

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

**Estudo de Alterabilidade de Rochas Silicáticas para
Aplicação Ornamental**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

José Alencar Gomes da Silva

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Sérgio Machado Rezende

Ministro da Ciência e Tecnologia

Luiz Antonio Rodrigues Elias

Secretário-Executivo

Luiz Fernando Schettino

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Adão Benvindo da Luz

Diretor do CETEM

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

Zuleica Carmen Castilhos

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

João Alves Sampaio

Coordenador de Processos Minerais

Antônio Rodrigues Campos

Coordenador de Apoio à Micro e Pequena Empresa

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

José da Silva Pessanha

Coordenador de Administração

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN 978-85-61121-21-1

SRMI - 10

Estudo de Alterabilidade de Rochas Silicáticas para Aplicação Ornamental

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Engenheiro Químico e Licenciado em Química pela UERJ, M.Sc. e D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ, Bolsista PCI do CETEM.

Julio Cesar Guedes Correia

Químico Industrial pela UFF, M.Sc. e D.Sc. em Engenharia Mineral pela USP, Pesquisador do CETEM.

Juliana Maceira Moraes

Geóloga pela UERJ e Mestranda em Geologia pela UERJ.

Adriano Caranassios

Engenheiro de Minas pela USP e D.Sc. em Engenharia dos Recursos do Subsolo pela Universidade de Cagliari, Tecnologista Pleno do CETEM.

CETEM/MCT

2008

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Silvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Adriano Caranassios (CETEM), Antonio Rodrigues Campos (CETEM), Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Artur Pinto Chaves (USP), Benjamin Calvo Pérez (Universidade Politécnica de Madri), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT), Renato Ceminelli (consultor).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área mí-nero-metalúrgica. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes dos projetos desen-volvidos no CETEM.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas

Coordenação Editorial

Vera Lúcia Espírito Santo Souza

Programação Visual

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Editoração Eletrônica

Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição

Estudo de Alterabilidade de Rochas Silicáticas para Aplicação Ornamental / Roberto Carlos da Conceição Ribeiro et al. – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008

48 p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 10)

1. Rochas Ornamentais. 2. Rochas Silicáticas. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Correia, Julio Cesar Guedes. III. Moraes, Juliana Maceira. IV. Caranassios, Adriano. V. Título. VI. Série.

CDD – 533

SUMÁRIO

RESUMO	07
ABSTRACT	08
1 INTRODUÇÃO	09
1.1 Rochas Ornamentais	09
1.2 Deterioração de Rochas	11
1.3 Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais	11
1.4 Principais Tipos de Ensaios	13
2 OBJETIVO	16
3 EXPERIMENTAL	17
3.1 Origem dos Materiais	17
3.2 Metodologia	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 Análise Química	25
4.2 Índices Físicos	26
4.3 Compressão uniaxial	26
4.4 Congelamento e Degelo Conjugado à Compressão Uniaxial	27
4.5 Ataque Químico	28
4.6 Flexão a 4 pontos	32
4.7 Exposição à Umidade	32
4.8 Exposição à Névoa Salina	34
4.9 Exposição ao SO ₂	36
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

RESUMO

O padrão cromático é o principal atributo considerado para qualificações de um rocha na sua utilização como material para revestimento, mas outro parâmetro igualmente importante é a alterabilidade. O tipo litológico, a presença de fraturas e o clima podem ser considerados os fatores que mais influenciam a taxa de intemperismo físico e químico (alterabilidade) em rochas para revestimento. Por isso o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas usadas como pedras de revestimento são fatores técnicos que influenciam na formação de preço de mercado, além da estética e beleza do material. Sendo assim, todo o material empregado como rocha ornamental, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Tais características são índices determinados em laboratórios através de ensaios específicos que orientam o uso principal da rocha. O presente trabalho apresenta os resultados de ensaios de caracterização tecnológica, realizados em seis tipos litológicos, conhecidos comercialmente como Branco Caravelas, Branco Itaúnas, Branco Hymalaia, São Francisco, Verde Esmeralda e Mont Blanc e utilizados como material de revestimento.

Palavras-chave

Rochas Ornamentais, Caracterização Tecnológica, Alterabilidade de rochas.

ABSTRACT

The chromatic pattern is the main attribute which is considered in order to qualify a rock when it is used as a cover-up, however another important one is the alterability. The litological type, the presence of breaks and the weather may be considered what causes the higher influence in the physical and chemical interperism rate (alterability) in rocks used as a cover-up. That is why the previous knowledge about the physical and mechanical characteristics and also about the chemical-mineralogical ones of rocks used as a cover-up are economical factors, which influence not only the market prices, but also the aesthetic and beauty of the products. So, all the material used to ornamental rocks must present some of these technical characteristics which allow its application. Such characteristics are determined in labs by means of specific experimental procedures which will guide the principal utility of the rocks. The present study shows the results of experiments of technological characterization, which were done in six litological types, which are known in the market by the names of: "Branco Caravelas", "Branco Itaúnas", "Branco Hymalaia", "São Francisco", "Verde Esmeralda" and "Mont Blanc" and which are used as material for cover-ups.

Keywords

Ornamental Rocks, Technological Characterization, Alterability of Rocks.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 | Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento, lustro etc. Seus principais campos de aplicação incluem tanto peças isoladas, como esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral, quanto edificações, destacando-se, nesse caso, os revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas, soleiras etc (Chiodi Filho, 1995).

As duas grandes categorias comerciais de rochas ornamentais e de revestimento são os “granitos”, que comercialmente englobam rochas siliciclásticas (ígneas ácidas e intermediárias plutônicas/vulcânicas, charnokitos, gnaisses e migmatitos) e o “mármore”, comercialmente entendido como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar, como metamórfica, passível de polimento. Também são consideradas rochas ornamentais e de revestimento os travertinos, ardósias, quartzitos, conglomerados e outros (Frasca, 2001).

Os mármore e granitos vêm sendo usados há mais de 2000 anos como material de cantaria. Na década de 70 notou-se um crescimento acentuado na produção de mármore e granitos no Brasil. Atualmente sua aplicação é bastante diversificada, exigindo, assim, um conhecimento de suas características tecnológicas, a fim de que eles suportem as solicitações a que forem expostos. Essas características, quando bem conhecidas, auxiliam no emprego adequado destes materiais na construção civil, bem como na sua extração e beneficiamento.

O padrão cromático é o principal atributo considerado para qualificação de uma rocha. Em função das características cromáticas os materiais são enquadrados como clássicos, comuns ou excepcionais. Os materiais clássicos não sofrem influência de modismos, incluindo mármore vermelhos, brancos, amarelos e negros, bem como granitos negros e vermelhos. Os materiais comuns, de largo uso em obras de revestimentos, incluem mármore bege e acinzentados, além de granitos acinzentados, rosados e amarronzados. Os materiais excepcionais são normalmente utilizados para peças isoladas e pequenos revestimentos, abrangendo mármore azuis, violetas e verdes, além de granitos azuis, amarelo, multicores e brancos (CETEM / Abirochas, 2001).

Outro parâmetro igualmente importante para a qualificação da rocha na sua utilização como material para revestimento é a alterabilidade, pois rochas aplicadas em revestimentos, principalmente externos, podem sofrer alteração de cor, apresentar manchas ou deslocamentos.

Há muito tempo desenvolveu-se a correlação qualitativa entre as feições macroscópicas das rochas com algumas de suas características tecnológicas (Artur et al., 2002). A constatação de que granitos amarelados são mais frágeis e porosos e que cristais de magnetita e pirita em ardósias levam ao desenvolvimento de manchas ferruginosas são alguns desses exemplos. Por isso, o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas usadas como pedras de revestimento são fatores tecnológicos que influenciam na formação de preço de mercado, além da estética e beleza do material.

Conhecendo-se as condições ambientais às quais os revestimentos estarão sujeitos e efetuando-se uma análise das características dos materiais disponíveis, pode-se reunir valiosos

subsídios para seleção daqueles que melhor se adequem aos requisitos do projeto pretendido.

1.2 | Deterioração de Rochas

A degradação de rochas, ao serem utilizadas na construção civil, ocorre por meio de mudanças nas propriedades desses materiais, em contato com o ambiente natural, no decorrer do tempo (Viles, 1997) e é mais pronunciada em centros urbanos e industriais, pois o ambiente urbano acelera e modifica os processos de alteração desses materiais, ou seja, altera e acelera os processos naturais (Frasca, 2003).

O tipo litológico (mineralogia, alteração, textura e estrutura), a presença de fraturas e/ou fissuras (porosidade) e o clima (temperatura e intensidade das chuvas, entre outros) podem ser considerados os fatores que mais influenciam a taxa de intemperismo físico e químico em rochas para revestimento (Frasca, 2003).

1.3 | Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais

A caracterização tecnológica das rochas para fins ornamentais pode ser determinada através da execução de ensaios onde são conhecidas suas peculiaridades (Vidal et al., 1999).

Para que se possa classificar um determinado tipo de rocha como ornamental deve-se considerar suas características físicas, químicas e mecânicas, além da forma e dimensão dos blocos que podem ser extraídos.

Dessa forma, todo o material empregado no setor da construção civil como rocha ornamental, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Tais característi-

cas são índices determinados em laboratórios através de ensaios específicos que orientam o uso principal da rocha.

A fim de minimizar os problemas resultantes do pouco conhecimento do comportamento das rochas utilizadas para fins ornamentais, esses ensaios de caracterização vêm sendo desenvolvidos, através de procedimentos padronizados por órgãos reguladores (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Principais normas técnicas para elaboração de procedimentos de ensaio

Ensaio	ASTM	ABNT	AENOR
Análise Petrográfica	C-295	12768	Nd
Ataque Químico	Nd	13818	Nd
Índices Físicos	C-97	12766	22.182
Resistência à Flexão	C-99 / C-880	12763	22.186
Resistência à Compressão	D-2938 / C-170	12767	22.185
Coefficiente de Dilatação Térmica Linear	E-228	12765	Nd
Congelamento e Degelo conjugado à compressão	Nd	12769	Nd
Desgaste Amsler	C-241	6481	23.183
Microdureza Knoop	nd	nd	22.188

Fonte: modificado de Vidal *et al.*, 1999.

ASTM – Americana; ABNT – Brasileira; AENOR – Espanhola; nd – não disponível

1.4 | Principais tipos de ensaios

1.4.1 | Índices físicos

Segundo Rajab (1998), os índices físicos da rocha são as propriedades de massa específica aparente seca e saturada (ou densidade), porosidade aparente e absorção de água. A porosidade representa o volume total de vazios em porcentagem e a absorção de água indica uma relação percentual entre os pesos da amostra e da água contida nela. Para um mesmo tipo de rocha, quanto maior a massa específica aparente, menores serão a porosidade e a absorção de água, sendo a relação contrária também verdadeira. Existe também uma relação inversa entre porosidade e resistência mecânica.

1.4.2 | Compressão Uniaxial

O ensaio de compressão uniaxial visa determinar qual a tensão máxima que uma rocha suporta, sem romper, quando submetida à esforços compressivos e é aplicável em rochas sobre as quais atuarão esforços verticais (Vidal, 1999).

A tensão máxima pode variar de acordo com as características da rocha, como: composição mineralógica, textura, grau de alteração, granulometria e porosidade. Assim, a resistência na direção perpendicular à estrutura é, em geral, maior que na direção paralela e, sensivelmente maior que na direção inclinada.

1.4.3 | Congelamento e Degelo Associado à Compressão Uniaxial

Quando as rochas se destinam à exportação, principalmente para países do Hemisfério Norte, é conveniente conhecer seu comportamento ante o processo de congelamento e degelo (Frasca, 2001). O congelamento da água retida nos poros, va-

zios e fissuras das rochas desencadeia tensões que produzem o seu enfraquecimento progressivo, resultando em diminuição da sua resistência, ou até mesmo numa completa degradação dos seus constituintes minerais.

Para averiguação da possível diminuição da resistência, realiza-se o ensaio de compressão uniaxial em corpos de prova da amostra desejada in natura e novamente com corpos de prova que passaram pelo processo de congelamento de degelo, calculando-se, assim, a diferença ou perda de resistência.

1.4.4 | Ataque Químico

Consiste no ataque da rocha por diversos reagentes químicos, que representam substâncias comuns utilizadas no ambiente doméstico ou de trabalho. Dentre estes reagentes, os mais utilizados são Cloreto de Amônio, Hipoclorito de Sódio, Ácido Cítrico, Ácido Clorídrico, Hidróxido de Potássio (Frască, 2001), cada um com um tempo diferente de reação, especificado normativamente.

É realizado, principalmente, em amostras comercializadas para utilização em pias e bancadas e pode causar, além de perda de brilho, alterações de cor e mineralógicas, bem como perda de massa.

1.4.5 | Flexão a 4 Pontos

Este ensaio tem como objetivo determinar a tensão máxima necessária para romper uma rocha submetida a esforços conjuntos de compressão e tração (Vidal, 1999) e, por isso, é um dos ensaios mais importantes e necessários para revestimentos externos de fachadas com rochas ornamentais.

É utilizado principalmente em granitos, que são rochas duras e pouco flexíveis, se rompendo rapidamente e sem sinais prévios, quando atingida sua carga máxima. As rochas de granulação

mais grossa são, no geral, menos flexíveis que as rochas de granulação mais fina.

1.4.6 | Exposição à Umidade

Este ensaio tem como objetivo reproduzir a ação da umidade em corpos de prova de rochas, com a finalidade de observar seu grau de alterabilidade.

Realizado principalmente em rochas utilizadas em ambientes externos em regiões muito chuvosas, pois algumas rochas, quando expostas às intempéries, sofrem alteração de cor e apresentam manchas e deslocamentos.

1.4.7 | Exposição à Névoa Salina

O objetivo deste ensaio é simular, em câmara climática que libera sprays de solução de Cloreto de Sódio, reproduzindo os efeitos causados pela maresia. A salinidade é capaz de gerar alterações num corpo de rocha, inclusive a nível mineralógico, podendo ocasionar, dentre outros problemas, perda de massa (Frasca, 2001).

Este ensaio é realizado em placas de rocha que serão utilizadas no revestimento, piso, bancadas etc, em interiores ou exteriores, nos locais próximos à praia e, portanto, suscetíveis à ação da maresia.

1.4.8 | Exposição ao SO₂

O objetivo deste ensaio é verificar a alterabilidade das rochas ornamentais após o contato com vapores de SO₂ em atmosfera úmida, através da simulação, em câmara climática, do efeito das chuvas ácidas resultantes da contaminação atmosférica.

2 | OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a caracterização tecnológica e de alterabilidade de seis tipos litológicos, comercialmente conhecidos como Branco Caravelas, Branco Itaúnas, Branco Hymalaia, São Francisco, Verde Esmeralda e Mont Blanc.

3 | EXPERIMENTAL

3.1 | Origem dos Materiais

Para realização dos ensaios foram utilizados corpos de prova de diferentes formas e dimensões, adequados a seus respectivos ensaios, de amostras das rochas: Branco Caravelas, Branco Itaúnas, Branco Hymalaia, São Francisco, Verde Esmeralda e Mont Blanc, fornecidas por uma serraria situada em Cachoeiro de Itapemirim, ES.

3.2 | Metodologia

3.2.1 | Análise Química

A análise química foi realizada pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM) do Cetem e foi obtida por meio de varredura semi-quantitativa em fluorescência de raios-X (FRX) modelo S-4 Explorer da Bruker-axs do Brasil, equipada com tubo de Ródio.

Foram preparadas pastilhas fundidas das amostras utilizando tetraborato de lítio como fundente na proporção de 1:6 (amostra/fundente). A fusão foi feita em mufla a 1100°C.

3.2.2 | Índices físicos

Para este ensaio foram seguidos os procedimentos contidos nas normas técnicas EN 1936 (CEN, 1999) e NBR 12766 (ABNT, 1992).

Utilizou-se 10 corpos de prova cúbicos de cada uma das amostras, nas dimensões 5 x 5 x 5cm. Os corpos foram lavados com

água destilada, secos em estufa a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24h e, posteriormente, determinados seus pesos seco (“A”).

A seguir, os corpos de prova foram imersos em água por 24 horas, a temperatura ambiente. Retirou-se os corpos de prova da água, bem como o excesso de água com um pano absorvente e os mesmos foram pesados, para determinação do peso saturado (“B”).

Para a determinação do peso submerso (“C”) realizou-se a pesagem dos corpos de prova submersos em água com auxílio de balança hidrostática.

Após a obtenção dos pesos seco, saturado e submerso, calculou-se as propriedades de massa específica seca e saturada das amostras, absorção de água e porosidade, através das seguintes equações (1) a (4):

- massa específica seca $\rho_{\text{sec}} = \frac{A}{(B - C)}_{(\text{kg}/\text{m}^3)} \quad (1)$

- massa específica saturada $\rho_{\text{sat}} = \frac{B}{(B - C)}_{(\text{kg}/\text{m}^3)} \quad (2)$

- porosidade $\eta = \frac{(B - A)}{(B - C)} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$

- absorção de água $\alpha = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (\%) \quad (4)$

3.2.3 | Compressão Uniaxial

Este ensaio segue os procedimentos previstos na norma NBR 12767 (ABNT, 1992).

Seis cubos (7,5 x 7,5 x 7,5 cm) de cada rocha foram submetidos à ação da compressão, sob uma taxa de 200kN/min, em prensa Modelo HD 200T da marca Contenco (Figura 3.1) na condição seca. Ao final, foi calculada a média dos valores obtidos entre os corpos-de-prova a fim de se obter a média da resistência à compressão em MPa ao natural para cada uma das amostras.



Figura 3.1. Prensa

3.2.4 | Congelamento e Degelo Associado à Compressão Uniaxial

Este ensaio segue os procedimentos previstos na norma NBR 12769 (ABNT, 1992).

Para verificação do efeito da temperatura nas rochas, corpos de prova equivalentes aos submetidos à compressão, foram

saturados e submetidos ao processo de congelamento e degelo, em câmara apropriada (Figura 3.2).

Esta câmara realiza ensaios cíclicos, mantendo a temperatura de -15°C por 5 horas. Posteriormente, os corpos são retirados da câmara e mantidos em temperatura ambiente por 24h. Foram realizados 25 ciclos desse processo.

Após essa etapa, os corpos de prova foram submetidos à ação da compressão uniaxial, dessa forma, pôde-se avaliar o comportamento da resistência à compressão das rochas antes e após a variação da temperatura.



Figura 3.2. Câmara de congelamento

3.2.5 | Ataque Químico

A resistência ao ataque químico foi determinada através dos procedimentos contidos no anexo “H” da norma NBR 13818 (ABNT, 1997) em placas de rochas polidas, medindo $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 2\text{cm}$, nas quais foram feitas leituras iniciais de brilho, antes do ataque, e leituras finais, após o ataque. As medidas de brilho foram obtidas com micro-TRI-gloss, da BYK Gardner.

O ataque foi feito com os seguintes reagentes químicos: cloreto de amônio (100 g/L), solução de hipoclorito de sódio (20 mg/L), ácido clorídrico (3%), ácido cítrico (100 g/L) e solução de hidróxido de potássio (30 g/L).

O poder agressivo das soluções utilizadas, de acordo com a norma para este ensaio, foi analisado com relação à perda de brilho e alterações cromáticas que venham a ocorrer nas superfícies polidas.

3.2.6 | Flexão a 4 Pontos

Os procedimentos para este ensaio são baseados nos propostos pela norma C 880 (ASTM, 1989).

Três corpos de prova de dimensões 30 x 10 x 3cm de cada uma das amostras, na condição seca, foram acomodados, um a um, no equipamento que os tensiona a uma taxa de 535N/min (Figura 3.3).

O equipamento é acoplado a um computador, que lê os dados obtidos e gera resultados de tensão de ruptura de cada um dos corpos-de-prova.

Ao final, foi feita a média dos resultados obtidos, chegando a um valor único representativo de cada amostra.

3.2.7 | Exposição à Umidade

Para tal ensaio, foram seguidos os procedimentos propostos na norma NBR 8095 (ABNT, 1983) onde utilizam-se cubos com dimensões de 5 x 5 x 5cm.



Figura 3.3. Cutelo e amostra para o ensaio de flexão a 4 pontos

Inicialmente, mediu-se o peso inicial das amostras (após terem sido secas em estufa por 24h à 70°C) e depois, pendurou-se os corpos de prova nos suportes da câmara de exposição à umidade (Figura 3.4).

Iniciou-se o ensaio e ao fim dos 10 ciclos de 24h, estipulados pela norma vigente, retirou-se os corpos de prova e mediu-se os pesos finais, aplicando o mesmo procedimento de secagem feito anteriormente. Observou-se possíveis alterações superficiais.



Figura 3.4. Câmara climática para o ensaio de umidade saturada

3.2.8 | Exposição à Névoa Salina

Os procedimentos para realização deste ensaio foram regidos pelas normas EN 14147 (CEN, 2001), NBR 8094 (ABNT, 1983) e EN 12370 (CEN, 1999).

Utilizou-se 6 corpos de prova cúbicos com dimensões 5 x 5 x 5cm, de cada uma das amostras. Os mesmos foram pesados após terem sido secos em estufa por 24h a 70°C.

As amostras foram colocadas na câmara de exposição à névoa salina (Figura 3.5), onde realizou-se 30 ciclos de 18h, sendo 12h de condensação e 6h de névoa, totalizando 540h.

Ao fim do processo, os corpos de prova foram retirados do equipamento e “desalgados”, deixando-os submersos em água destilada, renovando a água, de forma a ser retirado todo o sal, conferindo de tempos em tempos a condutividade da água, que, quando totalmente isenta de sal, deve ser nula.

Pesou-se os corpos de prova, após o processo habitual de secagem, obtendo o peso final. Calculou-se, em seguida, a perda de massa em porcentagem.



Figura 3.5. Câmara de exposição à névoa salina

3.2.9 | Exposição ao SO₂

Para realização deste ensaio foram seguidos procedimentos baseados nos propostos pelas normas NBR 8096 (ABNT, 1983) e EN 13919 (CEN, 2002).

A resistência ao ataque de SO₂ foi determinada em placas de rochas polidas, medindo 10 x 10 x 2,5cm, nas quais foram feitas leituras iniciais de brilho e peso, antes do ataque de SO₂. As medidas de brilho foram obtidas com micro-TRI-gloss, da BYK Gardner. As placas de rochas foram submetidas à câmara de ensaio (Figura 3.6), onde sofreram ataque de SO₂, em presença de umidade, durante 8h a 40°C.

Após esse período as placas ficaram expostas à temperatura ambiente por 16h, completando 1 ciclo de ensaio. Foram realizados 30 ciclos e, ao final, foram medidos o brilho e o peso finais de cada placa e calculadas as perdas.



Figura 3.6. Câmara de Exposição ao SO₂

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 | Análise Química

A Tabela 4.1 apresenta a composição química das amostras em estudo. Pôde-se verificar o alto teor de sílica em todas as amostras, característico de rochas silicáticas. Destaca-se a amostra denominada de Mont Blanc, que apresentou o maior teor deste elemento (96,46%), caracterizando-o como um quartzito e justificando a maior resistência à compressão deste tipo litológico.

Tabela 4.1. Análise Química das amostras em estudo

Comp (%)	SF	HLA	MB	VE	ITA	CARAV
Na ₂ O	4,84	4,75	--	0,16	2,93	4,28
MgO	0,83	--	--	0,64	--	0,08
Al ₂ O ₃	15,5	15,1	2,35	6,79	13,5	14,7
SiO ₂	68,1	73,1	96,46	88,72	71,9	74,4
P ₂ O ₅	0,21	--	--	0,079	0,72	0,26
K ₂ O	1,86	5,09	0,809	1,25	5,52	4,71
CaO	3,54	1,57	0,058	0,15	2,56	0,76
TiO ₂	0,647	--	0,095	0,219	--	0,064
Fe ₂ O ₃	4,45	0,27	0,121	1,574	2,58	0,683
SO ₃	--	--	0,059	0,38	0,07	--
CuO	--	--	0,028	--	--	0,016
BaO	--	--	--	--	0,16	--

4.2 | Índices Físicos

A Tabela 4.2 apresenta os resultados dos índices físicos obtidos para as amostras: Branco Caravelas, Branco Himalaya, Branco Itaúnas, Mont Blanc, São Francisco e Verde Esmeralda, respectivamente.

Tabela 4.2. Índices físicos das rochas em estudo

Rochas	Massa específica seca (kg/m ³)	Massa específica saturada (kg/m ³)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)
B. Caravelas	2630	2640	0,82	0,31
B. Hymalaia	2620	2630	0,86	0,33
B. Itaúnas	2600	2620	1,91	0,75
Mont Blanc	2650	2650	0,32	0,12
V. S. Francisco	2690	2690	0,40	0,15
Verde Esmeralda	2630	2650	2,12	0,89

4.3 | Compressão Uniaxial

Na Tabela 4.3 pode-se verificar os resultados de compressão dos granitos em estudo na sua forma seca, sem os efeitos da variação da temperatura.

Segundo a norma ASTM C 615, os granitos, geralmente, devem apresentar valores de resistência à compressão superiores a 131 MPa. Dessa forma, verifica-se que os granitos Mont Blanc, São Francisco e Branco Himalaia apresentam-se enquadrados às normas estabelecidas. Já os demais granitos encontram-se com valores inferiores ao considerado como apropriado para uso como revestimento.

Tabela 4.3. Valores de Resistência à Compressão (MPa) das amostras em estudo

Amostras	Resistência à Compressão (MPa)	Desvio Padrão
Verde Esmeralda	104,89	0,10
Mont Blanc	178,61	0,23
São Francisco	142,24	0,67
Branco Caravelas	125,10	1,4
Branco Himalaia	163,07	3,21
Branco Itaúnas	112,68	0,56

4.4 | Congelamento e Degelo conjugado à Compressão Uniaxial

Na Tabela 4.4 pode-se verificar os resultados de compressão dos granitos após sofrerem variação brusca de temperatura (-15°C e 40°C). Comparando-se tais resultados com os apresentados na Tabela 4.3, verifica-se que as amostras Verde Esmeralda e Branco Itaúnas foram as únicas que apresentaram uma redução considerável na resistência à compressão após a variação de temperatura.

Em relação às demais, observa-se um aumento na resistência à compressão, indicando a pouca influência da variação brusca de temperatura na resistência dos mesmos.

Tabela 4.4. Valores de Resistência à Compressão (MPa) das amostras em estudo

Amostras	Resistência à Compressão (MPa)	Desvio Padrão
Verde Esmeralda	65,50	1,23
Mont Blanc	190,53	4,32
São Francisco	159,30	3,22
Branco Caravelas	132,75	3,16
Branco Himalaia	170,85	0,98
Branco Itaúnas	84,05	1,29

4.5 | Ataque Químico

Os granitos analisados e submetidos ao ataque com reagentes químicos revelam que a perda de brilho inicial variou principalmente em função das heterogeneidades petrológicas exibidas em sua superfície polida, tais como variações texturais (granulação grossa, fina), variações composicionais e índice de microfissuramento.

A Tabela 4.5 apresenta o percentual de perda de brilho das amostras em estudo. O exame visual, conforme observado na Figura 4.1 e as medidas de brilho realizadas em cada placa polida ensaiada permitem constatar que:

- A amostra Branco Itaúnas sofreu alterações cromáticas e de brilho pelo ataque químico. Foi observado um escurecimento na área atacada por hidróxido de potássio. O ataque com ácido clorídrico, cloreto de amônio e ácido cítrico causou mudança de tonalidade para amarelado. A redução de brilho foi observada com

o uso de todos os reagentes e as perdas variaram na faixa de 5,26% a 9,30%.

- A amostra Branco Himalaya é uma das que sofre menor perda de brilho e alteração cromática. No entanto, foi observado um escurecimento nas áreas atacadas por hidróxido de potássio e cloreto de amônio, sendo verificado com este último a maior perda de brilho. O ataque com ácido clorídrico resultou no branqueamento da superfície, enquanto com o ácido cítrico e hipoclorito de sódio não foram observadas, visualmente, alterações cromáticas e de brilho.
- A amostra Branco Caravelas apresentou os maiores valores de perda de brilho, variando entre 21,94% e 32,99%. Contudo, as alterações cromáticas foram similares ao Branco Himalaya.
- A amostra São Francisco apresentou alteração cromática apenas na presença do ácido clorídrico, no entanto este reagente se mostrou bastante eficaz provocando corrosão mineral na superfície exposta da placa que adquire um aspecto esbranquiçado.
- A amostra Verde Esmeralda não apresentou visualmente nenhuma alteração cromática, sendo também a rocha que apresentou os menores valores de perda de brilho e, conseqüentemente, a melhor resistência ao ataque químico dentre o grupo de rochas ensaiadas.
- A amostra Mont Blanc apresentou escurecimento na presença de hidróxido de potássio, não sendo visível nenhuma alteração cromática com os demais reagentes. As perdas de brilho maiores ocorreram no ataque com cloreto de amônio, ácido cítrico e hipoclorito de sódio.

Tabela 4.5. Percentual de perda de brilho nas amostras ensaiadas

Reagente químico	Branco Itaúnas	Branco Himalaya	Branco Caravelas	São Francisco	Verde Esmeralda	Mont Blanc
KOH (100g/L)	6,93	1,04	32,99	15,20	13,3	3,30
HCl (3%)	5,26	7,13	21,94	11,84	3,2	1,75
NH ₄ Cl (100g/L)	8,66	17,01	24,10	9,57	3,8	22,65
C ₆ H ₈ O ₇ (100mg/L)	8,84	0	28,51	14,72	0,3	10,71
NaClO (20mg/L)	9,30	0	21,94	21,9	1,4	19,64





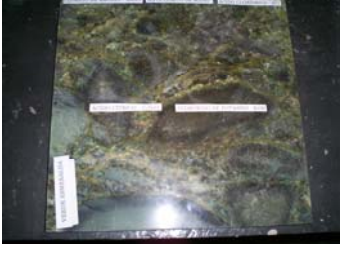

	
<p>Branco Itaúnas</p>	<p>Branco Himalaia</p>
	
<p>Branco Caravelas</p>	<p>São Francisco</p>
	
<p>Verde Esmeralda</p>	<p><i>Mont Blanc</i></p>

Figura 4.1. Aspecto das amostras estudadas após o ataque químico

4.6 | Flexão a 4 pontos

Como pode-se observar nos resultados apresentados abaixo (Tabela 4.6), as amostras Verde Esmeralda e São Francisco apresentaram os piores resultados de resistência à flexão, quando comparadas às demais, porém, todas as amostras apresentaram valores de resistência à flexão dentro do que se considera, normativamente, como satisfatório para aplicação como rocha de revestimento.

Tabela 4.6. Resultados de resistência à flexão

Amostras	Força (kN)	Tensão (MPa)
Branco Caravelas	4,71	24,29
Branco Itaúnas	3,68	19,31
Branco Himalaya	4,61	24,20
São Francisco	2,06	11,15
Verde Esmeralda	2,21	11,59
Mont Blanc	5,26	27,63

4.7 | Exposição à Umidade

Pôde-se perceber (Tabelas 4.7 a 4.10) que os corpos de prova das amostras dos diferentes litotipos apresentaram perda de massa insignificante e, portanto, foram pouco afetados pelo ensaio de exposição à umidade.

Tabela 4.7. Resultados do ensaio de Umidade para a amostra Branco Himalaya

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (%)
BH3	513	512,65	0,35
BH4	517,2	516,83	0,37
BH5	515,7	515,36	0,34
BH6	517,5	517,27	0,23
Média: 0,063			

Tabela 4.8. Resultados do ensaio de Umidade para a amostra Branco Itaúnas

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (%)
BI1	513,6	513,35	0,25
BI2	529,4	529,22	0,18
BI3	513	512,87	0,13
BI4	534,8	534,48	0,32
BI5	520,4	520,15	0,25
BI6	514,8	514,61	0,19
Média: 0,042			

Tabela 4.9. Resultados do ensaio de Umidade para a amostra São Francisco

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (%)
SF1	500,8	500,57	0,23
SF2	492,2	492,11	0,09
SF3	483,5	483,24	0,26
SF4	506,4	506,18	0,22
SF5	486,1	485,81	0,29
SF6	479,6	479,21	0,39
Média: 0,050			

Tabela 4.10. Resultados do ensaio de Umidade para a amostra *Mont Blanc*

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (%)
MB1	498,9	498,64	0,26
MB2	509,4	509,26	0,14
MB3	497,8	497,49	0,31
MB4	528,8	528,64	0,16
MB5	500,4	500,23	0,17
MB6	526	525,77	0,23
Média: 0,042			

4.8 | Exposição à Névoa Salina

Ao observar os resultados obtidos no ensaio de exposição à névoa salina nas amostras (Tabelas 4.11 a 4.16), pôde-se notar que os corpos de prova das amostras Mont Blanc e Verde Esmeralda apresentaram as maiores perdas de massa com relação as demais, mas, ainda assim, não caracterizando perda significativa, uma vez que os valores não representam 0,1% da massa total da amostra.

Tabela 4.11. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do Branco Itaúnas

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
BI1	299,5	299,4	0,1
BI2	316,7	316,5	0,2
BI3	311,9	311,8	0,1
BI4	314,9	314,7	0,2
BI5	330,5	330,3	0,2
BI6	339,9	339,8	0,1
Média: 0,15			

Tabela 4.12. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do Branco Himalaya

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
BH1	377,8	377,6	0,2
BH2	377,3	377,2	0,1
BH3	364,8	364,7	0,1
BH4	361,8	361,7	0,1
BH5	366,9	366,6	0,3
BH6	363,3	363,1	0,2

Média: 0,17

Tabela 4.13. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do Branco Caravelas

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
BC1	336,4	336,3	0,1
BC2	334,8	334,7	0,1
BC3	334	333,9	0,1
BC4	327	326,7	0,3
BC5	342,6	342,4	0,2
BC6	336,4	336,2	0,2

Média: 0,17

Tabela 4.14. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do São Francisco

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
SF1	355,7	355,5	0,2
SF2	359,3	359,1	0,2
SF3	359,7	359,6	0,1
SF4	357,6	357,4	0,2
SF5	357,2	357,1	0,1
SF6	359,2	359	0,2

Média: 0,17

Tabela 4.15. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do Verde Esmeralda

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
VE1	331,7	331,4	0,3
VE2	339,7	339,3	0,4
VE3	340,2	339,9	0,3
VE4	328,4	328	0,4
VE5	341,4	341,1	0,3
VE6	341,5	341,4	0,1
Média: 0,3			

Tabela 4.16. Resultados do ensaio de exposição à névoa salina do *Mont Blanc*

CP	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Perda de Massa (g)
MB1	333,9	333,7	0,2
MB2	358,9	358,7	0,2
MB3	387,9	387,5	0,4
MB4	358,2	357,8	0,4
MB5	354,2	353,9	0,3
MB6	358,1	357,8	0,3
Média: 0,3			

4.9 | Exposição ao SO₂

Em relação aos resultados do ataque de SO₂ pode-se observar na Tabela 4.17 os valores percentuais da perda de brilho para cada amostra estudada. Verifica-se uma pequena perda de brilho para a amostra Verde Esmeralda, chegando-se a um valor em torno de 0,5%. Para as demais amostras a perda de brilho está entre 3 e 4,5%, com exceção da amostra Branco Itaúnas, que apresentou a perda de brilho mais significativa, chegando-se a valores em torno de 10%.

Em relação a perda de massa, pode-se verificar na Tabela 4.18 que as amostras sofreram uma baixa perda percentual de massa. Dentro desses valores, observa-se que as amostras Branco Itaúnas e Himalaya sofreram as maiores perdas de massa, chegando-se a valores em torno de 0,1%. Já a amostra Mont Blanc apresentou a menor perda de massa.

Tabela 4.17. Variação do brilho das rochas após ataque com SO₂

Amostra	Brilho inicial	Brilho após ao ataque	Perda de Brilho (%)
Verde Esmeralda	82,5	82,1	0,5
Mont Blanc	88,8	85,5	3,7
São Francisco	83,9	79,9	4,7
Branco Caravelas	87,5	84,6	3,3
Branco Himalaia	85,0	81,4	4,2
Branco Itaúnas	64,1	57,8	9,8

Tabela 4.18. Variação de massa das rochas após ataque com SO₂

Amostra	Massa inicial	Massa após ao ataque	Perda de Massa (%)
Verde Esmeralda	1091,9	1091,44	0,042
Mont Blanc	515,3	515,17	0,025
São Francisco	519,2	518,88	0,062
Branco Caravelas	1209,9	1208,82	0,089
Branco Himalaia	502	501,48	0,104
Branco Itaúnas	515,7	515,01	0,134

5 | CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as amostras estudadas apresentam comportamento físico e mecânico diferenciado, devido às suas variações mineralógicas, químicas e estruturais.

No caso da amostra Mont Blanc, verificou-se teor de sílica elevado e baixa porosidade, oriunda de intensa recristalização, o que implicou em alta resistência à compressão uniaxial. Seu brilho variou pouco na presença de reagentes químicos, bem como sua cor. O escurecimento da amostras só foi evidente na presença de hidróxido de potássio.

A amostra Verde Esmeralda também possui alto teor de sílica mas sua textura é muito heterogênea, o que fez com que sua resistência à compressão uniaxial apresentasse valores baixos. Em contrapartida foi a que melhor se comportou ao ataque químico, não apresentando variações cromáticas e com os menores percentuais de perda de brilho, mostrando-se adequada para uso em bancadas e pias.

A amostra Branco Itaúnas apresenta teor elevado de álcalis, que, associado ao teor de sílica presente, indica a existência de quantidade significativa de feldspato, que possui resistência muito inferior ao quartzo e está presente em grande quantidade na maioria das amostras. A abundância deste mineral justifica a baixa resistência à compressão uniaxial apresentada pela amostra, que também apresentou péssimo desempenho com relação ao ataque químico, apresentando elevado percentual de perda de brilho e amarelamento evidente quando em contato com a maioria dos reagentes.

A amostra São Francisco apresenta valores de resistência a compressão uniaxial dentro dos padrões para uso como revestimento e que não se altera após os ciclos de congelamento e degelo. Possui bom desempenho com relação ao ataque químico, sendo corroído somente por um dos reagentes utilizados.

Com relação à ação do congelamento e degelo nas amostras estudadas, verificou-se que, somente as amostras Verde Esmeralda e Branco Itaúnas apresentaram uma redução considerável na resistência à compressão após a variação de temperatura, implicando que estas não seriam indicadas para o uso como material de revestimento em países que se submetem a períodos de gelo, podendo apresentar, dentre outros complicadores, o aparecimento de trincas e rachaduras.

Conclui-se, por fim, que as amostras contempladas neste estudo, apresentam propriedades físicas, químicas e texturais, que concedem à elas características únicas.

Tais características foram refletidas nos ensaios de caracterização tecnológica, mostrando resultados dos mais distintos, a partir dos quais é possível afirmar que, mesmo considerando a grande variação dos valores obtidos, as amostras são, segundo as normas vigentes, adequadas para o uso como material de revestimento.

6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1983. NBR 8094. Material metálico revestido e não revestido. Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1983. NBR 8095. Material metálico revestido e não revestido. Corrosão por exposição à atmosfera saturada. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1983. NBR 8096. Material metálico revestido e não revestido. Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992. NBR 12042. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992a. NBR 12766. Rochas para revestimento: determinação da massa específica aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992b. NBR 12767. Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992. NBR 12769. Rochas para revestimento: ensaio de congelamento e degelo conjugado à verificação de resistência à compressão. Rio de Janeiro.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1997. NBR 13818, anexo H. Determinação de resistência ao ataque químico. Rio de Janeiro.
- Artur, Antônio Carlos; Meyer, Ana Paula; Wernick, Eberhard. 2002. Características Tecnológicas de Granitos Ornamentais: A influência da Mineralogia, Textura e Estrutura da Rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. IN: I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. Salvador. CETEM / MCT. p.13 – 19.

- ASTM – American Society for testing and materials. 1989. C 880. Standard test method for flexural strength of dimension stone. Philadelphia.
- ASTM – American Society for testing and materials. 1999. C 615. Standard specification for granite dimension stone. Philadelphia.
- CEN – European committee for standardization. 1999. EN 1936. Natural stone test method – Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity. London.
- CEN – European committee for standardization. 1999. EN 12370. Natural stone test methods – Determination of resistance to salt crystallisation. London.
- CEN – European committee for standardization. 2001. EN 14147. Natural stone test methods – Determination of resistance to ageing by salt mist. London.
- CEN – European committee for standardization. 2001. EN 14157. Natural stone test methods – Determination of the abrasion resistance. London.
- CEN – European committee for standardization. 2002. EN 13919. Natural stone test methods – Determination of resistance to ageing by SO₂ action in the presence of humidity. London.
- CETEM / Abirochas, 2001. Rochas Ornamentais no Século XXI. 160p.
- Chiodi Filho, CID. 1995. Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM. Série Estudos e Documentos, V.28. 75p.
- Frasca, Maria Heloísa. 2001. Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. Salvador. 2001. CETEM/MCT, Rio de Janeiro: 2002
- Frasca, Maria Heloísa. 2003. Estudos experimentais de alteração acelerada de rochas graníticas para revestimento. Tese de Doutorado. IGC-USP. Orientador: Jorge Yamamoto. São Paulo. 281p.

- Lima, M. A. B. 2006. Estudo do comportamento dos gnaisses casablanca, juparaná delicato e giallo falésia (Ceará-Brasil) em atmosfera salina. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista – UNESP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, São Paulo, 160p.
- Rajab, Adnen. 1998. Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado do Mato Grosso. Cuiabá: Departamento Nacional de Produção Mineral. 78p. il.color.
- Vidal, Francisco Wilson Hollanda; Bessa, Maria de Fátima; Lima, Maria Angélica Batista. 1999. Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas. Rio de Janeiro: CETEM / MCT. Série Tecnologia Mineral. V.74. 30p.
- Viles, H.A. 1997. Urban air pollution and the deterioration of buildings and monuments. In: Brune, D; Chapman, D.V.; Gruynne, M.D.; Pacyna, J.M. The global environment: science, technology and management. Weinheim: Scandinavian Science Publ.; VCH. P. 599-609.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2007, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, cerca de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

- SRMI-09 – **Pegmatitos do Nordeste: Diagnóstico sobre o Aproveitamento Racional e Integrado.** Adão Benvindo da Luz, Fernando A. Freitas Lins, Bernardo Piquet, Mário Jorge Costa e José Mário Coelho, 2003.
- SRMI-08 – **Técnicas Alternativas para a Modificação do Caulim.** Marisa Bezerra Mello Monte, Paulo Renato Perdigão de Paiva e Flávia Elias Trigueiro, 2003.
- SRMI-07 – **Beneficiamento de Diatomita da Bahia.** Sílvia Cristina Alves França e Adão Benvindo da Luz, 2002.
- SRMI-06 – **Aproveitamento de Rejeito de Pedreiras de Santo Antônio de Pádua - RJ.** Salvador Luiz Matos de Almeida e Artur Pinto Chaves, 2002.
- SRMI-05 – **Influência do Equipamento na Flotação por Espumas: Célula Mecânica versus Coluna.** Fernando A. G. Pita, 2002.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3867-7222 - Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233
Telefax: (21) 2260-2837
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.