. In: **APL's - Recursos Minerais Sustentabilidade Territorial** - p. 139-176, v. II, 2011

GUERRA, E.A.; VIDAL, F.W.H. Promoção pelo MCTI da inovação tecnológica em micro e pequenas empresas de mineração organizadas em Arranjos Produtivos Locais (APL) de base mineral. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 23, 2009, Fortaleza, CE. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2009. p.38-59.

GUERRA, E.A. **Comitê Temático CT RedeAPLmineral**. Apresentação realizada na Reunião Plenária GTP APL e Núcleos Estaduais de APL, 02 de fevereiro de 2018, GTP APL/MDIC, Brasília, DF, 2018a.

GUERRA, E.A. **Experiência do Governo Federal em Assistência e Extensionismo Tecnológico e Mineral em APL de Base Mineral**. Apresentação realizada no XV Seminário Nacional de APL de Base Mineral e XII Encontro CT RedeAPLmineral, 05 a 07/12/2018, IFRN, Natal/RN, 2018b.

PALAVRAS-CHAVE: APL de base mineral, desenvolvimento tecnológico, extensão tecnológica.

## SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM GOIÁS: ASPECTOS PRELIMINARES

*Márcio Henrique Alves<sup>1</sup>, Giselle Paula Guimarães Castro<sup>2</sup>, Sólon Bevilacqua<sup>3</sup>, José de Araújo Nogueira Neto<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Eng. Civil, Pós-Graduação em Eng. de Produção, FCT-UFG, marcio.alves@ufg.br

<sup>2</sup>Eng. Civil, Pós-Graduação em Eng. de Produção, FCT-UFG

<sup>3</sup>Economista, FCT-UFG

<sup>4</sup>Geólogo, FCT-UFG

O estado de Goiás tem vasto campo a ser explorado na área da gestão de produção do setor mineral, uma vez que apresenta um potencial mineral enorme. Contudo, responde de maneira tímida na produção de rochas ornamentais no Brasil, produzindo em torno de 200.000 toneladas, com destaque para os granitos, quartzito e serpentinito. Mesmo com sua imensa fonte de material, Goiás ainda não configura entre os dez principais exportadores brasileiros de rochas ornamentais.

O presente trabalho objetiva caracterizar e analisar soluções de viabilidade da exploração de granitos ornamentais no estado de Goiás, visto que o sistema minerário brasileiro necessita de adequações para incremento das atividades produtivas do setor, com a identificação de ações voltadas ao desenvolvimento e eficiência da produção dos granitos para exportação.

As soluções de logística e adequação para o mercado de exportação, bem como empreender em novas soluções de transporte do material, são fatores marcantes para o crescimento do setor. O estado, por se posicionar distante dos principais portos, depende muito da malha viária para viabilidade de venda dos produtos, de modo que o alto custo de transporte acaba sendo um impasse para as empresas de mineração ali instaladas. Por outro lado, uma nova ferrovia vem sendo implantada, denominada de “Ferrovia Norte Sul”, poderá viabilizar de maneira significativa a questão de transporte, ensejando novas perspectivas para o mercado de exportação e importação na região.

Os estados de Espírito Santo, Minas Gerais e Ceará são importantes polos de produção de rochas ornamentais no Brasil (ABIROCHAS, 2018), para comercialização em blocos, é registrado um comportamento empreendedor maior que na região centro oeste do país. Além disso, este comportamento está associado à utilização de alta tecnologia para extração, que proporciona uma maior exportação, resultando em um arranjo setorial qualificado, reduzindo custos e acrescentando eficácia geral da produção (SLACK, CHAMBERS, & JOHNSTON, 2018).

Em Goiás foram requeridos nos últimos dois anos, mais de 160 pedidos de extração de minerais no estado, mas nota-se que apenas um pouco mais de uma dezena de pedreiras encontra-se em produção. Tal comportamento é decorrente de gargalos que o setor encontra na fase de pesquisa, comprometendo as etapas posteriores que levam efetivamente a extração de material.

Objetivamos caracterizar os processos em nível de extração e beneficiamento, propondo possíveis caminhos de melhor utilização dos recursos e estabelecer componentes estratégicos para expansão através de redes e cooperativas. Concluímos que um movimento em prol da formulação de modelos de desenvolvimento viabiliza uma relação harmônica entre os fatores econômicos sociais e ambientais atreladas ao processo da produção mineral, deste modo, segundo Quelhas,

Filho e Meiriño (2008) existe a necessidade de desenvolver o processo de inovação e com relação a sustentabilidade, construir conceitos e ideias estratégicas do ponto de vista econômico, através de modelos de produção respeitando os recursos ambientais e os sistemas de regulação, tornando peça fundamental no processo de crescimento do setor no país.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS - ABIROCHAS. **O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais**. Brasília, 2018, 34 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2018.

QUELHAS, O. L. G.; FILHO, C. A.; MEIRIÑO, M. J. Responsabilidade Social, Ética e Sustentabilidade na Engenharia de Produção. In: BATALHA, Mário Otávio (Org.). **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 273-303.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais, granito, Goiás.

## **DESEMPENHO DA ATIVIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL NO DECÊNIO 2009-2018**

*Francisco Diniz Bezerra*

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente e Pesquisador do BNB/ETENE  
diniz@bnb.gov.br

Este artigo teve por objetivo apresentar uma panorâmica do desempenho da atividade de rochas ornamentais no Brasil durante o decênio 2009-2018. Para tanto, empreendeu-se pesquisa de dados de emprego na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e no Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), e de comércio exterior, disponibilizados atualmente no Ministério da Economia.

No decênio analisado, dois ciclos são nitidamente distintos no que concerne à geração de emprego: nos primeiros seis anos (2009-2014), observou-se expansão da atividade à razão média de 5,8% a.a., tendo o ápice ocorrido em 2014, com saldo de 63.960 vínculos, enquanto nos quatro anos seguintes (2015-2018), constatou-se retração à razão média de -3,9% a.a., chegando a atividade no final de 2018 com o estoque de 54.549 vínculos ativos (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019a; 2019b). Contudo, a retração pós-2014 não anulou por completo o ganho de empregos verificado no primeiro ciclo, tendo o decênio fechado com 9.009 vínculos a mais do que o estoque existente em 31/12/2008.

No que concerne ao desempenho estadual na atividade, os dados de emprego retrataram a liderança do Espírito Santo em todo o período. Esse estado detém a maior participação na extração e no beneficiamento primário (serrarias), tendo em 2018 registrado 32.914 empregos formais, 30,2% do total do setor (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019b).

No comércio exterior, o desempenho da atividade de rochas ornamentais também teve dois momentos distintos: uma fase de expansão (2009-2013), tendo alcançado o ápice em 2013, quando foram exportados US\$ 1.302 milhões, e outra de retração (2014-2018), registrando US\$ 984 milhões no final do decênio analisado.

Desse total exportado em 2018, os produtos beneficiados responderam por 78% enquanto as matérias-primas corresponderam a 22% (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019c).

A maior parte das exportações brasileiras de produtos beneficiados destinam-se aos Estados Unidos e de matéria-prima para a China. A liderança das exportações de rochas ornamentais cabe ao Espírito Santo, responsável por 81% do total registrado em 2018 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2019c).

O estudo concluiu, a partir da análise temporal dos dados de emprego e de exportações, que a atividade de rochas ornamentais sofre os efeitos da crise econômica que assola o País desde meados da década atual, por conta da queda expressiva da Construção Civil, estando sendo afetado também pela retração das exportações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Base de dados RAIS**. Disponível em: <<http://pdet.mte.gov.br/acesso-online-as-bases-de-dados>>. Acesso em 14 set. 2019a.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Base de dados CAGED**. Disponível em: <<http://pdet.mte.gov.br/acesso-online-as-bases-de-dados>>. Acesso em 14 set. 2019b.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Base de dados ComexStat**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em 14 set. 2019c.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais, exportações, emprego.

## **PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO ÂMBITO DO APL-PEDRA CARIRI NO CEARÁ**

*Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>1</sup>, *Nuria Fernández Castro*<sup>2</sup>, *Kayrone Marvila de Almeida*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Tecnologista Pleno, CETEM/MCTIC, ncastro@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Pesquisador, CETEM/MCTIC, kayronemarvila@gmail.com

O calcário laminado "Pedra Cariri" é explorado comercialmente há mais de 45 anos no sul do estado do Ceará e já chegou a ter quase 300 frentes de lavra, nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri (CASTRO; CARVALHO, 2006). Desde 1972, quando foi construída a primeira serraria, toda de madeira, para produzir lajes com cortes lineares e esquadrejados até 2018, quando foi inaugurado o Centro de Tecnologia Mineral do Cariri, uma unidade de beneficiamento para a agregação de valor de produtos e redução de perdas, a produção desse calcário passou por muitas mudanças. A extração da Pedra Cariri iniciou-se e foi realizada, durante muitos anos, de forma rudimentar: os trabalhadores, com talhadeiras e marretas, extraíam das jazidas a "pedra lascada", para uso local inicialmente e como forma de sustento, a partir dos anos de 1970, em uma região com baixos índices de desenvolvimento. Áreas eram arrendadas irregularmente e frentes clandestinas surgiam em diversos pontos em uma região, a Chapada do Araripe, de importância paleontológica mundial pela quantidade, variedade e qualidade dos fósseis lá encontrados. Nos anos 90 do século passado, após várias décadas de exploração irregular, desorganizada e predatória, por empresas ou indivíduos despreparados, os problemas ambientais, a concorrência desleal entre os produtores, e o contrabando de fósseis, facilitado pela abertura das frentes, podiam levar ao fim das atividades e as associações de produtores buscaram apoio do governo para sua regularização e manutenção. Devido à grande importância socioeconômica da mineração na região, que empregava ao redor de 1.500 pessoas, iniciaram-se ações, por parte do governo estadual, para a regularização das áreas exploradas e para a melhoria dos métodos de produção. No início dos anos 2000, foi aplicada a metodologia de Abordagem Participativa na região, e elaborada uma matriz de problemas e soluções para o desenvolvimento da produção da Pedra Cariri. Isto permitiu o diagnóstico da situação e a formação de uma Plataforma Tecnológica integrada por técnicos de órgãos estaduais e federais, universidades e associações de produtores de rochas ornamentais que, finalmente, levou à inserção da produção local de calcário no Programa de apoio aos Arranjos Produtivos Locais – APLs do Governo Federal (CASTRO, 2009). Em 2005, iniciou-se o trabalho de implementação do APL - Pedra Cariri, cujo objetivo foi desenvolver tecnologias e inovações para agregar valor à cadeia produtiva e viabilizar o aproveitamento sustentável dos recursos, por pequenas empresas da região. O foco principal era minimizar ou erradicar os graves problemas que inibiam o desenvolvimento das atividades de extração e beneficiamento (CETEM, 2006).

A primeira etapa do projeto foi a formalização da cooperativa dos produtores da Pedra Cariri – COOPEDRAS, com 33 empresas associadas, obrigatória para a regularização das áreas de extração. No decorrer do trabalho foram executadas ações de melhoria como: implementação do modelo de governança; regularização das áreas de extração; estudo dos depósitos de calcário da região;

caracterização tecnológica do calcário do Cariri; melhoria do processo da lavra; melhoria do processo de beneficiamento; tratamento de efluentes; identificação de possibilidades de aproveitamento dos resíduos em calcário agrícola, ração animal, cerâmica (esmalte), agregado para revestimento asfáltico, borracha, cimento e argamassa; recuperação de áreas degradadas; educação e conscientização ambiental; preservação e divulgação do patrimônio natural e paleontológico; e capacitação técnica, gerencial e de marketing, com a criação da marca. Um dos pontos principais foi a mecanização da extração e o beneficiamento. Na lavra manual, era inserida uma alavanca entre as lâminas horizontais de calcário, e erguida até o rompimento de placas de dimensões irregulares, com muitas perdas. Para a melhoria dessa etapa foi desenvolvida uma serra de piso, com a qual a rocha é cortada por uma serra diamantada vertical até profundidades de 12 a 15 cm, traçando-se uma quadrícula de 50 cm x 50 cm, o que permite a extração de lajotas quadradas que são subdivididas em placas seguindo a foliação natural do calcário. A etapa de beneficiamento foi melhorada com o desenvolvimento de três tipos de máquinas específicas para esse material, por uma empresa de origem italiana com fábrica em Fortaleza. Foram construídas duas de cada tipo: esquadrejadora automática, para acertar as arestas das placas mantendo a regularidade dimensional; calibradora, para o desbaste superficial das placas, mantendo a regularidade de espessura; e refilatriz, para produção de mosaicos (CASTRO, 2009). Os equipamentos foram instalados no galpão industrial do Centro de Tecnologia Mineral do Cariri, projetado para uso dos produtores da cooperativa criada pelo projeto e inaugurado em 2018, pelo Governo do Estado do Ceará.

A produção da Pedra Cariri pode ser um vetor de desenvolvimento sustentável na região. Essa atividade de importância socioeconômica no interior do Ceará, conta hoje com condições tecnológicas e legais de agregar valor aos produtos e de reduzir os impactos ambientais mediante o aproveitamento dos resíduos. Sua evolução, mesmo menos rápida que desejado, valida e justifica o apoio dado por instituições de governo em nível, federal, estadual e municipal ao longo dos anos e, principalmente, a implementação do Arranjo Produtivo Local do Calcário do Cariri.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, N.F.; CARVALHO, E. A. Estudo preliminar para o tratamento de efluente de serrarias e calibradoras para o calcário laminado de Nova Olinda e Santana do Cariri. **Relatório interno elaborado para a CATE/CETEM – MCT (RI2006-0-00)**. CETEM, Rio de Janeiro. 2006.

CASTRO, N. F. **Planejamento e Ordenamento das Atividades de Mineração de Calcários no Arranjo Produtivo Local do Cariri – CE**. 2009. 355p.il. Dissertação (Mestrado em Geologia) - UFRJ/ IGEO/ Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Rio de Janeiro, 2009.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (Brasil). Ministério da Ciência e Tecnologia. RT2006-041-00 . Caracterização Geológica e Tecnológica dos Calcários da região do Cariri cearense. Relatório Técnico do Projeto APL de acordo com o convenio FINEP/FUNCAP n. 2678/2004. Rio de Janeiro, nov. 2006.

PALAVRAS-CHAVE: Pedra Cariri, calcário, APL.

## **OS DESAFIOS PARA O APROVEITAMENTO DA ROCHA QUARTZITO EM BASES SUSTENTÁVEIS EM JUNCO DO SERIDÓ, PB**

*Antônio Pedro Ferreira Sousa<sup>1</sup>, José Cesar de A. Costa<sup>2</sup>, Daniel Diniz Sousa<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professor, UAMG/CTRN/UFCG, apedrogalo@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Professor, UAMG/CTRN/UFCG, jcesar\_acosta@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro de Minas, Consultor, danieldiniz14@hotmail.com

O segmento da mineração em pequena escala tem crescido gradativamente nos últimos anos no Brasil, servindo de base para o fortalecimento de diversas cadeias produtivas de vários setores industriais. Segundo dados do DNPM/MME em 2016, aproximadamente 87% dos empreendimentos minerais em atividade no País são de micro e pequeno porte, e a produção mineral desses empreendimentos chegam a valores consideráveis por ano, com a geração de milhares de postos de trabalho.

Por outro lado, observa-se que, em linhas gerais, os micros e pequenos empreendimentos mineiros lavram pequenos depósitos minerais, com conhecimento geológico superficial, baixo grau de mecanização, uso de tecnologias inadequadas, sem o devido acompanhamento técnico, agregam baixo valor a seus produtos, possuem pouco conhecimento de mercado e apresentam estrutura de comercialização incipiente.

Nesse contexto, os micros produtores, responsáveis por esse segmento, ampliaram a produção mineral, desenvolvendo suas atividades em sua maioria na informalidade, com reflexos na arrecadação, na produtividade, na geração de impactos ambientais, na saúde e na segurança do trabalhador (SOUSA, 2018).

Na Província Pegmatítica da Borborema/Seridó é identificado, além de uma variedade de minerais de pegmatitos, um tipo de rocha ornamental denominada quartzito, que é usada em revestimento de piscinas, revestimento de fachadas, paredes internas, mesas, pisos e o uso dos seus resíduos na produção de argamassa. O aproveitamento desses bens minerais tem um peso marcante na economia de alguns municípios da região, a exemplo de Junco do Seridó e Várzea, no Estado da Paraíba (SOUSA, 2012)

A importância do aproveitamento da rocha quartzito para a economia do Município de Junco do Seridó, PB, é indiscutível, porém o seu aproveitamento é ainda rudimentar, desenvolvido com elevado grau de informalidade e propicia também a geração de grande quantidade de resíduos nas operações de lavra e de beneficiamento. Esses resíduos estão dispostos de forma inadequada no piso das frentes de lavra e no entorno das serrarias, onde são formadas grandes pilhas de resíduos nas suas proximidades, até então, sem nenhuma utilização. Este cenário prejudica o desenvolvimento sustentável dessa atividade na região, causando conflitos com a comunidade e com os órgãos de fiscalização.

A partir de 2008, com a execução das ações estabelecidas nos projetos “Desenvolvimento da Pequena Mineração do Seridó Paraibano no Âmbito do Arranjo Produtivo Local – APL de Pegmatitos e Quartzitos” e “Tecnologias Avançadas para o Aproveitamento dos Quartzitos de

Várzea, PB”, foram implantadas as primeiras ações voltadas para a formalização de áreas mineradas na Mesorregião do Seridó e para agregar valor à produção mineral de quartzito. Entretanto, apesar das ações exitosas desses projetos, os empreendimentos dos pequenos mineradores apresentam graves problemas de gestão empresarial e financeira. As operações nas frentes de lavra de quartzito nas áreas mineradas continuam sendo executadas de forma desordenada, ausência de acompanhamento técnico por profissionais habilitados, alto nível de sonegação, recolhimento incorreto da CFEM, e, por conseguinte, com poucos ganhos para os pequenos mineradores, para as comunidades locais e para a sociedade.

Esses projetos desenvolvidos pela UFCG e pelo CETEM, em parceria com outras instituições, possibilitaram aos pequenos mineradores os seguintes resultados:

- O acesso à obtenção de três títulos minerários de áreas de quartzito;
- Foram adquiridos e disponibilizados para os pequenos mineradores dezenas de equipamentos de corte para a fabricação de mosaicos de quartzito;
- Agregar valor de forma considerável (mais de 100%) às lajes de quartzitos bruto extraídas das frentes de lavra das áreas formalizadas;
- Desenvolvimento de tecnologia para o aproveitamento dos resíduos de quartzito, existentes em grandes volumes nas frentes de lavra e nas unidades de beneficiamento;
- Sugestão de um modelo de gestão, a partir da organização social e produtiva dos pequenos mineradores no território do Seridó pesquisado;
- Inserir os diversos tipos de quartzito do Seridó no mercado mais sofisticado e de alto padrão (CETEM, 2017).

Neste trabalho, será realizada também uma abordagem sobre as ações que foram desenvolvidas no âmbito de outro projeto: “O Projeto Integrado de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Voltado para o Aproveitamento Racional e Sustentável de Minerais de Pegmatitos e Rochas de Quartzitos”, desenvolvido pela UFCG em parceria com o CETEM, de 2012 a 2016. Ao mesmo tempo, será apresentada uma experiência exitosa, constituída pela caracterização tecnológica e estudos mais detalhados de um depósito, em volume considerável de quartzito, situado na Serra da Carneira, no Município de Junco do Seridó. Por fim, serão feitas algumas recomendações para o aproveitamento em bases sustentáveis dessa rocha quartzito.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOUSA, A P. F. et al. Uma Estratégia para o Aproveitamento Sustentável dos Quartzitos de Várzea/PB. 7º Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto & 7º Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea. Belo Horizonte: IBRAM, 2012.

SOUSA, A P. F. et al. A Formalização da Mineração em Pequena Escala no Seridó PB/RN e a Sustentabilidade dessa Atividade. 9º Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto & 9º Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea. Belo Horizonte: IBRAM, 2018.

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (Brasil). Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. RRM0019-00-17 – Projeto Integrado de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Voltado para o Aproveitamento Racional e Sustentável de Minerais de Pegmatitos e Rochas de Quartzitos. Relatório Técnico do Projeto. Rio de Janeiro, fevereiro de 2017.

PALAVRAS-CHAVE: Quartzito, Bases Sustentáveis, APL



# X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

TECNOLOGIA

## AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO DIAMANTE SINTÉTICO NOS TEARES MULTIFIOS DIAMANTADOS

*Mateus Valentim Simmer Sapeletto*<sup>1</sup>, *Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas, Pós-graduando em Tecnologias de Produção de Rochas Ornamentais, IFES  
[mateussapeletto@gmail.com](mailto:mateussapeletto@gmail.com)

<sup>2</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, [fhollanda@cetem.gov.br](mailto:fhollanda@cetem.gov.br)

Nos últimos anos uma nova tecnologia de corte vem se destacando no setor de rochas ornamentais, por sua rapidez e economia, ganhando cada vez mais adeptos, o tear multifio diamantado. Seu surgimento teve como base o sucesso com o uso do fio diamantado na lavra de rochas ornamentais. O equipamento é constituído de uma estrutura metálica sustentada por colunas envolvendo o bloco de rocha. Os fios diamantados se dispõem de forma equidistante e tencionados e que realizam o movimento circular entrando em contato com o bloco, proporcionando o seu desdobramento. O corte realiza-se com o movimento de rotação e translação do fio diamantado em contato com a rocha, utiliza-se água no processo para refrigeração da interface fio/rocha e a remoção dos fragmentos oriundos do corte (VIDAL *et al.* 2014). Tal procedimento é embasado no empirismo, com pouca base tecnológica, mostrando a necessidade do desenvolvimento de pesquisas para a melhoria do conjunto fio/máquina.

Devido à grande demanda de utilização de fios diamantados, é crescente a busca e o surgimento de novas linhas de pesquisas voltadas para desenvolvimento tecnológico da produção de ferramentas diamantadas de corte com melhores propriedades, como a alta capacidade de corte e a resistência ao desgaste (MOREIRA JUNIOR, 2013).

Para se avaliar as variáveis de influência no comportamento do diamante sintético empregado no fio diamantado usado no corte de rochas ornamentais em teares multifio, deve-se considerar:

- **Tensão e torção de serviço:** para garantir a planificação das faces e o desgaste homogêneo dos fios, são aplicadas tensões e torções aos fios. Sabe-se que tais fatores estão diretamente ligados à abrasão e também ao fator pulsação, que influencia o impacto entre os elementos;
- **Velocidade de serviço:** apesar dos fabricantes estipularem uma faixa de velocidade de serviço, sabe-se que não existe um parâmetro definido, além de a faixa de aplicação ser consideravelmente elevada, entre 0 e 32 m/s;
- **Tipo de rocha beneficiada:** os tipos de rochas ornamentais desdobrados pelas empresas e/ou pelo equipamento, são muito variados, haja vista que a dureza de cada material rochoso tem relação direta ao desgaste do conjunto de fios;
- **Resfriamento:** a amplitude do ciclo retração/dilatação está diretamente ligada à quantidade de micro descontinuidades em materiais de dureza elevada como o diamante sintético. O resfriamento, que é função do consumo de água da máquina, é uma variável muito importante a ser estudada, pois quanto mais os fios permanecerem com baixas variações de temperatura, tenderá a uma maior vida útil.

A Tabela 1 a seguir demonstra a leitura e registro dos dados obtidos nas empresas durante o trabalho de campo.

**Tabela 1-** Parâmetros de trabalho obtidos em campo.

Empresa	Multifio	Modelo de Fio	$\sigma$ (Mpa)	Velocidade Linear (m/s)	Vel. de Decida (cm <sup>2</sup> /h)	Torção (voltas/m)
Angraex	Bidese	Boart Wire	2,05	29,7	40	1,3
Bramagran	Pedrini	Skystone	7,15	30,5	38	1,2
Cajugran	Bidese	Boart Wire	2,7	30	45	1,3
Colodetti	Gaspari	Skystone	4,27	31,5	46	1,2
Maméri	Bidese	Boart Wire	2,75	30	45	1,3
MM2	Hedel	Sindiam	0,7	30	47	1,5
Pazigran	Ramos	Skystone	0,7	30,5	47,5	1,2
Semagral	Simec	Diamant Boart	3,9	31	36,5	1,4
Unimagral	Ramos	Skystone	0,7	30,5	42	1,2
<b>Média</b>			2,77	30,41	43,00	1,29
<b>Desvio</b>			2,12	0,57	4,04	0,11
<b>Coefficiente de variação (%)</b>			76,7	1,9	9,4	8,2

Espera-se obter mais dados técnico-científicos que possam sugerir uma melhor metodologia de operação do equipamento, aumentando a vida útil do diamante sintético e do fio diamantado assim como a qualidade da serragem e, conseqüentemente, melhorando a capacidade de corte em função da perda de massa do fio, visando a redução dos custos de operação. Com isso, os dados obtidos podem servir também de base para futuros estudos além do auxílio às indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais e à outros setores que adotam a tecnologia do tear multifio diamantado.

#### AGRADECIMENTOS

Aos Profs. do curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Produção de Rochas Ornamentais do Ifes - campus Cachoeiro e também os sinceros agradecimentos ao Cetem, FAPES e Capes pelo apoio a pesquisa.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOREIRA JUNIOR. V. **Processamento e caracterização de pérolas de fios diamantados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados. Campos dos Goytacazes, 166 p., 2013.

VIDAL, F. W. H; PINHEIRO, J. R.; CASTRO, N. F.; CARANASSIOS, A (in memoriam). Lavra de rochas ornamentais. In: **Tecnologia de Rochas Ornamentais**. VIDAL, et al. (Org.). Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.

**PALAVRAS-CHAVE:** diamante sintético, fio diamantado, pérola diamantada.

## INFLUÊNCIA DO ARCABOUÇO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL COM O IAEG DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Valter Salino Vieira <sup>1</sup>, Diego Guilherme da Costa Gomes <sup>2</sup>, Sergio Azevedo Marques de Oliveira <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geólogo D. Sc, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, valter.vieira@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Geofísico, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, diego.gomes@cprm.gov.br

<sup>3</sup> Geólogo, Serviço Geológico do Brasil-CPRM, sergio.azevedo@cprm.gov.br

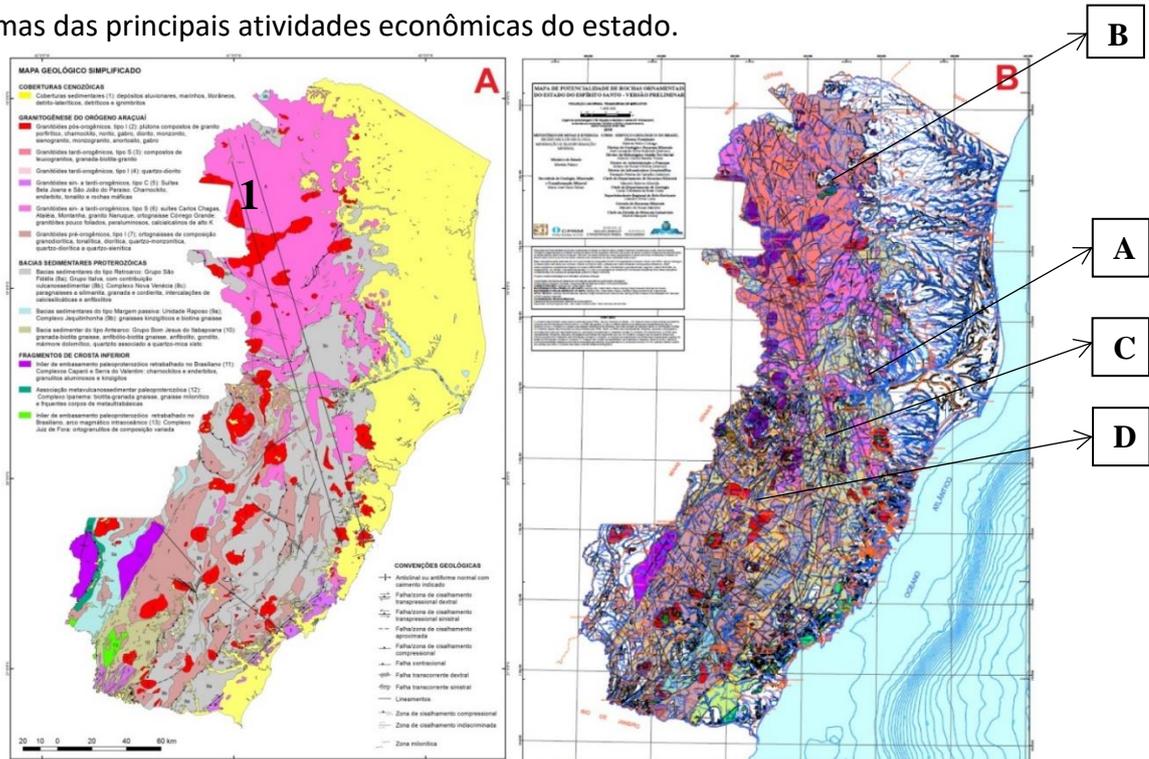
O estado do Espírito Santo está situado na porção mais setentrional do sistema orogênico Mantiqueira, com destaques para os orógenos Araçuai, na porção oeste, e Ribeira, na porção sul, ambos associados à orogênese brasileira. O Orógeno Araçuai se estende do Cráton do São Francisco ao litoral atlântico, aproximadamente, entre os paralelos 15<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> Sul e meridianos 40<sup>o</sup> e 42<sup>o</sup> Oeste, com *trend* estrutural NNE-SSW. O Orógeno Ribeira se estende aproximadamente entre os paralelos 21<sup>o</sup>S e 25<sup>o</sup>S, com *trend* estrutural NNE-SSW.

No estado do Espírito Santo não existem trabalhos voltados para as determinações das tensões *in situ* nas minerações de extração de rochas ornamentais, revelando nenhum interesse por assunto tão importante, podendo-se concluir a elevada incerteza que prevalece no estudo das extrações de blocos de rochas ornamentais e o empirismo que domina na sua execução.

No estado do Espírito Santo correm vários alinhamentos que atuam diretamente nas rochas da região influenciando diretamente na extração das rochas ornamentais (Fig. 1A). Dentre as feições morfo-estruturais presentes no estado capixaba pode-se citar: **Feixe de lineamentos Colatina**, antes conhecido como Alinhamentos Vitória-Ecoporanga ou Faixa Vitória-Colatina, que corresponde a um conjunto de longos lineamentos de direção N15W ou AZ345, que se instala em uma faixa de terreno de aproximadamente 30Km de largura por 200Km de comprimento, compreendida entre as cidades de Vitória e Ecoporanga. As minerações cujas rochas estão afetadas por este feixe experimentam elevado grau de fraturamento observado em bancadas/pranchas, o que diminui muito a recuperação das reservas que em alguns casos atinge 7 a 13% de recuperação (Ex.: Norito São Gabriel da Baunilha – IAEG = 74, Fator de Fraturamento=4 – Fig. 1B-A). Este feixe também afeta muitas minerações na região de Ecoporanga no noroeste do estado. O IAEG (Índice de Atratividade Econômica Geológica) é composto por: Fator Cor – FC; Fator Textura – FT; Fator Homogeneidade – FH; Fator Fraturamento – FF; Fator Modo de Ocorrência – FM; Fator Estrutura – FE; Fator Nobreza – FN; Fator Dureza – FD e Fator Infra-estrutura – FI. As notas desses fatores foram atribuídas para cada unidade geológica através das observações efetuadas em trabalhos de campo e visitas as principais minas do estado.

Neste arcabouço geológico-estrutural identifica-se: a) **Compressão** indicada pelos marcadores cinemáticos de granada com formação de micro falhas observadas na Mineração do Grupo Tomazini-Gramazi (Fig. 1B-B); b) **Fraturas de Riedel** – Observadas na Mineração Granito Laranjeira – Charnockito – nome comercial: Verde Labrador (Fig. 1B-C); c) **Fraturas de Alívio** – Observadas na Mineração Cedros Ltda – ME, Granito do Tipo S, nome comercial: Crema Bordeaux/Crema Bordeaux Gold (Fig. 1B-D)- Charnockito intensamente fraturado; d) **Boudins**

explicitando o estágio rúptil da deformação – observadas na Mineração Cedros Ltda - ME (Coord. Fig. 1B-D). Dentre outras discontinuidades pode-se citar: 1. **Zona de Cisalhamento Guaçuí** de direção NNE-SSW, que ocorre na porção oeste do estado; 2. **Falha de Batatal**, que se estende a localidade de Alfredo Chaves, passa por Marechal Floriano terminando nas proximidades da Santa Leopoldina, ao norte; 3. **Alinhamento Alto Mutum Preto**, ocorrendo na localidade de Itapina, a sul, até a localidade de Ecoporanga, ao norte e as zonas de cisalhamento **Pancas e Barra do Piraí**. Todas as feições citadas influenciam diretamente no fraturamento dos maciços e, conseqüentemente, afetam umas das principais atividades econômicas do estado.



**Figura 1:** **A** – Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo Simplificado a partir de Vieira *et al.* (2014). 1= Feixe de Lineamentos Colatina; **B**- Mapa de Potencialidade de Rochas Ornamentais do estado do Espírito Santo – Versão Preliminar (VIEIRA *et al.*, 2018). Unidades em branco= corpos sem interesse imediato para prospecção. Unidades coloridas= corpos potenciais para extração de rochas ornamentais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CPRM, em especial à DIMINI e DEREM pela oportunidade que nos foi dada ao estudar as rochas ornamentais ligadas ao importante setor de Rochas Ornamentais capixaba.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIEIRA, V. S. *et al.* Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo – Escala 1:400.000. Belo Horizonte: CPRM, 2018. Disponível em: [www.cprm.gov.br/rigeo](http://www.cprm.gov.br/rigeo). Acesso em: 01 jul.2019.

VIEIRA, V. S., Gomes, D. G. C. Mapa de Potencialidade de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo: Versão Preliminar. Belo Horizonte: CPRM, 2018. Disponível em [www.cprm.gov.br/rigeo](http://www.cprm.gov.br/rigeo). Acesso em 01 jul.2019.

**PALAVRAS-CHAVE:** estado do Espírito Santo, rochas ornamentais, Arcabouço-Estrutural, IAEG.

## DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE ENERGIA ESPECÍFICA DE COMINUIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO DE GRANITOS

*Belarmino Barbosa Lira*<sup>1</sup>, *Gabriela Soares de Lira Gomes*<sup>2</sup>, *Joseane de Lima Batista*<sup>3</sup>, *Orlando Gabriel de Lima Almeida*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professor Titular, UFPB, belarminoblira@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Estudante, UFPB, gabriela.lira93@gmail.com

<sup>3</sup> Estudante, UFPB, joseanelima.ext@gmail.com

<sup>4</sup> Estudante, UFPB, orlandogabriel96@gmail.com

A construção civil historicamente necessita de agregados em seus processos, os quais podem ser aplicados nos mais variados tipos, desde infraestrutura de transportes, obras de saneamento e diversos tipos de edificações. Tais agregados são matérias granulares de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras da construção civil (LA SERNA; REZENDE, 2013, p.602), exemplos destes são: pedra britada, cascalho e areia proveniente da moagem de rochas.

Segundo Caldas (2015):

“A brita ou pedra britada é classificada como um material agregado de origem artificial, pois é extraída da natureza em forma de bloco e necessita passar por processo de fragmentação para atingir o tamanho adequado, estas são produzidas em pedreiras que exploram solos que contenham rochas do tipo quartzo-feldspáticas, como granitos, gnaisses, basalto, calcário, entre outras”.

Dentro os tipos de rocha para produção da brita ou pedra britada, o granito é uma das mais utilizada. O granito é uma rocha ígnea composta por um conjunto de minerais, entre os quais, os principais são quartzo, feldspato e mica. No âmbito da construção civil, este material é amplamente utilizado também no setor de rochas ornamentais. Devido ao seu uso como insumo em boa parte dos materiais empregados em obras civis, há um grande percentual de perdas e consequente geração de resíduos em forma de pó e em fragmentos, os quais são descartados aleatoriamente.

A operação de fragmentação e cominuição de rochas agrupa um conjunto de técnicas que tem como finalidade reduzir por ação mecânica (interna ou externa) um determinado sólido em tamanho menor que o original. Sendo assim a cominuição está presente em grande parte dos empreendimentos mineiros. Segundo Júnior Delboni (2007):

“A energia despendida nos processos de fragmentação e os esforços mecânicos aos quais os equipamentos são submetidos modulam os custos de operação e investimentos em circuitos industriais de britagem e moagem. [...] A melhoria no aproveitamento de energia utilizada em fragmentação apresenta impactos não apenas nas margens de lucro do empreendedor, mas também na demanda global.”

Nesse contexto tem-se que a cominuição pode se tornar uma das etapas mais caras no beneficiamento de minério, tornando-se, então, um campo atrativo para estudos que visem fornecer soluções de melhoria ao desempenho econômico, ajudando mineradores a dimensionar da melhor forma estes circuitos.

Este artigo visa determinar a correlação entre energia específica de cominuição e a granulometria resultante da fragmentação dos resíduos de rochas ornamentais (granitos) com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões no processo de cominuição.

Para a pesquisa foram selecionadas amostras de granito, provenientes de indústrias que participam do mercado local, submetidas ao processo de cominuição em um britador de mandíbula e o material coletado foi classificado. Deste, foram selecionados três tamanhos de partícula para o ensaio de fragmentação utilizando um duplo pêndulo teste, onde cada tamanho de partícula foi fragmentado em três níveis de energia.

Os resultados desses ensaios permitiram a relação entre energia específica e fragmentação para o granito, o que possibilita o dimensionamento de equipamentos de britagem requeridos no processo de cominuição de resíduos de rochas ornamentais.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às indústrias locais, ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB e aos técnicos do Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas (LABEME) pelo apoio ao trabalho em epigrafe.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDAS, R. S. Relação entre características da rocha e comportamento na britagem para produção de agregado, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015572.pdf>>. Acesso em: 09 Set. 2019.

DELBONI JUNIOR, H. Cominuição. Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral. 1 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007, p. 103-131.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. Agregados para a Construção Civil. 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>>. Acesso em: 09 Set. 2019.

PALAVRAS-CHAVE: cominuição, granito, energia específica, fragmentação.

## PREDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO DE FIO DIAMANTADO UTILIZADO NA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Maria Clara Martins de Rezende<sup>1</sup>, Rafael Antônio Moraes<sup>1</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>2</sup>, Elton Destro<sup>3</sup>, Felipe Ribeiro Souza<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Mestrandos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, maria.rezende@aluno.ufop.edu.br/rafael.moraes@aluno.ufop.edu.br

<sup>2</sup>Professor EBTT, Coordenadoria de Mineração, IFES – Campus Nova Venécia, tessinari@ifes.edu.br

<sup>3</sup>Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, felipe.souza@ufop.edu.br

Devido ao avanço tecnológico e competitividade entre as mineradoras, a eficiência no processo de produção de rochas ornamentais é cada vez mais almejado. Com o intuito de dinamizar e auxiliar esse controle por parte das empresas foi desenvolvido este trabalho como forma de determinar o rendimento e produtividade das operações de corte na etapa de lavra a partir de parâmetros do equipamento e do fio utilizados. Como definido por CETEM (2013), o princípio básico de corte é puxar uma alça de fio diamantado, enlaçada na rocha por dois furos que se interceptam, em que através do movimento de translação do fio e da constante força de tração exercida sobre ele, provocando o atrito das pérolas diamantadas com a rocha, promove-se o desenvolvimento do corte. O desempenho do fio diamantado utilizado nesse processo é avaliado pelo seu rendimento e pela velocidade de corte. O rendimento expressa a vida útil do fio diamantado, sendo expresso pelo total de área de rocha cortada por metro de fio ( $m^2/m$ ). O modelo utilizado neste estudo é o mesmo apresentado em CETEM (2013), onde para controle de desempenho do fio diamantado, o desgaste das pérolas é avaliado após a realização de cada corte, e quantificado pela diferença de diâmetro das pérolas, antes e após o término do corte. Neste estudo, para simplificações de análises, o desgaste do fio diamantado foi considerado linear. A velocidade de corte ou produtividade é a razão entre a área de rocha cortada pelo tempo gasto para a realização do corte ( $m^2/h$ ). O modelo aplicado neste estudo para cálculo da velocidade de corte foi modificado do modelo proposto por CAVAZZANA (2005), sendo que simplificações de alguns parâmetros foram propostas para que sua interface se tornasse mais intuitiva e operacional, a fim de promover sua adesão e aplicação na indústria. Dentre as modificações propostas estão: i) o usuário entra com o parâmetro velocidade periférica ao invés de rotação da polia e; ii) o usuário entra com as dimensões do bloco e o programa define valores para o raio de semicircunferência inicial de corte e para a distância bloco-polia inicial através de manipulações matemáticas. De acordo com CAVAZZANA (2005) a produtividade também pode ser expressa em função de parâmetros do equipamento de corte. A máquina de fio diamantado possui dois motores, um de rotação da polia motriz e outro de translação da máquina, onde ambos transferem energia para o fio. Assim, a força de tensionamento do fio é composta de duas parcelas. Uma parcela se deve ao movimento de giro da polia motriz e a outra se deve ao movimento de translação da máquina de fio diamantado. Para definir cada uma dessas parcelas considerou-se as premissas: i) que a polia motriz gira com velocidade constante; ii) que a tensão no

fio é constante e; iii) o comprimento do fio é constante. Assim foram determinados: i) a força de tensionamento proveniente da rotação da polia e posteriormente ii) a velocidade de arraste necessária para manter a tensão no fio constante. Com a velocidade de arraste definida com base nos parâmetros imputados, a velocidade de corte é calculada. A cada nova interação do sistema diminui-se do raio de corte uma fração referente ao quando foi avançado pela máquina e o mesmo assume um novo valor. Seguindo neste processo até que o raio se iguale a zero ou acabe o tempo de simulação estabelecido. Por fim, a velocidade de corte será a área da semicircunferência definida por esse raio dividida pelo tempo de corte. No modelo foram previamente definidos o tempo total de simulação, o tempo de cada interação e constantes determinadas conforme o tipo de rocha. Os demais parâmetros são inseridos pelo usuário com base em dados reais de operação. Os valores a serem imputados no sistema são divididos quanto ao equipamento, ao fio, às dimensões do bloco de corte e o tipo de corte a ser executado (Figura 1). Os resultados obtidos pelo modelo nos testes executados se mostraram compatíveis aos executados em operações com as mesmas condições e parâmetros estabelecidos.

The image shows a software interface titled "Produtividade do Fio Diamantado". It is divided into several sections for data entry:

- Características do Equipamento:** Includes input fields for "Potência do Motor" (Watts), "Raio da Polia Motriz" (m), "Velocidade Periférica" (m/s), and "Tensão no Fio Diamantado" (N).
- Características do Fio:** Includes input fields for "Comprimento do Fio" (m), "Diâmetro do Anel de Suporte" (mm), "Diâmetro da Pérola Nova" (mm), "Diâmetro da Pérola Início" (mm), and "Diâmetro da Pérola no Final" (mm).
- Dimensões do Bloco:** Includes input fields for "Comprimento" (m), "Altura" (m), and "Largura" (m).
- Resultados:** Contains two radio buttons: "Corte Vertical" and "Corte Horizontal". Below them are three buttons: "Calcular" (highlighted in blue), "Limpar", and "Sair".

**Figura 1** – Interface do programa e parâmetros de entrada Fonte: (autores - software Lazarus, 2019)

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PPGEM/UFOP e à CAPES pelo conhecimento proporcionado, pelo auxílio e pelo incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVAZZANA, E. **Modelo teórico de um fio diamantado para corte de mármore e granito**. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Vitória: UFES, 2005.

MONTEIRO, C. F. F. **Corte de pedra por fio diamantado**. Dissertação de mestrado. Braga: Universidade do Minho, 2014.

VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F. (Eds). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p.

**PALAVRAS-CHAVE:** fio diamantado, produtividade, rendimento.

## POTENCIAL E CONTEXTO GEOLÓGICO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Sergio Azevedo M. de Oliveira<sup>1</sup>, Valter Salino Vieira<sup>2</sup>, Michel Marques Godoy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geólogo, CPRM, sergio.azevedo@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Geólogo, CPRM, valter.vieira@cprm.gov.br

<sup>3</sup> Geólogo, CPRM, michel.godoy@cprm.gov.br

Segundo levantamento do Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM para o Comércio Externo da Mineração Brasileira, as exportações do Setor Mineral em 2018 subiram em dólares 5,5% em relação a 2017. O setor de rochas ornamentais representa cerca de 3% do total dessas exportações brasileiras e o Brasil ocupa a sexta posição entre os maiores exportadores mundiais, destacando-se como principais importadores os Estados Unidos, China e Itália.

No entanto, levantamento da Agência Nacional de Mineração - ANM destaca que o comércio em relação às rochas ornamentais, no primeiro semestre de 2018, apresentou diminuição no valor das exportações, importações e no saldo comercial. Os principais estados envolvidos no setor são Espírito Santo, Minas Gerais, Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte.

Destaque-se que o Estado do Espírito Santo responde pela maior parte das rochas manufaturadas exportadas, e detém cerca de 80% dos teares instalados no Brasil.

O presente trabalho mostra a diversidade geológica do Estado, indicando a potencialidade das unidades para o setor de rochas ornamentais, visando o interesse de setores de pesquisa e comercial para investimentos do setor privado e de Governo, em implementos que favoreçam ainda mais a evolução do setor.

Em termos Geológicos, o Estado faz parte do Orógeno Araçuaí, um Sistema Orogênico Brasileiro-Panafricano, de idade Neoproterozóica, estruturada na direção NNE-SSW, com limites ocidental e setentrional no Cráton São Francisco, estendendo-se para leste até o Oceano Atlântico.

Em relação às rochas ornamentais, apresenta uma diversidade de tipos com características estéticas marcantes, classificados genericamente como “granitos”, ou seja, rochas silicáticas que incluem rochas ígneas e metamórficas, e os “mármore”, representados por rochas carbonáticas.

Segundo arranjo cronoestratigráfico, verifica-se inicialmente, incluídas na porção basal Pré-Orogênica, rochas que compõem o Complexo Nova Venécia como gnaisses migmatíticos a biotita, granada, cordierita e sillimanita, sendo conhecidas pelo nome comercial de Blue Fantasy.

As unidades intrusivas, representadas por rochas granitoides clássicas, pouco foliadas, peraluminosas, calcioalcalinas, de alto K, associadas a um plutonismo Sin- a Tardi-Orogênico, estão distribuídas nas suítes Ataléia, Carlos Chagas e Montanha. A Suíte Ataléia é composta por rochas caracterizadas como Biotita Granito e Biotita-Granada Granito. Os principais tipos ornamentais são Galaxy White, Branco Ipanema, Branco Romano, Juparaná Imperial (variação amarelada) e Jaguar (resultado de uma intercalação tectônica do granito cinza Ataléia com um leucogranito subordinado). Na Suíte Carlos Chagas os Leucogranitos têm em geral composição granítica a sienogranítica, são pouco foliados, granulação média a grossa, cor branca a cinza-esbranquiçada.

São conhecidos por Branco Samoa, Branco Dallas, Icarai light, Branco Marfim, Santa Cecília White (linha branca) e Amarelo Icarai, Santa Cecília Clássico, Ouro Brasil (linha amarela). Em relação à Suíte Montanha, os granitos se caracterizam pela presença de minerais máficos, especialmente biotita, tendo maior dificuldade para o aproveitamento como rocha ornamental.

Na área do estado ocorrem ainda tipos Tardi- a Pós-Colisionais, cuja denominação informal envolve corpos como leucogranitos brancos, de granulação média a grossa, textura equigranular, isotrópicos, granatíferos, configurando *stocks* anelares intrusivos, individualizados no interior do Complexo Nova Venécia e das Suítes Ataléia e Carlos Chagas.

Os corpos intrusivos relacionados ao Estágio Pós-Orogênico estão basicamente representados na Suíte Aimorés, onde se destacam charnockitos, gabros, enderbitos e noritos. Associados a esta Suíte, ocorrem ainda corpos graníticos de coloração bege-amarelada, granulação grossa e textura porfirítica, que são conhecidos comercialmente com o nome fantasia de Amarelo Ornamental. As rochas charnockíticas, classificadas mineralogicamente como ortopiroxênio-quartzo monzonitos e quartzo monzodioritos mesocráticos, apresentam estrutura maciça, coloração verde escuro, granulação grossa e textura porfirítica, recebendo comercialmente os nomes fantasia de Verde Labrador, Verde Pavão, Verde Ubatuba, Verde Jade e Verde Butterfly. Também inseridos na Suíte Aimorés afloram corpos de plutonitos de composição norítica a diorítica. No geral constituem rochas de cor preta, estrutura compacta, textura equigranular e granulação média a grossa, sendo conhecidos como Preto São Benedito e Preto Cotaxé. Ainda nesta linha, os noritos das suítes intrusivas Espírito Santo e Santa Angélica, são conhecidos como granitos Preto São Gabriel, Preto Baunilha e Preto Santa Angélica.

Já os granitos de cor cinza, ocorrem como grandes maciços compostos por unidades diversificadas nas regiões de Castelo, Alegre e Venda Nova, sendo conhecidos como Cinza Andorinha, Cinza Corumbá, Cinza Castelo, Cinza Ocre e Cinza Prata.

Em relação às ocorrências de mármore, os mesmos se restringem a ampla lente, com dimensões em torno de 25 km de extensão e 5 km de largura, abrangendo os municípios de Castelo e Cachoeiro do Itapemirim, na região sul do Estado. Fazem parte da sequência vulcanossedimentar do Grupo Italva, Unidade São Joaquim, de idade Neoproterozoica, constituída de mármore calcítico a dolomítico, com intercalações de anfibolitos, rochas metaultramáficas, calcissilicáticas e metachert quartzoso. Dependendo da composição, recebem nomes comerciais como, Chocolate, Pinta verde, Champagne, Branco Azulado, Branco Neve e Branco Cintilante.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Estadual - Espírito Santo / Coord. Técnica José Eduardo da Costa Duarte *et al.* – Brasília: DNPM, 2018. 20 p.: il.

CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Espírito Santo.** Belo Horizonte: CPRM, 2015. Disponível em [http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15564.1/1/nota\\_explicativa\\_geologia\\_e\\_recursos\\_minerais\\_do\\_es.pdf](http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15564.1/1/nota_explicativa_geologia_e_recursos_minerais_do_es.pdf). Acesso em 13 set. 2019.

PALAVRAS-CHAVE: Rocha Ornamental, Potencialidade, Geologia.

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE CORTE BIDIMENSIONAL DE CHAPAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

*Rafael Antônio Moraes<sup>1</sup>, Maria Clara Martins de Rezende<sup>1</sup>, Juliano Tessinari Zagôto<sup>2</sup>, Elton Destro<sup>3</sup>, Felipe Ribeiro Souza<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Mestrandos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP, rafael.moraes@aluno.ufop.edu.br/maria.rezende@aluno.ufop.edu.br

<sup>2</sup>Professor EBTT, Coordenadoria de Mineração, IFES – Campus Nova Venécia.

<sup>3</sup>Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, UFOP

No processo de produção das rochas ornamentais são destacadas três importantes fases, a lavra ou extração, o beneficiamento primário (desdobramento) e o beneficiamento secundário (polimento). Há uma eventual geração de resíduos em todo o ciclo produtivo de rochas ornamentais e o enfoque deste trabalho é a redução de perdas no corte da chapa em peças na etapa de beneficiamento final (VIDAL et al., 2013).

O problema de corte consiste, genericamente, em cortar uma unidade maior (objeto) que esteja disponível para a produção de um conjunto de unidades menores (itens) nas especificações que estão sendo requisitadas. Ele é dito como bidimensional, pois apenas duas dimensões (comprimento e largura) são relevantes na obtenção da solução (enquanto a espessura é considerada constante). As dificuldades aumentam bastante para se gerar arranjos que atendam às especificações e demandas, otimizem as dimensões disponíveis sem que ocorra sobreposição de itens nos planos de corte.

A proposta apresentada neste artigo é de otimizar o processo de corte em chapas de rochas ornamentais, encontrando a melhor disposição para as diferentes dimensões das peças, a fim de maximizar seu aproveitamento e dessa forma, minimizar a geração de resíduos nessa operação. O modelo foi implementado no solver de otimização Lingo, que baseia-se em programação linear inteira mista, onde são definidas as variáveis de decisão, as restrições do modelo e a função objetiva a ser alcançada e como interface com o usuário o Excel foi adotado, para dados de entrada (dimensões das peças) e saída (alocação das peças na chapa).

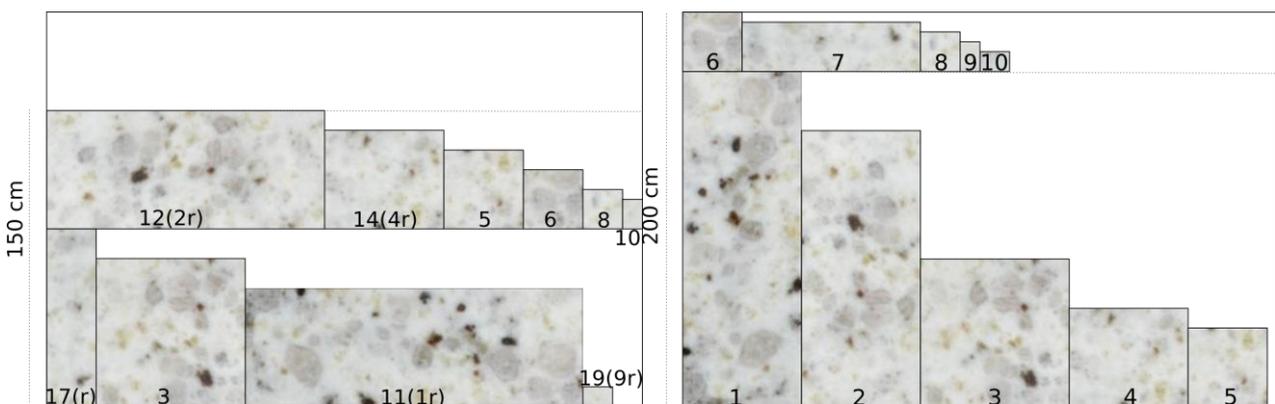
O modelo de programação matemática desenvolvido foi modificado do modelo proposto por Lodi, Martello e Vigo (2004), buscando incorporar ao modelo a rotação em 90° dos itens a serem alocados na chapa, não considerada no modelo original. Na implementação de um modelo que considera a rotação, para cada item é criado um par, onde este assume suas medidas de maneira inversa. A exemplo considerou-se uma instância teste de 10 itens com medidas comercialmente comuns de comprimento e largura.

O modelo assume como variáveis de decisão: i) se o item inicializa uma determinada faixa de corte; ii) se ele está contido em determinada faixa de corte e; iii) se o item já foi alocado. A função objetivo do modelo busca minimizar a utilização de faixas de corte, conseqüentemente diminuindo as perdas de material.

As soluções ótimas têm como premissa que o primeiro item de uma faixa é o item que possui maior valor em qualquer uma de suas dimensões, já que esse modelo considera a rotação do item, ou seja, cada faixa tem seu comprimento dado pelo comprimento do item que a inicializa.

Uma solução ótima para o modelo deve assumir restrições quanto: i) um item deve ser alocado apenas uma vez no esquema de corte, para que não tenha seu par rotacionado ou não rotacionado não seja atribuído novamente, evitando assim uma duplicidade de itens e; ii) a largura de cada faixa de corte deve ser respeitar a largura da chapa.

Para a instância teste assumida neste estudo, considerou-se uma chapa de dimensões 200 cm x 300 cm, onde buscou-se a melhor utilização da área. Uma solução ótima gerada pelo modelo apresentou perda de 24,4% e é representada na figura 1a, na qual os itens identificados com um “r” foram rotacionados (1, 2, 4, 7 e 9). A solução ótima de corte rotacionado foi comparada com uma solução ótima de um modelo de programação matemática na qual não se considera a rotação dos itens. Os resultados obtidos pela otimização do modelo proposto reduzem em 30% a perda no processo de corte de chapas de rochas ornamentais quando comparados com os resultados do modelo que não considerada a rotação dos itens, pois a solução deste modelo sem rotação utiliza toda a altura da chapa (Figura 1b).



**Figura 1** – Representação de uma solução ótima de disposição dos itens na chapa (a. com rotação das dimensões; b. sem rotação das dimensões). Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PPGEM/UFOP e à CAPES pelo conhecimento proporcionado, pelo auxílio e pelo incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F. (Eds). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p.

LODI, A.; MARTELLO, S.; VIGO, D. **Models and bounds for two-dimensional level packing problems**. Journal of Combinatorial Optimization, v. 8, n. 3, p. 363-379, 2004.

**PALAVRAS-CHAVE:** rocha ornamental, corte bidimensional, otimização.

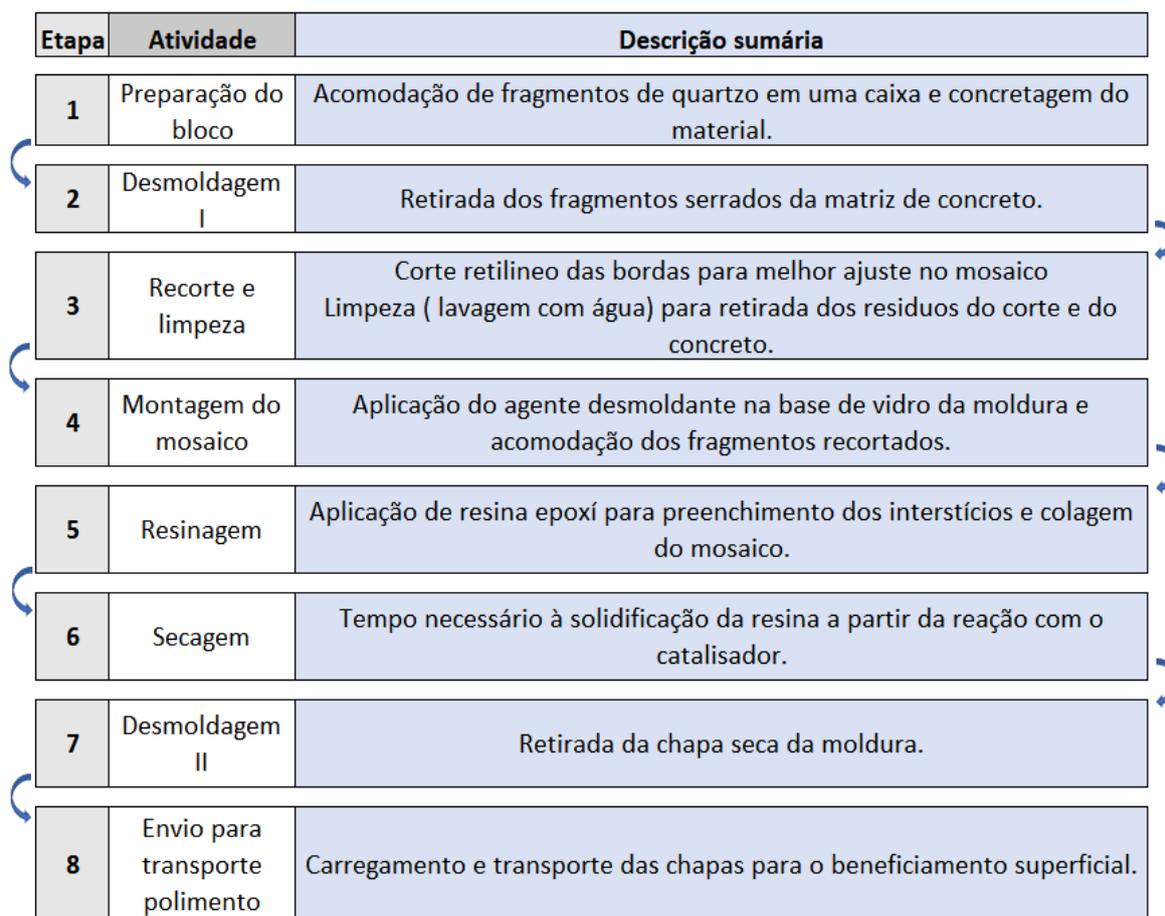
## ASPECTOS DA PRODUÇÃO DE CHAPAS COMPOSTAS COM FRAGMENTOS DE QUARTZO HIALINO

Paula Alves de Lima<sup>1</sup>, Thiago Motta Bolonini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gemóloga, Universidade Federal do Espírito Santo, paula.lima20@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor, Universidade Federal do Espírito Santo, thiago.bolonini@ufes.br

O presente trabalho refere-se a análise e a caracterização dos aspectos da produção de chapas de rochas ornamentais com fragmentos de quartzo hialino e o potencial para desenvolvimento de cor a partir da irradiação conjugada ao tratamento térmico. Tem por objetivos descrever procedimentos adotados para a montagem de placas com mosaicos de fragmentos de quartzo e avaliar o potencial para desenvolvimento de cor através dos tratamentos de irradiação e térmico conjugados. Para tanto, foram realizadas visitas técnicas a uma empresa que produz chapas compostas para o setor de rochas ornamentais, onde foram obtidos os dados para a caracterização da produção das chapas dividida em 8 fases, como mostra o fluxograma da Figura 1.



**Figura 1** – Fluxograma do processo de produção das chapas (elaboração dos autores).

O material utilizado foi classificado como quartzo incolor, hialino, com presença de fraturas parcialmente cicatrizadas e inclusões fluidas monofásicas (Tabela 1) que, dependendo da quantidade, podem representar um problema no tratamento térmico.

**Tabela 1.** Resultados obtidos a partir das análises e valores de referência encontrados na literatura (elaboração dos autores).

Identificação da amostra/fonte	Peso específico	Análise ao Polariscópio	Câmara (fluorescência)	Índice de refração	Caráter e sinal ópticos	Feições em imersão
Quartzo/Estudo	2,650	Anisótropo	Inerte	1,540	Uniaxial positivo	Fraturas e pequenas inclusões fluidas monofásicas
Quartzo/DNPM/IBGM (2005)	-	Anisótropo	Inerte	1,544-1,553	Uniaxial positivo	-
Quartzo/Klein e Dutrow (2012)	-	Anisótropo	Inerte	1,544-1,553	Uniaxial positivo	-

Para a avaliação do potencial para desenvolvimento de cor através do tratamento, foram feitas análises no laboratório de caracterização de gemas da UFES e no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN, no laboratório de espectroscopia na região do infravermelho. Os resultados mostraram que os fragmentos de quartzo hialino, caso possuam comportamento homogêneo em relação à análise espectral, podem desenvolver, com base em Lameiras (2012), cores características de um *green gold* fraco (amarelo-esverdeado) ao amarelo e ao marrom, guardadas as devidas doses de irradiação (amarelo esverdeado, 60-100 kGy; amarelo, 100-200kGy e marrom >200kGy) conjugadas ao tratamento térmico. Além disso o trabalho mostrou que este pode ser um campo com áreas interessantes de atuação para o profissional em gemologia, uma vez que se faz necessária uma caracterização mais aprofundada de inclusões e feições que possam, por ventura, influenciar no resultado final do tratamento que é a melhoria ou o desenvolvimento de novas cores.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DNPM/IBGM. **Manual técnico de gemas**. 3. ed. rev. e atual. 156 p. Brasília, 2005.

KLEIN, C; DUTROW, B. **Manual de ciências dos minerais**. Bookman, 156p., 2012.

LAMEIRAS, F. S. **The Relation of FTIR Signature of Natural Colorless Quartz to Color Development After Irradiation and Heating, Infrared Radiation**, DOI: 10.5772/35738, 12 p., 2012. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/infrared-radiation/the-relation-of-ftir-signature-of-natural-colorless-quartz-to-color-development-after-irradiation-an>. Acesso em: 04/07/2019.

PALAVRAS-CHAVE: quartzo, gemologia, chapas.

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

Taynara Lobato Moreira <sup>1</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira <sup>2</sup>

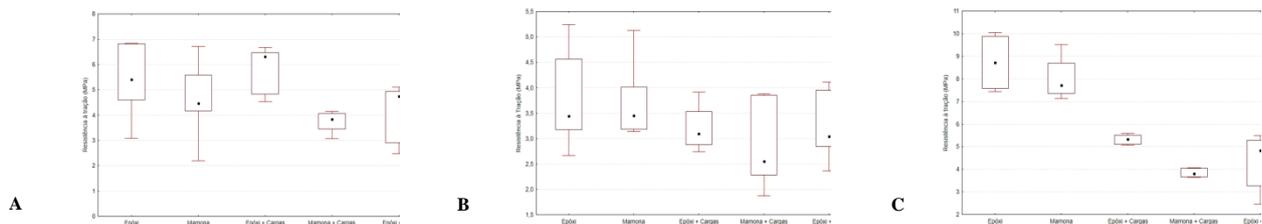
<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Minas, IFES, taynara.lmoreira@hotmail.com

<sup>2</sup> Geólogo, D.Sc., CETEM/MCTIC, leolysil@cetem.gov.br

O setor de rochas ornamentais e de revestimento apresenta grande relevância para a economia do País. No primeiro trimestre de 2019, as exportações desses materiais somaram US\$ 223,2 milhões com variação positiva de 8,29% em relação ao mesmo período do ano anterior. Em especial, as exportações de chapas de mármore apresentaram um crescimento de 40% e, para os blocos, 56% em volume físico (ABIROCHAS, 2019). Devido à crescente demanda por alternativas ecoeficientes para o beneficiamento das rochas ornamentais, fazem-se necessários estudos voltados para tal procedimento, como a substituição da resina epóxi pela poliuretana à base de óleo de mamona no processo de envelopamento de blocos de rochas, que consiste em envolver o bloco por um sistema de reforço composto por resina epoxídica com cargas minerais e manta de fibra de vidro e tem como objetivo aumentar a resistência físico-mecânica do conjunto, pois, durante o processo de desdobramento dos blocos em chapas, algumas rochas consideradas frágeis, ou com presença de trincas acentuadas, como os pegmatitos, alguns mármore e quartzitos, se fraturam devido às forças de tensão, compressão e cisalhamento aplicadas pelo equipamento de corte (teares multifio ou multilâminas), podendo ocasionar a fragmentação das chapas. Vale ressaltar que essas rochas, geralmente, estão classificadas no grupo dos materiais exóticos e possuem alto valor de mercado. A resina epóxi utilizada pela indústria é composta por matéria prima de origem mineral e não renovável. A proposta de utilizar a resina de mamona no processo de envelopamento de blocos irá contribuir para o aumento da competitividade das chapas de rochas brasileiras que terão, em uma das fases de seu beneficiamento, um produto de origem vegetal que proporciona segurança para a atividade laboral de quem a manuseia. Pesquisas anteriores apresentam resultados promissores, a saber: a composição mineralógica da rocha, zonas de fraqueza e grau de alteração estão intimamente ligados a adesividade do sistema de reforço na rocha (SILVEIRA et. al, 2018). Ensaio realizados em três rochas silicáticas, mostraram que a resina de mamona quando utilizada pura, ou seja, sem cargas minerais ou manta de fibra de vidro apresenta maiores valores de adesividade, sugerindo a necessidade de pesquisas relacionadas a alternativas de cargas minerais (MOREIRA e SILVEIRA, 2018).

O objetivo dessa pesquisa é contribuir para o estudo realizado pelo CETEM - Núcleo Regional do Espírito Santo (NR-ES) que visa analisar o comportamento da resina poliuretana de mamona no quesito adesividade do sistema resina/rocha através do ensaio de resistência à tração em rochas carbonáticas. Para essa pesquisa, foram selecionados três mármore, conhecidos comercialmente como Superlative, White Shadow e Matarazzo e utilizou-se seis amostras de cada material no formato de placas quadradas de espessura e aresta mínima de 3 cm e 50 cm, respectivamente. As resinas utilizadas foram epóxi e poliuretana a base de óleo de mamona, as cargas minerais: talco e calcário, e manta de fibra de vidro. Embasado no procedimento realizado pelas empresas e na

norma da ABNT NBR 13528:2010 - "Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração" (Adaptada). Inicialmente, as superfícies das amostras foram limpas para retirar possíveis resíduos e garantir a ausência de interferência na adesividade do sistema de reforço, em seguida aplicou-se a mistura de cada traço nas amostras e o tempo de cura foi de no mínimo 48 horas. Foram realizados seis furos vazados em cada placa de rocha com 5 cm de diâmetro interno e espaçamento radial de no mínimo 6cm entre cada furo. O procedimento de colagem das pastilhas nos furos foi realizado utilizando uma cola à base de resina epóxi e o tempo de fixação foi de, no mínimo, 24 horas. Em seguida, realizou-se o ensaio de resistência à tração pelo equipamento de arrancamento que fornece a carga de ruptura através do manômetro digital (Figura 1).



**Figura 1** – Resultados da resistência de aderência à tração das rochas estudadas: (A) Superlative; (B) White Shadow; (C) Matarazzo.

Os resultados encontrados são promissores, principalmente no que tange ao uso da resina de mamona pura, inferindo a necessidade de estudos mais detalhados em relação a substituição das cargas minerais utilizadas pela indústria e, considerando os conceitos de Economia Circular, analisar as possibilidades de utilizar resíduos oriundos do beneficiamento de rochas ornamentais ou outros setores como tal alternativa.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica concedida (Proc.: 164133/2018-6), aos profissionais do CETEM e IFES pelo apoio, as empresas Magban e Imperveg.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Trimestre de 2019.

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

MOREIRA, T. L., SILVEIRA, L. L. L. Aplicação de resina poliuretana à base de óleo de mamona no processo de envelopamento de blocos de rochas ornamentais. *In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 26. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. 5p.

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

PALAVRAS-CHAVE: Envelopamento, poliuretana, mamona.

## FIO DIAMANTADO NO BRASIL: CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE PÉROLAS DIAMANTADAS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Gustavo Egramphonte*<sup>1</sup>, *Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>2</sup>, *Leonardo Luiz Lyrio da Silveira*<sup>3</sup>

*Phillipe Fernandes de Almeida*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bolsista BIPITI/CNPq, CETEM/MCTIC, g.egramphonte@hotmail.com

<sup>2</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Tecnologista Pleno, CETEM/MCTIC, leolysil@cetem.gov.br

<sup>4</sup> Bolsista PCI/CNPq, CETEM/MCTIC, palmeida@cetem.gov.br

A tecnologia de corte de rochas ornamentais com fio diamantado se consagrou no setor como sendo a alternativa com melhor desempenho no corte de mármore, granitos e quartzitos. De acordo com ABIROCHAS (2018), a utilização do fio diamantado na indústria de lavra e beneficiamento representa cerca de 80% da capacidade produtiva do setor. Cabe ressaltar que ocorreram consideráveis evoluções ao longo dos últimos 20 anos, mas os parâmetros do processo de fabricação dos fios diamantados continua empírico. Ainda hoje não se sabe se a eficiência dos novos fios se deu pela mudança da quantidade de diamante por pérola, pela variação da dureza da matriz metálica ou por outros fatores. Alguns estudos têm sido realizados para a caracterização das pérolas do fio diamantado (MOREIRA JUNIOR, 2013; MOREIRA JUNIOR, 2018; NOVAES, 2017), porém de forma incipiente. Dando continuidade à estas pesquisas, o presente trabalho tem o objetivo de fazer a caracterização do fio diamantado utilizados em lavras de rochas ornamentais, comparando os resultados de concentração de cristais por pérolas dos fios atuais, com os resultados obtidos por Vidal (1999).

Para a etapa laboratorial, foram selecionadas 6 marcas de fios diamantados (A, B, C, D, E, F) comerciais, sendo que, para cada fabricante foram utilizadas 6 pérolas de cada fio, totalizando 36 amostras. As pérolas foram dissolvidas com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) com 65% de pureza analítica, a um volume de 60 ml por pérola. Cada amostra foi submersa no ácido por 2 dias. O material dissolvido foi filtrado com auxílio de uma bomba a vácuo e um kit de filtragem. As amostras foram submetidas a secagem em estufa por 24 h a uma temperatura de 100°C. Após pesagem dos filtros, o material retido foi peneirado (com peneira de 0,212 mm de abertura), para separar o diamante do restante da matriz. Então calculou-se a concentração de diamante por pérola (massa do diamante / massa da pérola), e também o desvio padrão e coeficiente de variação, como demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 2.** Comparação das análises dos diamantes entre os diferentes fabricantes.

Fabricante	A	B	C	D	E	F
<b>Massa média de diamantes (g)</b>	0,1473	0,1423	0,1893	0,1723	0,0636	0,1594
<b>Concentração média de diamantes (%)</b>	3,9984	4,0048	5,7712	4,7359	2,4980	4,4763
<b>Desvio padrão</b>	0,2904	0,2112	0,6599	0,1834	0,1233	0,1260
<b>Coeficiente de variação (%)</b>	7,2626	5,2729	11,4352	3,8718	4,9349	2,8147

Analisando os resultados da Tabela 1 é perceptível que a massa média de diamantes (g) e a concentração média de diamantes (%) das amostras do fabricante E, apresentaram valores menores que a dos demais fabricantes. Outro ponto a ser observado são os resultados das amostras do fabricante C, em que a massa média de diamantes e a concentração média foram maiores, porém com o desvio padrão e coeficiente de variação muito elevado, indicando que essas pérolas não tem um bom padrão na fabricação. Os resultados descritos por Vidal (1999), indicavam que as pérolas diamantadas possuíam uma concentração média de 1,6% da massa, com um coeficiente de variação de aproximadamente 15,54%. No geral, os valores de concentração média dos fios comercializados atualmente, indicam que houve um aumento na quantidade de diamantes das pérolas, com o coeficiente de variação menor, indicando uma maior homogeneidade em cada pérola. Não obstante, ainda não se tem uma relação direta entre estas concentrações e o rendimento de cada fio no corte de materiais específicos. Cabe ressaltar que este levantamento é o primeiro passo para a caracterização da eficiência do fio diamantado para cada tipo de rocha, restando ainda outras análises, como por exemplo a relação entre a dureza da matriz metálica e a concentração de diamantes em cada pérola. Por fim, os estudos que avaliam as propriedades físico-mecânica dos fios diamantados podem fornecer parâmetros para aumentar o rendimento de corte dos fios comercializados, bem como a redução de custos para as empresas de rochas ornamentais brasileiras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOREIRA JUNIOR, V. **Fabricação de pérolas diamantadas para teares de multi-fios**. Dissertação (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados. Campos dos Goytacazes, 2018.

MOREIRA JUNIOR, V. **Processamento e caracterização de pérolas diamantadas de fios diamantados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Materiais Avançados. Campos dos Goytacazes, 166p., 2013.

NOVAES, R. C. Estudo e caracterização do fio diamantado e seus insumos e sua aplicação e eficiência na serragem de rochas. Relatório Final de Estágio. Núcleo Regional do Espírito Santo CETEM/NRES, 14p., 2017.

VIDAL, F. W. H. **Estudo dos elementos abrasivos de fio diamantado para a lavra de granitos do Ceará**. Tese de doutorado, São Paulo, 1999, escola politécnica da universidade de São Paulo, deptº de eng. De minas, São Paulo, 173p., 1999.

CHIODI FILHO, C.; RIBEIRO, H. M. Estudo da competitividade brasileira no setor de rochas ornamentais e de revestimento: estratégia para uma política nacional de desenvolvimento setorial. Brasília: Ass. Brasileira da Industria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS, 2018, 166p.

PALAVRAS-CHAVE: Fio diamantado, Caracterização, Pérola.

## CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE DIFERENTES REFORÇOS PARA UM “GRANITO” EXÓTICO UTILIZANDO CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGEM

*Abiliane de Andrade Pazeto*<sup>1</sup>, *Pedro Miguel Amaral*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnóloga em Rochas Ornamentais, D. Sc., CETEM/MCTIC, apazeto@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, D. Sc., Tecnico Lisboa, pedro.amaral@tecnico.ulisboa.pt

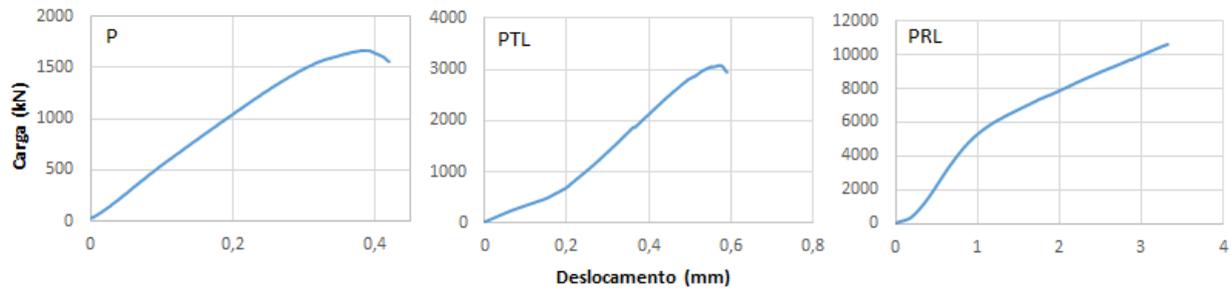
Na indústria de rochas, a principal gama de produtos de exportação recebe a classificação comercial de "materiais exóticos", categoria que descreve cores e texturas incomuns que lhes confere alto valor agregado. Os pegmatitos graníticos são um dos representantes desse grupo. No entanto, problemas com o uso desses materiais decorrem de sua fragilidade mecânica, que está relacionada à sua textura bastante heterogênea. A fim de viabilizar o processamento das placas desses materiais, e a própria comercialização, passou-se a empregar um reforço feito com resina epóxi e fibra de vidro conhecido como “telagem”.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho mecânico de um pegmatito quando reforçado com resina epóxi e diferentes fibras de vidro em comparação à mesma rocha não reforçada. Para isso, um sistema de correlação digital de imagem (CDI) foi empregado para observar e medir o comportamento de deformação e fratura durante a realização de testes de flexão 4 pontos. O pegmatito selecionado corresponde petrograficamente a um álcali-feldspato granito, composto por 60% de feldspato potássico na forma grandes cristais, cujos planos de clivagem e fratura intracristalina são evidentes em amostras de mão. Os dois tipos de reforços estudados foram feitos com uma resina epóxi comumente empregada no setor, porém em um deles foi usada a fibra de vidro de baixa gramatura (150 g/m<sup>2</sup>) como a utilizada na telagem (PRT), e no outro um tecido de vidro de 600 g/m<sup>2</sup> usado na fabricação de compósitos laminados (PRL). Foram preparados quinze corpos de prova de 380 x 100 x 30mm para cada tipo de reforço, utilizando-se o método clássico de laminação manual. Os testes de flexão 4 pontos foram realizados nas amostras reforçadas e sem reforço, utilizando-se uma máquina de ensaios automática com capacidade de 50 kN e seguindo-se o procedimento da norma C880-15 (ASTM, 2015).

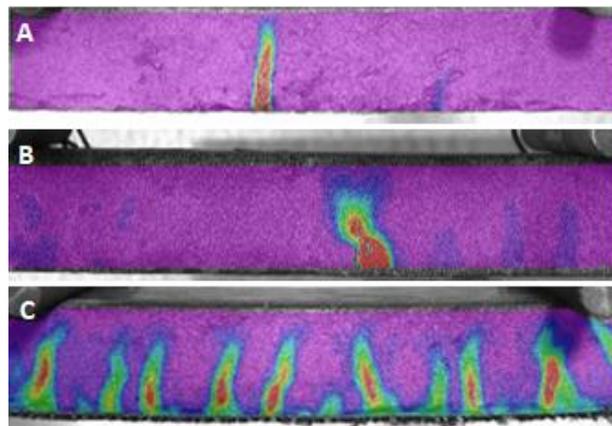
Para medir as deformações utilizou-se a CDI, cujo método assenta na análise de vários pontos (pixels) na superfície do corpo de prova através da captura de imagem. Após a captura, é feita a correspondência dos pixels entre duas imagens consecutivas, antes e após a deformação, por meio de um algoritmo de correlação. As imagens da superfície das amostras foram capturadas por uma câmera Stingray CCD (Allied Solutions) com um tempo de aquisição de 200 ms, durante todo o ensaio de flexão. Um pacote de imagens para cada tipo de reforço foi posteriormente selecionado para ser analisado pelo software Vic-2D (Correlated Solutions), que aplica algoritmos de correlação para fornecer o deslocamento de campo total e calcular a distribuição de deformação. Ao fim do processamento, além dos valores de deformação é possível obter um mapa de contorno das fissuras.

A Figura 1 ilustra os gráficos carga-deslocamento para os dois reforços estudados (PRT e PRL) e para o pegmatito sem reforço (P), enquanto a Figura 2 apresenta as deformações do material ao

longo do ensaio. A resistência à flexão do pegmatito sem reforço foi de 4 MPa, de 6 MPa para o reforço tipo telagem (PRT) e de 11 MPa para o reforço com tecido de vidro (PRL). Apenas com a aplicação desse último reforço que a rocha passa a atender a especificação de 8 MPa indicada pela NBR 15844 (ABNT, 2015).



**Figura 1.** Curvas típicas de carga-deslocamento para o pegmatito com e sem reforço.



**Figura 2:** Mapa de fissuras ao final do ensaio de flexão: A- pegmatito sem reforço (P), B- reforço PRT e C- reforço PRL.

A observação dos gráficos (Fig. 1) e do mapa de deformação produzido pela CDI (Fig. 2) mostram que o pegmatito sem reforço (P) e telado (PRT) suportam menos deformação e rompem de forma idêntica, com uma única fissura pelo modo rúptil. Por sua vez, o reforço feito com o tecido de vidro (PRL) atua como um inibidor do fissuramento, elevando a carga de ruptura em até seis vezes em comparação com a amostra sem reforço, e fazendo com o que a rocha suporte maior deformação. A falha da amostra ocorre no regime de cisalhamento. Conclui-se que pra rochas muito frágeis, como o pegmatito estudado, esse reforço é mais eficiente do que a prática rotineira de telagem.

#### AGRADECIMENTOS

A Capes pela bolsa concedida (processo n. 10097/2014-7) e à Frontwave LAB.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. C880M-15 – Standard Test Method for Flexural Strength of Dimension Stone, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15844 – Requisitos para granitos, 3 p., 2015.

PALAVRAS-CHAVE: resistência à flexão, reforço, correlação digital de imagem.

## MÉTODOS DE LAVRA APLICÁVEIS ÀS ROCHAS ORNAMENTAIS

*Cecília Costa Holanda<sup>1</sup>, Mayra Mykaella Mendes Wanderley<sup>2</sup>, Gabriel Filinkoski<sup>1</sup>, Suelen Silva Rocha<sup>2</sup>, Júlio César de Souza<sup>2</sup>, Jorge Luiz Valença Mariz<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Graduando(a) em Eng. de Minas, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, ceciliaholandar@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro(a) de Minas, Docente, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, eng.suelen.rocha@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro de Minas, M.Sc. Eng<sup>a</sup>., PPGE3M/UFRGS, jorge\_valenca@hotmail.com

As rochas ornamentais, segundo a classificação simplificada largamente utilizada pela indústria, englobam os granitos e mármore. Genericamente o grupo dos “granitos” engloba todas as rochas ditas silicáticas, como os granitos, gnaisses, sienitos e migmatitos, e o grupo dos “mármore” as rochas carbonáticas, entre as quais se destacam os mármore e calcários. Desde a pré-história o ser humano utiliza a rocha como meio de sobrevivência, utilizando-as para a confecção de armas, para fins estruturais etc. Atualmente, seu uso tem uma aplicação mais nobre, a ornamentação de ambientes, sendo assim explorados diversos materiais com os mais diferenciados padrões estéticos e estruturais e de alto valor econômico (REIS; SOUSA, 2003).

O ciclo de produção das rochas ornamentais consiste basicamente nas fases de prospecção, pesquisa mineral, lavra, beneficiamento e a recuperação da área minerada. A lavra de rochas ornamentais consiste basicamente em separar o material de valor econômico do material estéril (material com baixo ou nenhum valor econômico), visando o melhor aproveitamento econômico do maciço rochoso e utilizando de maneira eficiente os equipamentos disponíveis buscando atender as demandas do mercado. O desenvolvimento de novas tecnologias tem possibilitado a otimização da lavra de rochas ornamentais, viabilizando assim empreendimentos mineiros (VIDAL *et al*, 2014).

As jazidas de rochas ornamentais podem ser lavradas em maciços rochosos e em matacões, utilizando-se métodos e técnicas que possibilitam resultados satisfatórios em termos da relação custo/benefício. A seleção do tipo de lavra depende de diversos fatores, como a disponibilidade da área para o armazenamento do estéril, a presença de centros urbanos, e principalmente o tipo de material a ser lavrado e a variação do custo de operação (REIS; SOUSA, 2003).

A natureza dos métodos de lavra de rochas ornamentais varia em função das características do maciço rochoso, condições topográficas, fraturas, tipo e espessura da cobertura etc. Os métodos de lavra vêm evoluindo conforme o avanço no surgimento de técnicas e principalmente através de processos de otimização das operações e pela questão socioambiental. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo realizar uma comparação acerca das características dos diversos métodos de lavra de rochas ornamentais (CABELLO *et al*, 2012).

A lavra de matacões consiste em dividir sucessivamente os matacões, de grandes dimensões e poucos afetados pelos processos geológicos, em partes menores que serão tombados e esquadrejados. A viabilidade econômica depende principalmente da qualidade do material em termos estruturais e estéticos, pois está diretamente relacionada ao percentual de recuperação do material. Esses tipos de jazidas têm uma vida útil limitada, grande impacto paisagístico e planejamento de curtíssimo prazo. Além disso, na lavra de matacões há muita perda de material.

A lavra de maciços rochosos é o tipo de exploração mais usual. No Brasil, a lavra de rochas ornamentais em bancadas altas combinada com painéis verticais é o método mais incidente e a principal tecnologia de extração é o corte com fio diamantado, seguidos de explosivos e argamassa expansiva. A extração por maciços rochosos pode ser executada em cotas acima (pedreiras em encosta) ou abaixo do nível do terreno (pedreiras em cava). Para superfícies horizontais ou sub-horizontais, características de planícies ou de platôs

elevados, a extração dá-se em cota inferior à cota natural do terreno, após a retirada do estéril. A frente de lavra será, então, do tipo poço, em que o acesso à frente de lavra é feito através de guindastes, ou do tipo fossa, no qual esse acesso é feito por rampas laterais com forte inclinação (CABELLO et al, 2012).

A lavra em bancadas tem como característica ser subdividida em níveis, sendo a altura e o número de níveis dependentes da geomorfologia do maciço, características físico-mecânicas e exigências produtivas. A lavra em bancadas horizontais baixas é recomendada para materiais homogêneos e o bloco resultante deve possuir as dimensões compatíveis para o desdobramento em teares convencionais ou multifios diamantados, não devendo ultrapassar 3,0 m em uma das dimensões. A lavra em bancadas altas tem maior custo que o método em bancadas baixas, visto que são necessários mais equipamentos e mão-de-obra, sendo usualmente adequada para maciços com espessuras maiores que 6,0 m com desenvolvimento em bancadas variando de 3,0 a 6,0 m de largura e chegando a até 40,0 m de comprimento, com configuração geométrica das frentes de lavra em forma de “L” ou “U” (REIS; SOUSA, 2003).

O método de lavra por desabamento exige pouco conhecimento técnico, e a sua principal vantagem é o baixo investimento inicial e menor custo operacional. É recomendado para relevos de baixa a média inclinação, e consiste basicamente no desabamento de painéis/pranchas amortecidos geralmente por colchões de areia, para diminuir o impacto. Este método está em desuso, devido ao elevado grau de perda de material e ao impacto ambiental gerado (VIDAL et al, 2014).

A lavra em painéis verticais é um método similar ao desabamento, diferenciando-se no aspecto da necessidade de ocorrência de um relevo mais íngreme na área. Esse método se caracteriza pela possibilidade de obtenção de materiais de qualidade excepcional, porém com grande potencial para a geração de rejeitos e dificuldades na recuperação, resultantes das extensas superfícies frontais escavadas (VIDAL et al, 2014).

Na lavra seletiva o maciço é constituído por diversas famílias de fraturas com orientações normalmente ortogonais. A produção nesse método de lavra normalmente é baixa, sendo necessário adotar equipamentos variáveis, de alta produtividade e potência. A geometria das frentes de lavra fica condicionada à presença de fraturas e a configuração da pedreira contém seus elementos bem definidos, como praças, rampas de acesso e frente de lavras (VIDAL et al, 2014).

O dimensionamento do método de lavra correto em uma pedreira de rochas ornamentais é fundamental para a condução adequada dos trabalhos de planejamento e de execução da lavra. Na fase de definição do método, um erro poderá significar custos de produção excessivamente altos e menor vida útil da pedreira. Espera-se que a revisão dos métodos de lavra apresentados seja uma contribuição a um melhor entendimento dos trabalhos necessários à produção de blocos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABELLO, M. L. R. et al. Métodos de lavra aplicados à extração de rochas ornamentais. **Holos**, v. 5, ano 28, p. 167-173, 2012.

REIS, R. C; SOUSA, W. T. Métodos de lavra de rochas ornamentais. **REM: R. Esc. Minas**, v. 56, n. 3, p. 207-209, 2003.

VIDAL F. W. H. *et al.* Lavra de Rochas Ornamentais. In: Vidal, F. W. H.; Azevedo, H. C. A.; Castro, N. F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: Pesquisa, Lavra e Beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais, lavra, métodos de lavra.

## **AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DA ROCHA ARTIFICIAL FABRICADA COM AGLOMERANTE GEOPOLIMÉRICO UTILIZANDO RESÍDUO DE MÁRMORE**

*Mariane Costalonga de Aguiar<sup>1</sup>, Monica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>, Angelus Giuseppe P. da Silva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Pesquisadora, CETEM/NRES, maguiar@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Pesquisadora, CETEM/NRES, mborlini@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Professor / Pesquisador, Universidade Estadual do Norte Fluminense, angelusdasilva@gmail.com

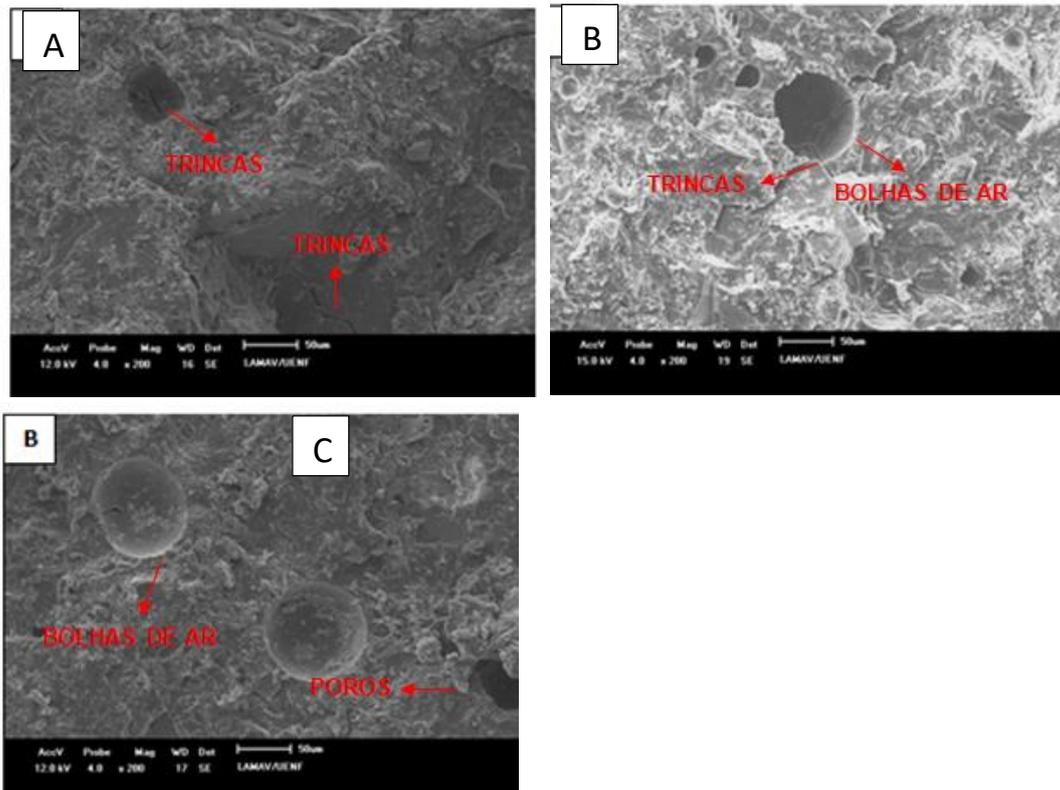
As rochas artificiais têm hoje enorme importância na construção civil, constituindo notáveis ramos desta indústria. Além disso, apresentam alto teor de agregados naturais em sua composição. O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de rochas ornamentais, gerando um enorme volume de resíduos rochosos. Uma das alternativas para aproveitamento desses resíduos é incorporando para a fabricação de produtos de alto valor agregado como a rocha artificial, por exemplo. Nos últimos anos, vários estudos foram realizados visando possíveis aplicações para esses resíduos (AGUIAR, 2016; RIBEIRO, 2015; MARTINS, 2016).

Este trabalho tem como objetivo estudar a microestrutura das rochas artificiais fabricadas com aglomerante geopolimérico e com resíduos de rochas ornamentais, especificamente o mármore. Os materiais usados neste trabalho foram: resíduo de beneficiamento de mármore e os componentes utilizados na preparação do geopolímero: metacaulim, como fonte de Si e Al, cimento Portland, hidróxido de potássio (KOH), silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) (esses dois últimos como ativadores alcalinos) e água. Além destes materiais, foi utilizado resíduo de beneficiamento da indústria de mármore e dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) com o objetivo de conferir cor branca ao geopolímero. O resíduo foi processado em três granulometrias básicas, denominadas de grossa, média e fina a partir do granulado fino e dos cacos de mármore. Foram usados peneiramento e moagem em moinho de bolas para diminuir o tamanho das partículas e para selecionar as frações de tamanho desejadas. As frações escolhidas foram: 20 mesh, 80 mesh e 180 mesh. A rocha foi fabricada pela técnica de vibração a vácuo.

De acordo com as micrografias apresentadas (Figura 1), nota-se que foram encontrados problemas de homogeneização. Observa-se interface e vazios regulares e vale destacar que os poros evidentes podem ter atuado como concentradores de tensão. Nota-se presença de trincas, apresentando maior fragilidade do material e assim diminuindo sua resistência mecânica. Isso aconteceu devido às trincas que o geopolímero obteve no seu processo de geopolimerização durante a cura. Essas trincas pode ter ocorrido devido à quantidade de água aplicada na sua formulação.

O uso do resíduo de rocha ornamental para fabricação de rocha artificial é uma alternativa ambientalmente correta de dar um destino para esse resíduo gerado na ordem de milhões de toneladas que representa um problema ambiental. As baixas propriedades mecânicas nas rochas fabricadas com o geopolímero apresentou uma porosidade elevada, resultado do processo produtivo. Para melhorar tal aspecto, deve-se buscar a tecnologia de vibro compressão a vácuo para

evitar o aprisionamento de gases durante a produção do compósito e não apenas a vibração a vácuo. Essa tecnologia será estudada em trabalhos futuros.



**Figura 1.** Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da rocha artificial. (A)20 mesh, (B) 80 mesh, (C) 180 mesh. Aumento 200X.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C. **Desenvolvimento de Rocha Artificial com pó de rocha e aglomerante polimérico e geopolímero.** (2016). Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes, 2016.

MARTINS, S. B. L. **Produção de rocha artificial utilizando resíduo de etapa de laminação de vidro plano em matriz de resina polimérica.** (2016). Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2016.

RIBEIRO, G. E. C. **Desenvolvimento de um mármore artificial alternativo como resíduo da indústria de mármore e poliéster insaturado.** (2015). Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

PALAVRAS-CHAVE: geopolímero, resíduo, rocha artificial.

## CONTROLE ESTATÍSTICO PREMILIMINAR DO SIMULADOR DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: CÁLCULO DE INCERTEZAS

*Victor Moza Ponciano*<sup>1</sup>, *Leonardo Luiz Lyrio da Silveira*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador PCI, CETEM/MCTIC, vponciano@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, leolysil@cetem.gov.br

Analisar o processo de polimento de rochas sem se atentar à relação que existe entre o tipo de máquina utilizada, o rebolo abrasivo e às propriedades intrínsecas da rocha (mineralogia, textura, estrutura, etc.), pode não envolver todos os aspectos necessários para o completo entendimento da interação desse tribossistema. Tendo em vista estudar esse processo sob os conceitos da Tribologia, o CETEM desenvolveu o Simulador de Polimento de Rochas Ornamentais S-PRO (BR 10 2015 031693 3). Este equipamento permite simular, as condições de polimento empregadas nas politrizes industriais, bem como testar situações operacionais em escala piloto a partir da variação de parâmetros como pressão, vazão de água, velocidade de deslocamento horizontal do satélite e o tempo de ensaio. O reconhecimento formal aos laboratórios que comprovam competência em realizar suas atividades, de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma NBR 17025:2017, auxilia de maneira rápida, os clientes na busca por laboratórios que forneçam resultados confiáveis. Um dos pré-requisitos para a conformidade com a norma é a determinação da estimativa das incertezas do ensaio. Como base para os procedimentos de cálculo dessas incertezas foi utilizado o guia EURACHEM/CITAC Guide (ELLISON & WILLIAMS, 2012) que contém as etapas a serem seguidas na determinação das fontes de incerteza de medição e sua quantificação.

A calibração é uma operação que estabelece, sob condições especificadas, uma relação entre os valores reais, para parâmetros medidos ou fornecidos por um equipamento, e seu erro, que é obtido através da comparação com um material de referência certificado e é através desse erro que se chega à incerteza. A incerteza é um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores de resposta de uma medição, experimento ou ensaio, com base nas informações utilizadas (VIM, 2012). As fontes de incerteza podem ser avaliadas por procedimentos estatísticos (tipo A), como o desvio padrão, ou por procedimentos não estatísticos (tipo B), baseados em observações analíticas, teóricas ou em informações preexistentes. O método de avaliação "tipo A" é caracterizado pela realização de repetidas medições e pelo cálculo do desvio padrão experimental. A incerteza padrão  $u(x)$  relacionada a esse método foi calculada através da relação entre o desvio padrão e o número de medições. Já o método do "tipo B" é determinado através da incerteza do equipamento de referência usado na medição. Para se chegar à essa incerteza, a resolução do equipamento foi tomada como a única fonte de incerteza tipo B. O fator de abrangência utilizado foi de  $k=2$ , considerando uma distribuição normal, que representa um nível de confiança de aproximadamente 95,45%; este fator de abrangência é determinado através do grau de liberdade de acordo com o número  $n$  de medições (tabela t-Student). Visando então a determinação das fontes de incerteza que o simulador possui e do quanto cada parâmetro se distancia dos valores nominais, as variáveis foram medidas com base em outros equipamentos de referência. Os parâmetros analisados foram a pressão que o cabeçote exerce sobre a chapa, a velocidade de

rotação que o satélite de polimento realiza e a vazão de água emitida pelo sistema. Para a determinação da força real exercida pelo cabeçote, que ocorre através de um sistema de pressão e contrapressão, foi utilizado uma balança com capacidade máxima de 500kg (resolução de 0,5 kg). A medição da pressão real do cabeçote foi realizada através da seleção dos valores de pressão (P) e contrapressão (CP) nos manômetros do equipamento, nas intensidades de 0 a 3 bar (kg/cm<sup>2</sup>), resultando em 16 diferentes interações com número de medidas n=42. Para a medição da velocidade real do satélite, foi usado um fototacômetro 461893 da Extech (resolução de 0,1 rpm), com n=60. Para o cálculo da incerteza da bomba d'água, utilizou-se um cronômetro e um balde milimetrado para a obtenção da relação volume/tempo (n=15). Depois da determinação das médias e desvios padrões, as incertezas tipo A foram calculadas e expandidas com o tipo B. Na Tabela 1 está compilado os principais resultados das incertezas da pressão, velocidade do satélite e da bomba d'água, respectivamente.

**Tabela 1.** Resultados das incertezas para cada parâmetro variável do simulador

Valor Nominal (kg)	Valor Referência	Erro Encontrado	Incerteza da Medição	Fator de Abrangência (k)	Grau de Liberdade Efetivo (Veff)
45,6	46,8	1,2	3,1	2,25	12
232,5	245,1	12,6	8,2	2,25	11
430,7	441,9	11,2	6,6	2,25	11
Valor Nominal (rpm)	Valor Referência	Erro Encontrado	Incerteza da Medição	Fator de Abrangência (k)	Grau de Liberdade Efetivo (Veff)
50	48,2	1,8	0,4	2,40	8
350	354,2	4,2	0,4	2,40	7
600	608,8	8,8	0,3	2,40	7
Valor Nominal (L/min)	Valor Referência	Erro Encontrado	Incerteza da Medição	Fator de Abrangência (k)	Grau de Liberdade Efetivo (Veff)
24	24,1	0,1	0,9	2,52	7
16	14,7	1,3	0,5	2,52	6
8	8,4	0,4	0,7	2,43	8

Ressalta-se que os resultados acima indicam o quanto os valores nominais do equipamento se aproximam dos reais. O cálculo de incerteza permite a determinação de uma faixa de variação do valor real com uma confiabilidade de 95,45%. Tendo em vista a robustez do ensaio de polimento, consideram-se aceitáveis as variações registradas acima, onde, por exemplo, a pressão exercida pelo sistema varia no máximo em 3,5% no valor de referência, a velocidade em no máximo 0,8% e a vazão de água em 3,7%. Resultados que indicam que o equipamento tem a precisão necessária para execução de ensaios de polimento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELLISON, S. L. R., & WILLIAMS, A. **Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement**, Third edition, 2012. ISBN 978-0-948926-30-3.

VIM - **Vocabulário Internacional de Metrologia**: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados. Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94p.

PALAVRAS-CHAVE: rochas ornamentais, polimento, controle estatístico.

## AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VAZÃO DE ÁGUA NO POLIMENTO INDUSTRIAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS

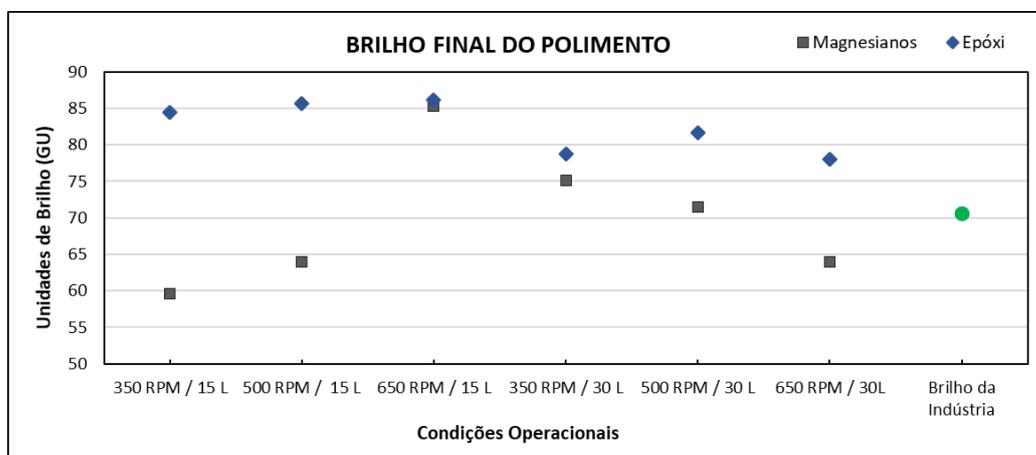
Phillipe Fernandes de Almeida<sup>1</sup>, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista PCI/CNPq, CETEM/MCTIC, palmeida@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Tecnologista, CETEM/MCTIC, leolysil@cetem.gov.br

O polimento das rochas ornamentais é um processo realizado por meio de etapas sucessivas de desgaste, feitas com o uso de rebolos abrasivos em ordem decrescente, que são aplicados sobre as chapas em movimento circular e sob pressão, com o objetivo de diminuir gradativamente a rugosidade superficial até se atingir uma intensidade de brilho comercialmente desejável. Durante o polimento é utilizado um fluxo constante de água para a remoção dos resíduos gerados pelo desgaste e para o resfriamento dos rebolos abrasivos. Poucos estudos foram realizados nos últimos anos para explicar o mecanismo de abrasão do polimento de rochas ornamentais em escala industrial, levando em consideração a inter-relação entre os tipos de rebolos abrasivos, a velocidade de rotação dos satélites de polimento e a vazão de água no processo (SILVEIRA, 2008; BOLONINI & SILVEIRA, 2015; SILVEIRA & BOLONINI, 2016; SILVEIRA et al., 2018).

Diante do exposto, o presente estudo apresenta resultados de ensaios de polimento de um sienogranito, conhecido comercialmente como *Giallo Fioritto*, em uma politriz industrial semiautomática de um satélite, com o uso de dois principais tipos de abrasivos de polimento: os magnesianos e os resinoides epóxi. Para a realização dos ensaios foram adotadas três velocidades de rotação do satélite (350, 500 e 650 RPM) e duas vazões de água de polimento: a utilizada pela indústria de 30 litros por minutos, e uma reduzida, de 15 litros por minuto. A pressão de polimento usada foi de 2 Kgf/cm<sup>2</sup>. A qualidade final do polimento foi medida por análise brilho ao final dos ensaios, com o auxílio de um medidor *Glossmeter*, no ângulo de 85°. Para efeito comparativo do estudo, foi medido o brilho final da mesma rocha polida pela indústria, com a vazão constante de 30 litros por minuto. Os resultados obtidos pelo estudo são demonstrados no gráfico da figura 1.



**Figura 1** - Valores de brilho (Gloss Unit - GU) obtidos pelos ensaios com os rebolos abrasivos magnesianos e epóxi, com a variação da velocidade de rotação (350, 500 e 650 RPM) e de vazão de água (15 e 30 litros por minuto).

De acordo com a análise do gráfico é possível perceber que os maiores valores de brilho foram atingidos pelo uso do abrasivo epóxi. Destaca-se as operações realizadas com a vazão de 15 litros por minuto, para as três constantes de velocidade (350, 500, 650 RPM), com resultados superiores ao valor medido pela indústria. Tal resultado reforça a potencialidade de se utilizar uma vazão reduzida no polimento, principalmente com a utilização destes rebolos, que são largamente utilizados nas empresas de polimento. Para os abrasivos magnesianos, destaca-se o ensaio utilizando a constante de velocidade de 650 RPM, para a vazão de 15 litros por minuto, atingindo 85 GU. Para os resultados com o uso da vazão de 30 litros por minuto, ressalta-se que a utilização a constante de velocidade de 350 RPM, também atingiu um ponto alto de brilho, sendo 5 GU superiores aos apresentados pela medição na indústria. Considerando as outras conjunções operacionais de 15 litros por minutos, para as constantes de velocidade de 350 e 500 RPM e para a vazão de 30 litros por minuto com a constante de velocidade de 650 RPM, os resultados não foram satisfatórios, onde a qualidade final de polimento foi inferior a obtida pela indústria.

Considerando os resultados obtidos pelos experimentos conduzidos pelo presente estudo, pode-se afirmar que a adoção do uso racional da água no processo de polimento é uma variável com grande potencial de promover o aumento da eficiência do desgaste abrasivo nas rochas ornamentais, com forte apelo sustentável à esta atividade industrial. Tal parâmetro ainda não é levado em consideração na prática das indústrias, o que abre um leque para novos estudos que poderão ser realizados neste sentido, com a adoção de distintas vazões de água, com outras rochas comercializadas pela indústria de rochas ornamentais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. F. (2014). **Estudo comparativo do polimento de granitos com diferentes tipos de abrasivos**. Dissertação de Mestrado. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. 122p.

BOLONINI, T. M.; SILVEIRA, L. L. L. (2015). Teste de polimento para rochas ornamentais silicáticas: métodos e resultados preliminares. Em: IV jornada de capacitação interna - CETEM, 2015. **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM. 7p.

SILVEIRA, L. L. L. (2008) **Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo**. Livro, 1 ed. Curitiba-Paraná, Editora Pós-Escrito. 203p.

SILVEIRA, L. L. L.; BOLONINI, T. M. (2016). **Polimento de rochas ornamentais - aspectos tribológicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016. v. 1. 54p.

SILVEIRA, L. L. L.; ALMEIDA, P. F.; BOLONINI, T. M.; SOUZA, M. L.; MACHADO, L. L.; PEIXOTO, S. C. (2018). **Contribuições para o avanço tecnológico da fase de polimento de rochas ornamentais**. 22. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017. v. 1. ISBN 978-85-8261-080-0. 66p.

PALAVRAS-CHAVE: Polimento, rebolos abrasivos, rochas ornamentais.

## DESENVOLVIMENTO MINEIRO NA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Antônio Luiz Pinheiro*

Engenheiro de Minas, Instituto Federal do Espírito Santo – campus Cachoeiro de Itapemirim,  
pinheiroal@bol.com.br

O Brasil ao lado de países como China, Índia, Turquia, Itália, Irã e Espanha estão em destaque no segmento de rochas ornamentais como os maiores produtores. O país possui aproximadamente 1.200 variedades comerciais, produzidas em 1.500 pedreiras ativas, com uma cadeia produtiva de cerca de 10 mil empresas, as quais geram cerca de 120 mil empregos diretos (ABIROCHAS, 2016).

Também o número de acidentes na indústria de rochas ornamentais é preocupante porque ocasionam diversos impactos negativos tais como perda na produção, perda de material, perda de equipamento, impactos ambientais e o mais grave: mutilação e morte de seres humanos.

É de fundamental importância que todas as etapas do processo produtivo de rochas ornamentais sejam realizadas respeitando as normas técnicas da mineração, com segurança, obedecendo a legislação ambiental e gerando lucro.

Uma das etapas de enorme importância no processo produtivo de rochas ornamentais é o desenvolvimento mineiro que é uma fase da mineração que antecede a operação de lavra envolvendo vários serviços como o projeto, construção e manutenção das vias de acesso e transporte, o decapeamento da jazida, a abertura da frente, o preparo da infraestrutura para o sequenciamento das operações de lavra, para a movimentação e transporte de material, para a construção da pilha de estéril, projeto e confecção dos sistemas de drenagem, dentre outros.

As vias de acesso e/ou transporte são de extrema importância para a produção e escoamento do material. As estradas de um empreendimento mineiro necessitam ter uma excelente capacidade de suporte e boas condições de rolamento para que possam ser utilizadas em qualquer época do ano com eficácia e segurança, necessitando para isto a consideração de alguns parâmetros como a distância de transporte, a inclinação das rampas, a largura, as condições geotécnicas e o sistema de drenagem. Isto porque a quantidade de material a ser transportado, o porte do equipamento utilizado, o desgaste do equipamento, o consumo de combustível, a vida útil e a produtividade influenciam no custo de produção de uma pedreira.

Alguns deslizamentos sobre a frente de lavra ocorrem porque o serviço de decapeamento do corpo de minério, que é necessário onde a jazida a ser lavrada possui cobertura estéril, não foi executado. A ocorrência destes acidentes provoca transtornos diversos como a interrupção total ou parcial das operações de lavra até que o material movimentado seja retirado, soterramento de equipamentos e até mesmo morte de trabalhadores.

A abertura da frente de lavra e o preparo da infraestrutura para o sequenciamento das operações de lavra são condicionantes para que o ciclo de operações de exploração ocorra de forma segura e com um tempo de ciclo mínimo.

A movimentação e transporte dentro do segmento de rochas ornamentais possuem características próprias que devem ser consideradas na atividade de lavra para que os números de acidentes diminuam.

O projeto, a construção e a manutenção dos sistemas de drenagem além de contribuir com a produção e segurança das atividades de lavra também é vital para que não ocorra erosão e carreamento de material provocando assoreamento à jusante da área de lavra.

Também a escolha do local e o projeto de construção e monitoramento da pilha de estéril influenciam nos serviços de extração de rochas ornamentais. Os estéreis gerados no processo produtivo não podem ser descartados em qualquer lugar e de qualquer forma porque isso compromete o sequenciamento das atividades de lavra.

A emissão de particulados sólidos são impactos ambientais que a extração de rochas ornamentais ocasiona e isto precisa ser reduzido, por exemplo, com a utilização de caminhões pipas molhando a frente de lavra e as vias de transporte. A redução da poeira contribui com a segurança e produção, uma vez que a emissão de poeira interfere nas condições de visibilidade dos operadores dos equipamentos de transporte fazendo com que a velocidade de transporte fique abaixo da velocidade de segurança aumentando o tempo de ciclo e diminuindo a produção.

Segundo Mathielo (2016) a extração de rochas ornamentais, diferentemente das explorações de minerais metálicos, não necessita de um desenvolvimento mineiro complexo, porém para o êxito da extração, é indispensável a realização das etapas fundamentais, como o planejamento e construção de vias de acesso e/ou transporte, preparação da frente de lavra para a abertura e o bom funcionamento da lavra. Durante suas avaliações em campo foi constatada a falta de um planejamento mineiro e a adequação das etapas de desenvolvimento da lavra. Planejamento de lavra é de suma importância, seja qual for o tamanho da jazida e o sucesso de um empreendimento mineiro requer um estudo das variáveis envolvidas e as possíveis soluções.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. **O Setor de Rochas Ornamentais de Revestimento**. Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais.

CURI, A. **Minas à Céu Aberto: Planejamento de Lavra**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2014

DAS, B. M.; SOBHAN, K. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. Tradução da 8ª Edição Norte Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014

MATHIELO, J. G. **Diagnóstico Geotécnico em Pedreiras de Rochas Ornamentais**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Cachoeiro de Itapemirim, 2016, 51 p.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação: Terraplanagem e Escavação de Rocha**. 2ªed. São Paulo: PINI, 2002.

**PALAVRAS-CHAVE:** desenvolvimento mineiro, planejamento, segurança.

## **SIMULADOR DE POLIMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS (S-PRO): ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE BRILHO**

*Victor Moza Ponciano*<sup>1</sup>, *Wana Favero Gaburo Dorigo*<sup>2</sup>, *Leonardo Luiz Lyrio da Silveira*<sup>3</sup>

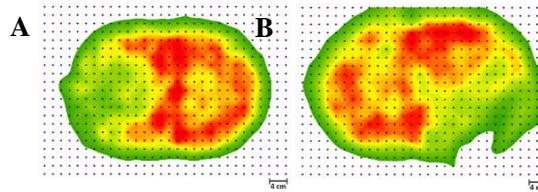
<sup>1</sup> Engenheiro de Minas, CETEM, vponciano@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Engenheira de Minas, USP, wanadorigo@usp.br

<sup>3</sup> Geólogo, CETEM, leolysil@cetem.gov.br

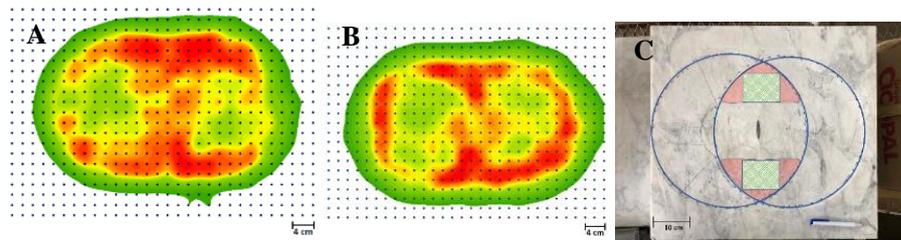
A etapa de beneficiamento secundário de rochas ornamentais, que compreende as etapas de levigamento (desbaste bruto), polimento e lustro da chapa de rocha, se dá através de politrizes dotadas de cabeçotes rotativos nos quais são acoplados rebolos abrasivos que, em um movimento circular sobre a superfície da chapa, buscam diminuir a rugosidade destes materiais, transformando-os em chapas polidas, capazes de refletir brilho. As propriedades intrínsecas dos materiais pétreos influenciam a qualidade final quando determinada rocha é submetida aos parâmetros da máquina de polir, como a velocidade da esteira, as velocidades de giro e transversal do satélite de polimento, fatores estes que ditam o tempo em que a superfície da chapa ficará exposta ao processo. Além destas variáveis operacionais supracitadas, outras também têm papel importante, como por exemplo, a pressão exercida pelo cabeçote sobre a superfície da rocha e o volume de água utilizado. Para Silveira (2007), a intensidade do brilho que determinada superfície apresenta é função das propriedades refletivas de seus minerais, sendo também inversamente proporcional à rugosidade da superfície. Ressalta-se que a qualidade final do polimento de uma placa de rocha ornamental é determinada através de métodos empíricos, sendo inferida através da experiência do operador da máquina de polir. A partir disso, buscando um melhor entendimento do processo de polimento das rochas ornamentais, através de uma visão mais completa do sistema de interação entre rocha, abrasivos e variáveis operacionais, foi desenvolvido no CETEM/NR-ES o Simulador de Polimento de Rochas Ornamentais (S-PRO) (INPI nº 1020150316933). Através deste equipamento, busca-se uma efetiva simulação do processo de polimento de rochas ornamentais, em escala laboratorial, reproduzindo as condições industriais da etapa de polimento dos materiais rochosos. Uma vez que a cinemática do S-PRO é diferente da politriz industrial, assim como a dimensão da placa de rocha a ser polida, faz-se necessário a parametrização das variáveis inerentes ao processo de polimento para que estas possam ser corretamente representadas no S-PRO, visando uma melhor compreensão do fenômeno de polimento. Para isso, é importante que as medições de brilho na superfície dos ladrilhos polidos no S-PRO sejam realizadas de forma sistemática, para que se tomem apenas dados representativos do processo, garantindo que a simulação executada no S-PRO represente o que a politriz industrial realiza. Assim, é preciso identificar quais regiões da superfície do ladrilho polido estão recebendo as mesmas condições de polimento que as chapas no processo industrial. Portanto, ensaios de polimento no S-PRO foram executados em ladrilhos, com dimensões de 60x60cm, da rocha comercialmente conhecida como Cinza Corumbá. Após o polimento, os ladrilhos foram demarcados em quadrados com área de 4 cm<sup>2</sup> e para cada elemento desta área mediu-se o brilho. Foi realizado uma medição de brilho em cada quadrado, resultando em 630 pontos de brilho que foram plotados em forma de mapa de cores no programa *ArcGIS* para que se pudesse identificar as regiões mais desgastadas. A intensidade do brilho nos mapas varia entre 50 e 100 GU (*Gloss Unit*). O ensaio foi realizado com uma sequência abrasiva estabelecida de acordo com informações da prática industrial e foram mantidos constantes todas as variáveis do processo. A partir

desses ensaios, foi possível notar uma distribuição não homogênea da intensidade de brilho na chapa, mostrando que o polimento não ocorre de forma uniforme em toda a superfície do ladrilho (Figura 1A e 1B).



**Figura 1A e 1B.** Mapas de brilho mostrando a distribuição não uniforme do polimento.

Na tentativa de obter um polimento mais homogêneo, o processo foi executado em outros ladrilhos do mesmo material, porém com maior tempo de desgaste nas granulometrias iniciais dos abrasivos, a fim de se obter a planificação adequada da chapa. As Figuras 2A e 2B mostram os resultados dos materiais polidos sob condições mais severas de desgaste. A Figura 2C mostra um ladrilho com as demarcações da região que é polida com o uso do S-PRO, onde a sub-região em vermelho é um local em que o contato entre os abrasivos e a rocha é contínuo durante todo o processo.



**Figura 2A e 2B.** Mapa de brilho representando condições mais severas de polimento. **Figura 2C.** Ladrilho demarcado com a área de polimento.

Com o desgaste mais grosseiro no levigamento, atingiu-se a planificação necessária para imprimir um polimento mais homogêneo sobre a rocha, ressaltando assim regiões mais uniformes para medição do brilho. Através de uma análise lógica da cinemática do processo de polimento, foi possível também o cálculo do número de passadas e, conseqüentemente, o tempo que o abrasivo desgasta uma mesma área da superfície de uma chapa na indústria. Esse tempo calculado pode ser reproduzido no simulador na região vermelha na Figura 2C. Dessa forma, a análise cinemática do processo, associada aos ensaios realizados visualizados nos mapas de brilho, permitiram a seleção da região representada pelo quadrado verde na Figura 2C como a área mais indicada para medição do brilho nos ensaios realizados no S-PRO. Com a calibração do equipamento e a parametrização das variáveis, o S-PRO se mostra uma ferramenta útil na realização de testes de polimento em escala laboratorial.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVEIRA, L. L. L. Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo. Tese de Doutorado. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos. 205p. 2007.

SILVEIRA, Leonardo Luiz Lyrio da; Ferri, Gerson; Leitão, Vagner Moro Ferreira. Simulador de Polimento de Rochas Ornamentais (S-PRO). Titular: CETEM – NRES. BR nº PI1020150316933. Depósito: 17 dez. 2015. Concessão: 14 fev. 2018.

PALAVRAS-CHAVE: polimento, brilho, rocha ornamental.

## IMPORTÂNCIA DA PESQUISA GEOLÓGICA NA LAVRA E CONTROLE AMBIENTAL NA EXPLOTAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Vanildo Almeida Mendes<sup>1</sup>, *Maria Angélica Batista de Lima*<sup>2</sup>, *Klaryana Cabral Alcântara*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geólogo, CPRM/SGB, vanildo.mendes@cprm.gov.br

<sup>2</sup>Geóloga, CPRM/SGB, angelica.lima@cprm.gov.br

<sup>3</sup>Geóloga, CPRM/SGB, klaryanna.alcantara@cprm.gov.br

Na atualidade a preocupação com a questão ambiental se constitui item tão importante quanto à eficiência do processo produtivo. Apesar desta premissa o segmento de rochas ornamentais, nos países em desenvolvimento, continua desviado da nova ordem econômico-ambiental que se baseia no conceito de produção limpa. Dentro desta nova ótica, o planejamento das operações de lavra, independentemente do tipo, deve conter soluções técnicas visando minimizar os danos causados ao meio-ambiente, além de proporcionar alternativas para o aproveitamento dos rejeitos. Pela premente necessidade de nos adaptarmos aos novos conceitos de produção ecologicamente correta vê-se a necessidade de melhor implementarmos rígidas normas de pesquisa geológica, a qual deve contemplar desde a sua fase inicial até a necessidade de redução do volume de rejeitos gerados e a possibilidade de reaproveitamento dos mesmos.

Como todo bem mineral, as rochas ornamentais são controladas por fatores de cunho geológico que condicionam as características petrográficas, texturais e estruturais dos jazimentos. Por consequência, tais fatores devem ser identificados e colocados em bases técnicas adequadas para servir de suporte a futuros investimentos. O conhecimento geológico permitirá definir a forma e distribuição das rochas, a existência de faixas potenciais para exploração e com base na definição das características físico-mecânicas do jazimento, a melhor maneira de iniciar as operações de lavra. Os objetivos primordiais desta fase de trabalho estão relacionados à qualificação e quantificação dos materiais e viabilização das futuras operações de extração. Os trabalhos envolvem mapeamento geológico de detalhe, amostragem das variedades litológicas aflorantes, seguido do levantamento estrutural de detalhe, estudos dos campos das tensões confinantes que incidem sobre o jazimento, além da definição das características petrográficas e tecnológicas das amostras coletadas e da tipificação comercial das rochas priorizadas.

Com o objetivo de conhecer tecnicamente as condições geológicas, químicas e físico-mecânicas dos depósitos de rochas ornamentais a serem lavrados, além da fotointerpretação e do levantamento topográfico do local da ocorrência deve-se proceder à execução de uma série de trabalhos, tais como: mapeamento geológico e levantamento estrutural detalhado da frente de lavra. Em paralelo tratar em bloco diagrama modelo 3D, os parâmetros estruturais levantados. Em seguida providenciar o tratamento das fraturas, veios e foliações, através de diagramas de projeção estereográfica, visando definir as paleotensões atuantes no maciço e a direção preferencial de abertura. Complementando as operações de pesquisa, têm-se a realização de furos de sondagem com o objetivo de conhecer o comportamento da rocha em profundidade. Em consonância devem-se elaborar os ensaios tecnológicos e petrográficos, visando definir os parâmetros físico-mecânicos da rocha. Com base nos elementos obtidos nestes estudos, definir o método de lavra condizente

com as características da rocha. O emprego destas metodologias visa definir o sistema das tensões atuantes sobre o maciço e, conseqüentemente, a melhor direção do plano de corte para a sua abertura, de forma a evitar o aparecimento de fraturas de alívio, permitir um aumento da taxa de recuperação da pedra, reduzir o volume de rejeitos gerados e ampliar a margem de lucratividade do empreendimento mineiro.

Após a execução das atividades acima elencadas e antes do início das operações efetivas de lavra, convém realizar os denominados testes operacionais de extração. Sua execução deverá ser planejada de acordo com os parâmetros obtidos durante a pesquisa e constituirá o embrião do planejamento operacional dos futuros trabalhos de lavra em regime seriado. As pedreiras de rochas ornamentais geralmente são operadas com método de lavra a céu aberto e podem ser de dois tipos: em matacões e maciços. Em alguns países da Europa, notadamente Grécia, Itália e Espanha existem operações de lavra subterrânea.

Diferentemente dos minerais metálicos, durante a exploração e beneficiamento das rochas ornamentais não ocorre a liberação de gases tóxicos, nem o emprego de produtos químicos nocivos ao meio ambiente e até mesmo o uso de explosivos ocorre em pequena escala. Com base no exposto pode-se concluir que, além da geração dos rejeitos, os principais impactos ambientais causados pela lavra de rochas ornamentais são: impacto visual; remoção do solo, desmatamento; poluição atmosférica e sonora; acúmulo de sucata metálica, lixo doméstico e efluente líquido; assoreamento das redes de drenagem que cortam a área objeto dos serviços de exploração. Portanto a formação de rejeitos constitui o maior problema gerado por esta atividade e resulta, principalmente, da insuficiência dos trabalhos de pesquisa geológica realizada e dos métodos de lavra utilizados. Convém frisar que além dos rejeitos gerados, cujo gerenciamento compete ao responsável pela frente de extração que têm a obrigação legal de estudar uma nova destinação ou reutilização econômica, deve-se também cuidar das cicatrizes deixadas na fisiografia local pelas frentes de extração. Com o objetivo de minimizar o impacto ambiental causado durante as operações de lavra de produtos pétreos deve-se providenciar a realização das seguintes ações mitigadoras: estudos sugerindo a reutilização dos rejeitos na produção de insumos, tais como: produção de brita, pedra rachão, paralelos e meio-fio, artesanato mineral, além da confecção de bloquetes para a produção de ladrilhos, muros de arrimo, bloquetes e aglomerados. Salienta-se que a produção de artesanato mineral também constitui uma das boas alternativas para o reaproveitamento dos rejeitos de rochas ornamentais. Faz-se necessário, porém, que os governos estaduais, criem centros de lapidação e formação de mão de obra, contribuindo assim para a geração de emprego e renda, além de possibilitar a ampliação da pauta de exportações do nosso país.

**PALAVRAS-CHAVE:** levantamento estrutural, lavra, mapeamento.



# X Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

## CARACTERIZAÇÃO E USO

## **AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO MÁRMORE TIPO CARRARA COM OCORRÊNCIA NO ESTADO DA PARAÍBA**

*Belarmino Barbosa Lira<sup>1</sup>, Júlio Cesar Souza<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Professor Titular, UFPB, belarminoblira@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor Associado, UFPE, jcsouzai@hotmail.com

A identificação do potencial das ocorrências de mármore no Município de Zabelê no estado da Paraíba é o objetivo deste trabalho, que surgiu com uma parceria entre o SEBRAE/PB e as Universidades Federais de Pernambuco (UFPE) e Paraíba (UFPB). O alvo desta parceria era melhorar as técnicas de extração e beneficiamento da rocha metamórfica (mármore) que se utiliza para produzir cal hidratado a partir desta. Os trabalhos foram realizados em etapas que constaram de visitas técnicas aos locais das ocorrências, coleta de amostras dos diversos tipos de mármore e realização de mapeamento planimétrico da área mais favorável a exploração de blocos de mármore ornamental.

As amostras coletadas foram submetidas a uma caracterização tecnológica, visando uma análise de sua qualidade e assim fomentar uma alternativa econômica para o desenvolvimento local, isto é, ressaltar o potencial para se desenvolver projetos para atividades extrativas do minério existente na área em referência. Seis tipos de mármore foram classificados em grupo e caracterizados, utilizando padrões de avaliação de qualidade de polimento, determinação dos índices físicos, resistência mecânica e desgaste Amsler. Os resultados destes ensaios mostraram que o mármore em epígrafe se aproxima do importado tipo Carrara.

Os resultados dos ensaios de desgaste Amsler são considerados excelentes para rochas carbonáticas que possuem muito menor resistência mecânica que as rochas silicáticas. Para o mármore em questão o desgaste foi de cerca de 40% maior do que em rochas silicáticas o que nos leva a conclusão de que o material é apropriado para a utilização em pisos de pequena a média circulação.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao SEBRAE/PB e aos Departamentos de Engenharia de Minas e o Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPE e UFPB respectivamente, pelo apoio ao trabalho em epígrafe.

**PALAVRAS-CHAVE:** mármore, minério, caracterização.

## FRAGILIDADE DO *GIALLO VENECIANO*: COMPARATIVO DA ANÁLISE DE QUALIDADE PRETÉRITA E ATUAL

Daniel Vale <sup>1</sup>, Délia Del Pilar Montecinos de Almeida <sup>2</sup>, Juliano Tessinari Zagôto <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor EBTT, IFES, daniel.vale@ifes.edu.br

<sup>2</sup> Professora Magistério, UNIPAMPA, deliaalmeida@unipampa.edu.br

<sup>3</sup> Professor EBTT, IFES, tessinari@ifes.edu.br

A ocorrência mineral do município de Nova Venécia tem sua gênese junto do Orógeno Araçuai. O fechamento da bacia precursora, ocorreu devido às colisões à distância entre os crátons São Francisco e Congo (QUEIROGA et al., 2012). Segundo estes autores, nos estágios pré-colisional e sincolisional, ocorreu sedimentação em bacia de retroarco, representado pelos protólitos do complexo paragnáissico da região setentrional do Espírito Santo. O estágio sincolisional, possibilitou a geração de metamorfismo, como nas rochas representadas pela Suíte G2, composta por granitos tipo S, amalgamados em batólitos e constituído por rochas graníticas foliadas, gnaissificadas ou milonitizadas. Neste contexto, este trabalho visa apresentar ensaios de caracterização, referente à resistência mecânica do material denominado *Giallo Veneciano*, rocha granítica da Suíte G2, desde a época do início dos trabalhos prospectivos da pedreira (ensaio de caracterização, realizado em 1996), e dados realizados recentemente (ano de 2018), a fim de demonstrar a fragilidade da rocha e seu comportamento perante as décadas de exploração. Cabe ressaltar que as amostras coletadas foram entregues pelo encarregado da pedreira, de forma que não se sabe a coordenada exata do ponto de coleta.

Os ensaios tecnológicos realizados são, respectivamente, a compressão uniaxial, módulo de ruptura, flexão a quatro pontos e desgastes Amsler. Além, foi realizado a petrografia, onde a rocha foi classificada como um Gnaisse Sienogranito com Biotita e Granada, com microfissuras moderadas a intensa e afetado por alteração hidrotermal e intempérica (classificação apresentada em 1996). Quanto à petrografia realizada recentemente em amostras coletadas dentro da reserva medida, foram classificadas como granitos e granodioritos, parcialmente metamorfizados e com variabilidade composicional, textural e de coloração. Quanto aos ensaios pretéritos, tem-se a Compressão Uniaxial (NBR 12.767:1992), que apresentou valor médio de 117,08 MPa em ensaio realizados em amostras na condição seca (ao natural), e 116,54 MPa após congelamento/degelo (NBR 12.769:1992). Tais valores levam a um coeficiente de enfraquecimento “k” no valor de 0,99. O Ensaio de Flexão (NBR 12.763:1992) apresentou um valor de 17,79 MPa. Tais resultados, apresentam-se adequados para o comércio e uso de rochas, seguindo a norma ABNT NBR 15.844 (ABNT, 2015), que menciona valores maiores que 100 MPa para a compressão uniaxial e maior que 8 MPa para ensaio de flexão. Quanto ao coeficiente de enfraquecimento, Frascá (2003, *apud* MAIA, 2004) cita que quando próximos a 1 são indicativos de que a rocha não sofreu modificações significativas pela ação do congelamento/degelo. Após vinte anos destes testes, com a retirada de centenas de toneladas de rocha, fica evidenciado que atualmente tem-se uma maior variabilidade petrológica e uma maior quantidade de fraturamento. Deste modo, a amostragem e caracterização foi realizada no litotipo encontrado mais semelhante ao descrito como *Giallo Veneciano*, minério

de interesse da empresa. Resultado dos ensaios tem-se, para Módulo de Ruptura, apresentaram valores em amostra seca de 4,77 MPa e saturada de 3,60 MPa. Valores para flexão quatro pontos de 8,43 MPa em amostra seca e 5,75 MPa em amostra saturada. Estes valores estão abaixo do requerido que no mínimo 10 MPa para módulo de ruptura e mínimo de 8 MPa para flexão quatro pontos. Tais parâmetros demonstram uma maior fragilidade da rocha estudada em 2018. Atualmente, a rocha para se enquadrar no mercado de bloco e chapa necessita de processamentos, levando a maior custo financeiro. Tomando como partido à época do estudo de viabilidade econômica, tal custo acrescido pode inviabilizar o empreendimento, considerando também a variação do valor do minério em tal mercado.

Como o minério apresenta baixa resistência mecânica frente aos valores das análises tecnológicas, ainda, devido à grande variabilidade litológica não há um volume do litotipo desejado pela empresa, levando à fragilidade ao mercado econômico das rochas ornamentais, acrescido, também, ao problema do fraturamento do minério exposto. Tal situação inviabiliza a exploração mineral nesta pedreira.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15844:2015: Rio de Janeiro, p. 2. 2015.

\_\_\_\_\_. 1992. Manual de normas técnicas para ensaios tecnológicos de rochas ornamentais para revestimento (análise petrográfica, índices físicos, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão, resistência ao impacto de corpo duro, desgaste abrasivo Amsler e congelamento e degelo.

CASTRO, N. F. et. al. Impacto do APL de rochas ornamentais do Espírito Santo nas comunidades. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1180/1/Impacto%20do%20APL%20de%20rochas%20ornamentais.pdf>. Acessado em 28 de junho de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT –Relatório de Ensaio nº 834995. Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira. São Paulo: 1996.

MAIA, S. M. C. Estudo integrado geológico/tecnológico de rochas ornamentais: os granitos Flores e Jacarandá, RN. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de pesquisa e pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) Dissertação nº 39/PPGG. Natal/RN, setembro de 2014.

QUEIROGA, G. N. et. al. Geologia e recursos minerais da folha Nova Venécia SE.24-Y-B-IV, estado do Espírito Santo, escala 1:100.000. Programa Geologia do Brasil. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

PALAVRAS-CHAVE: ensaios tecnológicos, granito ornamental, Geologia ES.

## ESTUDO DA AÇÃO DO ÁCIDO OXÁLICO NA REMOÇÃO DE MANCHAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Maria Eduarda Mariani Barros <sup>1</sup>, Roberto Carlos da Conceição <sup>2</sup>, Michelle Teixeira Cassiano <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, mariaeduardaufrij@gmail.com

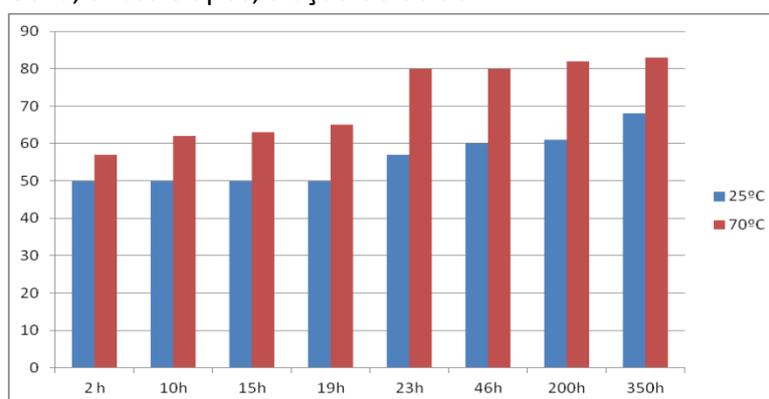
<sup>2</sup>Pesquisador, Centro de Tecnologia Mineral- CETEM, rcarlos@cetem.gov.br

<sup>3</sup>Técnica em Química, CETEM, mtsantos@cetem.gov.br

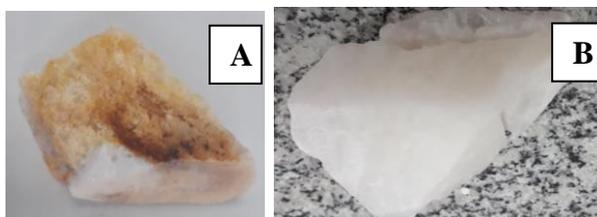
O surgimento de manchas durante a lavra e o beneficiamento de rochas ornamentais reflete em perdas de comercialização/exportação incalculáveis para o setor. Como esse problema vem ocorrendo em alguns quartzitos ornamentais da Bahia, caracterizou-se a mancha por FRX e MEV/EDS e estudaram-se métodos de remoção utilizando-se ácido oxálico a 25°C e 70°C, com controle de padrões colorimétricos durante os experimentos. Os resultados indicaram que a região manchada tratava-se de ferro, com teores de 70% observados pelo MEV. O ácido oxálico foi capaz de remover a mancha após 24h de ação do ácido a 70°C, pois o valor de luminosidade da rocha manchada que era 50º passou à 80º, indicando o clareamento da rocha e remoção da mancha. Com o ácido a 25°C houve alteração da luminosidade de 50º para 70º após 350h de ensaio. Conclui-se que a mancha de ferro dos quartzitos pode ser removida com ácido oxálico à 25°C após 350h e a 70°C após 24h de exposição.

As rochas ornamentais são definidas como materiais pétreos naturais utilizados em revestimentos internos e externos, elementos de composição arquitetônica, estrutura, decoração, mobiliário e arte funerária. O principal elemento que se destaca no setor comercial é o aspecto estético (VIDAL et al., 2013). As exportações de rochas ornamentais registraram faturamento superior a US\$ 10 milhões em 2017 e o Espírito Santo respondeu por 82% do total do faturamento e 76% do total do volume físico. O Brasil é o 4º maior exportador mundial de rochas, ficando atrás da China, Itália, Turquia e Índia (CHIODI FILHO; CHIODI, 2013). As modificações físicas das rochas atribuídas às técnicas empregadas na extração e de beneficiamento podem levar ao aumento do fissuramento e da porosidade, que irão contribuir para a acentuação de diversos problemas com as rochas, como trincas, fissuras, perdas de massa e manchamentos (FRASCÁ, 2003). A geração de manchas nas rochas é um problema extremamente grave, pois põe em risco a sua comercialização, visto que o padrão estético é condição *sine qua non*. Atualmente, o setor vem enfrentando problemas sérios de manchamentos em diversas rochas já prontas e acabadas, acarretando diversos prejuízos no que tange à exportação. Dessa forma, realizar estudos para determinação das causas dos manchamentos e métodos de remoção é suma importância para os produtores de rochas ornamentais. Em face do que foi exposto, os objetivos deste trabalho foram verificar do que se tratavam manchas ocorridas em quartzitos ornamentais e possíveis métodos de remoção. Para tal, a rocha contendo a mancha foi avaliada por FRX e MEV/EDS e os ensaios para retirada da mancha foram realizados com ácido oxálico a 25°C e 70°C até a saída das manchas. Na região manchada, observam-se teores de silício de aproximadamente 76% e 9% de alumínio, relacionados com a composição da rocha. No entanto, há uma quantidade substancial de ferro, 12%, indicando que este elemento, intrínseco da rocha, é o responsável pela mancha quando exposto ao ar. Já a região sem

mancha apresenta mais de 99% de silício, indicando se tratar de um quartzito. Na Figura 1 apresenta-se a o valor da luminosidade (L) da rocha em relação ao tempo de exposição ao ácido oxálico, à temperatura de 25°C e 70°C. Inicialmente, a região manchada apresentava valores de L inferiores à 50º, indicando o tom escuro da rocha. À medida que a rocha entra em contato com o ácido oxálico, verifica-se que os valores de L aumentam gradativamente com o tempo, indicando o clareamento da rocha e a retirada da mancha. Em apenas 2 h de ensaio, com o ácido a 70°C, a luminosidade aumenta para 55º e chega a 80º após quase 24h de ensaio, indicando a retirada total da mancha. Já quando se utiliza o ácido à 25°C só se verificam alterações na luminosidade após 24h de ensaio, onde L se altera de 50 para 55º, mas efetivamente a mancha ainda se encontra presente. Nessa temperatura, observa-se a remoção da mancha após 350h de ação do ácido. Na Figura 2 pode-se verificar a rocha, antes e após, a ação do ácido.



**Figura 1:** Luminosidade (L) x tempo (h) de exposição do ácido oxálico.



**Figura 2:** Rocha antes (A) e após (B) a ação do ácido oxálico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. O setor de rochas ornamentais no Brasil. Em: VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.; CASTRO, N. (org.). **ITecnologia de Rochas Ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**, 2013, CETEM/MTCI, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Cap. 10.

FRASCÁ, M. H. B. O. (2003) **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento** - Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. e FRASCÁ, M. H. B. O. Introdução. Em: VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.; CASTRO, N. (org.). **ITecnologia de Rochas Ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**, 2013, CETEM/MTCI, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Cap. 1.

**PALAVRAS-CHAVE:** manchamento, rochas ornamentais, quartzitos.

## ESTUDO COMPARATIVO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA E POROSIDADE APARENTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS ESTETICAMENTE SEMELHANTES

*Evanizis Dias Frizzera Castilho*<sup>1</sup>, *Maria Angélica Kramer Sant'Ana*<sup>2</sup>, *Lynda Mendes Campos*<sup>3</sup>,  
*Raykar Bandeira*<sup>4</sup>, *Yan Taffner Binda*<sup>5</sup>, *Andreia Da Costa Hilário*<sup>6</sup>, *Fernando César Moura de Almeida*<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Professora, Instituto Federal do Espírito Santo, evanizis@ifes.edu.br

<sup>2</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, mariaangelicaks@gmail.com

<sup>3</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, lyndamendescampos@gmail.com

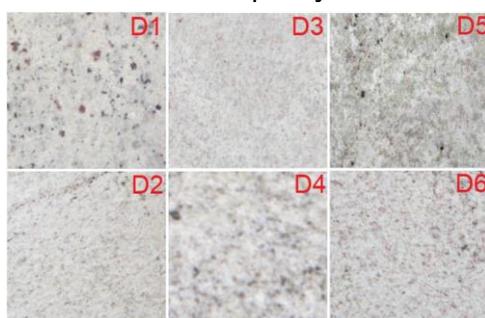
<sup>4</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, raykar80@gmail.com

<sup>5</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, yan\_binda@hotmail.com

<sup>6</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, andreiahilario123@gmail.com

<sup>7</sup> Estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, fcma60@gmail.com

A caracterização tecnológica de rochas ornamentais sugere a melhor forma de aplicação de revestimento das rochas ornamentais (pisos, pias, entre outros), através de ensaios em laboratório, com a finalidade de averiguar a resistência e durabilidade do material. O objetivo deste trabalho foi verificar se as seis rochas ornamentais ígneas de composição granítica, publicada no Atlas de Rochas Ornamentais (Figura 1), podem ser utilizadas na aplicação em revestimentos.



**Figura 1** – Rochas diversas do Atlas de Rochas Ornamentais (autores, 2019).

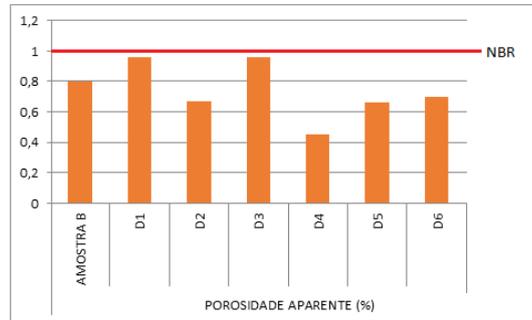
As amostras de rochas analisadas no laboratório (Figura 2) foram comparadas com as rochas publicadas no Atlas de Rochas Ornamentais (Figura 1). O critério utilizado para a escolha destas rochas é que elas fossem visualmente esteticamente semelhantes.



**Figura 2** - Amostra B (autores, 2019).

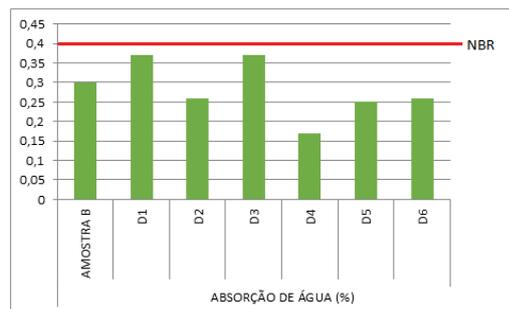
A metodologia deste trabalho foi baseada na norma NBR 15845-2 (ABNT, 2015), onde foram analisadas as propriedades tecnológicas da rocha denominada de amostra B (Figura 2), relacionadas

à porosidade aparente e absorção de água. A partir da Figura 3, podemos observar que a porosidade estipulada pela norma NBR 15844:2015 (especificações para granitos) foi atendida para todos os materiais (Amostra B, D1, D2, D3, D4, D5 e D6). Os materiais que mais se aproximaram do valor da Amostra B, quanto à porosidade, foram os materiais D2 e D6.



**Figura 3** - Porosidade Aparente das Rochas, (Elaborado pelos autores, 2019)

Nota-se que na Figura 4, os materiais (Amostra B, D1, D2, D3, D4, D5 e D6) atendem ao requisito da norma NBR 15844:2015 quanto à absorção de água. Os valores encontrados, que mais se assemelharam a Amostra B, foram os materiais D6 e D2. Portanto, podemos concluir que o material D6, além de ser esteticamente parecido com a Amostra B, pode substituí-lo, pois atenderam as propriedades estudadas neste trabalho.



**Figura 4** - Absorção de água das rochas (Elaborado pelos autores, 2019)

Portanto, a escolha de materiais para revestimentos deve ser baseada não somente em padrões estéticos. Análises baseadas em propriedades tecnológicas dos materiais se mostram necessárias a fim de se evitar problemas futuros na aplicação das rochas ornamentais em uso de revestimento. Sugere-se analisar as demais características tecnológicas, garantindo assim a aplicação correta da rocha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas para Revestimento – Requisitos para Granitos. NBR 15844. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas 2015. Rochas para Revestimento – Métodos de Ensaio. NBR 15845-2. Rio de Janeiro, 2015.

FILHO, R.S. et al. Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo. CPRM, 2013.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais, porosidade aparente, absorção de água.

## ESTUDO DA POROSIDADE APARENTE E ABSORÇÃO DE ÁGUA DO GRANITO CINZA CORUMBÁ RESINADO E NÃO RESINADO

*Evanizis Dias Frizzera Castilho<sup>1</sup>, Jodan Silva Volpasso<sup>2</sup>, Marialice Gomes de Souza Freitas<sup>3</sup>,  
Raphaela Liverani Pereira<sup>4</sup>, Vinicius Mezadre Buzato<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Professora, Ifes, evanizis@ifes.edu.br

<sup>2</sup> Estudante, Ifes, jodansilvavolpasso@gmail.com

<sup>3</sup> Estudante, Ifes, mary\_souzaa@hotmail.com

<sup>4</sup> Estudante, Ifes, raphaelaliver@gmail.com

<sup>5</sup> Estudante, Ifes, buzatovinicius@gmail.com

O mercado de rochas ornamentais está em crescente desenvolvimento, com o avanço da tecnologia para o tratamento, tendo como um grande e importante fator a utilização de um composto (resina) para atribuir uma melhor qualidade no produto, pois promove a impermeabilização de poros da rocha, garantindo uma melhoria nos índices físicos do material.

As rochas mais utilizadas para o revestimento de exteriores são as de características graníticas, pois constituem uma grande variação de cores e padrões, tanto estruturais quanto texturais (FRASCÁ, 2001).

O objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da rocha em relação à porosidade e absorção de água, após a aplicação de resina. O critério utilizado para a escolha da rocha granítica conhecida comercialmente como Cinza Corumbá (figura 1) foi devido a sua elevada comercialização. Este material possui como composição mineralógica: microclínio micropertítico 33%, plagioclásio 30%, quartzo 20%, biotita 12% e acessórios 5%. (FILHO et al., 2013).



**Figura 1** – Material Cinza Corumbá (autores, 2019).

A metodologia utilizada para o ensaio foi baseada na norma técnica NBR 15845-2 (ABNT, 2015). O ensaio para a determinação dos índices físicos de rochas ornamentais consiste em um importante parâmetro para identificar as propriedades físico-mecânicas das rochas, sendo que quanto maior a porosidade da rocha menor será sua resistência física mecânica (FILHO et. al., 2013).

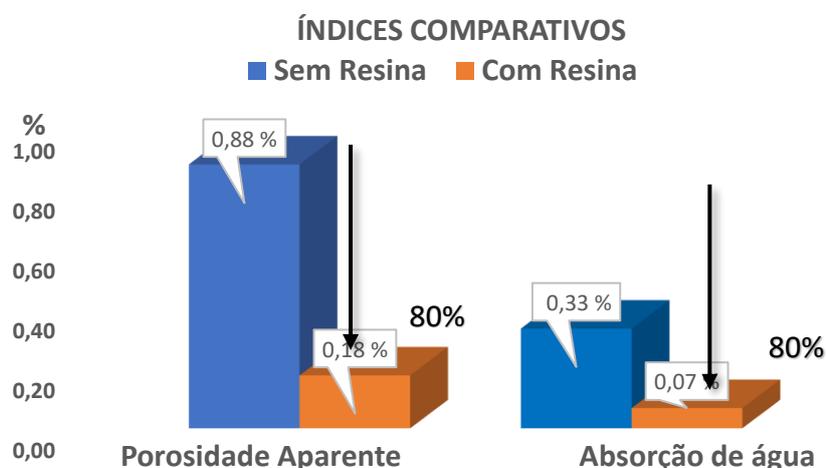
Para a realização deste ensaio utilizamos 10 corpos de prova cúbicos, nas dimensões (5 cm x 5 cm x 5 cm) das amostras de rochas.

A resina epoxídica utilizada neste trabalho teve sua especificação preservada, devido a não autorização do fabricante para publicação. O catalisador utilizado para o processo de resinagem foi de 37%.

Nos corpos de prova que foram resinados, utilizamos uma proporção de 10 gramas de resina epoxídica para 3,7 gramas de catalisador. Após a aplicação da mistura (resina + catalisador) em todas as superfícies do material, o mesmo passou pelo processo de cura em temperatura ambiente por 24 horas. Após esta etapa foi realizado novamente o ensaio de índices físicos de acordo norma técnica NBR 15845-2 (ABNT, 2015).

Após a análise dos resultados, foi constatado que os corpos de prova que foram resinados, houve uma redução de 80% na porosidade e absorção de água do material em estudo.

Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos após os ensaios realizados.



**Figura 2** – Representação do comparativo no material cinza dentre sua porosidade antes e depois da etapa de resinagem (Elaboração dos autores)

Podemos concluir que com a aplicação de resina, houve a impermeabilização do material estudado, pois com esta redução significativa dos índices de porosidade e absorção de água, podemos aplicar o material em áreas úmidas, tais como pias, pisos, revestimentos externos de fachadas, dentre outros.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845-2:2015**: rochas para revestimento – determinação dos índices físicos. Rio de Janeiro, 2015.

FILHO, R.S. et al. Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo. CPRM, 2013.

FRASCA, M. H. B. O. **Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade**. IN: Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais, 2001, Salvador. Anais... Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2002. p.148-154.

PALAVAS-CHAVE: resina, absorção de água, porosidade aparente

## PAINEL DE ROCHAS – O ENSINO FORA DA SALA DE AULA DESDE 2006

*Risale Neves Almeida*

Arquiteta, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, risale@hotmail.com.br

O que é o *Painel de Rochas* e o que visa: o *Painel de Rochas* é uma atividade de extensão pedagógica que trata o uso das rochas na Arquitetura, voltada para estudantes do ensino fundamental, graduações e público em geral. Criado no âmbito do Curso de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, CTG-UFPE, em 2006, em parceria com o Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes e Comunicação, CAC-UFPE, estreou na 1ª Feira de Minerais e Rochas da UFPE, envolvendo monitores alunos de Arquitetura, Engenharia de Minas e Geologia. Visa mostrar ao público alvo os tipos de rochas existentes na crosta terrestre, mecanismos de formação, transformação e suas composições mineralógicas, expandindo o conhecimento sobre as rochas enquanto materiais mais indicados para projetos arquitetônicos. Visa também, aprimorar o referencial dos monitores alunos que se dedicam a tal atividade em cada apresentação.

As Feiras de Minerais e Rochas, por sua vez, tem como propósito divulgar valores da Arquitetura, da Geologia e da Engenharia de Minas para estudantes e o público em geral, entre outras áreas, cabendo também à monitores alunos a divulgação de conhecimentos relativos às áreas referidas. Na última edição 2018, além do *Painel* abordando as rochas ornamentais, constaram da programação o enfoque à paleontologia, aos terremotos, ao petróleo, aos recursos e propriedades dos minerais, bem como à geologia marinha, entre outras atividades.

Histórico do *Painel de Rochas*: foi apresentado inicialmente na 1ª Feira de Minerais e Rochas da UFPE (2006); em 2007, nos “50 anos da Geologia” e no VI Simpósio de Rochas Ornamentais no Nordeste, VI SRONE, Natal-RN. Em 2008, constou em palestra no II Congresso Internacional de Rochas, II CIRO, Carrara-IT, enaltecendo, inclusive, o valor pedagógico e interativo da iniciativa “fora da sala de aula”. Em abril de 2009 o *Painel* ganhou dimensão e publicidade durante a 2ª Feira de Minerais e Rochas da UFPE, quando recebeu estudantes do ensino fundamental público e privado da Região Metropolitana do Recife mediante agendamento prévio. No final do mesmo ano, houve exibição ainda no Aeroporto Internacional do Recife, retornando à extensão pedagógica somente em 2018.

A preparação, o aprendizado dos monitores e a dinâmica de apresentação do *Painel* em 2018: a preparação inicia pela abordagem às rochas que formam a Crosta Terrestre, incluindo treinamentos e pesquisas. Os alunos que já cursaram a disciplina *Usos de Rochas na Arquitetura*, ministrada no próprio curso, coordenam a equipe por já conhecerem as definições de rochas, os seus minerais constituintes, atributos tecnológicos e os indicativos para bom uso das rochas, num prenúncio de que irão especifica-las no futuro com fundamentações tecnológicas.

Saber receber o público é essencial (Figura 1). A equipe atua seguindo a sequência do *Painel*, ao mesmo tempo atentando para estudantes mais curiosos que fazem perguntas à parte. O público adulto se aproxima, observa, tira dúvidas, conta casos malsucedidos, buscando afirmar as próprias escolhas ou de outros, constituindo oportunidade ímpar para os monitores repassarem conhecimentos. A dinâmica é testada por terceiros, para ver se os monitores estão preparados.

Na última edição da Feira de Minerais e Rochas da UFPE (10/2018), realizada no Shopping Paço Alfandega (Bairro do Recife, PE), o *Painel de Rochas* apresentou exemplos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, revelando a diversidade geológica da Terra, e exemplos de pedras naturais usadas no paisagismo completaram a mostra.



**Figura 1-** Atividades do *Painel de Rochas* com o público durante a Feira de Minerais e Rochas 2018.

As partes dos expositores em formato de “meia-lua” abrigaram pedaços brutos de rochas, pequenos pedaços serrados, polidos e levigados, minerais essenciais e acessórios dos exemplos (Figura 2), numa performance lúdica e sensorial, pelo tato e pela visão. Pode-se manusear as amostras soltas e os minerais. Os estudantes ficam sempre perplexos, dizem nunca terem visto nada igual e há quem pergunte: “Os minerais são colados até formar uma placa”? “Quem os cola”? Essas manifestações enchem de orgulho os organizadores e monitores, legitimando a importância de levar esses conhecimentos para além das salas de aulas.



**Figura 2-** Expositores com amostras de rochas magmáticas e seus minerais componentes

Espera-se que o *Painel de Rochas* bem como o evento maior que o abriga – a Feira de Minerais e Rochas da UFPE –, mostre a outros professores das áreas afins a importância da atividade de extensão que integra universidade e sociedade nos cursos de graduação. Levando conhecimentos à sociedade de forma criativa e interdisciplinar, ganham os professores ao cumprirem os seus planos de trabalho e ganham os alunos participantes ao integralizarem créditos de atuação extensionista junto ao público alvo esperado. Enfim, almeja-se que o exemplo sirva de motivação e iniciativas semelhantes sejam replicadas. Participaram monitorando o *Painel de Rochas* em 2018 as alunas: Ana Lucia Maciel, Ana Karine Souza, Luana Souza, Laura Andrade, Vanessa Silva, Jemima Aquino e Tamires Silva, com apoios recebidos da Pró Reitoria de Extensão, PROEXT, UFPE; do Sindicato das Indústrias de Extração do Estado de Pernambuco, SINDIPEDRA; Mineração AURORA (PE), e MARMOPEDRAS (PE), desde 2003 apoiando o *Uso de Rochas na Arquitetura da UFPE*.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas, projeto de extensão, ensino itinerante.

## COMPARAÇÃO DA VARIAÇÃO DOS VALORES DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS TELADAS COM RESINA EPOXÍDICA E COMPÓSITO VEGETAL SUBMETIDOS A CICLAGEM TÉRMICA

*Mirela Ramos Maturana*<sup>1</sup>, *Leonardo Luiz Lyrio da Silveira*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia de Minas, IFES, mirelamaturana@gmail.com

<sup>2</sup> Geólogo, D.Sc., CETEM/MCTIC, leolysil@cetem.gov.br

O setor de rochas ornamentais é uma das áreas mais promissoras do setor mineral e tem grande importância pra economia nacional. Segundo a ABIROCHAS, no ano de 2018 as exportações brasileiras de produtos oriundos de rochas ornamentais corresponderam a US\$ 992,5 milhões e 2,20 milhões de toneladas (ABIROCHAS, 2019). O processo de telagem de rochas ornamentais é realizado com a finalidade de aumentar a resistência à flexão de algumas rochas que possuem comportamento frágil. Para isso, no verso da chapa, fixa-se uma tela de fibra de vidro com o auxílio de uma resina epoxídica à base de epicloridrina e bisfenol A. Um dos problemas causados pela utilização dessas resinas se deve à sua composição química, que pode trazer prejuízos à saúde humana além de ser uma possível fonte contaminante do meio ambiente. Uma solução ecológica para substituição da resina epoxídica é a utilização da resina poliuretana à base de óleo de mamona, proveniente de uma fonte limpa, renovável e ecológica. O processo de telagem com resina poliuretana de mamona foi patenteado pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM-MCTIC no ano de 2013 (INPI BR1020130187607) e se mostrou uma alternativa de grande potencial econômico. Alguns trabalhos já desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, obtiveram resultados otimistas a respeito da utilização da resina poliuretana de mamona no processo de telagem de chapas de rochas ornamentais, tais resultados justificam o aprofundamento nesta linha de pesquisa, buscando agora verificar a viabilidade técnica da utilização da resina poliuretana de mamona.

O objetivo deste estudo é comparar os valores de resistência à flexão por carregamento quatro pontos em rochas silicáticas teladas com resina epóxi e com resina poliuretana à base de óleo de mamona colorida após ciclagem térmica em estufa. Para a realização dos ensaios foram escolhidos quatro litotipos com composição silicática, sendo estes: um pegmatito, um granito e dois quartzitos. Para cada tipo litológico foram utilizados 20 corpos de prova, sendo 10 telados com resina epóxi e 10 telados com resina de mamona colorida. Para a realização da telagem, utilizou-se 12,50g de cada resina, seguindo a proporção resina/endurente de 75% resina e 25% endurente para a resina epóxi e 54,48% resina e 45,44% endurente para a resina de mamona. A tela utilizada é a mesma empregada na indústria, com uma malha de 5 mm e fios de 1 mm de espessura. Inicialmente fez-se o rompimento de 10 corpos de prova, 5 teladas com mamona e 5 teladas com epóxi. Os outros 10 corpos de prova de cada rocha foram levados à estufa em 25 ciclos de 16 horas de aquecimento em temperatura de 50°C e 8 horas em temperatura ambiente e rompidos na mesma prensa. O ensaio de resistência à flexão por carregamento quatro pontos seguiu a norma ABNT NBR 15845-7/2015 (Adaptada) e as rochas foram rompidas com uma prensa hidráulica Forney, modelo LLC. Os resultados se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da resistência à flexão nas rochas estudadas (AUTORES, 2019).

	PEGMATITO BLUE		GRANITO GIALLO		QUARTZITO WHITE		QUARTZITO SETTE	
	NILE		SANTA CECÍLIA		MACAÚBAS			
	Média (Mpa)	Desvio Padrão	Média (Mpa)	Desvio Padrão	Média (Mpa)	Desvio Padrão	Média (Mpa)	Desvio Padrão
<b>Epóxi</b>	7,52	1,11	6,12	1,42	5,74	0,72	18,15	3,08
<b>Epóxi + Ciclagem</b>	7,77	1,33	9,71	0,95	19,48	3,03	15,64	4,27
<b>Mamona</b>	7,18	0,68	7,33	0,98	5,87	1,01	17,31	1,96
<b>Mamona + Ciclagem</b>	8,96	1,07	7,96	1,09	22,10	1,41	13,45	4,54

Em três das rochas estudadas (pegmatito, granito e um dos quartzitos) observou-se um incremento da resistência à flexão após o ensaio de ciclagem para ambas as resinas. Isso mostra que o aumento da temperatura proporcionou uma melhor adesividade entre a resina e a rocha provocada pela maior penetração da resina à rocha pelas microfissuras e planos de clivagem. Ferreira e Silveira (2018) em pesquisas anteriores obtiveram resultados satisfatórios, mostrando que determinado tipo de resina tem afinidade com determinado tipo de rocha, sua quantidade e sua umidade higroscópica influenciam sobremaneira no quesito adesividade do sistema. Tais resultados se deram de forma positiva a favor da utilização da resina poliuretana de mamona em função da mineralogia da rocha, devido à afinidade entre esta e a resina vegetal. Os resultados obtidos mostram que a ciclagem, que na maioria das situações causa uma diminuição nos parâmetros de resistência físico-mecânicos, no caso da pesquisa ora realizada se mostrou um processo que causou um incremento nos valores de resistência à flexão 4 pontos. Tal constatação pode ser de grande valia, visto que o aumento de resistência aqui verificado pode ser aplicado na indústria com vista a diminuir as espessuras de uso e com isso aumentar a produtividade em metros quadrados. Tem-se que considerar o fator tempo de produção para validar essa possibilidade, além de estudar possíveis novos arranjos nos pátios das empresas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos profissionais do CETEM e do IFES, as empresas Imperveg pelo apoio financeiro e a Decolores pela doação das amostras.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.845-7:2015** Rochas para revestimento – Parte 7: Determinação da resistência à flexão por carregamento em quatro pontos.

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2018. Disponível em:

<<http://abirochas.com.br>> Acesso em: 15 de maio de 2019.

FERREIRA, B. S. C. Resina Poliuretana De Mamona: Alternativa Ecológica Para o Envolvimento de Blocos De Rochas Ornamentais, 2016. 23p. Monografia (Graduação) – Coord. curso de Engenharia de Minas, Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo(Brasil).

PALAVRAS-CHAVE: resina, mamona, telagem.

## ESTIMATIVA DE INCERTEZA DA MEDIÇÃO PARA O ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS AGLOMERADAS

*Abiliane de Andrade Pazeto*<sup>1</sup>, *Alan Dutra Pedruzzi*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora PCI, D. Sc., CETEM/MCTIC, apazeto@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia de Minas, IFES, alan.pedruzzi722@gmail.com

As rochas aglomeradas, conhecidas comercialmente como “rochas artificiais” têm se tornado a principal concorrente da rocha natural para o acabamento em obras civis. Nos últimos três anos, o Brasil importou mais rochas aglomeradas do que naturais (CHIODI FILHO, 2019). Dado o aumento no uso desses materiais, torna-se de suma importância a realização de ensaios de caracterização tecnológica a fim de conhecer as suas propriedades físico-mecânicas e seu comportamento em serviço. Visto que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ainda não estabeleceu metodologias de ensaios para rochas aglomeradas, o Núcleo Regional do Espírito Santo (CETEM/NRES) vem desenvolvendo um estudo pré-normativo para futuramente propor a ABNT normas de caracterização tecnológica específicas para esses materiais. Em todo ensaio ou medição existe um erro ou incerteza e calcular essa incerteza é essencial para validar um ensaio, pois é ela que permite conhecer os intervalos de aceitação dos resultados obtidos (VIM, 2012). O objetivo deste trabalho foi realizar ensaio de resistência à flexão de rochas aglomeradas com base na norma europeia e estimar a incerteza da medição associada ao método a fim de contribuir com o estudo pré-normativo em desenvolvimento no CETEM.

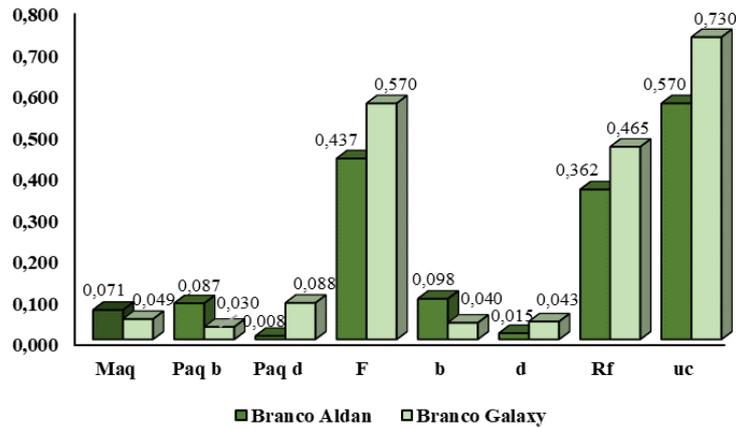
O ensaio foi realizado no Laboratório de Rochas Ornamentais - LABRO/NRES com duas rochas aglomeradas de nomes comerciais Branco Aldan e Branco Galaxy e seguiu as diretrizes da EN 14617-2 (AENOR, 2008). Utilizaram-se 45 corpos de prova nas dimensões de 200x50x30 mm. O ensaio foi executado numa máquina hidráulica, com capacidade de 50 kN e taxa de carregamento de 0,25 MPa/s. A estimativa da incerteza da medição seguiu os cálculos do Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (INMETRO, 2012). As incertezas padrão  $u(x)$  correspondentes às medições em caráter de repetibilidade são classificadas como "Tipo A", enquanto as associadas à calibração dos equipamentos e instrumentos como "Tipo B". A incerteza combinada ( $u_c$ ) do ensaio de flexão foi calculada levando em consideração as incertezas contidas nos equipamentos (paquímetro e máquina de ensaio – tipo B), a repetibilidade das medições (tipo A) e as variáveis da equação para determinação do mensurando (resistência à flexão), sendo estas calculadas por meio de derivadas parciais, de modo a obter-se os respectivos coeficientes de sensibilidade. Por fim a incerteza expandida ( $U$ ) do ensaio foi obtida multiplicando-se a incerteza combinada pelo fator de abrangência  $k=2$  para um índice de confiança de 95%.

A Tabela 1 apresenta o resultado das incertezas expandidas ( $U$ ). A variação no resultado de resistência à flexão encontrada entre as duas rochas explica-se pela diferente faixa granulométrica do mineral quartzo empregada na composição de cada uma delas. Observa-se que as incertezas expandidas apresentaram valores baixos em relação às médias (2 e 3%, respectivamente), o que aponta para a confiabilidade da metodologia europeia utilizada.

**Tabela 1:** Incerteza expandida ( $U$ ) do ensaio de flexão para as duas rochas aglomeradas.

	Branco Aldan			Branco Galaxy		
	$\bar{x}$	$\pm U$	$k$	$\bar{x}$	$\pm U$	$k$
Resistência à Flexão (MPa)	56,3	1,16	2,01	41,3	1,48	2,01

$\bar{x}$ -média amostral;  $k$ - fator de abrangência utilizado.



**Figura 1-** Contribuição dos coeficientes de sensibilidade: *Maq*-máquina de ensaios; *Paq b*-paquímetro para a largura; *Paq d*-paquímetro para a espessura; *F*-carga de ruptura; *b*-largura; *d*-espessura; *R<sub>f</sub>*-resistência à flexão; *u<sub>c</sub>*-incerteza combinada.

Observa-se na Figura 1 que todas as variáveis apresentam valores baixos, porém a maior contribuição para a incerteza se deriva da repetibilidade das cargas de ruptura dos corpos de prova (*F*). Na norma do ensaio é sugerido que o equipamento tenha uma taxa de carregamento constante, porém a máquina não é automática, sendo o controle da carga feito através de uma válvula manual. Logo, mesmo que a máquina (*Maq*) apresente incertezas baixas, a mão do operador terá uma maior influência no resultado final. Um equipamento automático ou servo controlado diminuiria ainda mais a incerteza desse ensaio.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas concedidas (processos n. 169145/2018-2 e 300190/2019-0).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR - ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. **UNE-EN 14617** - Piedra aglomerada. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la resistencia a flexión, 2008.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Avaliação de Dados de Medição: Guia para expressão de incerteza de medição - GUM 2008**. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIM, 2012,141 p.

CHIODI FILHO, C. **Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2018**. Informe 01/2019, 18 p, ABIROCHAS, 2019.

VIM - **Vocabulário Internacional de Metrologia**. Conceitos fundamentais e gerais e termos associados. Duque de Caxias, RJ: INMETRO, 2012. 94p.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas aglomeradas, resistência à flexão, incerteza da medição.

## **LEVANTAMENTO PRÉVIO DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA VISANDO A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NAS MASSAS CERÂMICAS**

*Kayrone Marvila de Almeida<sup>1</sup>, Mônica Castoldi Borlini Gadioli<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Pesquisador, CETEM/MCTIC, kayronemarvila@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisadora, CETEM/MCTIC, mborlini@cetem.gov.br

As indústrias de cerâmica vermelha utilizam como matéria prima principal as argilas naturais para a confecção de tijolos, telhas e outros artefatos (SANT'ANA; GADIOLI, 2018). Estima-se que no Brasil existem cerca de 7.400 indústrias de cerâmica vermelha (ANICER, 2019). Ao longo da história, os produtos cerâmicos foram evoluindo e utilizados em diversos setores da construção civil. As construções de alvenaria são as maiores consumidoras de cerâmica vermelha (ANICER, 2019). Há anos a academia e centros de pesquisa vêm estudando alternativas de aplicação de outros componentes na formulação da cerâmica vermelha. Uma das possíveis alternativas é a incorporação parcial de resíduo de rochas ornamentais na massa cerâmica, substituindo assim uma porcentagem da argila. O Brasil é um dos principais produtores de rochas ornamentais no mundo. De acordo com a ABIROCHAS (2019), o país produziu 9 milhões de toneladas de rochas no ano de 2018, sendo o estado do Espírito Santo um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais no país. O beneficiamento de rochas ornamentais perde bastante material durante o processo. Segundo Silveira (2013), cerca de 26% de um bloco de rochas ornamentais, quando processado, vira resíduo fino. A utilização desses resíduos finos na formulação da cerâmica vermelha ajudaria a mitigar o problema ambiental e reduzir os custos com a extração e compra da argila.

Estudos recentes mostram a viabilidade de aproveitamento do resíduo gerado na serragem de blocos de rochas ornamentais com teares de fio diamantado. Segundo a pesquisa realizada por Sant'Ana e Gadioli (2018), a utilização de 50% de resíduos de rochas ornamentais na massa de artefatos cerâmicos pode aumentar em até 45% a sua resistência mecânica, e ser uma alternativa para os problemas ambientais gerados pela deposição do resíduo. De acordo com Aguiar (2012), a adição de resíduo de rochas ornamentais na massa cerâmica, contribui com a redução da porosidade do material, com isso havendo uma melhoria nas suas propriedades tecnológicas avaliadas. A utilização desse resíduo não depende somente das características tecnológicas e estruturais do produto final. Um fator preponderante é a viabilidade e logística de proximidade das indústrias de cerâmica vermelha com os locais potencialmente geradores de resíduos de rochas ornamentais. O custo do transporte pode afetar diretamente o valor final do produto. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento prévio da localização geográfica das indústrias de cerâmica vermelha no estado do Espírito Santo e analisar sua proximidade das empresas beneficiadoras e potenciais geradoras de resíduos de rochas ornamentais.

A princípio, foi realizada uma coleta de dados para obter informações de localização geográfica das indústrias de cerâmica vermelha. O trabalho iniciou-se com o contato direto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos-IEMA. A base de dados disponível pelo

órgão continha informações sobre as empresas de cerâmica no ES, nome, endereço e ponto geográfico de localização. Porém, não era todo estado que estava catalogado na base de dados concedida, apenas 32 dos 78 municípios. Portanto, foi necessário realizar o contato com os outros 46 municípios restantes. Apenas 24 municípios responderam o contato. Por isso, o resultado apresentado é um levantamento prévio.

À análise dos dados mostrou que o estado do Espírito Santo possui aproximadamente 55 empresas de cerâmica vermelha. A região que mais possui indústrias é o norte do estado, um total de 41 indústrias. A região sul possui apenas 14 empresas fabricantes de artefatos de cerâmica vermelha. O município que concentra maior número de indústrias de cerâmica vermelha é São Roque do Canaã, com 9 indústrias. O município localiza-se na região norte do estado. A maior quantidade de indústrias de cerâmica na região sul foi no município de Itapemirim, cerca de 7 empresas. Tanto a região norte, quanto a região sul do Espírito Santo apresentaram as maiores concentrações de indústrias de cerâmica vermelha próximas a grandes regiões produtoras e beneficiadoras de rochas ornamentais. Portanto, o levantamento contribui para a análise da viabilidade em relação à proximidade das indústrias de cerâmica vermelha aos centros de beneficiamento de rochas ornamentais.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço à FAPES pelo financiamento do projeto, processo nº: 84323264, ao IEMA e as prefeituras municipais por contribuírem com as informações de sua base de dados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C. **Utilização de Resíduo de Serragem de Rocha Ornamental com Tecnologia de Fio Diamantado em Cerâmica Vermelha**. 2012. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) - UENF/ Centro de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências dos Materiais, Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018**. Informe 01/2019. Brasília/DF, 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA–ANICER. **Dados do Setor**. Disponível em: <[www.anicer.com.br](http://www.anicer.com.br)>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SANT'ANA, M. A. K.; GADIOLI, M. C. B. Estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduos de rochas em massas cerâmicas. **Série Tecnologia Ambiental**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2018.

SILVEIRA, L. L. L. Beneficiamento de rochas ornamentais. *In*: FRANCISCO, W. H. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2013, capítulo 7, p. 358.

PALAVRAS-CHAVE: cerâmica vermelha, resíduo, rochas ornamentais.

## **ANÁLISE DO BRILHO APÓS ENSAIOS DE ALTERABILIDADE: COMPARATIVO ENTRE CALCÁRIOS DA BACIA DO ARARIPE E DA BACIA POTIGUAR**

Luiz Henrique Joca Leite<sup>1</sup>, Samuel Gomes Fernandes Cavalcanti<sup>2</sup>, Antônio Eduardo Oliveira Corrêa<sup>3</sup>

Agnaldo Francisco de Freitas Filho<sup>4</sup>, Wollker Cunha Soares<sup>5</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>6</sup>

<sup>1,2,3</sup> Estudante, Univ. Fed. do Ceará, luizjoca@alu.ufc.br<sup>1</sup>, samcavalcanti@alu.ufc.br<sup>2</sup>, tom09@outlook.com<sup>3</sup>

<sup>4</sup> Doutorando, Universidade Federal do Ceará, agnaldoffreitas@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Profissional, Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, wollkercunhasoares@gmail.com

<sup>6</sup> Professora Dra., Universidade Federal do Ceará, irani.mattos@ufc.br

O estado do Ceará se encontra entre os três maiores detentores de reservas de rochas carbonáticas do Nordeste. Possuindo litologias com condições muito favoráveis a apresentar características ornamentais, em grau de desenvolvimento muito competitivo. Os *limestones*, entretanto, se mostram muito suscetíveis a diversos tipos de patologias quando manuseados de maneira inadequada. Com isso a crescente utilização desse tipo rocha como material de revestimento em ambientes diversos, considerando apenas seus parâmetros estéticos sem correlação a sua funcionalidade, abre margem para o surgimento de patologias, dentre elas a alteração de brilho. Foram selecionados dois tipos de *limestones*, Crema Catalunia e Pedra Cariri, que possuem aspectos texturais distintos, de dois dos maiores polos produtores do estado, a Bacia Potiguar e a Bacia do Araripe. A fim de observar seu comportamento em relação a alteração após os ensaios de resistência ao ataque químico e manchamento, foram feitas medições percentuais de brilho das amostras antes e depois da realização dos ensaios, sob o ângulo de 60°. Os ensaios de ataque químico foram feitos seguindo as normas ABNT NBR 16596:2017 e os ensaios de manchamento foram feitos seguindo as normas ABNT NBR 10545-14:2017, com adaptações nos agentes manchantes listados na tabela 2. A partir das medições realizadas é possível observar nos ensaios de resistência ao ataque químico que oito (8) das dez (10) amostras analisadas, do Crema Catalunia, tiveram reduções de brilho da ordem de setenta por cento (70%) em relação aos valores iniciais. Já em relação a pedra cariri todas as placas obtiveram ganho de brilho após a realização dos ensaios, chegando a valores de acréscimo na ordem de trinta e cinco por cento (35%) (Tabela 1). Importante destacar que os maiores ganhos de brilho da Pedra Cariri coincidem com as únicas duas amostras que obtiveram ganho de brilho do Crema Catalunia. Sendo o ganho por ácido cítrico em razão do precipitado de cor branca formado na superfície e o ganho por hidróxido de potássio (100g/L) decorrente da formação de hidróxido de cálcio e carbonato de potássio que, dada sua coloração branca, tendem a tornar a cor da amostra mais clara aumentando seu brilho percentual. Entretanto, apesar do acréscimo de brilho todas as placas apresentaram patologias graves, como manchamentos e/ou formação de precipitados sobre a superfície das placas, com maiores acréscimos relacionados aos precipitados mais evidentes. Já em relação aos ensaios de resistência ao manchamento é possível observar que todas as amostras de Crema Catalunia, apresentaram reduções no brilho que ultrapassam a ordem de até cinquenta por cento (50%) em relação aos

valores iniciais. Ao passo que a Pedra Cariri apresenta comportamento heterogêneo, no qual se observam desde aumentos e reduções até nenhuma alteração de brilho, a depender do agente manchante aplicado, que em geral apresentam variações percentuais de brilho pouco expressivas. Os resultados mostram maior resistência da Pedra Cariri em relação ao Crema Catalunia aos agentes manchantes, sendo a primeira mais suscetível ao refrigerante de Cola e ao óleo de soja ao passo que a segunda, ao vinho tinto e ao molho de soja. Dessa forma é possível concluir que a **análise de brilho** referente às **rochas carbonáticas** submetidas ao ataque químico se mostra como uma metodologia **pouco eficiente**, dado o acréscimo de brilho em algumas amostras que apresentaram patologias graves, não refletindo valores coerentes. Porém é possível ver a eficácia da análise de brilho nas amostras submetidas ao ataque de **manchamento**, na qual foi possível diagnosticar a **maior fragilidade dos calcários da Bacia Potiguar** em comparação aos da bacia do Araripe, evidenciando a importância de cuidados durante a aplicação e na manutenção (com uso de produtos de limpeza), simulados pelos reagentes da Tabela 1. Cuidados redobrados também devem ser tomados com produtos e alimentos em contato com os calcários no dia-a-dia e testados como “agentes manchantes” (Tabela 2), principalmente pelo Creme Catalunia.

**Tabela 1.** Resultado dos Ensaio de Resistência ao Ataque Químico (Autor, 2019).

Reagentes	Percentual de Brilho (%) – Pré Ensaio		Percentual de Brilho (%) – Pós Ensaio	
	Crema Catalunia	Pedra Cariri	Crema Catalunia	Pedra Cariri
Água Deionizada/ Cloreto de Amônio	6,2/5,4	1,9/1,8	5,8/2,7	2/2
Ácido Cítrico/ Hidróxido de Sódio	2,1/9,4	2/1,7	3,4/5,3	2,7/1,8
Ácido Lático/ Ácido Acético	2/6,4	1,9/2	1,9/1,7	2,5/1,9
Ácido Clorídrico (3%)/(18%)	7,2/6	1,8/1,7	2,6/2,1	1,8/1,9
Hidróxido de Potássio (100g/L)/ (30g/L)	5,2/9,4	1,4/1,5	5,7/6,2	1,8/1,8

**Tabela 2.** Resultado dos Ensaio de Resistência ao Manchamento (Autor, 2019)

Agentes Manchantes	Percentual de Brilho (%) – Pré Ensaio		Percentual de Brilho (%) – Pós Ensaio	
	Crema Catalunia	Pedra Cariri	Crema Catalunia	Pedra Cariri
Suco de Limão/ Café	6/6,6	2,1/2	2/2,1	1,9/1,8
Detergente Neutro/ Água	6,8/5	2,1/2	3/4	1,8/1,8
Vinho Tinto/ Azeite	6,6/4,7	2/1,8	1,9/4,4	2,1/1,6
Óleo de Soja/ Vinagre	6,3/5,6	1,9/2	5,5/2	1,5/1,8
Molho de Tomate/Suco Uva	5,2/6,6	1,9/2	2,1/2	2,1/1,8
Molho soja/ Coca-Cola	7,2/5,2	1,8/1,9	1,9/2,8	1,8/2,8
Óleo de Sardinha	5,5	1,9	2,3	1,8
Vanish/ Lã de Aço	6,4/6,8	2/2,1	4,5/5,8	2,1/2

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16596**: Rochas para revestimento – Resistência ao ataque químico. Rio de Janeiro, 8p. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10545-14**: Placas Cerâmicas Parte 14: Determinação de resistência ao manchamento. Rio de Janeiro, 14p. 2017.

PALAVRAS-CHAVE: Limestone, Brilho, Ataque químico, Alterabilidade, Manchamento.

## ANÁLISE DO BRILHO EM LIMESTONES APÓS ENSAIOS DE ALTERABILIDADE: COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES NÍVEIS DE LAVRA DO CÁLCARIO MONT CHARMOT

Luiz Henrique Joca Leite<sup>1</sup>, Samuel Gomes Fernandes Cavalcanti<sup>2</sup>, Antônio Eduardo Oliveira Corrêa<sup>3</sup>  
Agnaldo Francisco de Freitas Filho<sup>4</sup>, Wollker Cunha Soares<sup>5</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, luizjoca@alu.ufc.br

<sup>2</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, samcavalcanti@alu.ufc.br

<sup>3</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, tom09@outlook.com

<sup>4</sup> Doutorando, Universidade Federal do Ceará, agnaldoffreitas@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Profissional, Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, wollkercunhasoares@gmail.com

<sup>6</sup> Professora Dra., Universidade Federal do Ceará, irani.mattos@ufc.br

O estado do Ceará, se encontra entre os três maiores detentores de reservas de rochas calcáreas do Nordeste. Possui litologias com características ornamentais em grau de produção muito competitivo. Os *limestones*, entretanto, apresentam certa heterogeneidade entre as camadas, tornando necessário considerar suas características particulares e seus parâmetros estéticos correlacionando-os às prováveis patologias ao longo do uso em ambientes diversos, dentre elas a alteração de brilho.

Os calcários comercialmente explotados como *Mont Charmot* pertencem à Formação Jandaíra, a qual é parte de uma sequência de rochas carbonáticas calcíticas que compõe a Bacia Potiguar. Este *limestone* possui em suas frentes de lavra camadas com aspectos texturais diferentes, uma delas apresenta cor bege mais escura (**A**), devido à maior concentração de óxidos de ferro e manganês. No nível de cor bege clara (**B**) não foram observadas concentrações dos referidos óxidos. Foram preparadas amostras destas duas frentes a fim de se avaliar a variação de brilho nas placas por meio de ensaios de ataque químico (de acordo com a NBR 16596:2017) e de manchamento. Foram realizadas medições percentuais de brilho antes e após os ataques, sob o ângulo de 60°. Os ensaios de manchamento seguiram a NBR 10545-14:2017, porém com adaptações nos agentes manchantes, os quais estão listados na tabela 2.

Os resultados mostram que nos ensaios de resistência ao ataque químico 9 das 10 amostras do nível **A** tiveram reduções de brilho de até 58%. Já no nível **B** apenas 3 apresentaram redução de brilho, cuja maior redução foi de 14%. 4 das 10 amostras receberam acréscimos pouco significativos ou mantiveram seu índice medido (tabela 1). Entretanto importante ressaltar que em ambos níveis (**A** e **B**) as amostras apresentaram patologias graves como manchamentos e formação de precipitados sobre a superfície das placas, independentemente do valor de brilho. No ensaio de manchamento 12 agentes manchantes testados, apresentaram redução de brilho no nível **B** menores em relação ao **A** (tabela2), evidenciando que os calcários com maior concentração de óxidos são menos resistentes aos reagentes de ataque químico, porém mais resistentes em relação aos agentes manchantes, quando comparados aos calcários com baixa concentração de óxidos. Tais resultados são essenciais nas recomendações de uso, manuseio e manutenção, por exemplo na

seleção dos produtos de limpeza a partir do tipo de calcário e local de aplicação. Outro resultado importante é que os calcários que contêm óxidos (Fe e Mn) em concentrações maiores tornam as placas mais propensas ao desenvolvimento de patologias, quando em contato com produtos de limpeza ácidos, pois a redução do brilho. Porém os calcários sem óxidos e mais claros são mais susceptíveis à produtos manchantes.

**Tabela 1.** Resultado dos Ensaios de Resistência ao Ataque Químico (Autor, 2019)

Reagentes	Percentual de Brilho (%) – Pré Ensaio		Percentual de Brilho (%) – Pós Ensaio	
	Mont Charmot B	Mont Charmot A	Mont Charmot B	Mont Charmot A
Água Deonizada	1,7	3,3	1,8	2,8
Cloreto de Amônio	1,8	2,8	1,8	1,7
Ácido Cítrico	2,8	2,5	2,4	2,4
Ácido Láctico	2,1	4,1	2,1	1,7
Ácido Acético	1,6	2,9	1,6	1,3
Ácido Clorídrico (3%)	1,8	2,4	2	1,8
Ácido Clorídrico (18%)	2,4	2,7	2,1	1,6
Hidróxido de K (100g/L)	2,1	2,7	2,5	2,4
Hidróxido de K (30g/L)	1,4	3,2	1,4	5,3
Hidróxido de Sódio	1,4	2,5	1,3	3,1

**Tabela 2.** Resultado dos Ensaios de Resistência ao Manchamento (Autor, 2019)

Agentes Manchantes	Percentual de Brilho (%) – Pré Ensaio		Percentual de Brilho (%) – Pós Ensaio	
	Mont Charmot B	Mont Charmot A	Mont Charmot B	Mont Charmot A
Suco de Limão	2,5	1,9	1,6	1,2
Café	2,4	2,1	1,3	2
Detergente Neutro	2,5	2	1,7	1,8
Vinho Tinto	2,8	1,8	1,3	1,6
Azeite	1,4	2	4,9	2,2
Óleo de Soja	4,4	2	4,2	2,1
Molho de Tomate	1,4	2	1,5	1,8
Vinagre	5,7	1,9	1,3	1,3
Suco de Uva	3,9	2	1,4	1,8
Shoyo	1,6	1,8	1,4	1,4
Coca-Cola	2,3	2,4	1,5	1,9
Óleo de Sardinha	1,6	2,3	1,3	3,5
Vanish	5	1,8	3,5	2,1
Água	4,7	1,9	3,1	2
Lã de Aço	3,6	2,3	3,1	2,2

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10545-14:** Placas Cerâmicas Parte 14: Determinação de resistência ao manchamento. Rio de Janeiro, 14p. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16596:** Rochas para revestimento – Resistência ao ataque químico. Rio de Janeiro, 8p. 2017.

PALAVRAS-CHAVE: trabalho, resumo, simpósio.

## COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Rodrigo Pedrosa Dantas Lima<sup>1</sup>, Júlio César de Souza<sup>2</sup>, Ângelo J. C. Silva<sup>3</sup>, Suelen Silva Rocha<sup>2</sup>, Jorge Luiz Valença Mariz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, M.Sc. Eng<sup>a.</sup>, Escola Politécnica de Engenharia Civil/UPE, rodplima@yahoo.com

<sup>2</sup> Engenheiro(a) de Minas, Docente, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, jcsouza@ufpe.br

<sup>3</sup> Engenheiro Civil, Dr. Eng<sup>a.</sup>, Escola Politécnica de Engenharia Civil/UPE, rodplima@yahoo.com

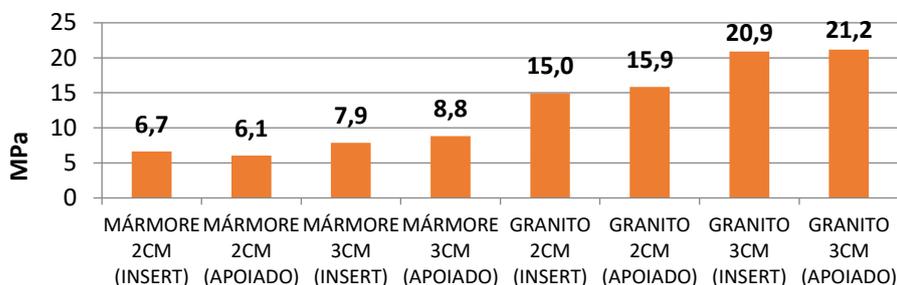
<sup>4</sup> Engenheiro de Minas, M.Sc., PPGE3M/UFRGS, jorge\_valenca@hotmail.com

Uma das diversas aplicações das rochas ornamentais é sua utilização como revestimento na forma de painéis/placas em fachadas aeradas. Os tipos de rochas ornamentais para tal uso são diferenciados pelas suas características de formação geológica, pelos seus índices físicos e propriedades mecânicas frente às solicitações dos projetos. A fixação das placas de rocha nas fachadas de edifícios é realizada com *inserts* metálicos, que fixam a rocha sem que haja contato direto com a estrutura da edificação, elimina o uso de argamassa nas alvenarias externas, é mais rápido e limpo, auxilia no isolamento térmico da edificação e aumenta a segurança em termos de fixação e aderência à estrutura do prédio (TRAJANO; PARAGUASSU; RIBEIRO, 2005). O projeto de paginação é o início do processo de fixação das placas e objetiva a definição do tamanho das placas e o tipo e tamanho dos *inserts* necessários para sua fixação na fachada. A fixação das placas de rochas a uma certa distância da estrutura implica afirmar que a mesma está trabalhando à flexão entre o ponto do suporte de fixação e o ponto de ancoragem mecânica de travamento superior. Estas condições exigem índices de resistência à flexão altíssimos. Assim, deve-se considerar em projetos a resistência à flexão e a massa específica apresentada pela rocha, por serem valores incorporados diretamente no dimensionamento dos painéis e dos dispositivos metálicos de ancoragem destas no revestimento externo (SOUZA; LIRA, 2002). O ensaio de resistência à flexão em para revestimentos é normatizado pela Norma Brasileira 15845-7:2015 que determina que os ensaios devem ser realizados sobre rolos de apoio para enganchar a amostra. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar uma análise quanto ao comportamento mecânico de resistência à tração por flexão de placas de rochas adotando o procedimento indicado na NBR 15845-7:2015 (Figura 1 à esquerda) comparado a ensaios realizados utilizando *inserts* metálicos (Figura 1 à direita), a fim de se verificar se a resistência à tração por flexão da placa de revestimento sofria alguma alteração pelo fato de a placa de rocha ser fixada na parte central de sua espessura pelos *inserts*. Os ensaios foram realizados em 40 amostras de granito e outras 40 de mármore, sendo 20 com espessura de 2 cm e as outras 20 com espessura de 3 cm.



**Figura 1** - Fixação das placas de rochas ornamentais com rolos de apoio (à esquerda) e com *inserts* metálicos (à direita) para execução do ensaio de resistência à flexão em quatro pontos (Autores)

Para execução deste ensaio foi utilizada uma prensa elétrica hidráulica com célula de carga de capacidade de 100 Tf, indicador digital, divisão do indicador de 0,01 Tf, curso máximo do pistão de 30 mm, fabricado pela SOLOTEST disponível no Laboratório de Materiais e Estrutura do DECIVIL – UFPE. Os resultados estão sumarizados na Figura 2:



**Figura 2** - Resultados dos ensaios de resistência à flexão das amostras de mármore e granito

De acordo com a NBR 15845-7:2015, específica para rochas de revestimento em forma de placas, o valor mínimo de resistência à flexão em quatro pontos para uma placa de rocha ornamental para aplicação em fachadas aeradas é 8,0 MPa. Assim, observa-se pelos resultados obtidos que, tanto para o método utilizando apoios como o que utilizou *inserts*, as amostras de mármore com 2 cm de espessura não obtiveram o valor mínimo exigido, o que, associado à sua característica de rápida perda de resistência ao longo de sua vida útil, desqualifica totalmente o uso de placas do mármore branco para este fim com esta espessura; as amostras com 3 cm obtiveram valores muito próximos aos mínimos exigidos, entretanto, de acordo com o valores de resistência à flexão obtidos é recomendável que as placas de mármore tenham 3 cm de espessura. Com relação ao granito, verifica-se que os resultados obtidos para as duas metodologias de ensaio para as amostras com 2 cm e 3 cm de espessura correspondem às especificações mínimas exigidas para utilização de um material em fachadas aeradas, evidenciando que, apesar de o resultado médio dos testes com a amostra de granito sobre os roletes de apoio ser um pouco maior, esta diferença é pequena. Portanto, em face à similaridade de desempenho das amostras que foram afixadas pelos *inserts* metálicos em relação àquelas que foram ensaiadas de forma normalizada, pode-se observar que os dois métodos de ensaio levam a conclusões semelhantes em termos de valores de resistência, o que permite afirmar que a resistência à flexão da placa de revestimento não se altera significativamente pelo fato de a placa ser fixada na parte central de sua espessura pelos *inserts*.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 15845-7**: Rochas para Revestimentos – Determinação da resistência à flexão por carregamento em quatro pontos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

SOUZA, J. C.; LIRA, B. B. **Tecnologia de assentamentos de fachadas, projeto e ensaios tecnológicos para *inserts* metálicos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

TRAJANO, S. F. M.; PARAGUASSU, A. B.; RIBEIRO, R. P. Dimensionamento de placas de rocha fixadas com *inserts* metálicos em fachadas de edifícios. In: Congresso Internacional de Rochas Ornamentais, 1, 2005, Guarapari. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, 2005.

**PALAVRAS-CHAVE**: Rochas ornamentais, fachada aerada, *inserts* metálicos.

## APLICAÇÃO DE *MARMOGLASS* COMO ROCHA ORNAMENTAL

Rodrigo Pedrosa Dantas Lima<sup>1</sup>, Júlio César de Souza<sup>2</sup>, Suelen Silva Rocha<sup>2</sup>, Jorge L. Valença Mariz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, M.Sc. Eng<sup>a</sup>., Escola Politécnica de Engenharia Civil/UPE, rodplima@yahoo.com

<sup>2</sup> Engenheiro(a) de Minas, Docente, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, jcsouza@ufpe.br

<sup>4</sup> Engenheiro de Minas, M.Sc., PPGE3M/UFRGS, jorge\_valenca@hotmail.com

A correta utilização das rochas ornamentais depende prioritariamente de suas propriedades tecnológicas, que são afetadas pela gênese, composição mineralógica e geologia estrutural das rochas naturais. Tal fato, muitas vezes, dificulta a obtenção de materiais com as características requeridas para determinadas aplicações, visto que não se pode ter o controle sobre os processos formacionais das rochas ornamentais. Assim, é cada vez maior o desenvolvimento de estudos acerca de materiais artificiais que possam ser utilizados como substitutos às rochas naturais (Lima, 2010).

Um desses materiais é o *marmoglass*, um compósito de vidro e minerais de rochas silicáticas. O mercado da construção civil tem se voltado para a aplicação de *marmoglass* como material ornamental em revestimentos externos de fachadas e decoração de interiores devido às suas diversas características, dentre as quais homogeneidade, semelhança à textura de rochas naturais, resistência para aplicação em pisos, qualidade do lustro da face polida, dureza do material, ausência de radioatividade, absorção de água praticamente nula, resistência a produtos alcalinos e ácidos, além da resistência à ruptura superior à de rochas naturais. Entretanto, na prática, tais parâmetros apresentam resultados divergentes dos fornecidos pelos fabricantes, o que pode ser atribuído à inexistência de normas de padronização no processo produtivo (Lima, 2010).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação dos parâmetros tecnológicos do *marmoglass* em relação aos valores fixados para granitos nas diversas normatizações. Foram realizados ensaios acerca das características físicas e mecânicas desse material, a fim de comparar os valores de suas propriedades e verificar a adequabilidade de cada um em aplicações ornamentais na indústria da construção civil.

A metodologia consistiu em caracterizar os materiais e realizar os ensaios tecnológicos, como índices físicos, resistência à flexão, desgaste *Amsler* e impacto de corpo duro. Foram ensaiadas amostras de quatro tipos diferentes de *marmoglass* de distintos fornecedores no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Engenharia de Minas (DEMINAS - UFPE), no Laboratório de Materiais e Estruturas e no Laboratório de Mecânica dos Solos e Instrumentação (DECIVIL – UFPE). Dos materiais disponíveis, foram ensaiados 3 (três) tipos de coloração branca e 1 (um) tipo de coloração bege. As amostras brancas foram denominadas *stoneglass* (duas amostras), *marmoglass* (uma amostra) e *stoneglass* bege (uma amostra).

Os resultados da fluorescência de raios-X permitem afirmar que o *marmoglass* é formado basicamente por sílica (58%), óxido de cálcio (17%), alumina (7%), sódio (6%), zinco (entre 3 e 7,5%) e bário (entre 3,5 e 5,5%), valores esses consistentes com a informação levantada junto ao fabricante *Nippon Electrics Inc*. A partir dos resultados dos ensaios realizados com o *marmoglass* foram realizadas análises comparativas entre os mesmos e os índices limites estabelecidos pelas normas ASTM C-615 e C-880, além de valores sugeridos pelo DEMINAS - UFPE (Tabela 1):

**Tabela 1.** Comparação dos valores médios obtidos nos resultados com os valores estabelecidos (LIMA, 2010).

Propriedades	Valores fixados pela ASTM C-615 e ASTM C-880	Valores sugeridos pelo DEMINAS - UFPE	Valores médios obtidos nos ensaios
Massa Específica Aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	≥2.560	≥2.550	2.640
Porosidade Aparente (%)	Não especificado	≤ 1,1	1,36
Absorção d'água (%)	≤ 0,4	≤ 0,4	0,52
Desgaste <i>Amsler</i>	Não especificado	≤ 1,0	0,44
Flexão em 4 pontos (MPa)	8,27	Não especificado	48,47
Impacto de Corpo Duro (m)	Não especificado	0,40	0,65

Os resultados obtidos podem ser considerados aceitáveis para a maioria das aplicações usuais de rochas ornamentais, indicando a qualidade mínima que a rocha deve possuir para sua aplicação como material ornamental. Quanto à massa específica, verifica-se que as amostras de *marmoglass* em estudo atendem às especificações estabelecidas, apresentando valor maior que o mínimo. Os resultados para porosidade e absorção de água indicam que o *marmoglass* não pode ser aplicado indiscriminadamente como revestimento em locais onde haja a presença de água, sob risco de ocorrerem manchas. O ensaio de resistência à abrasão (desgaste *Amsler*) apresentou resultado além do índice limite estabelecido, o que permite afirmar que a sua aplicação em áreas de pisoteio mais intenso, tais como salas, cozinhas e ambientes comerciais é viável. Com relação à resistência à flexão, verifica-se que o *marmoglass* pode ser considerado como de ótima qualidade sob o ponto de vista de sua aplicação como revestimento, dado que o resultado obtido apresenta valor muito maior que o mínimo estabelecido pela normatização. Por fim, o resultado médio para o ensaio de impacto de corpo duro apresenta valor superior ao mínimo estabelecido, permitindo afirmar que o *marmoglass* apresenta alta capacidade de suportar ação instantânea (resistência ao impacto). Os resultados obtidos nos ensaios realizados nos laboratórios da UFPE indicam que o *marmoglass* é um material que tem desempenho adequado quanto à aplicação como revestimento externo e interno por atender, em grande parte, aos valores exigidos pelas normas. Entretanto, por ser um material manufaturado e não existir normas que regulamentem seu uso e fabricação tal qual o porcelanato alguns de seus produtos podem não estar qualificados para algumas especificações de aplicação, fazendo-se necessário o estudo prévio de cada tipo de produto antes de sua utilização. De acordo com visitas realizadas a obras e informações dos importadores de *marmoglass* e empresários do setor, observou-se que a aplicação deste material na Região Metropolitana de Recife restringe-se à utilização de pavimentação interna e peças de corte sob medida (bancadas de cozinhas e banheiros, mesas e rodapés).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (American Society for Testing and Materials). **ASTM C-615:** standard specification for granite dimension stone. West Conshohocken: ASTM; 2015.

ASTM (American Society for Testing and Materials). **ASTM C-880:** standard specification for granite Flexural Strength. Filadélfia: ASTM; 1998.

LIMA, R. P. D. **Uso e aplicação de materiais artificiais como rocha ornamental.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais, *marmoglass*, caracterização tecnológica.

## ANÁLISE COMPARATIVA DE DIMENSÕES DE CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE ÍNDICES FÍSICOS

*Rafael Franco e Silva<sup>1</sup>, Silas Leonardo Dias Vasconcelos<sup>2</sup>, Suelen Silva Rocha<sup>3</sup>, Júlio César de Souza<sup>3</sup>, Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros<sup>3</sup>, Jorge Luiz Valença Mariz<sup>4</sup>, Gabriel Filinkoski<sup>5</sup>*

<sup>1,4</sup> Eng. de Minas, M.Sc. Eng<sup>a</sup>., PPGE3M/UFRGS, rafaelfrancosil@gmail.com<sup>1</sup>, jorge\_valenca@hotmail.com<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Mestrando em Eng. Mineral, PPGEM/UFPE, silas\_leo@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro(a) de Minas, Docente, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, eng.suelen.rocha@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Eng. de Minas, Depto. Engenharia de Minas/UFPE, gfilinkoski@gmail.com

As rochas ornamentais vêm sendo historicamente usadas na construção civil. Sua ampla aplicabilidade é muito bem aceita pela população devido à sua beleza, durabilidade, sofisticação e agregação de valor significativo ao imóvel. Entretanto para que se consiga aplicar este tipo de ornamentação é necessário que o material atenda a alguns parâmetros estabelecidos pelas Normas Brasileiras, as quais regem um conjunto de procedimentos e experimentos padronizados que visam garantir a qualidade, segurança e estabelecer limitações quanto ao uso de determinado material. Para as rochas ornamentais são necessários diversos ensaios para determinar as características mecânicas do material. Esses ensaios, determinados pela NBR 15844/2015, quando realizados de maneira correta, possibilitam a obtenção de dados fundamentais para determinar seu uso mais promissor. Após a obtenção dos dados, estes são analisados segundo as NBRs 15845/2015, responsáveis por enquadrar as características encontradas no material em possíveis utilizações. Geralmente os ensaios são executados em laboratórios especializados, que se responsabilizam pelos dados fornecidos e garantem que a norma foi estritamente seguida em todas as etapas. Uma das etapas mais difíceis dos ensaios é a preparação de amostras, que exige muitos corpos de prova de modo a garantir a reprodutibilidade dos resultados. Para produzir a quantidade necessária de corpos de prova é preciso grande volume de amostras coletadas, o que pode causar problemas no transporte, além de existir a possibilidade de não ser possível obter as dimensões corretas dos corpos de prova devido à presença de descontinuidades na estrutura do material. Entre os ensaios requisitados para rochas ornamentais, o de índices físicos visa obter os valores da porosidade, densidade e absorção de água da rocha. Para desenvolver os testes são necessários 10 corpos de prova em forma de cubo com dimensões de 5 a 7 cm, contanto que a dimensão escolhida seja replicada em todos os sentidos. Neste contexto, este trabalho propõe a redução das dimensões das amostras para realizar o ensaio dos índices físicos para uma dimensão cúbica com aresta de 3 cm. Essa redução permite uma menor quantidade de material necessário a ser encaminhado ao laboratório e o uso dos resíduos da preparação de amostras de outros ensaios, que requerem amostras de maiores dimensões, tal como, o ensaio de flexão.

Para a avaliação dos índices físicos foram utilizadas duas rochas pegmatíticas provenientes do município de Nova Palmeira, Rio Grande do Norte. A primeira amostra possui coloração branco-acinzentado, e a segunda amostra é um pegmatito cinza movimentado. A metodologia consistiu em coletar blocos dos materiais e confecção dos corpos de prova, sendo 5 amostras com arestas de  $5 \pm 0,2$  cm, 5 amostras com arestas de  $3 \pm 0,2$  cm e amostras amorfas (Figura 1).



**Figura 1** – Amostra com 5 cm (à esq.), amostra com 3 cm (centro) e amostra amorfa (à dir.) (Autores)

Após obtenção dos corpos de prova, os ensaios de porosidade, densidade e absorção de água da rocha foram realizados conforme a NBR 15845-2/2015. A média dos resultados obtidos é mostrada nas tabelas a seguir:

Branco acinzentado				Cinza movimentado			
Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção	Corpo de prova	Densidade	Porosidade	Absorção
1 (5 cm)	2,677	0,58	0,22	4 (5 cm)	2,734	0,58	0,21
2 (3 cm)	2,678	0,79	0,29	5 (3 cm)	2,728	0,76	0,28
3 (Amorfa)	2,661	1,13	0,42	6 (Amorfa)	2,739	1,14	0,42

Para a densidade dos materiais, os resultados obtidos mostram uma variação muito pequena o que indica que o tamanho da amostra não comprometeu a qualidade da análise, visto que o resultado ainda obedece aos valores permitidos na NBR. Em relação à porosidade, apesar da variação significativa obtida nos resultados para os corpos de prova 1 e 2 e 4 e 5, os valores são condizentes com a norma, mas o valor obtido para os corpos de prova 3 e 6 compromete a qualidade do resultado das análises. Os resultados dos ensaios de absorção de água para os dois materiais também mostram variações nos resultados para os 6 corpos de prova, sendo a variação nos resultados para as amostras amorfas muito maior que para as amostras que diferem apenas no tamanho do cubo, os quais possuem valores dentro dos limites estabelecidos pela norma específica. Assim, pode-se afirmar que o tamanho da amostra não interfere na qualidade do teste, mas o formato do corpo de prova diferente de um cubo influencia diretamente nos resultados dos testes. Após a realização dos ensaios e análise dos resultados observou-se que os corpos de prova, desde que estejam em formato de cubo, podem apresentar tanto o tamanho de 5 cm quanto o de 3 cm de aresta, apesar de a NBR mostrar-se rígida quanto a este aspecto para a realização dos ensaios. Entretanto, deve-se observar o tamanho dos grãos minerais presentes nos granitos a fim de se confeccionar corpos de prova com tamanho proporcional à dimensão dos grãos e assim obter amostras representativas. Observou-se também que a tentativa de aproveitamento de amostras de outros ensaios com a confecção de corpos de prova sem formato definido não deve ser realizada, visto que os resultados dos ensaios são comprometidos, pois quando as faces do corpo de prova não são cortadas de forma regular a superfície específica da amostra fica maior e, conseqüentemente, a sua porosidade se torna maior, assim com a absorção de água pela rocha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15844**: Rochas para revestimento - Requisitos para granitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15845-2**: Rochas para revestimento - Parte 2: Determ. da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. RJ: ABNT, 2015.

**PALAVRAS-CHAVE**: Índices físicos, granitos, normas regulamentadoras.

## TESTE DE COLAS NA CONFEÇÃO DE LÂMINAS PETROGRÁFICAS

Fábio Conrado de Queiroz <sup>1</sup>, Jefferson Luiz Camargo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista PCI, Centro de Tecnologia Mineral, fqueiroz@cetem.gov.br

<sup>2</sup> Técnico, Centro de Tecnologia Mineral, jcamargo@cetem.gov.br

As lâminas delgadas são ferramentas fundamentais para análise petrográfica de rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares) e minerais, além de solos e outros materiais a partir de suas propriedades ópticas, texturais, estruturais e outras características intrínsecas como inclusões e alterações químicas. Para tanto, o processo de confecção deve ser cuidadosamente realizado para que seja possível obter as informações buscadas em cada tipo de análise.

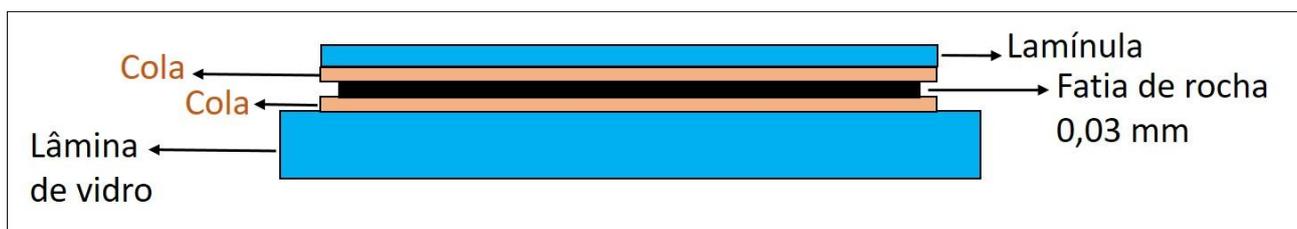
Uma lâmina delgada pode ser produzida a partir de uma alíquota de um mineral ou rocha, bem como solo, para visualização no microscópio petrográfico. A confecção de uma lâmina inicia a partir de um pedaço de rocha que é cortada, lixada e colada sobre uma lâmina de vidro e desbastada em uma sequência progressiva de abrasivos até a espessura de 0,03 mm (30 micrómetros).

Após atingir a espessura de 0,03 mm a lâmina é recoberta com uma lamínula de vidro, o que melhora a visualização dos minerais no microscópio, além de proteger a superfície.

LEITE *et al.* 2012 destaca que a confecção de lâminas delgadas no Brasil ainda é um processo eminentemente artesanal, sendo poucas as escolas técnicas que abordam o assunto em seus currículos, para a formação de técnicos em laminação. Em geral estes conhecimentos são passados de um técnico a outro, dentro dos laboratórios, sendo rara a bibliografia nacional sobre o tema.

Cabe ressaltar que houve uma evolução no processo de confecção de lâminas petrográficas com o desenvolvimento de insumos e equipamentos automatizados, executando quase todo o processo, o que proporciona maior agilidade na confecção.

A Figura 1 apresenta um desenho esquemático da montagem de uma lâmina petrográfica.



**Figura 1:** Desenho esquemático de uma lâmina petrográfica (Elaboração dos autores).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar de forma experimental alguns tipos de cola, como: Araldite (epóxi), Superbonder Ultra e Three Bound 725 (a base de cianoacrilato) e a Teckbond UV, como alternativa de substituição a cola Loctite AA 3311 (adesivo universal à base de acrílico, de cura UV), em função do custo elevado, visto que é fornecido por um único fabricante e encontrado somente em recipiente de 1,1 litros no mercado nacional. Nesta fase experimental foram confeccionadas 50 lâminas, de diferentes tipos petrográficos: granitos, mármore e quartzitos.

Os equipamentos utilizados foram: serra diamantada, politriz metalográfica, equipamento de corte e desbaste, bomba de vácuo, dessecador, lupa binocular adaptada, estufa e microscópio petrográfico.

Inicialmente testamos as colas (Superbonder Ultra e Three Bound 725) para impregnar superfícies de amostras friáveis, ou seja, aquelas que requerem uma estruturação antes da confecção da lâmina, mas não obtivemos bons resultados nos testes realizados, pois a secagem rápida limitou a percolação da cola nas microfissuras, sendo muito superficial sua ação, mesmo utilizando bomba de vácuo, inviabilizando este tipo de cola para tal procedimento, já a resina Araldite, da linha epoxídica, de secagem menos rápida se mostrou mais eficiente para esse fim.

A secagem imediata das colas Superbonder Ultra e Three Bound 725 requer manuseio com agilidade e precisão, o que ainda é insuficiente caso surjam bolhas de ar, pois o curto tempo não permite tal ação para expulsar as bolhas pela velocidade de aderência das superfícies, isso mostra uma limitação das colas de secagem rápida utilizadas, tanto na adesão da rocha na lâmina de vidro quanto da lamínula para recobrimento.

Parte do processo de avaliação da qualidade das lâminas foi realizado por geólogos petrógrafos. Os destaques mais relevantes foram: no mármore utilizando cola Araldite as bordas da lâmina ficaram difusas e com relevo alterado. Com a Superbonder Ultra, observou-se mais bolhas e buracos de minerais que se desprenderam durante o processo, sugerindo baixa aderência, porém não se observou alterações nas propriedades ópticas dos minerais que permaneceram. Usando a Three Bound 725, notou-se sinais de deslocamento pontual de alguns minerais em algumas lâminas, mas também não se observou alterações nas propriedades ópticas. Foi possível preparar e estudar lâminas utilizando as colas de secagem rápida, e que mesmo com suas limitações mostraram-se viáveis quanto a sua utilização. As lâminas confeccionadas com a cola Teckbond UV, assim como a Loctite 3311 tiveram uma boa aderência e não apresentaram bolhas ou descolamento, fato este que confirma a viabilidade de uso desta cola alternativa na confecção de lâminas petrográficas.

#### AGRADECIMENTOS

Aos geólogos Leonardo Lyrio da Silveira, Vanessa Guimarães e Natasha Silveira pela análise da qualidade das lâminas em microscópio.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEITE, L. F. S. S; DARWIN, R.; SANDER, A; ROSA, L. M. Técnicas de preparação de lâminas petrográficas. Porto Alegre/RS. 2012.

PALAVRAS-CHAVE: confecção de lâmina, petrografia, rochas.

## ESTUDO GEOLÓGICO E ALTERABILIDADE DO GRANITO BRANCO NEVASCA, CENTRO NORTE DO CE

*Amanda Alves Peixoto Silva<sup>1</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Estudante de mestrado, Universidade Federal do Ceará, aa.peixoto@hotmail.com

<sup>2</sup>Professora D. Sc., Universidade Federal do Ceará, irani.mattos@ufc.br

O albito granito, denominado comercialmente como Branco Nevasca, situa-se no distrito de Boa Vista do Caxitoré, no município de Irauçuba, região centro-norte do estado do Ceará. Está inserido em uma sequência representada por migmatitos na base seguido por biotita-gnaisses intercalados com quartzitos. O granito apresenta formato alongado, com uma área aflorante de aproximadamente 15 Km<sup>2</sup>. Sua mineralogia principal é composta por quartzo (31%), plagioclásio (30%) feldspato potássico (26%) e micas (10%). Seus minerais acessórios (3%) compreendem basicamente apatita, granada, zircão e opacos. Os cristais são equigranulares com granulação variando de fina a média e apresentam aspecto isotrópico. Sabe-se que rochas são caracterizadas de forma geral por suas grandes resistências e durabilidade. No entanto, os minerais que as formam são suscetíveis a alterações ao longo do tempo e do uso. Sendo assim, a compreensão da alterabilidade de uma rocha possibilita uma seleção mais eficiente do material resultando em um melhor aproveitamento. Foram selecionadas duas porções de fácies distintas do granito e submetidas a ataques de névoa salina (ABNT 8094/83), SO<sub>2</sub> (ABNT/ NBR 8096/83), umidade (ABNT/ NBR 8095/83) e raios ultravioleta (ASTM/G 53) com determinação de cor, brilho e massa antes e após cada ensaio. Estes ensaios reproduzem a ação de agentes desgastantes para as rochas com finalidade ornamental. O resultado evidenciou valores similares entre as amostras analisadas e estão exibidos em tabela para melhor visualização.

**Tabela 1.** Resultados das análises de perda de massa e brilho do granito Branco Nevasca após ensaios de alterabilidade (elaboração das autoras).

	MASSA		COR E BRILHO	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
Umidade	0,08%	0,07%	35,18%	37,15%
SO <sub>2</sub>	0,02%	0,03%	35,83%	36,46%
UV	0,19%	0,19%	37,95%	36,26%
Név.				
Salina	↑ 0,09%	↑ 0,13%	35,78%	36,62%

Os dados relacionados a perda de massa resultantes dos ensaios de alterabilidade acelerada para SO<sub>2</sub>, umidade e raios ultravioleta (UV) foram, respectivamente, 0,02%, 0,08% e 0,19% para as amostras da fácies da porção mais central do granito (fácies 1) e 0,03% (SO<sub>2</sub>), 0,07% (umidade) e 0,19% (UV) para a fácies mais próxima da rocha encaixante (fácies 2). Os resultados do ensaio de névoa salina apresentaram um pequeno aumento na massa da amostra das duas regiões, com valores variando entre 0,09% (fácies 1) e 0,13% (fácies 2). A respeito da análise de brilho das

amostras após cada ataque, obteve-se um resultado mais significativo. Os valores médios de perda de brilho para a região central foram de 35,83% (SO<sub>2</sub>), 35,18% (umidade), 37,95% (UV) e 35,78% (névoa salina). Já para a fácies 2, os resultados deram-se em 36,46%, 37,15%, 36,26% e 36,62% para SO<sub>2</sub>, umidade, ultravioleta e névoa salina, respectivamente. Os resultados dos ensaios de alterabilidade do material analisado foram condicionados através das relações entre seus aspectos texturais, composicionais e estruturais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G53**: Standard Practice for Operating Light and Water Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials. Philadelphia, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094**: Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8095**: Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à atmosfera úmida saturada. Rio de Janeiro, 1983

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8096**: Material metálico revestido e não-revestido – Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro, 1983.

PALAVRAS-CHAVE: alterabilidade, granito ornamental, Branco Nevasca

## ANÁLISE DE DUREZA SUPERFICIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ULTRASSÔNICAS EM ROCHAS ORNAMENTAIS

*Amanda Guimarães dos Santos Mozer*<sup>1</sup>, *Michelle Teixeira Costa Cassiano dos Santos*<sup>2</sup>, *Nuria Fernández Castro*<sup>3</sup>, *Kátia Leite Mansur*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudante de pós-graduação, Museu Nacional / UFRJ, amandagmozer@gmail.com

<sup>2</sup> Técnica em Química, Centro de Tecnologia Mineral CETEM/MCTIC, mtsantos@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Estudante de pós-graduação, Geociências/UFRJ, CETEM/MCTIC, ncastro@cetem.gov.br

<sup>4</sup> Geóloga, DSc. Professora, Geociências/UFRJ, katia@geologia.ufrj.br

As técnicas de ensaios não destrutivos (END ou NDT em inglês) são imprescindíveis para a caracterização e a estimação do grau de alteração dos materiais constituintes do patrimônio construído. Dentre os diversos END hoje existentes, destacam-se a medição da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (VPU) e a medição da dureza superficial, seja de forma individual ou combinados com outros métodos, na vasta literatura existente. Mediante a medição de transmissão de ondas ultrassônicas, método amplamente conhecido e cuja correlação com as propriedades elásticas e mecânicas das rochas (como o módulo de Young e a resistência à compressão) já foi validada em laboratório pela área Geotécnica é possível também detectar fissuras e vazios nas rochas, e até determinar a profundidade da camada superficial alterada (VASCONCELOS *et. al*, 2009). A dureza superficial, originalmente medida com o Martelo Schmidt ou esclerômetro desenvolvido para o concreto, e hoje com outros durômetros como o Duroscope ou o Equotip, também serve para ter uma estimativa direta da resistência à compressão da rocha (MENENDEZ, 2016). Porém, a qualidade da estimativa pode ser afetada por erros e incertezas. As fontes de incerteza são oriundas do método de medição, de interferências sistemáticas do ambiente, de interferências aleatórias (devidas à variabilidade intrínseca do material), do fator humano e da interpretação dos dados, incluindo o erro do modelo entre o que está se medindo (GEHLEN *et al.*, 2006). Com o objetivo de melhor caracterizar os materiais *in situ*, o presente estudo, em andamento, busca analisar a confiabilidade da medição de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (VPU) e da dureza superficial LEEB (HLD), assim como sua sensibilidade para estimar outros parâmetros, para seu uso no diagnóstico das rochas em edificações históricas.

Foram analisadas amostras de: quartzito, biotita-gnaiss, calcário, quartzolito e gnaisses do patrimônio do Rio de Janeiro (Facoidal e Leptinítico). Até o momento, foram realizadas de 40 a 1.000 medições de dureza e entre 9 e 36 medições de VPU para cada amostra. As medidas de dureza e velocidade ultrassônica foram realizadas nas mesmas áreas, para que pudessem ser comparadas posteriormente. Para a análise de dureza foi utilizado um durômetro modelo Equotip 3, com dispositivo de impacto tipo D, da fabricante Proceq. Para a análise da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas foi utilizado o PUNDIT 200, da fabricante Proceq. Com os valores obtidos, fez-se uma análise de variâncias, comparando 3 níveis (V1 – pontual; V2 – local; V3 – amostras diferentes) para se obter um índice de qualidade da medição de acordo com Sbartai (2012). O índice de qualidade (IQ) calculado está diretamente relacionado com a acurácia do local de medição (e inclui a incerteza do equipamento, a incerteza do operador e a incerteza relacionada à

heterogeneidade do material). A medição terá maior qualidade quanto menores sejam V1 e V2 em comparação com V3 e foi calculado mediante a equação 1:

$$IQ = -\log\left(\frac{V1}{V3}\right) - \log\left(\frac{V2}{V3}\right) \quad \text{eq. (1)}$$

Os resultados mostraram, para o Equotip,  $IQ > 1$  para todas as rochas, o que reflete a sensibilidade desse equipamento para diferenciar níveis de alteração em uma mesma rocha (BREYSSE, 2012). Coeficientes de variação observados foram de 5-10% em rochas sãs e superfícies lisas e de 10-20% em rochas alteradas e superfícies rugosas. Observou-se também que nem sempre as medições da dureza superficial obedecem a distribuições normais, com o qual na análise de variâncias devem se utilizar tanto testes paramétricos quanto não paramétricos.

Já a VPU, como amplamente comprovado em diversas outras aplicações, apresentou medições muito acuradas, com variâncias mínimas no mesmo ponto. Foram observadas maiores velocidades (até 17%) em direções ortogonais à interseção da lineação em rochas foliadas, para transmissão direta (transmissão) e diferenças de velocidade de 30% em faces mais rugosas e alteradas, para transmissão indireta (reflexão).

O estudo está em andamento: análises de formas de medição no Equotip (Impactos simples/impactos repetidos e coeficiente de alteração), número de medições necessário, e correlação dos valores HDL e VPU com porosidade e resistência à compressão uniaxial. Preliminarmente, parece existir a correlação com a porosidade e estimativas da resistência à compressão a partir da dureza Leeb estão resultando em dados muito próximos a resultados de ensaio.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREYSSE, D. Nondestructive evaluation of concrete strength: An historical review and a new perspective by combining NDT methods. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 33, p. 139–163, 2012.

GEHLEN, C., DAUBERSCHIMDT, C.; NÜRNBERGER, U. Condition control of existing structures by performance testing. **Otto-Graf-Journal**, 17, 19–44., 2006.

MENÉNDEZ, B. Non-Destructive Techniques Applied to Monumental Stone Conservation. In N. MÁRQUEZ, Fausto Pedro García; PAPAELIAS, Mayorkinos; ZAMAN (Ed.), **Non-Destructive Testing** (pp. 173–213), 2016. <https://doi.org/10.5772/62408>.

SBARTAÏ, Z. M. et al. Combining NDT techniques for improved evaluation of concrete properties. **Cement and Concrete Composites**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 725–733, 2012.

VASCONCELOS G.; LOURENÇO P.B.; ALVES C.A.S.; PAMPLONA J. Ultrasonic evaluation of the physical and mechanical properties of granites, **Ultrasonics**, Vol. 48 (2008), Is. 5, p. 453–466, ISSN 0041-624X.

PALAVRAS-CHAVE: geoconservação, rochas ornamentais, ensaios não destrutivos.

## ANÁLISE DO USO DE ROCHAS NA ARQUITETURA: UM ESTUDO NA CIDADE DO RECIFE-PE

*Karoline Lima Nascimento*<sup>1</sup>, *Laysa Cibelle Alves Monteiro*<sup>2</sup>, *Karen Mutchnik Scheinman*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Arquiteta e Urbanista, UFPE, karoline.tg.ufpe@gmail.com

<sup>2</sup>Arquiteta e Urbanista, UFPE, laysamonteiro93@gmail.com

<sup>3</sup>Arquiteta e Urbanista, UFPE, mutchnikkaren@gmail.com

Segundo IAMAGUTI (2001, p.12), “rochas são agregados naturais de uma ou mais espécies minerais. Dentre as principais propriedades mineralógicas de maior influência nas características das rochas ornamentais, destacam-se quatro: dureza, clivagem, fraturas e alterabilidade.” Dessa forma, as rochas, pela sua infinidade e cada qual com sua propriedade, podem ser utilizadas de diferentes maneiras e em diversos locais como em canais, túneis, palácios, igrejas, edifícios etc.

O uso da pedra na construção entrou em desuso com a chegada da construção metálica durante o século XIX e com ela o surgimento de novos materiais construtivos e suas novas formas e tipos estruturais. Por essa versatilidade, as rochas voltaram a ser destaques na construção, dessa vez como revestimento estético de acabamento e também como proteção, o que exige que se esteja atento às suas especificidades, pois é através delas que podemos conhecer o material que utilizaremos e qual a aplicação mais correta do mesmo (ALMEIDA, 2012). Em Recife, nos percursos e em locais diariamente frequentados, acabamos nos deparando com usos inadequados das rochas e/ou a falta de manutenção das mesmas, ocasionando tanto um problema estético quanto, até, um problema de segurança às pessoas.

Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho tem como finalidade examinar diversas utilizações das rochas em uma edificação na cidade do Recife e, ao mesmo tempo, diagnosticar as causas dos problemas que encurtam a vida útil e comprometem a qualidade do revestimento e da obra. Além disso, determinar também, para o caso escolhido de simulação, uma especificação mais adequada do uso das rochas.

A edificação escolhida foi o Hotel Golden Tulip Recife Palace situado na Av. Boa Viagem, no bairro de Boa Viagem, uma área costeira. O muro do hotel é revestido com retalhos de rochas, popularmente conhecidos como “canjiquinha” da pedra Ardósia. Pela imagem (Figura 1) pode-se perceber que não houve preocupação no assentamento e nem há uma manutenção adequada, pois apresentam rachaduras - as pedras transmitem carga para o solo e se não forem bem colocadas farão com que o pavimento se rompa o que pode causar rachaduras - filetes quebrados e descoloração das pedras, além de mostrar a argamassa nas juntas.



**Figura 1** – Rachaduras no muro do Hotel Golden Tulip (autoras).

Percebe-se que o muro que poderia ser belíssimo, mas, por falta de conhecimento e atenção à manutenção do revestimento, infelizmente, torna-se esteticamente feio e perigoso para as pessoas por conta das suas rachaduras e filetes quebrados.

A partir dos problemas expostos, fizemos uma análise de quais especificações deveriam ser utilizadas de acordo com as características da localização e uso do edifício para um melhor uso da rocha. Como o tom acinzentado existente não destoa do tom de cor da calçada nem da fachada do edifício que ele cerca, o ideal seria manter a coloração cinza, utilizando dessa forma o granito Aqualux (ou Branco Siena) por ser uma rocha bastante utilizada em revestimentos por sua estética, alta durabilidade, baixa absorção de água, dureza média a alta e baixa manutenção. Para o fechamento superior do muro, recomendar-se-ia um granito de cor escura, pois não foi observada oxidação neste, além de, por possuir maior superfície de contato quando chover, não apresentará grandes alterações estéticas provocadas pela hidratação. Porém, deve-se prestar atenção e colocar impermeabilizantes de tempos em tempos e fazer a manutenção correta para a rocha ter maior durabilidade (ALMEIDA, 2012).

Para o assentamento das pedras, canjiquinhas, que foram colocadas de maneira tal que demonstra não ter existido uma preocupação em analisar a inclinação da calçada nem em como seria realizado o fechamento superior desse muro, propomos o método de assentamento convencional por não se tratar de um muro ou fachada em altura, o que não causa um perigo aos transeuntes. Porém com atenção redobrada ao nivelamento do muro antes da aplicação das peças de Aqualux e suas faces internas precisam estar impermeabilizadas para evitar futuros problemas de mancha. Antes da colagem do revestimento, deve-se aplicar argamassa usando o mínimo de água na mistura e instalação para evitar problemas de eflorescência (mancha branca). Para a limpeza das peças, recomenda-se limpar com detergente neutro diluído em água limpa, que deverá ser trocada com frequência. Já para proteção pode se utilizar ceras normais, naturais ou sintéticas e evitar produtos oleosos, água sanitária, ácidos e produtos corrosivos (FRASCÁ, 2007).

Dessa maneira, pode-se concluir que sempre que a rocha for utilizada, seja para construção assim como material de acabamento - placa de revestimento, seus atributos devem ser conhecidos para que a rocha ideal seja utilizada de maneira adequada e nos locais corretos, a fim de evitar alterações estéticas, como manchas, por oxidação, como seu desgaste por uso incorreto.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. V. **Uso de rochas na arquitetura: contribuição ao processo de especificação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2012.

FRASCÁ, M.H.B.O. Rocha como Material de Construção. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Org.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON. São Paulo. 2017.

**IAMAGUTI, A. P. S. MANUAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS PARA ARQUITETOS. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS. RIO CLARO. 2001.**

PALAVRAS-CHAVE: rochas, arquitetura, Recife.

## **OS DESAFIOS NA ESPECIFICAÇÃO DE ROCHAS EM PROJETOS ARQUITETÔNICOS NA CIDADE DO RECIFE. UMA ANÁLISE DE TRÊS BAIROS: BOA VIAGEM, CASA FORTE E ESPINHEIRO**

*Rafael Azoubel Barreto*

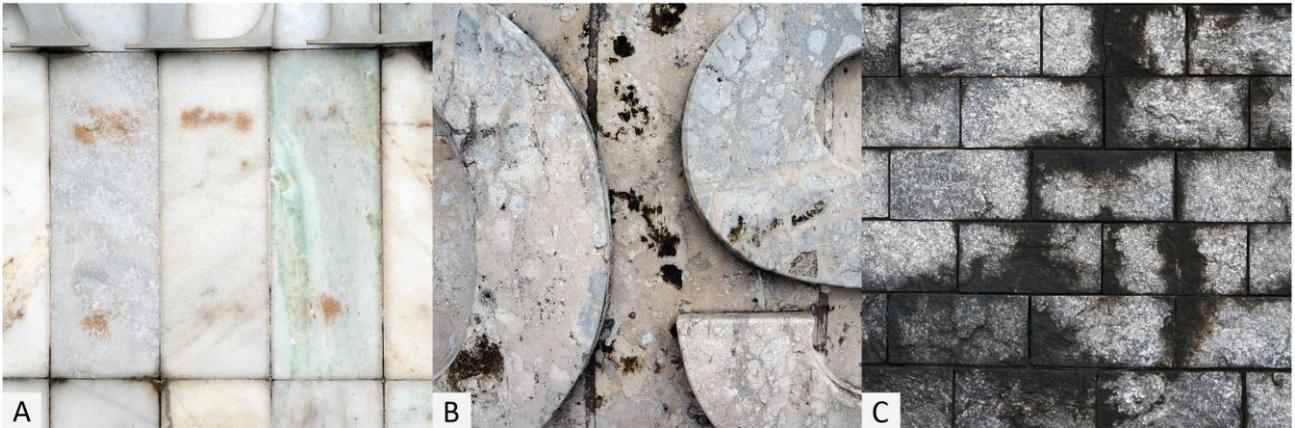
Estudante, Arquitetura e Urbanismo, UFPE, azoubel.rafael@gmail.com

A pesquisa tem por objetivo chamar a atenção para os problemas que envolvem o uso de rochas aplicadas na arquitetura da cidade do Recife.

A cidade do Recife, em Pernambuco, está localizada numa área de clima tropical com temperatura média anual de 25,8º C e uma pluviosidade média anual de 1804 mm. A ideia foi amadurecida a partir do exercício da disciplina de Tópicos Especiais em Tectônica VI ministrada pela Prof.ª Risale Neves cuja ementa trata do Uso de Rochas na Arquitetura, onde o tema “Passos para a Especificação” é abordado tendo como base a definição das propriedades, caracterização tecnológica e beneficiamento das rochas. Este tema despertou a curiosidade e partiu-se para uma busca em recorte ampliado dos tipos de rochas que mais apresentaram problemas no percurso dos bairros. Foram analisados um total de 18 edifícios com revestimentos externos de placas pétreas nos bairros de Boa Viagem, Casa Forte e Espinheiro, onde a metodologia usada foi a de avaliação prévia com captação de fotografias.

Além do clima quente e úmido presente em toda a cidade (o que cria um ambiente propício aos ataques biológicos e físico-químicos em placas frágeis às intempéries do local) o recorte escolhido no bairro de Boa Viagem está inserido num contexto de beira-mar onde também existe o fator abrasivo da salinidade. Assim como todos os elementos que compõem a arquitetura de uma localidade devem ser específicos para atender ao clima e à função, a especificação das rochas também deve atender a essas exigências a fim de evitar patologias de origens biológicas (Figura 1-B, C/ Figura 3-C), químicas (Figura 1-A, Figura 3-B) e físicas (Figura 2-B).

A compreensão dos fatores que envolvem a escolha das rochas é de fundamental importância para a relação da arquitetura com a cidade, do cliente com o arquiteto e do projeto com o custo-benefício no quesito estético e de manutenção. Mediante a problemática, o presente trabalho visa analisar a situação atual em que se encontra a relação entre a escolha de placas pétreas com a real capacidade natural que essa placa possui para permanecer íntegra ao longo dos anos no local escolhido. Problemas estes que vão desde a escolha inadequada do tipo de rocha para o ambiente em que serão assentadas, escolha do rejunte (Figura 2-A), dimensão das peças empregadas e uniformidade das peças que compõem um painel (Figura 3-A), onde o ponto em comum entre todos esses fatores é o comprometimento estético da obra, e no pior dos casos, funcional.



**Figura 1** - Exemplos do bairro de Boa Viagem.



**Figura 2** - Exemplos do bairro de Casa Forte.



**Figura 3** - Exemplos do bairro do Espinheiro.

PALAVRAS-CHAVE: arquitetura, especificação, rochas, patologias.

## VIABILIDADE DO ÁCIDO CÍTRICO COMO SOLUÇÃO PARA REMOÇÃO DE FERRUGEM EM PLACAS POLIDAS DE GRANITOS DO CEARÁ

Samuel Gomes Fernandes Cavalcanti<sup>1</sup>, Antonio Eduardo Oliveira Corrêa<sup>2</sup>, Luiz Henrique Joca Leite<sup>3</sup>, Irani Clezar Mattos<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, [samcavalcanti@alu.ufc.br](mailto:samcavalcanti@alu.ufc.br)

<sup>2</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, [tom09@outlook.com](mailto:tom09@outlook.com)

<sup>3</sup> Estudante, Universidade Federal do Ceará, [luizjoca@alu.ufc.br](mailto:luizjoca@alu.ufc.br)

<sup>4</sup> Docente, Universidade Federal do Ceará, [irani.mattos@ufc.br](mailto:irani.mattos@ufc.br)

O ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) é um ácido orgânico fraco capaz de solubilizar o ferro permitindo sua fácil remoção. As rochas ornamentais, por serem materiais naturais, utilizadas como revestimento na construção civil, também estão suscetíveis ao surgimento de manchas de ferrugem, que podem ser provenientes da própria oxidação dos minerais ricos em ferro da rocha ou de agentes externos em contato com a superfície do revestimento. Essas manchas podem provocar a desvalorização do material pétreo devido à modificação das características estéticas naturais. Com fim de se verificar a viabilidade do ácido cítrico para a remoção de manchas de ferrugem de placas polidas, as rochas denominadas Branco Ceará (microclínio-albita granito), Rosa Iracema (sienogranito) e Verde *Light* (*ortoclásio sienogranito com honblenda*), [foram expostas a palha de aço, umedecida com detergente, aplicada de acordo com a norma ABNT NBR 13818-anexo G:1997, no entanto, com adaptações e alterando-se a última etapa de limpeza, onde foi utilizado o ácido em questão em substituição ao ácido clorídrico, devido a esse ser bastante agressivo às amostras. Inicialmente, verificou-se que as manchas persistiram as etapas de limpeza anteriores ao ácido. Por último, utilizou-se o ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) com concentração de 100g/L, proposta pela norma ABNT NBR 16596:2017, por 24 horas. Após o intervalo de tempo, as amostras foram lavadas com água fria e, em seguida, feita a análise visual com lupa com aumento de 7,5 x. Foi possível observar a remoção total das manchas de ferrugem das amostras após a última etapa de limpeza. No entanto as rochas Rosa Iracema e Verde Light apresentaram manchas amareladas pouco perceptíveis nos cristais de feldspato e plagioclásio, sendo, portanto, mais indicado o uso do ácido em rochas brancas leucocráticas.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818**: Determinação da resistência ao manchamento. Anexo – G. Rio de Janeiro, 1997. 78 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16596**: Resistência ao ataque químico. 1 ed. Rio de Janeiro, 2017. 4 p.

PALAVRAS-CHAVE: ácido cítrico, ferrugem, rochas ornamentais.

## **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO DA FORMAÇÃO CABEÇAS DA BACIA DO PARNAÍBA-PI**

*Agnaldo Francisco de Freitas Filho*<sup>1</sup>, *José de Araújo Nogueira Neto*<sup>2</sup>, *Francisco Diones Oliveira Silva*<sup>3</sup>, *Irani Clezar Mattos*<sup>3</sup>, *Joel Pedrosa Sousa*<sup>1</sup>, *Francisco Wilson Hollanda Vidal*<sup>4</sup>, *Haroldo Monteiro Lima*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorando, Universidade Federal do Ceará, agnaldoffreitas@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor, Universidade Federal de Goiás, nogueiraneto.josedearaujo@gmail.com

<sup>3</sup> Professor, Universidade Federal do Ceará, francisco.diones.geologia@gmail.com

<sup>3</sup> Professora, Universidade Federal do Ceará, irani.mattos@ufc.br

<sup>1</sup> Doutorando, Universidade Federal do Ceará, joelppedrosa1@gmail.com

<sup>4</sup> Tecnologista Sênior, CETEM/MCTIC, fhollanda@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Professor, Universidade Federal do Ceará, haroldogeologo@gmail.com

Os dados relativos aos arenitos da Formação Cabeças da bacia do Parnaíba-PI, aqui apresentados, provém de uma mesma frente de lavra localizada no município de Castelo do Piauí/PI. Com intuito de avaliar a possibilidade de aplicação como rochas ornamentais, foram efetuados todos os ensaios de caracterização tecnológicas, conforme normas da ABNT. Tais rochas possuem composição mineralógica semelhante, constituídas essencialmente por quartzo, plagioclásio e muscovita.

São comercialmente conhecidas por Pedra Mourisca Amarela e representam respectivamente distintos níveis estratigráficos, compostas por sedimentos de granulação média a fino, cujas cores variam entre amarelo a amarelo bege.

Petrograficamente correspondem a arenitos imaturos, formados por grãos terrígenos desde areia fina até silte grosso (250 a 30 µm), com gradação ligeiramente decrescente para o topo de cada sucessão. Os intervalos de cores amarelo a amarelo beges são gerados pela alteração de alguns minerais na superfície dos planos e níveis de estratificação, cuja percolação de fluidos segundo esses planos, fraturas e poros alteram principalmente os feldspatos.

Os resultados dos ensaios tecnológicos apresentaram parâmetros físico-mecânicos bastante similares entre os arenitos. A relação entre os resultados físico-mecânicos e características petrográficas das rochas mostram a influência dos aspectos mineralógicos, texturais no comportamento de determinadas propriedades exibidas pelos arenitos.

Dentre os parâmetros físico-mecânicos de maior relevância destacam-se em maior proporção, a porosidade aparente e conseqüente absorção d'água, resistência mecânica (compressão uniaxial; esforços flexores; impacto), desgaste abrasivo Amsler, dilatação térmica e propagação de ondas ultrassônicas.

Correlacionando com os resultados do Atlas de rochas ornamentais dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. CPRM, 2017, com os resultados obtidos indicam que o tipo de arenito apresenta valor dentro da média das normas brasileiras, quais seja massa específica aparente, porosidade e absorção d'água respectivamente com 2344 kg/m<sup>3</sup>, 3,38% e 7,93%.

Já a resistência à compressão passou dos limites que se encontra no atlas de rocha ornamentais que seria de 20 a 100 Mpa, a amostra Amarela apresentou 108,67 MPa no perpendicular superou a média os limites de 100 Mpa da NBR 15.845-5. O desgaste Amsler forneceu um desempenho muito acima de desgaste para um percurso de 1000m, acima da média para rochas

siliciclásticas brasileiras com o Amarelo de espessura com valor de 2,33 mm no paralelo e 2,54 mm no perpendicular.

Em função dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização tecnológica e na análise petrográfica, constata-se que os arenitos podem ser utilizados como rocha ornamental e de revestimento, cabendo ressalvas, pois são os primeiros estudos com arenitos para rocha ornamental.

**PALAVRAS-CHAVE:** caracterização tecnológica, arenito, Formação Cabeças.

## CARACTERIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS, VISANDO FACILITAR SUAS ESPECIFICAÇÕES E USOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Renato José Ávilla Paldês<sup>1</sup>, Brunna Casotti Vidaurre Ávilla Paldês<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Arquiteto/ Administrador/ Pós Graduando IFES/ES, arquiteto@renatopaldes.arq.br

<sup>2</sup>Arquiteta/ Engenheira de Segurança do Trabalho. brunnapaldes@gmail.com

O homem mantém uma forte interligação com as Rochas há mais de 2,5 milhões de anos. Usou-as inicialmente para construir artefatos, ferramentas e armas. Depois, a história nos dá notícias de construções utilizando rochas desde o período Neolítico. As primeiras pedreiras que se tem notícia eram no Egito, para a construção das pirâmides. Os gregos antigos e os romanos construíram inúmeras obras em Mármore e Granitos, sendo que várias delas ainda existem, mostrando assim sua grande perenidade. Seu uso foi ainda ampliado na Idade Média, com a construção de grandes monumentos e na arte estatuária, além de templos, igrejas e castelos. De tal modo que a utilização das Rochas Ornamentais – devido a sua inigualável beleza e durabilidade – transformaram-nas em um sinônimo de requinte e bom gosto. Entretanto, atualmente percebe-se um uso cada vez menor das Rochas e um crescimento constante na utilização dos produtos artificiais e porcelanatos. De 2016 a 2018 a exportação de artificiais cresceu mais de 43% assim como as exportações brasileiras de Rochas Ornamentais caíram em percentuais similares. Acrescente-se a esse quadro, o fato do consumo interno das Rochas Ornamentais ser declinante desde 2013, onde se reduziu em cerca de 11 milhões de metros quadrados (ABIROCHAS, 2019). Assim, faz-se necessário e urgente a importância de se criar mecanismos para facilitar a escolha e sua utilização no mercado interno, fornecendo aos profissionais, informações simples para um emprego correto e também aumentar o seu consumo.

Os Arquitetos, de modo geral, desconhecem as Rochas já que as Faculdades não dedicam espaço a elas em seus currículos. E o setor produtor faz pouca ou nenhuma divulgação. Assim a maioria dos profissionais ignora de que forma, como, onde e qual Rocha é a mais indicada para cada projeto e obra. Além do mais, a indústria cerâmica, faz divulgação constante e maciça com palestras, folhetos e catálogos distribuídos anualmente. Apesar de existir uma quantidade de pesquisa com qualidade sobre o Mármore e o Granito, ela não alcança os profissionais responsáveis por sua especificação nas obras. Assim, por desconhecimento, os Arquitetos preferem o uso de cerâmicas – algumas vezes mais caras e que muitas vezes imitam as Rochas - receosos de aplicar um material que mesmo sendo de grande beleza e de composição secular, é totalmente desconhecido para eles. Portanto, é fundamental criar uma classificação que facilite ao profissional o uso e a especificação das Rochas com confiança, da mesma forma que o setor de Cerâmica um dia classificou seus produtos com o índice PEI, que permitiu orientar até aos consumidores finais. Orientar de forma eficiente quais os materiais são indicados e para quais tipos usos. Qual piso é específico para alto tráfego, por exemplo, e qual material não deve ser utilizado em determinadas situações. Uma pronta referência rápida que possa fornecer ao profissional, segurança em utilizar Rochas Ornamentais.

**SIMPLIFICAR PARA FOMENTAR USO:** Em 1998, baseada em uma denúncia de fabricação de produtos de baixa qualidade, o Porcelain Enamel Institute, deu suas iniciais (PEI) para criar um índice de resistência à abrasão para as cerâmicas, hoje amplamente reconhecido por todos no mercado. Por sua

vez, as Rochas Ornamentais passam por inúmeras análises para sua classificação: desgaste abrasivo, porosidade, compressão axial e módulo de ruptura são os principais, mas com índices e resultados incompreensíveis para os profissionais de Arquitetura. Assim é necessário traduzi-los com simplicidade. É fundamental tornar mais fácil a escolha do material e informar com clareza para qual uso e aplicação ele é indicado. Existem hoje mais de 200 rochas em exploração. De formações diversas, cores, e cada um indicado para cada tipo de aplicação. Além da grande variedade que confunde, não existe uma nomenclatura única e cada fabricante coloca o nome no material que explora ou comercializa. Em uma pequena pesquisa na Internet é possível encontrar mais de 50 nomes de Granitos, somente na cor verde, sendo vários deles referentes a materiais similares. Mesmo que a nomenclatura dos materiais seja de livre arbítrio e decisão de seus produtores, faz-se necessária a criação de um mecanismo de identificação, mantendo-se a prerrogativa ao setor, de criar os nomes comerciais ou fantasia. Após a nomenclatura, dar ampla divulgação os produtos e seus usos, baseado no exemplo do setor cerâmico que continua investindo em catálogos, mostruários de showrooms, propagandas em revistas especializadas e palestras para arquitetos e estudantes.

**A PROPOSIÇÃO:** Mantendo-se a tradição de mercado, caberá o produtor chamar o seu produto com o nome que lhe aprouver, como por exemplo: AMARELO PRATA, AMARELO LEOPARDO ou AMARELO RAIADO ESCURO. Esse seria o nome comercial ou fantasia, iniciado pela cor, e seguindo-se a ele, seriam acrescentados dois números identificatórios. O primeiro número, numa escala de 1 a 10, indicaria a tonalidade do mesmo, classificando-se pela cor, os materiais. Assim os mais claros receberiam números mais baixos assim como os mais escuros os mais altos (Figura 1). O segundo número, também na mesma escala, indicaria sua resistência a abrasão. Dessa forma, o produto seria nomeado de GRANITO AMARELO LEOPARDO, 08,06, demonstrando que é um material de cor escura, indicado para região de tráfego médio. Os efeitos de Absorção de água seriam considerados no segundo número, já que a resistência mecânica é tanto maior, quanto mais baixa for o absorvimento.



**Figura 1** – Proposta de classificação das rochas segundo a cor e a resistência à abrasão.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - **Informe Balanço das Exportações e Importações Brasileiras 01/2019.**

PALAVRAS-CHAVE: Índice de classificação, utilização, arquitetura.

## GRANITO DA SERRA DO PARÁ-PE

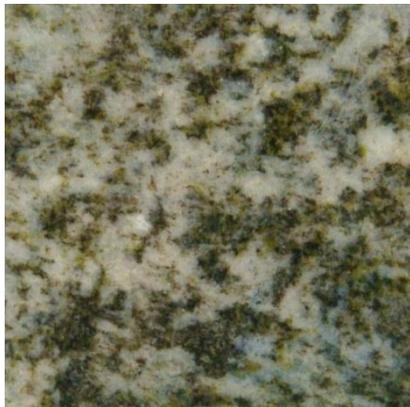
Maria Angélica Batista Lima<sup>1</sup>, Roberta Galba Brasilino<sup>2</sup>, Vanildo Almeida Mendes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geóloga, CPRM/SGB, angelica.lima@cprm.gov.br

<sup>2</sup> Geóloga, CPRM/SBG, roberta.brasilino@cprm.gov.br

<sup>3</sup> Geólogo, CPRM/SBG, vanildo.mendes@cprm.gov.br

Granitos brancos, róseos e cinzas com tonalidade verde (Figuras 1 e 2) foram registrados na porção central da Folha Santa Cruz do Capibaribe. Alinhados segundo *trend* NE-SW. Apesar do posicionamento estratigráfico incerto, observa-se que essas rochas ocorrem próximas ao contato entre os metassedimentos do Complexo Surubim-Caroalina e os ortognaisses do Complexo Salgadinho. A mina do Sítio Tanque Raso e a ocorrência da Serra do Pará são locais representativos dessa litologia.



**Figura 1** - Placa do Granito Verde Sítio Tanque Raso. Corte perpendicular à foliação, dimensões 7 x 7 cm.



**Figura 2** - Placa do Granito Verde Serra do Pará. Corte paralelo ao bandamento. Dimensões 6 x 6 cm.

Os afloramentos desta unidade litológica ocorrem na forma de pequenos lajedos nos municípios de Santa Cruz do Capibaribe (PE) e Barra de São Miguel (PB) entre as localidades de Pindurão e Tanque Raso ou como feições fisiográficas de destaque topográfico positivo na área, como no caso específico da Serra do Pará e Serra Verde com altitudes aproximadas de 750m.

Petrograficamente trata-se de leucognaisses que exibem granulação média, textura granoblástica, por vezes com bandamento metamórfico bem desenvolvido (Figura 2). A mineralogia varia localmente, porém possuem a composição média de feldspato alcalino (20-30%), plagioclásio (25-30%), quartzo (15-30%), epidoto (15-20%), anfibólio (5-10%) e clinopiroxênio (05-10%). Os minerais acessórios compreendem titanita, apatita, allanita, mica branca e carbonato, os quais podem chegar a 10% da composição modal da rocha.

A ocorrência do Sítio Tanque Raso dista aproximadamente 10 km da BR-104, a sul do município Riacho de Santo Antônio. Nesse local, a rocha possui cores verde e branca (Figuras 1 e 3), com excelente aspecto visual. A foliação exibe-se bem desenvolvida, por vezes dobrada, o que permite a confecção de chapas movimentadas e homogêneas (Figura 2). Segundo ex-empregados, a lavra apresentava baixo índice de recuperação, o que causou seu fechamento. A presença de zonas

miloníticas com direção WNW e fraturas com direção N-S/NNW provavelmente dificultaram a extração dos blocos. Investimentos em mapeamento geológico do maciço e planejamento de lavra são necessários a fim de estabelecer a viabilidade do empreendimento.



**Figura 3** – Sítio Tanque Raso com atividade de extração paralisada

Ensaio tecnológicos realizados no Granito Verde Serra do Pará indicaram que a rocha possui elevada porosidade, absorção de água e resistência à abrasão (Tabela 1). Tais índices refletem a presença pervasiva de microzonas de cisalhamento (alta porosidade/absorção) e a elevada porcentagem de quartzo (resistência). Sua aplicação deve ser feita em ambientes internos, em locais que apresentem baixa umidade.

**Tabela 1.** Caracterização tecnológica do granito verde Serra do Pará (CPRM, 2018)

Ensaio	Valores
Massa Específica Aparente (Densidade)	2751 kg/m <sup>3</sup>
Absorção d'água	0,66 %
Resistência Mecânica à Compressão Uniaxial	110,73 MPa
Desgaste por Abrasão - Amsler (1000m)	1,08 mm
Porosidade Aparente	1,78 %
Resistência Mecânica à Flexão	10,45 MPa

Litologias semelhantes ocorrem em toda extensão da Serra do Pará, nos municípios de Santa Cruz do Capibaribe (PE) e Caraúbas (PB). A rocha apresenta variação de cor e torna-se mais cinza, com decréscimo em tons verdes como indicado pela Figura 2. Essas variações na tonalidade são comuns e seu controle ainda é pouco compreendido, o que enfatiza o mapeamento geológico detalhado como ferramenta essencial para seleção de áreas de maior interesse econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** leucognaisses, gnaisses calcissilicáticos, rocha ornamental.

## CARACTERIZAÇÃO DAS ROCHAS PRESENTES NAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DA ILHA DA BOA VIAGEM – NITERÓI – RJ

Rosana Elisa Coppedê Silva<sup>1</sup>, Roberto Carlos da C. Ribeiro<sup>2</sup>, Anna Gabrielle O. de Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Geóloga, D.Sc., CETEM, [rcoppede@cetem.gov.br](mailto:rcoppede@cetem.gov.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Químico, D.Sc., CETEM, [rcarlos@cetem.gov.br](mailto:rcarlos@cetem.gov.br)

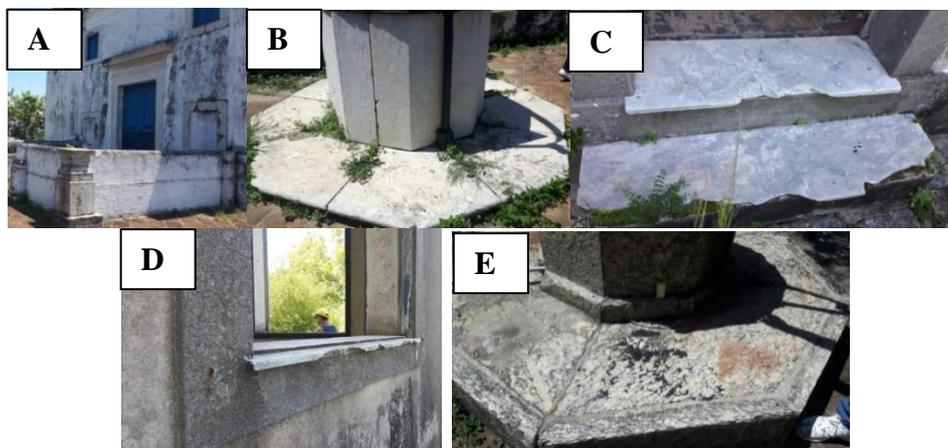
<sup>3</sup>Aluna de Graduação em Geologia, UFRJ, [agabioliv@gmail.com](mailto:agabioliv@gmail.com)

A ilha da Boa Viagem localiza-se na entrada da Baía de Guanabara, na cidade de Niterói. Durante o século XVII servia como ponto estratégico, que tinha a função de proteger o território da Coroa Portuguesa, com defesas da Baía, além de ser referência para embarcações. A ilha possui algumas construções antigas (igreja e palácio), com rochas expostas às intempéries há quase 300 anos, cujo estado de degradação foi estudado (Figura 1).



**Figura 1:** Vista geral da Ilha da Boa Viagem e edificações estudadas. Fonte: Google Earth, 2019.

O trabalho foi dividido em duas etapas: visitas de campo para reconhecimento da área, observações macroscópicas das rochas e medições de cor e brilho e dureza com equipamentos portáteis; e, coleta de amostras para descrição petrográfica, ensaios de fluorescência e difração de raios-X feitos nos laboratórios do CETEM. Do ponto de vista macroscópico as rochas foram classificadas como calcário, mármore e gnaisse. Na igreja de Nossa Senhora da Boa Viagem o portal e algumas janelas (Fig. 1 A) são de calcário Lioz, que apresenta alterações físicas como alveolização, descoloração e perda do brilho originais. A cisterna da igreja (Fig.1 B) também é de calcário Lioz, e possui manchamentos e crescimento de plantas superiores entre as placas de rocha, além de descoloração e perda do brilho originais.



**Figura 2:** Pontos de ensaios e coletas de amostras.

No palácio as soleiras (Fig. 1C) e peitoris (Fig. 1D) são de mármore branco esverdeado, com muitas perdas de pedaços. O palácio possui uma cisterna feita em gnaiss facoidal (Fig. 1 E, Mansur et al., 2008), com manchamentos e mobilização de óxidos de ferro de uma haste metálica que segurava o antigo balde. Do ponto de vista microscópico, podem-se verificar nas lâminas de calcário Lioz a presença de carbonatos e pedaços de conchas, nas lâminas do mármore a granulação é muito fina e a presença de muscovita marca a foliação da rocha. Na lâmina do gnaiss facoidal pode ser observado cristais de biotita (15%), quartzo (55%), feldspato potássico (25%), minerais opacos e zircão (3%). Há minerais alterados: clorita (biotita), argilominerais (k-feldspato) e secundários (carbonato, 2%). Os resultados da difratometria de raios-x indicam a presença de calcita e quartzo no calcário Lioz, calcita e muscovita no mármore e quartzo, albita, microclina, caulinita e biotita no gnaiss facoidal. Os resultados da fluorescência de raios-x corroboram os resultados anteriores, com alta perda por calcinação nas rochas com calcita (40%) e grande quantidade de sílica no gnaiss (60%).

Os padrões de cor indicaram que os calcários Lioz apresentam coloração rosa clara e o gnaiss facoidal é laranja escuro, ambos sem brilho. Os calcários Lioz apresentam dureza em torno de 600 HLD e o gnaiss facoidal em torno de 750 HLD, ambas consideradas dentro da média para esses tipos de rocha. Esta afirmação baseia-se na medição da dureza média de algumas rochas em laboratório (PROCEQ), que permitiu chegar aos seguintes resultados: Leptinito (são) = 779, Gnaiss Facoidal = 779, Granito = 802, Mármore Carrara = 490, Cristal de Calcita = 388, Cristal de Quartzo = 672. As análises por meio da absorção atômica das águas utilizadas na limpeza das fachadas indicaram teores em torno 350 mg.L<sup>-1</sup> de cloreto e 200 mg.L<sup>-1</sup> de sulfato. Tais resultados indicam que os principais poluentes são o cloreto de sódio oriundo do mar e o sulfato oriundo das emissões dos veículos que circulam próximos à ilha.

Com os resultados dos ensaios podemos concluir que as alterações nas rochas das construções da Ilha são majoritariamente físicas, e não químicas como as rochas afetadas pela poluição, uma vez que não há prédios no entorno, e que a água de chuva lava as fachadas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. **Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra**. Versão Inglês-Português. Tradução portuguesa da versão inglês-francês de 2008 por José Delgado Rodrigues e Maria João Revez.

MANSUR, K. L., CARVALHO, I. S., DELPHIM, C. F. M., BARROSO, E. V. **O gnaiss facoidal: a mais carioca das rochas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 31 – 2 / 2008. p. 9-22.

PROCEQ, Equotip 550 Leeb, **Rebound Hardness Test**. Disponível em: <<http://www.proceq.com/nondestructivetestequipment/metal-testing/hardness-testing/equotip-550-leeb.html>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

REVISTA IH, **Convertendo as escalas - Leeb como uma alternativa de dureza**, Revista IH, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaih.com.br/artigo-tecnico/convertendo-as-escalas-leeb-como-uma-alternativa-de-dureza/2719>>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

PALAVRAS CHAVE: degradação, gnaiss facoidal, calcário Lioz.

## EFEITOS DO SAL E DA POLUIÇÃO NAS ROCHAS PRESENTES NAS EDIFICAÇÕES DA ILHA DA BOA VIAGEM – NITERÓI – RJ

Caroline Martins de Souza <sup>1</sup>, Roberto Carlos Ribeiro <sup>2</sup>, Rosana Coppedê Silva <sup>3</sup>, Kátia Alexandre <sup>4</sup>

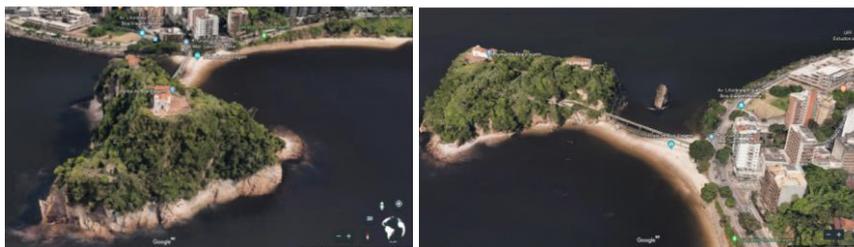
<sup>1</sup>Aluna de Graduação em Engenharia Ambiental, UVA, carolinemartins.ambiental@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Químico, D.Sc., CETEM, rcarlos@cetem.gov.br

<sup>3</sup>Engenheira Geóloga, D.Sc., CETEM, rcoppede@cetem.gov.br

<sup>4</sup>Técnica em Química, CETEM, katiab@cetem.gov.br

A ilha da Boa Viagem localiza-se na entrada da Baía de Guanabara, na cidade de Niterói. Durante o século XVII servia como ponto estratégico, que tinha a função de proteger o território da Coroa Portuguesa, com defesas da Baía e, além de ser referência para embarcações náuticas. A ilha possui algumas construções antigas (igreja e Castelo), expostas às intempéries há quase 300 anos, cujo estado de degradação foi estudado (Figura 1). Dessa forma, o objetivo do trabalho foi correlacionar os aspectos ambientais do local (índices de chuva e ventos) com a degradação dos monumentos através da ação do cloreto de sódio e sulfato.

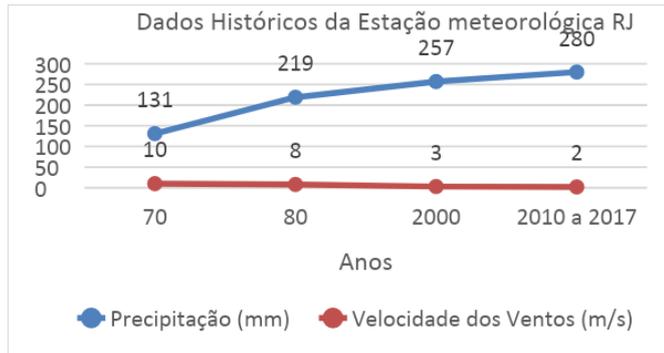


**Figura 1:** Vista geral da Ilha da Boa Viagem e edificações estudadas. Fonte: Google Earth, 2019.

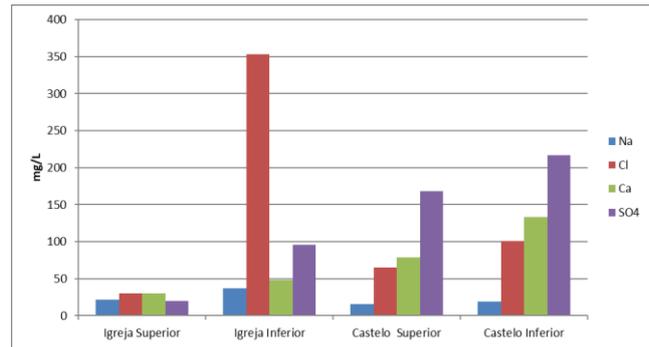
O trabalho foi dividido em quatro etapas: (1) visitas de campo para reconhecimento da área, (2) lavagem dos monumentos com água destilada, (3) avaliação das águas por meio da absorção atômica nos laboratórios do CETEM e (4) correlação com os fatores ambientais da região nos monumentos.

Devido a sua localização, Latitude: 22°54'37.59"S e Longitude: 43°07'50.89"W. A ilha sofre diretamente com a ação dos regimes de ventos oriundos do continente e oceano, propiciando em altos índices de precipitações nessa região. A precipitação é um dos fatores que atuam na remoção dos poluentes do ar juntamente com a ação dos ventos. A velocidade, e a direção dos ventos favorecem o transporte e a dispersão dos poluentes nos monumentos históricos. Foi observado que houve um aumento no regime de chuvas e uma diminuição da velocidade do vento (Figura 2), por consequência da verticalização urbana, causada pela urbanização na região metropolitana de Niterói, formando barreiras e canalizando as passagens de ventos, desde a década de 70 até os dias de hoje, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

Os resultados obtidos pelas análises das amostras de lavagem das argamassas na Capela e no Castelo da Ilha de Boa viagem (Figura 3), mostram que há uma maior concentração de cloreto (350 mg/L) na parte inferior da fachada da igreja, que fica localizada de frente para o mar, resultado da incidência de ventos de Lés-Nordeste (ENE), e de sulfato na parte inferior do Castelo (220 mg/L) que fica do lado do continente, relacionado com a diminuição dos regimes de ventos por consequência da verticalização urbana no litoral de Niterói, propiciando na estagnação e concentração de poluentes no ar.



**Figura 2:** Dados históricos de precipitação e velocidade dos ventos. Fonte: Inmet (2019)



**Figura 3:** Quantidade dos principais íons contidos na água de lavagem.

Os monumentos construídos em gnaisse facoidal (MANSUR *et al.*, 2008) localizados na Ilha da Boa Viagem vêm sofrendo intemperismo pelo poder do sal e de poluentes atmosféricos, associados ao aumento da urbanização e aos ventos oriundos do oceano. Pode-se concluir ainda que os sais acumulados nas fraturas das rochas, cristalizam-se e formam pontos de fissuras, tendendo a desagregação mecânica das mesmas (SILVA *et al.*, 2012) e os poluentes formam crostas negras, favorecendo o aumento da taxa de intemperismo nessas rochas. Nesse trabalho foi possível observar que esses poluentes ficam acumulados nas partes mais inferiores das edificações, pois as chuvas, que tiveram aumento ao longo dos anos, lavam essas fachadas, concentrando-os na parte inferior.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INMET. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_conv\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf). Acessado em 22/08/2019.

MANSUR, K. L., CARVALHO, I. S., DELPHIM, C. F. M., BARROSO, E. V. O gnaisse facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ, Vol. 31 – 2 / 2008. p. 9-22. Acesso em: 28 de abril de 2019.

IPHAN. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema\\_consulta.asp?Linha=tc\\_arque.gif&Cod=1646](http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema_consulta.asp?Linha=tc_arque.gif&Cod=1646) Acesso em: 22 de agosto de 2019

SILVA, C. L. A., SILVA, M. A. M., NETO, B. A. J., SMITH, B., ALISTER, M. J. Produtos do intemperismo e avaliação do nível de deterioração em rochas ornamentais da Fortaleza de Santa Cruz (Niterói, RJ). **Revista Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 08, n. 1, p. 52-67, jul/dez. 2012. Acesso: 22/08/2019.

PALAVRAS-CHAVE: Verticalização urbana, gnaisse facoidal, intemperismo.

## **EFEITO DO SAL NO GNAISSE LEPTINÍTICO DE UMA COLUNA DO MOSTEIRO DE SÃO BENTO DO RIO DE JANEIRO**

*Carla Corrêa Felix*<sup>1</sup>, *Roberto Carlos da Conceição Ribeiro*<sup>2</sup>, *Kátia Leite Mansur*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geóloga Mestranda do PPGL- Programa de Pós-Graduação em Geologia, UFRJ, carlacfelix8@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Químico, Pesquisador, CETEM/MCTIC, rcarlos@cetem.gov.br

<sup>3</sup> Geóloga, Professora de Pós-Graduação em Geologia, UFRJ, katia@geologia.ufrj.br

É reconhecido que monumentos são comprovações das tradições das várias gerações durante a história da humanidade, o que caracteriza sua importância e a necessidade de conservação dos mesmos como obra de arte e testemunho histórico (Carta de Veneza, 1964). A utilização das rochas ornamentais acompanhou a evolução da humanidade e, graças a sua durabilidade, consistem em um registro dessa evolução, da cultura e dos costumes ao longo da história (VIDAL et al., 2013).

O Mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro foi fundado em 1586 (IPHAN, 2019a) e está localizado a poucos metros da Baía de Guanabara, no centro da cidade do Rio de Janeiro, local de intenso tráfego de automóveis diariamente (FELIX, 2018). O conjunto Igreja e Mosteiro foi tombado pelo IPHAN em 1938 (IPHAN, 2019b). No interior do prédio histórico há uma coluna construída em gnaiss leptinítico que mostra um alto grau de alteração em resposta ao intemperismo, cuja causa está sendo investigada para possibilitar sua geoconservação. Este trabalho é parte de um projeto maior que estuda os danos no material pétreo do Mosteiro de São Bento.

Foi realizado um mapeamento de danos, exclusivamente baseado no Glossário Ilustrado publicado pelo ICOMOS (RODRIGUES; REVEZ, 2016), para identificar as morfologias de alteração presentes na rocha que compõe a coluna através de observações visuais. Na Figura 1, é possível observar os danos identificados. Em toda a superfície da rocha ocorre desagregação granular bem acentuada. Como indicado como número 1 na figura, ocorre deslocamento ao redor de toda a coluna. O número 2, aponta a ocorrência de eflorescência salina na superfície da rocha e foi identificada em toda a superfície da coluna, sendo que na base ocorre em maior quantidade. A eflorescência ocorre pela formação de cristais de sais solúveis em fraca adesão à superfície pétreo. Pode-se observar um outro dano, a pátina em toda superfície da coluna, indicado como número 3. A pátina é uma alteração cromática da rocha que, neste caso, tem coloração alaranjada.

Pode-se sugerir que os principais agentes causadores da degradação do gnaiss leptinítico nessa coluna são os sais solúveis formados no interior dessa rocha. Como a coluna se encontra abaixo de uma cozinha que opera há anos, segundo informação obtida por funcionários do Mosteiro, existe uma percolação de água oriunda de infiltrações que já ocorreram. Os fluidos são compostos por uma solução salina e se movem por capilaridade através dos poros no interior da rocha para sua superfície. Quando ocorre uma evaporação rápida, por diferença de temperatura, os sais presentes nesse fluido se cristalizam no momento em que chegam à superfície pétreo e é conhecido como eflorescência.



**Figura 1:** Morfologias de alteração na coluna de gnaise leptinítico. Número 1 representa o deslocamento. Número 2, eflorescência salina. Número 3, pátina.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FELIX, C. C. **Estudo da alteração intempérica atuante na escultura em mármore de Jesus Cristo e seu adorno quadrado pertencentes ao Mosteiro de São Bento**, Rio de Janeiro, RJ; 2018; Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios), 1964. **“Carta de Veneza”**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf>. Acesso em: 20/08/2019

IPHAN, 2019a. **Arquivo Noronha Santos**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/ans/>>. Acesso em: 25/08/2019

IPHAN, 2019b. **Bens tombados**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/BENS%20TOMBADOS%20E%20PROCESSOS%20OEM%20ANDAMENTO%202019%20MAIO.pdf>>. Acesso em 20/08/2019

RODRIGUES, J. D; REVEZ, M. J. 2016. **Glossário ilustrado das formas de deterioração da pedra**, tradução da versão inglês-francês, v.15, Série Monumentos e Sítios do ICOMOS, Portugal. Disponível em: [http://www.icomos.pt/images/pdfs/Glossario\\_Pedra\\_Icomos.pdf](http://www.icomos.pt/images/pdfs/Glossario_Pedra_Icomos.pdf). Acesso em 20/08/2019

VIDAL, F. V.; CASTRO, N. F., FRASCÁ, M. H. B O. Introdução. En: VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. (org.). **Tecnologia de Rochas Ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. p. 15-42.

**PALAVRAS-CHAVE:** intemperismo, eflorescência, Mosteiro de São Bento

## RESUMOS EM ORDEM ALFABÉTICA

1. Análise comparativa de dimensões de corpos de prova para ensaios de índices físicos - 110
2. Análise de dureza superficial e velocidade de propagação de ondas ultrassônicas em rochas ornamentais - 116
3. Análise do brilho após ensaios de alterabilidade: comparativo entre calcários da Bacia do Araripe e da Bacia Potiguar - 102
4. Análise do brilho em limestones após ensaios de alterabilidade: comparativo entre diferentes níveis de lavra do calcário Mont Charmot - 104
5. Análise do uso de rochas na arquitetura: um estudo na cidade do Recife-PE - 118
6. Aplicação de *marmoglass* como rocha ornamental - 108
7. Aplicação de resina poliuretana à base de óleo de mamona no envelopamento de blocos de rochas carbonáticas - 64
8. Apoio do governo federal ao desenvolvimento tecnológico e à extensão tecnológica para Arranjos Produtivos Locais (APL) de base mineral – caso APL de rochas ornamentais - 39
9. Aproveitamento de resíduos das lavras de rochas ornamentais das regiões norte e noroeste do Espírito Santo - 23
10. Aproveitamento de resíduos de rocha ornamental para produção de agregados: estudo de caso pedra de granito Ouro Branco - 29
11. Aproveitamento de resíduos dos casqueiros de rochas ornamentais como agregados para uso em concreto - 37
12. Aspectos da produção de chapas compostas com fragmentos de quartzo hialino - 62
13. Avaliação da influência da vazão de água no polimento industrial de rochas ornamentais - 76
14. Avaliação do comportamento do diamante sintético nos teares multifios diamantados - 50
15. Avaliação e caracterização do mármore tipo Carrara com ocorrência no estado da Paraíba - 85
16. Avaliação microestrutural da rocha artificial fabricada com aglomerante geopolimérico utilizando resíduo de mármore - 72
17. Caracterização das rochas ornamentais, visando facilitar suas especificações e usos na construção civil - 125

18. Caracterização das rochas presentes nas edificações históricas da ilha da Boa Viagem – Niterói – RJ - 129
19. Caracterização mecânica de diferentes reforços para um “granito” exótico utilizando correlação digital de imagem - 68
20. Caracterização tecnológica do arenito da Formação Cabeças da Bacia do Parnaíba-PI - 123
21. Comparação da variação dos valores de resistência à flexão de rochas ornamentais teladas com resina epoxídica e compósito vegetal submetidos a ciclagem térmica - 96
22. Comparação de metodologias de ensaio para determinação da resistência à flexão de rochas ornamentais - 106
23. Desempenho da atividade de rochas ornamentais no Brasil no decênio 2009-2018 - 43
24. Desenvolvimento mineiro na lavra de rochas ornamentais - 78
25. Determinação da relação entre energia específica de cominuição e fragmentação de granitos - 54
26. Efeito do sal no gnaiss leptinitico de uma coluna do Mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro - 133
27. Efeitos do sal e da poluição nas rochas presentes nas edificações da ilha da Boa Viagem – Niterói – RJ - 131
28. Estado da arte de resíduos gerados na indústria de rochas ornamentais e suas aplicações em matrizes cimentícias de cimento Portland - 13
29. Estimativa de incerteza da medição para o ensaio de resistência à flexão de rochas aglomeradas - 98
30. Estudo comparativo da absorção de água e porosidade aparente de rochas ornamentais esteticamente semelhantes - 90
31. Estudo da ação do ácido oxálico na remoção de manchas de rochas ornamentais - 88
32. Estudo da porosidade aparente e absorção de água do granito Cinza Corumbá resinado e não resinado - 92
33. Estudo geológico e alterabilidade do granito branco nevasca, centro norte do CE - 114
34. Fio diamantado no brasil: caracterização tecnológica de pérolas diamantadas utilizadas na indústria de rochas ornamentais - 66
35. Fragilidade do Giallo Veneciano: comparativo da análise de qualidade pretérita e atual - 86
36. Geração de possíveis peças para vestuário constituídas de poliamida e muscovita - 11
37. Geração de tampas de bueiros formadas por resíduos de quartzitos e PU - 9

38. Granito da serra do Pará-pe - 127
39. Importância da pesquisa geológica na lavra e controle ambiental na exploração de rochas ornamentais - 82
40. Incorporação de resíduos de granito para fabricação de cerâmica vermelha - 5
41. Incorporação do resíduo da rocha Traquito em massa cerâmica utilizada para produção de blocos de vedação - 1
42. Indicadores ambientais na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais - 35
43. Influência do arcabouço geológico-estrutural com o IAEG das rochas ornamentais do estado do Espírito Santo - 52
44. Levantamento prévio das indústrias de cerâmica vermelha visando a utilização de resíduos de rochas ornamentais nas massas cerâmicas - 100
45. Métodos de lavra aplicáveis às rochas ornamentais - 70
46. Os desafios na especificação de rochas em projetos arquitetônicos na cidade do Recife. Uma análise de três bairros: Boa viagem, Casa forte e Espinheiro - 120
47. Os desafios para o aproveitamento da rocha quartzito em bases sustentáveis em junco do Seridó, PB - 47
48. Otimização do processo de corte bidimensional de chapas de rochas ornamentais utilizando programação matemática - 60
49. Painel de rochas – o ensino fora da sala de aula desde 2006 - 94
50. Panorama do segmento de rochas ornamentais da Bahia - 19
51. Pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica no âmbito do APL-Pedra Cariri no Ceará - 45
52. Potencial e contexto geológico das rochas ornamentais do estado do Espírito Santo - 58
53. Predição da produtividade e rendimento de fio diamantado utilizado na lavra de rochas ornamentais - 56
54. Principais impactos da indústria extrativa de rochas ornamentais na saúde e segurança dos trabalhadores - 3
55. Reaproveitamento de resíduos de corte de granitos na construção civil - 7
56. Resíduos de rebolos abrasivos magnesianos como componente do concreto: uma ótica na economia circular - 21
57. Rochas ornamentais no contexto da economia circular: gestão de resíduos em uma marmoraria - 33

58. Setor de rochas ornamentais em Goiás: aspectos preliminares - 41
59. Simulador de polimento de rochas ornamentais (S-PRO): análise da distribuição de brilho - 80
60. Teste de colas na confecção de lâminas petrográficas - 112
61. Tratamento térmico de resíduo ornamental do estado da bahia para a obtenção de silício de grau metalúrgico - 25
62. Utilização de blocos de estéril de rochas ornamentais na contenção de rejeito de minério de ferro - 17
63. Utilização de resíduos de rochas em concreto celular - 31
64. Utilização de resíduos de rochas ornamentais como ecofíler em concreto autoadensável - 27
65. Utilização de resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais na produção de mudas de tomateiro - 15
66. Viabilidade do ácido cítrico como solução para remoção de ferrugem em placas polidas de granitos do Ceará - 122

# ÍNDICE REMISSIVO DE PALAVRAS-CHAVE

## A

absorção de água, 98, 101  
ácido cítrico, 135  
agregados, 43  
agregados grossos, 35  
alterabilidade, 114, 127  
APL, 50, 53  
APL de base mineral, 45  
arcabouço-estrutural, 58  
arenito, 138  
arquitetura, 132, 134, 140  
ataque químico, 114  
atlas, 23

## B

barragem de rejeito, 21  
bases sustentáveis, 53  
beneficiamento de rochas ornamentais, 41  
bloco de rochas ornamentais, 21  
Branco Nevasca, 127  
brilho, 88, 114

## C

calcário, 50  
calcário Lioz, 145  
calcinação, 30  
caracterização, 73, 91  
caracterização tecnológica, 121, 138  
cerâmica, 7  
cerâmica vermelha, 111  
chapas, 67  
cimento Portland, 17  
cominuição, 59  
concreto, 25, 33, 43  
    autoadensável, 33  
    celular, 37  
confecção de lâmina, 125  
controle estatístico, 81  
correlação digital de imagem, 75  
corte bidimensional, 66

## D

degradação, 145  
desenvolvimento mineiro, 85  
desenvolvimento tecnológico, 45  
diamante sintético, 55  
dióxido de silício, 30

## E

ecofíler, 33, 37  
economia circular, 39

eflorescência, 149  
emprego, 48  
energia específica, 59  
ensaios não destrutivos, 129  
ensaios tecnológicos, 7, 93  
ensino itinerante, 103  
envelopamento, 70  
especificação, 134  
estado do Espírito Santo, 58  
exportações, 48  
extensão tecnológica, 45

## F

fachada aerada, 119  
feldspato, 2  
ferrugem, 135  
fio diamantado, 55, 62, 73  
Formação Cabeças, 138  
fragmentação, 59

## G

gemologia, 67  
geoconservação, 129  
geologia, 64  
geologia ES, 93  
geopolímero, 79  
gestão ambiental, 41  
gnaisse facoidal, 145, 147  
gnaises calcissilicáticos, 142  
Goiás, 46  
Gongo Soco, 21  
granito, 23, 46, 59  
granito ornamental, 93, 127  
granitos, 9, 123

## I

IAEG, 58  
incerteza da medição, 108  
indicadores ambientais, 41  
Índice de classificação, 140  
Índices físicos, 123  
*inserts* metálicos, 119  
intemperismo, 147, 149

## L

lavra, 77, 89  
leucognaisses, 142  
levantamento estrutural, 89  
Limestone, 114

## ÍNDICE REMISSIVO DE PALAVRAS-CHAVE

### M

mamona, 70, 106  
manchamento, 95, 114  
mapeamento, 28, 89  
*marmoglass*, 121  
mármore, 23, 91  
materiais cerâmicos, 2  
métodos de lavra, 77  
minério, 91  
Mosteiro de São Bento, 149

### N

normas regulamentadoras, 123

### O

Ocre Itabira, 19  
otimização, 66

### P

patologias, 134  
Pedra Cariri, 50  
pérola, 73  
pérola diamantada, 55  
petrografia, 125  
planejamento, 85  
poliamida, 13  
polimento, 81, 83, 88  
poliuretana, 70  
porosidade aparente, 98, 101  
potencialidade, 64  
Preto São Gabriel, 19  
produtividade, 62  
projeto de extensão, 103  
pureza, 30

### Q

quartzito, 53  
quartzitos, 12, 95  
quartzo, 67

### R

rebolos abrasivos, 83  
Recife, 132  
reforço, 75  
rendimento, 62  
resíduo, 7, 33, 37, 79, 111  
resíduos, 9, 12, 13, 17, 28, 35, 43  
resina, 101, 106  
resistência à flexão, 75, 108  
resumo, 116

reuso, 9  
rocha artificial, 79  
rocha ornamental, 64, 66, 88, 142  
rochas, 103, 125, 132, 134  
rochas aglomeradas, 108  
rochas ornamentais, 4, 7, 17, 25, 28, 35, 39, 46, 48, 58, 77, 81, 83, 95, 98, 111, 119, 121, 129, 135

### S

saúde, 4  
segurança, 4, 85  
simpósio, 116  
Sistema de Gestão Ambiental, 39  
solo argiloso, 2  
substrato, 19  
sustentabilidade, 25

### T

tampas de bueiros, 12  
telagem, 106  
trabalho, 116

### U

utilização, 140

### V

verticalização urbana, 147  
vestuário

# X SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE

5 a 7 de novembro, 2019

Fortaleza - CE

## LIVRO DE RESUMOS

### COMITÊ ORGANIZADOR

Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM-MCTIC)

Abiliane de Andrade Pazeto (CETEM-MCTIC)

Nuria Fernández Castro (CETEM-MCTIC)

Carlos Rubens de Alencar (SIMAGRAN-CE)

Risale Neves Almeida (UFPE)

REALIZAÇÃO:



APOIO:



Copyright @ 2019 CETEM/MCTIC

Informações:

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

Av. Pedro Calmon, 900 – Cid. Universitária 21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Homepage: [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)