

74

CETEM

Série Tecnologia Mineral

Avaliação de Rochas Ornamentais do Ceará Através de suas Características Tecnológicas

**Francisco Wilson Hollanda Vidal
Maria de Fátima Bessa
Maria Angélica Batista Lima**

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antonio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: Ronaldo Mota Sardenberg
SECRETÁRIO EXECUTIVO: Carlos Américo Pacheco
SECRETÁRIO DE COORDENAÇÃO DAS UNIDADES DE PESQUISA:
João Evangelista Steiner

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

Presidente: Fernando A. Freitas Lins

Vice-presidente: Juliano Peres Barbosa

Membros Internos: Paulo Sérgio M. Soares

Membros Externos: Antônio Eduardo Clark Peres; Celso Pinto Ferraz e
Achilles J. Bourdot Dutra

DIRETOR: Fernando A. Freitas Lins

DIRETOR ADJUNTO: Juliano Peres Barbosa

DEPTº DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (DTM): Adão Benvindo da Luz

DEPTº DE METALURGIA EXTRATIVA (DME): Ronaldo Luiz C. dos Santos

DEPTº DE QUÍMICA ANALÍTICA E INSTRUMENTAL (DQI): Maria Alice C. de
Góes

DEPTº DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (DES): Carlos César Peiter

DEPTº DE ADMINISTRAÇÃO (DAD): Cosme Regly

Francisco Wilson Hollanda Vidal
Engenheiro de Minas, D.Sc. Engenharia Mineral.
CETEM/NUTECC

Maria de Fátima Bessa
Geóloga, M.Sc. Geociências - NUTECC.

Maria Angélica Batista Lima
Geóloga, M.Sc. Engenharia de Minas – NUTECC

SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Fernando Freitas Lins

Conselheiros Internos

Adão Benvindo da Luz, João Alves Sampaio, Juliano Peres Barbosa,
Luiz Gonzaga Sobral, Paulo Sérgio Moreira Soares, Roberto C. Villas
Bôas, Vicente Paulo de Souza

Conselheiros Externos

Antonio E. Clark Peres (UFMG), Henrique Kahn (USP), João Batista Bruno
(NATRONTEC), José Aury de Aquino (CDTN/CNEN), José Farias de Oliveira
(COPPE/UFRJ), Luiz Alberto Cesar Teixeira (PUC-RJ), Virgínia Sampaio
Ciminelli (UFMG)

A **Série Tecnologia Mineral** publica trabalhos na área minero-metalúrgica. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes dos projetos desenvolvidos no CETEM.

Jackson de Figueiredo Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Indexado no *Chemical Abstracts* e no *IMM Abstracts*.

Vidal, Francisco Wilson Hollanda

Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas/Francisco Wilson Hollanda Vidal, Maria de Fátima Bessa, Maria Angélica Batista Lima. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999.

30p. - (Série Tecnologia Mineral, 74)

1. Rochas Ornamentais-Ceará -. I. Bessa, Maria de Fátima. II. Lima, Maria Angélica Batista. III. Centro de Tecnologia Mineral. IV. Título. V. Série.

ISBN 85-7227-117-1

ISSN 0103-7382

CDD 553.5

APRESENTAÇÃO

O setor de rochas ornamentais no Brasil teve um grande desenvolvimento nesta última década. Com efeito, só a partir de 1991, passou a merecer estatística própria no Sumário Mineral do DNPM, e atualmente ocupa o 2º lugar na pauta de exportação de produtos minerais.

A criação recente da RETEQ-ROCHAS, Rede Nacional de Tecnologia e Qualidade em Rochas Ornamentais, confirma o dinamismo do setor, e indica o seu ainda grande potencial de crescimento.

O presente trabalho sobre rochas ornamentais do Ceará, além de seu interesse regional, é uma contribuição importante à disseminação dos procedimentos de caracterização tecnológica de rochas ornamentais, fundamental para a correta utilização dos vários tipos de rochas, em função de suas características.

Rio de Janeiro, dezembro de 1999.

Fernando A. Freitas Lins
Diretor

SUMÁRIO

RESUMO/ABSTRACT	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.....	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
4. CONCLUSÕES	25
BIBLIOGRAFIA	27

RESUMO

A caracterização tecnológica das rochas usadas como pedra de revestimento deve ser realizada logo na etapa da pesquisa mineral e nessa fase já se deve ter conhecimento do tipo de aplicação a que se destinam.

Devido à importância das propriedades tecnológicas na escolha e uso correto desses materiais é apresentado neste trabalho um estudo das propriedades de maior interesse para sua aplicação: densidade, porosidade, absorção d'água, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão e resistência ao impacto.

O presente trabalho restringe-se às rochas ornamentais, silicáticas, do Estado do Ceará, onde foram estudados cerca de 75 (setenta e cinco) diferentes tipos desses materiais e os resultados obtidos comparados com aqueles estabelecidos pela norma ASTM C 615 e os propostos por FRAZÃO & FARJALLAT (1995).

Palavras-chaves: Rochas ornamentais, caracterização tecnológica, rochas silicatadas

ABSTRACT

The technological characterization of the rocks used as coating stones must be performed at the mineral research stage, and at this stage a previous knowledge of the type of application of the final product is important.

Due to the importance of the technological properties in the choice and correct use of these materials it is presented in this paper a study of the properties of greater importance for the use of dimension stones including: density, porosity, water absorption, uniaxial compressive strength, flexural strength and impact strength.

This study focus mainly the dimension stones of Ceará State which were analysed of about seventy five (75) different types of materials and compare the values obtained which ASTM C615 Standard and the proposed for FRAZÃO & FARJALLAT (1995).

Keywords: dimensional stones, technological characterization, silicatics rocks

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas usadas como pedras de revestimento são fatores econômicos que influenciam na formação de preço de mercado, além da estética e beleza do material.

As rochas ornamentais de um modo geral são divididas comercialmente em dois grandes grupos: “mármore” e “granitos”, e que, por vezes, não são os termos geológicos corretos. Utilizando o termo “mármore” são comercializadas todas as rochas carbonatadas quer sejam de origem sedimentar (calcárias ou dolomitos), quer sejam de origem metafórfica (mármore propriamente dito). Para o termo “granito” representam rochas ígneas e metamórficas, que variam desde granitos propriamente ditos a rochas básicas (dioritos) e ultrabásicas (basaltos, gabros, diabásicos, etc.)

A caracterização tecnológica desses materiais deve ser realizada logo na etapa da pesquisa mineral, e nessa fase já se deve ter conhecimento do tipo de aplicação para o qual os produtos se destinam. Muitos insucessos têm ocorrido com as rochas ornamentais, não só devido à falta de conhecimento das características naturais que o material traz, como também daqueles induzidos pelos métodos de lavras e processos de beneficiamento, bem como aplicação, uso/adequação que podem provocar alterações.

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

Inúmeros investimentos em edificações têm sido prejudicados pela aplicação de rochas ornamentais como revestimento sem o

conhecimento prévio das características intrínsecas que esses materiais possuem.

Dessa forma, verifica-se a importância da questão tecnológica embutida em todas as fases: desde a pesquisa, passando pela lavra e beneficiamento, até a fixação do revestimento, onde não só estão interessados os pesquisadores e produtores de rochas ornamentais, mas também os arquitetos e engenheiros projetistas, que na maioria das vezes não conhecem as características tecnológicas dos materiais com os quais estão trabalhando e, conseqüentemente, sua durabilidade e desempenho ao longo do tempo.

No contexto geológico, o embasamento cristalino do Ceará constitui cerca de 75% da área do estado que oferece condicionamento favorável à ocorrência de rochas ígneas e metamórficas com características ornamentais. Os tipos petrográficos explorados pelas pedreiras variam na composição mineralógica, desde granitos *sensu strictu*, passando por sienitos, gnaisses, charnockitos, dioritos, rochas básicas a ultrabásicas. As rochas calcárias e mármore propriamente ditos ocorrem em quantidade relativamente pequena.

Os materiais existentes no Ceará apresentam grandes variações dos aspectos estéticos (cor, textura e granulometria) e das propriedades tecnológicas, mesmo para um só tipo petrográfico.

Considerando a importância do conhecimento das características tecnológicas para melhor orientação no uso desses produtos, apresenta-se um estudo das propriedades de maior interesse para sua aplicação como material de revestimento e ornamental. Para tanto, foram ensaiados cerca de 75 (setenta e cinco) tipos de rochas silicáticas, cujos resultados foram comparados com aqueles valores limites estabelecidos pela norma ASTM C 615 e aqueles propostos por FRAZÃO & FARJALLAT (1995).

2. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

A caracterização tecnológica das rochas para fins ornamentais pode ser determinada através da execução de ensaios, onde são conhecidas suas peculiaridades. Para que se possa classificar um determinado tipo de rocha como ornamental, deve-se considerar os índices físicos, a resistência físico-mecânica e o grau de polimento, além da forma e dimensão dos blocos que podem ser extraídos, e, principalmente, a viabilidade de aproveitamento na lavra. Dessa forma, todo material empregado no setor da construção, como rocha ornamental, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Tais características são índices determinados em laboratórios através de ensaios específicos que, quando executados, orientam o uso principal da rocha. As propriedades mecânicas são imprescindíveis para o emprego da rocha em geral, incluindo as que influenciam na lavra e na utilização do produto acabado. Assim, a necessidade de se dispor de uma caracterização tecnológica rigorosa das rochas ornamentais é condição indispensável, pois embora tenha surgido no passado, na Itália, desponta hoje como fator preponderante para atender as exigências técnicas ligadas às grandes obras realizadas nos principais mercados de produtos acabados (Estados Unidos, Alemanha, Japão etc.).

A fim de minimizar os problemas resultantes do pouco conhecimento do comportamento das rochas utilizadas para fins ornamentais, ensaios de caracterização tecnológica vêm sendo executados pelos diversos países envolvidos na produção e comercialização desses materiais lapídeos, através de procedimentos padronizados por órgãos normatizadores, entre os quais se destacam: American Society for Testing and Material - ASTM, Deutsches Institut für Normung - DIN, Association Française du Normalisation - AFNOR e Enti Nazionali in Unificazione Normazione di Italia - UNI, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e Asociación Española de Normalización y Certificación-AENOR, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Normas técnicas para caracterização de rochas ornamentais

Ensaio	ASTM	DIN	AFNOR	UNI	ABNT	AENOR
Análise Petrográfica	C-295	n d	B-0301	9724/1	12768	nd
Índices Físicos	C-97	52102 52103	B-10503 B-10504	9724/2	12766	22.182
Resistência à Flexão	C-99 C-880	52112	B-10510	9724/5	12763	22.186
Resistência ao Impacto de Corpo Duro	C-170	nd	nd	nd	12764	22.189
Resistência à Compressão	D-2938 C-170	52105	B-10509	9724/4	12767	22.185
Coefficiente de Dilatação Térmica Linear	E-228	nd	nd	nd	12765	nd
Congelamento e Degelo Conjugado à Compressão	nd	52104	B-10513	nd	12769	nd
Desgaste Amsler	C-241	52108	B-10518	2232	6481	23.183
Módulo de Deformabilidade Estática	D-3148	nd	nd	2234	nd	nd
Micro Dureza Knoop	nd	nd	nd	9724/6	nd	22.188

Fonte: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTECH

Legenda: ASTM - americana, DIN-alemã, AFNOR - francesa, UNI - italiana, ABNT- brasileira, AENOR - espanhola. nd - não disponível

A análise petrográfica é realizada através de exames macroscópico e microscópico, que permitem identificar a natureza ou tipo de rocha, os minerais presentes e suas interrelações, o grau de alteração, o estado microfissural dos cristais, sua granulação e textura, além de outras características que possam influenciar na durabilidade da rocha.

Através desse ensaio é possível se fazer uma reconstituição histórica da rocha, onde se incluem informações que vão desde as condições físico-químicas atuantes na época de sua formação até a identificação de eventos geológicos (tectônicos, hi-

drotermais, metassomáticos, intempéricos) a que foi submetida ao longo de sua existência.

Os índices físicos representam a densidade (ou a massa específica), a porosidade e a absorção d'água. O conhecimento da densidade auxilia na quantificação da massa do material. A porosidade representa percentualmente o volume de vazios contidos na amostra. A absorção d'água indica uma relação percentual entre os pesos da amostra e da água nela contida. Sabe-se que há uma grande interdependência entre os índices físicos, pois um dado tipo petrográfico será mais denso se sua porosidade for menor, e, conseqüentemente, terá sua capacidade de absorção d'água menor.

Esses parâmetros, por sua vez, influenciam de forma diferenciada as propriedades físicas das rochas. Assim, se um determinado tipo petrográfico apresenta densidade elevada, pode-se deduzir que também apresentará alta resistência mecânica. Por outro lado, um elevado índice de porosidade implicará em baixas resistências mecânicas e alta absorção d'água, o que conduz à expectativa de uma baixa durabilidade.

O ensaio de flexão tem como objetivo determinar a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços conjuntos de compressão e tração. Esse é um dos ensaios mais importantes e necessários para revestimentos externos de fachadas com rochas ornamentais, especialmente rochas graníticas. O granito é duro e pouco flexível, e, quando atinge sua capacidade máxima de carga, ele se rompe rapidamente sem aviso. As rochas de origens graníticas com granulações maiores apresentam uma tendência a uma flexão menor do que as rochas de granulação mais fina.

O ensaio de resistência ao impacto de corpo duro possibilita a obtenção de informações relativas ao grau de tenacidade de um material rochoso, e, conseqüentemente, sua capacidade de suportar ações mecânicas instantâneas. Essa propriedade está relacionada com o arranjo dos minerais e a estrutura da rocha. Os valores obtidos a partir desse ensaio são importantes para o

dimensionamento de revestimentos de pisos e de partes baixas de paredes. A medida da tenacidade é normalmente obtida pelo impacto de uma esfera de aço de 1 kg que, em queda quase livre, com altura inicial de 20 cm acrescida sucessivamente de 5cm, seja capaz de romper uma placa de tamanho normalizado.

A resistência à compressão uniaxial visa determinar a capacidade de uma rocha em suportar forças compressivas. Tal medida é representada pela tensão capaz de provocar a ruptura da rocha, sendo importante para cálculos geotécnicos de dimensionamento. As placas de rocha, quando colocadas num revestimento, raramente sofrem solicitações de compressão. Apesar desse ensaio ser solicitado mais freqüentemente para avaliação da resistência dos materiais sobre os quais vão atuar forças verticais, este constitui um índice valioso da qualidade das placas de revestimento. Elevados valores de resistência à compressão implicam de uma maneira geral, em baixa porosidade e alto índice de flexão etc. A resistência à compressão é também influenciada pela estrutura, granulometria, estado de alteração e microfissural da rocha. Assim, a resistência na direção perpendicular à estrutura é, em geral, maior que na direção paralela, e sensivelmente maior do que na direção inclinada. Para um mesmo tipo petrográfico, quanto menor a sua granulação maior será a resistência que ele oferece a esforços dessa natureza.

O ensaio de dilatação térmica linear está fundamentado na variação de volume da rocha quando submetida a variações de temperatura, podendo dilatar ou contrair. Essa dilatação/contração, embora se manifeste de forma tridimensional, é medida de modo linear e expressa na forma de um coeficiente.

Esse ensaio é muito importante, especialmente quando se trata de materiais a serem utilizados em revestimentos exteriores e interiores, uma vez que, se houver subdimensionamento das juntas de dilatação, poderá ocorrer deslocamento ou deformação das mesmas.

O conhecimento do índice referente a dilatação/contração, além de influenciar no comportamento das placas usadas num revestimento, é útil no processo de flamejamento, quando se obtém acabamentos com superfícies ásperas.

O ensaio de congelamento e degelo tem sua influência maior nas regiões onde as variações das temperaturas diurnas são elevadas. No Brasil, como esse fenômeno se restringe a algumas regiões, a simulação do mesmo é apenas realizada com o intuito de se fazer uma caracterização tecnológica mais completa dos materiais rochosos, especialmente daqueles destinados à exportação.

O congelamento da água retida nos poros, vazios e fissuras das rochas desencadeia tensões que produzem o seu enfraquecimento progressivo, resultando numa diminuição de sua resistência, ou até mesmo numa completa degradação dos seus constituintes minerais.

A realização do ensaio é feita mediante a preparação de dois grupos de corpos-de-prova com dimensões especificadas para o ensaio de compressão. Um dos grupos é submetido ao congelamento (menor ou igual -17°C) e degelo, que é executado em 25 ciclos, e em seguida submetido ao ensaio de compressão. No outro grupo é feito, também, o ensaio de compressão, porém com a rocha no seu estado natural, para que se possa avaliar, por comparação entre os resultados, o enfraquecimento da rocha sob a ação desse fenômeno.

O desgaste Amsler é que simula a abrasão que ocorre em pisos revestidos com rochas ornamentais. A resistência que uma rocha oferece ao desgaste está intimamente associada à dureza de seus constituintes minerais e a sua compacidade. As rochas formadas por minerais de baixa dureza são inadequadas para revestimentos de áreas em que o trânsito de pedestres é intenso, como pisos de hall ou degraus de escadarias, uma vez que poderá ocorrer considerável desgaste. Por outro lado, as rochas constituídas essencialmente por minerais silicatados ou

quartzosas são menos desgastadas quando submetidas a solicitações desse tipo. O ensaio é realizado numa máquina denominada Amsler, a qual contém uma pista circular de aço, cujo percurso abrasivo é de 1 m. Nessa pista são colocados dois corpos de prova sob pressão, os quais são submetidos ao desgaste sob a ação de areia quartzosa. O valor obtido é calculado pela média de redução de altura dos corpos-de-prova, após percurso de 1000 m na pista.

O ensaio de deformabilidade estática mede a capacidade de uma rocha em se deformar mediante esforços estáticos e compressivos, voltando a recuperar o seu estado original quando as forças deixam de atuar. Solicitações dessa natureza são mais comuns para os materiais rochosos que assumem funções estruturais, como colunas e/ou pilares. Contudo, esses valores são muito úteis para que se possa avaliar a qualidade da rocha, pois baixos resultados sugerem baixa porosidade, alta resistência mecânica e baixo grau de alteração. O módulo de deformabilidade estático é obtido através da compressão uniaxial, onde se submete corpos-de-prova a cerca de 50 a 75% da tensão que provocaria a ruptura dos mesmos, enquanto é realizada a medida de suas deformidades através de instrumentos apropriados. A relação entre as tensões e as deformações expressa o módulo de deformabilidade.

O ensaio de microdureza pelo método Knoop é recente e praticamente, adequado para análises superficiais de diversos materiais, além do mármore e granito. O teste é baseado sobre a determinação de uma série de 20 - 40 marcas, produzidas pela penetração de um diamante que possui forma piramidal, tendo por base um losango cujas diagonais estão entre si na relação de 1 para 7, e cujos ângulos entre as amostras são 172° e 130°. A marca se apresenta romboidal, e a microdureza Knoop ¹HK é expressa em ²MPa.

¹ HK-Valor médio aritmético de microdureza;

² MPa-Megapascal.

O Quadro 2 propõe um roteiro de ensaios de caracterização tecnológica, visando a adequada utilização das rochas ornamentais. Verifica-se, por exemplo, que na fase de extração deve-se conhecer, inicialmente, a natureza da rocha através de sua análise petrográfica, para que se possa avaliar o grau de comprometimento de suas características com a estética, polimento e durabilidade dos produtos finais. Vale salientar que o incremento das solicitações objetivando o conhecimento de tais características deve-se, em grande parte, a imposição do mercado internacional, cada vez mais exigente e competitivo.

A alterabilidade é, talvez, o parâmetro mais importante para a qualificação da rocha na sua utilização como material para piso/revestimento, entre outros. Algumas rochas, quando aplicadas em revestimentos, principalmente os externos, podem sofrer alterações de cor, apresentar manchas, deslocamentos e/ou materiais pulverêos em sua superfície. A determinação desse parâmetro é realizada utilizando-se alguns métodos que tentam simular as maiores solicitações a que essas rochas serão submetidas. Dentre esses métodos podem ser citados: ciclagem artificial, resistência ao ataque químico por produto de limpeza e resistência à alteração em extratores Soxhlet.

A Comunidade Econômica Européia sentiu a necessidade da unificação de normas para as rochas ornamentais com o objetivo de facilitar a comercialização de tais produtos. Neste sentido foi criado o Comitê Europeu de Normalização - CEN, que preparou e submeteu à apreciação do Conselho Técnico um programa normativo no domínio da construção e obras públicas, que irá brevemente ser divulgado. Tão logo esse documento seja aprovado, os resultados serão apreciados pelo Comitê Internacional, que, através de uma avaliação comparativa com novas normas adotadas em outros países, deverá chegar a um consenso geral, e, posteriormente, elaborar um documento final de aceitação internacional. Os resultados de ensaios regidos por essas normas visam fornecer elementos que permitam atender a especificações menos empíricas, e, conseqüentemente, mais eficazes, seguras e econômicas, evitando insatisfações e/ou

reclamações dos consumidores, gerando uma imagem negativa das empresas projetistas e fornecedora desses materiais. A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT tem emvidado esforços neste sentido, tanto que aprovou através do Comitê Brasileiro da Construção Civil - COBRACON normas técnicas registradas no Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, válidas a partir de 23/12/92. Os principais ensaios adotados no Brasil para a qualificação das rochas ornamentais direcionados ao mercado interno ou externo são: petrografia, índices físicos (massa específica, porosidade e absorção d'água), dilatação térmica linear, desgaste abrasivo, impacto de corpo duro, resistência à flexão (módulo de ruptura), resistência à compressão uniaxial, congelamento e degelo conjugado à compressão (Quadro 3). Podem ser acrescentados, ainda, os ensaios de flexão por quatro pontos (ASTM C - 880), velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas (ASTM D - 2845) e módulo de deformabilidade estática (NBR 10341 ou ASTM D-3148).

Quadro 2 - Ensaios recomendados para caracterização de mármore e granitos ornamentais

Usos	Ensaio	Análise Petrogr.	Índices Físicos (a)	Resistência			Módulo de Defor. Estático	Dilatação Térmica Linear	Alterab.
				Desgaste	Impacto	Compressão Uniaxial			
Extração		X	X				X		
Beneficiamento		X	X	X		X	X	X	
Revestimento Externo		X	X	X		X	X		
Revestimento Interno		X	X	X		X	X	X	
Pisos		X	X	X	X	X	X	X	
Colunas e Pilares		X	X	X	X	X	X	X	
Pedestais		X	X	X		X	X	X	
Tampos de Mesas e Balcões		X	X	X	X	X	X	X	
Pias		X	X	X	X	X	X	X	
Soleiras		X	X	X	X	X	X	X	
Esculturas		X	X	X		X	X	X	
Cilindros p/Indústria de Alimentos,Papel,etc.		X	X	X	X	X	X	X	
Mesas e aparelho de Desempeno		X	X	X	X	X	X	X	

Fonte: Catálogo de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo (1993).

Nota:

(a) Índices Físicos: massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água

**Quadro 3 - Valores especificados pela norma
ASTM e sugeridos no Brasil**

Propriedades	Valores fixados pela ASTM	Valores sugeridos por Frazão & Farjallat
Massa específica Aparente (Kg/cm ³)	≥2.560,00	≥2.550
Porosidade Aparente (%)	n.e.	≤1,0
Absorção D'água (%)	≤0,4	≤0,4
Velocidade de Propogação de Ondas (m/s)	n.e.	≥4.000
Dilatação Térmica Linear (10 ³ /mm.°C)	n.e.	≤12,0
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	≤1,0
Compressão Uniaxial (MPa)	≥131,0	≥100,0
Flexão (módulo de ruptura) (MPa)	≥10,34	≥10,0
Módulo de Deformabilidade Estático (GPa)	n.e.	≥30,0
Impacto de Corpo Duro (m)	n.e.	≥0,4

Fonte: American Society for Testing and Materials - ASTM. Frazão & Farjallat (1995)

Nota: n.e. = não especificado

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das características tecnológicas de 75 amostras de rochas silicatadas do Estado do Ceará foi realizado estudo, através da descrição quantitativa dessa população e de sua comparação com os valores limites estabelecidos pela norma ASTM C 615 e aqueles propostos por FRAZÃO & FARJALLAT, conforme pode-se observar no Quadro 3.

Dentre as amostras analisadas encontram-se granitos propriamente dito, gnaisses, dioritos, monzogranitos, migmatitos e charnockitos no total de 45 amostras que vem sendo comercializadas, enquanto que as demais possuem a denominação genérica de “granito” por pertencerem a depósitos ainda em estudo, sem nome comercial. Sabe-se, no entanto, através de observações macroscópicas que esses “granitos” são rochas silicáticas, razão pela qual prevaleceu essa denominação (Quadro 4).

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 1, as rochas silicáticas estudadas apresentam valores de massa específica aparente seca variando de 2500 a 2950 kg/m³ com uma concentração maior no intervalo de 2600 a 2700 kg/m³. Observa-se que dentro desse intervalo, cerca de 52,1% das amostras estão situadas na classe de 2650 kg/m³. A norma ASTM C 615 estabelece que os granitos para serem utilizados como revestimentos exteriores, ou granitos estruturais, devem apresentar densidade ou massa específica aparente mínima de 2560 Kg/m³. Verifica-se que grande parte das rochas silicáticas da região em estudo atendem à especificação estabelecida nessa norma.

Apenas 4,1% situa-se abaixo desse limite não sendo significativo do ponto de vista estatístico, uma vez que tais rochas poderiam ter sido amostradas de forma incorreta.

Quadro 4 - Caracterização tecnológica das rochas silicáticas do estado do Ceará

Nome Comercial	Nome Petrográfico	Massa Especif. g/cm ³	Poros. (%)	Absorção (%)	Compressão (MPa)	Flexão (Mpa)	Impacto (cm)	Desgaste Amsler (mm)
Rosa Iracema	Granito	2,611	0,82	0,310	145,00	13,29	66,00	0,61
Brown Paradise	F. K. Granito	2,617	0,69	0,260	121,90	12,20	66,30	0,61
Preto Itapiúna	Gnaíссе	2,770	0,72	0,240	90,00	19,00		1,01
s.n.c.	Granito	2,626	0,57	0,220	40,90	13,30		
Verde Meruoca	Granito	2,620	0,33	0,130	135,14	14,49	70,00	0,68
Preto Redenção	Diorito	2,961	0,62	0,210	83,40	11,30	40,00	1,12
Verde Ventura	Granito	2,620	0,59	0,220	151,50	10,70	55,00	0,72
Meruoca Clássico	Granito	2,601	0,21	0,080	116,70	12,40		0,72
Verde Linhares	Granito	2,610	0,52	0,190	133,10	13,47		
Icarai	Migmatito	2,600	0,30	0,300	82,90	15,23		
Vermelho Meruoca	F.K. Granito	2,500	4,94	1,210	156,80	14,10		
Branco Meruoca	"Granito"	2,605	0,77	0,300	127,00	25,00		
Kinawa Gold	"Granito"	2,664	0,22	0,080	113,30	22,40		0,80
Amarelo Jurujuba	Granito	2,626	0,78	0,300	96,70	15,00		
Trachite Gold	"Granito"	2,603	0,86	0,330	69,60	11,20		
Bran. Sta. Rosa	Granito	2,625	0,66	0,250	86,10	14,80	81,30	0,75
Cinza Sta Rosa	"Granito"	2,619	0,84	0,320				
Yellow Simphony	Granito	2,616	0,58	0,220	118,20	15,80	59,00	0,69
Cinza Granada	"Granito"	2,787	0,58	0,210	46,80	12,50	62,50	
s.n.c.	"Granito"	2,658	0,44	0,170	48,60	13,90		
s.n.c.	"Granito"	2,661	0,20	0,070	69,20	13,00		
s.n.c.	"Granito"	2,638	0,74	0,282	106,10	17,70		
s.n.c.	"Granito"	2,635	0,51	0,190	90,90	19,90		
s.n.c.	"Granito"	2,629	0,43	0,160	163,00			
s.n.c.	"Granito"	2,590	1,13	0,440	85,10	10,90		
s.n.c.	"Granito"	2,659	0,80	0,300		21,10		
s.n.c.	"Granito"	2,493	0,92	0,370	214,00	18,10		
s.n.c.	"Granito"	2,632	0,74	0,280				
s.n.c.	Biot.Granito	2,602	0,80	0,260	179,00	22,10		

Fonte: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial – NUTEC

Nota: s.n.c. = sem nome comercial

Quadro 4 (continuação) - Caracterização tecnológica das rochas silicáticas do estado do ceará

Nome Comercial	Nome Petrográfico	Massa Especif. g/cm3	Poros. (%)	Absorção (%)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Impacto (cm)	Desgste Amsler (mm)
Verm.Tamboril	Monzogranito	2,600	0,77	0,120	179,00	21,50		
	Diorito	2,790		0,200	86,10	34,60		
Branco Vison	Granito	2,635	0,80	0,510	168,00	20,20		
	"Granito"	2,821		0,420	151,00	30,30		
Amarelo Missi	"Granito"	2,560	0,51	0,280	139,00	18,90		
Amarelo Amêndoa	"Granito"	2,676	0,36	0,340	152,00			
s.n.c.	Granodiorito	2,650	1,30	0,250	107,00	12,10		
s.n.c.	Biotita Granito			0,300	116,00	16,90		
s.n.c.	Horn.Biot. Gran.	2,661	0,89	0,460	86,00			
s.n.c.	"Granito"	2,600	0,79	0,420	91,00	11,29		
s.n.c.	"Granito"	2,632	0,53	0,330	225,00	19,30		
s.n.c.	"Granito"	2,641	0,82	0,310	130,00	13,20		
s.n.c.	"Granito"	2,638	0,93	0,350	196,00			
s.n.c.	"Granito"	2,675	0,25	0,100	61,60	15,40		
s.n.c.	"Granito"	2,640	0,94	0,360	175,00	20,70		
s.n.c.	"Granito"				142,00	24,30		
Vermelho Filomena	Granito	2,575	0,27	0,640	101,00	8,60	55,00	
Amarelo Massapé	Granito	2,600	0,76	0,790	162,00	20,00	56,00	0,71
Branco Cristal	Albita-Granito	2,607	1,19	0,460	107,00	16,70	60,00	0,65
Amêndoa Missi	Granito	2,582	1,23	0,410	149,00	14,00	65,00	
Rosa Missi	Granito	2,660	0,60	0,490	185,00	11,80		
Thiú Imperial	Granito	2,540	3,05	0,210	122,50	14,20		
Verde Amazonas	Charnockito	2,670	0,31	0,120	138,50	20,20	40,00	1,03
s.n.c.	Biotita-Granito	2,633	0,72	0,270		20,40		
Red Symphony	Granito	2,670	0,37	0,240	207,00	14,00	60,00	0,69
Branco Tropical	Microclina-Granito	2,641	0,76	0,350	107,00	12,00		0,76
Clássico Dunas	Granito	2,622	0,79	0,450	91,00	12,40	75,00	
Juceará	Granito	2,631	0,56	0,210	145,70	15,60		0,63
Preto Aracoiaba	Diorito	2,660	1,05	0,280	142,00	24,30	45,00	1,12
Santa Angélica	Granito	2,631	0,90	0,500	169,00	16,70		0,80
Rosa Olinda	Granito	2,582	0,58	0,420	116,00	19,20	60,00	0,57
Verde Pantanal	Quartzo-Sienito	2,691	0,25	0,100	90,30	19,90	72,00	0,74
s.n.c.	Monzogran.	2,640	1,86	0,110	109,00	21,00		

Fonte: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial – NUTEC

Nota: s.n.c. = sem nome comercial

Quadro 4 (continuação) - Caracterização tecnológica das rochas silicáticas do estado do Ceará

Nome Comercial	Nome Petrográfico	Massa Especif. g/cm ³	Poros. (%)	Absorção (%)	Compressão (MPa)	Flexão (MPa)	Impacto (cm)	Desgaste Amsler (mm)
Vermelho Fuji	Granito	2,670	0,96	0,360	103,70	18,10	62,50	0,92
Branco Cotton	Albita-Granito	2,560	2,92	1,140	66,60	11,90		
s.n.c.	"Granito"	2,670	1,12	0,330	132,00	11,00		
s.n.c.	Monzogran.	2,610	0,76	0,370	153,00	14,00		
Amarelo Meruoca	Granito	2,615	0,33	0,240	142,90	21,50		
Cinza Prata	Granito	2,678	0,43	0,160	146,52	12,85	80,00	0,91
Coral Irauçuba	Migmatito	2,622	0,23	0,340	155,00	16,50	80,00	
Juparaná Brasil	Meta-Granito	2,583	0,50	0,300	166,00	14,50	58,00	
Ouro Velho	Granito	2,626	0,86	0,330	97,40	18,10		
s.n.c.	"Granito"	2,647		0,120	171,00	27,80		
s.n.c.	"Granito"	2,625	0,49	0,190	153,00			
Amêndoa Barroco	Granito	2,600	0,86	0,330	112,60	13,70		0,75
Rosa Meruoca	Granito	2,590	1,13	0,440	85,10	10,90		

Fonte: Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial – NUTEC

Nota: s.n.c. = sem nome comercial

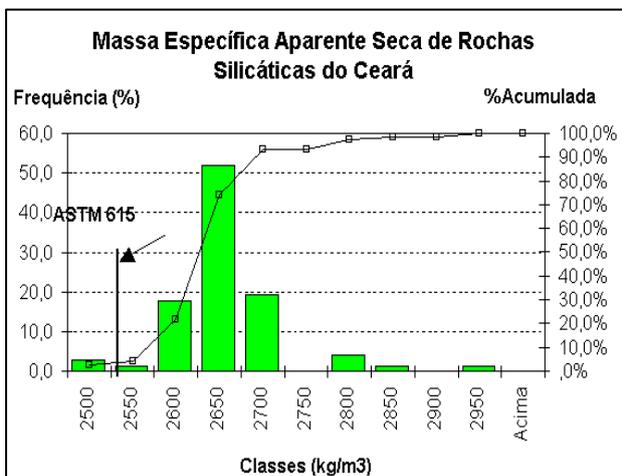


Figura 1 – Distribuição dos valores de massa específica aparente seca de rochas silicáticas do Ceará

Com relação aos valores de porosidade não existe limite especificado pela norma ASTM, no entanto FRAZÃO & FARJALLAT (1995) através de um estudo estatístico relativo às características tecnológicas das principais rochas silicáticas do Brasil, sugerem o valor limite máximo de 1% para essa propriedade em rochas utilizadas como materiais de revestimento. Na Figura 2 verifica-se que 84,3% dos materiais analisados encontram-se abaixo desse limite, ou seja dentro da especificação proposta pelos referidos autores.

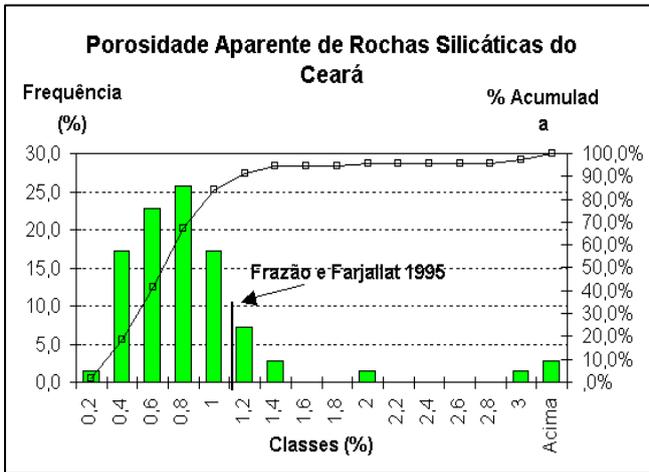


Figura 2 - Distribuição dos valores de porosidade aparente de rochas silicáticas do Ceará

A Figura 3 mostra a distribuição dos valores de absorção d'água onde verifica-se uma maior concentração no intervalo de 0,1 a 0,5 % representando cerca de 93,2% do total de amostras analisadas (74). Tomando-se como base os valores fixados pela ASTM (0,4%) constata-se que 78,4% das rochas silicáticas do Ceará atendem a esse limite, o que nos permite concluir que esses materiais apresentam boa durabilidade e considerável resistência mecânica ao longo do tempo.

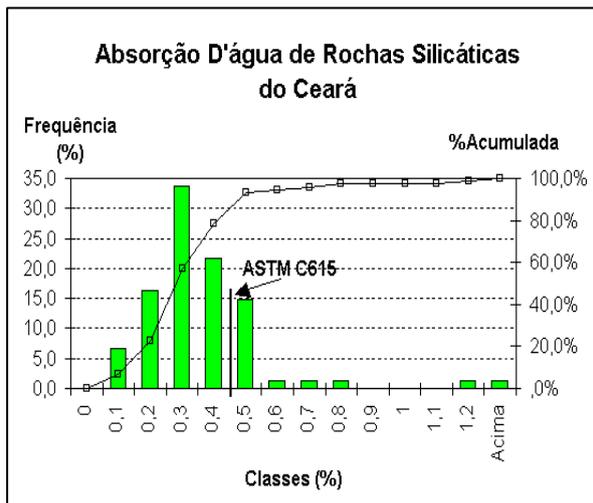


Figura 3 - Distribuição dos valores de absorção d'água de rochas silicáticas do Ceará

Na Figura 4 encontram-se representados os valores correspondentes a resistência à compressão uniaxial, onde observa-se que os mesmos estão mais concentrados no intervalo de 100 a 175 MPa, faixa em que situam-se aproximadamente 80,2% das rochas analisadas. Segundo FRAZÃO & FARJALLAT (1995), o valor mínimo considerado para essa propriedade é de 100 MPa, enquanto para a ASTM C-615 esse limite é de 131 MPa. Verifica-se, então, que os resultados obtidos para esse ensaio se adequam melhor ao limite estabelecido pelos referidos autores, uma vez que a frequência é reduzida em aproximadamente 50%, quando comparado com o limite determinado pela ASTM. É importante ressaltar que essa característica representa um valioso índice de qualidade dos materiais rochosos, estando diretamente relacionada a outras propriedades físicas, ao mesmo tempo que depende da estrutura, textura, estado microfissural e grau de alteração das rochas.

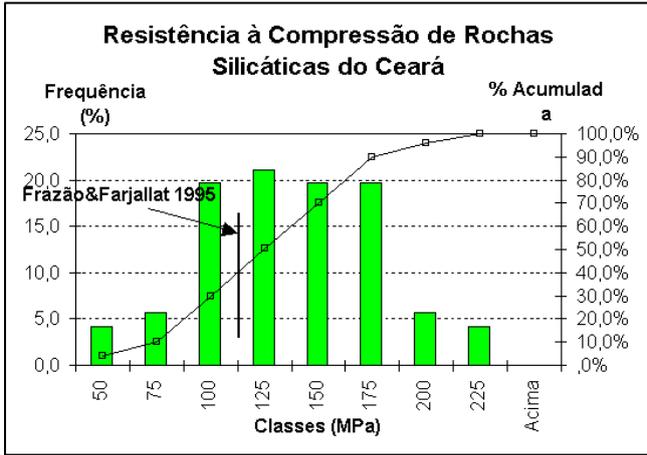


Figura 4 - Distribuição dos valores referentes a resistência à compressão de rochas silicáticas do Ceará

A Figura 5 mostra a representação gráfica dos valores encontrados para a resistência à flexão (módulo de ruptura), onde pode-se constatar valores que variam da classe de 5/10 MPa com frequência de 1,5% à classe de 30/35 Mpa, com freqüência de 2,9%, sendo que o número máximo de ocorrências está entre as classes 15/25 MPa com cerca de 94% do total. No gráfico em questão encontra-se representado o limite (≥ 10 MPa) sugerido por FRAZÃO & FARJALLAT (1995), que é praticamente coincidente com aquele fixado pela norma ASTM C 615 ($\geq 10,34$). Nesse caso verifica-se que as rochas silicáticas analisadas neste estudo podem ser consideradas, em grande parte, como sendo de boa qualidade, sob o ponto de vista de sua aplicação para revestimentos. Essa propriedade, assim como a compressão, também é muito dependente da estrutura e textura das rochas. Estruturas orientadas, ou bandadas, conduzem a resistências diferentes, conforme as solicitações se dêem no plano paralelo ou perpendicular a essas estruturas.

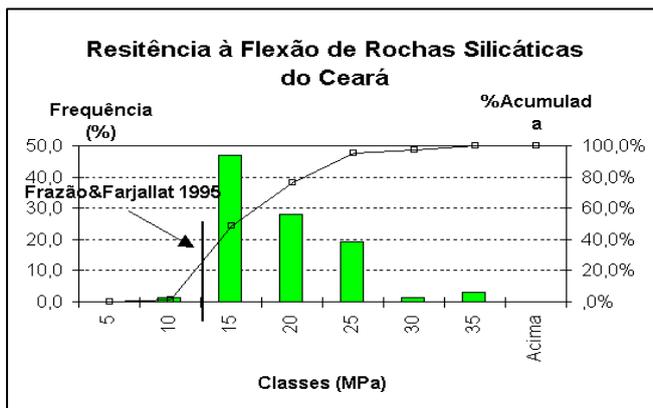


Figura 5 - Representação gráfica da distribuição dos valores de resistência à flexão de rochas silicáticas do Ceará

Na Figura 6 encontram-se representados os valores obtidos para resistência ao impacto de corpo duro, onde se observa que tais valores variam da classe de 30/40cm, com freqüência de 9,1%, à de 70/80cm, sendo essa última com freqüência de 18,2%. Verifica-se que a maior concentração de dados está situada no intervalo de 60/70cm, atingindo 63,7% de amostras analisadas. Para essa propriedade não existe valor limite fixado pela norma ASTM C 615 referente às rochas graníticas utilizadas como material de revestimento. FRAZÃO & FARJALLAT (1995) propõem um valor limite (40 cm, dentro do qual estão inseridos 100% dos valores obtidos, o que sugere que essas rochas possuem boa resistência ao impacto. Dessa forma, podem ser dimensionadas nas espessuras normais de uso sem grandes riscos de trincamento e/ou rompimento, suportando melhor as ações mecânicas instantâneas.

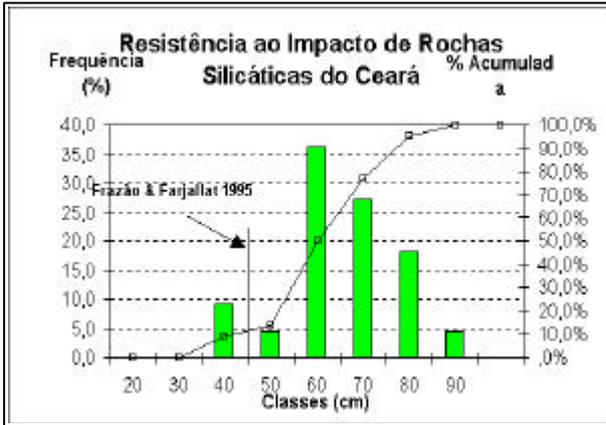


Figura 6 - Representação gráfica dos valores obtidos para a resistência ao impacto do corpo duro de rochas silicáticas do Ceará

A Figura 7 mostra a distribuição dos valores de resistência ao desgaste abrasivo Amsler, onde se nota que esta varia da classe de 0,4/0,6mm (com freqüência de 6,9 %) à de 1,2/1,4mm (esta com freqüência de 3,4%). Para essa propriedade também não existe valor fixado pela norma ASTM C 615, e novamente estabelece-se comparação com limites sugeridos por FRAZÃO & FARJALLAT, que nesse caso é de até 1mm. Tomando-se como base esse valor, constata-se que 82,7% das rochas analisadas atendem a esse limite, o que recomenda sua aplicação também em áreas de trânsito mais intenso.

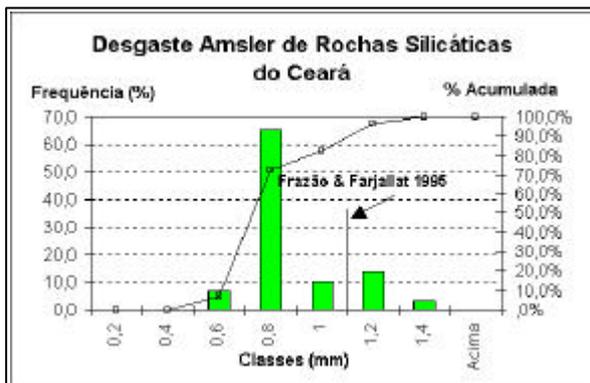


Figura 7 - Representação gráfica dos valores obtidos para resistência ao desgaste Amsler de rochas silicáticas do Ceará

De modo geral, verifica-se que a grande maioria das amostras obedece às especificações fixadas pela ASTM C 615 e as sugeridas por FRAZÃO & FARJALLAT (1995). O reduzido número de amostras que se encontra fora dos limites propostos pode, ainda, não representar com fidelidade as condições reais dos materiais estudados, uma vez que a coleta dos mesmos fica, geralmente, a critério dos mineradores, podendo ocorrer fissuramentos, ou até mesmo fraturamentos durante esse processo. Tais razões podem, também, justificar discrepâncias entre dados de propriedades correlacionadas como, por exemplo, porosidade e absorção d'água muito elevados e valores de resistência relativamente baixos.

CONCLUSÕES

- Nem todos os materiais relacionados ao Estado do Ceará apresentam valores para as propriedades tecnológicas descritas, resultando num universo de dados que variam de, no mínimo, 22 (vinte e dois) para uma determinada propriedade e até 75 (setenta e cinco) para outras. Dentre os vários tipos petrográficos definidos, encontram-se granitos propriamente ditos, monzogranitos, migmatitos, dioritos e charnoekitos, entre outros.
- Das rochas estudadas, 52% estão dentro dos limites estabelecidos para massa específica aparente seca (classe de 2650 kg/m^3), cerca de 84% para porosidade (faixa de 1%) e mais de 78% satisfazem aos índices de absorção d'água (0,4%). Esses dados, quando comparados aos valores fixados pela norma ASTM C 615 e por FRAZÃO & FARJALLAT (1995), podem ser considerados satisfatórios;
- Com relação a resistência à compressão uniaxial, aproximadamente 80% das rochas analisadas estão dentro do intervalo de 100/175 MPa, sendo, portanto, aceitáveis para utilização como material de revestimento, sob o ponto de vista do limite mínimo (100 MPa) sugerido por FRAZÃO & FARJALLAT (1995);
- Para os ensaios de resistência à flexão, verifica-se que 94% das rochas analisadas encontram-se na classe de 15/25 MPa. Tais resultados podem ser considerados como sendo de ótima qualidade, uma vez que os mesmos estão inseridos nos limites estabelecidos pela norma ASTM C 615 e por FRAZÃO & FARJALLAT (1995);
- No que se refere aos valores obtidos para a resistência ao impacto de corpo duro, constata-se que 100% encontram-

se acima do valor mínimo proposto por FRAZÃO & FARJALLAT (1995);

- Quanto ao desgaste Amsler, pode-se verificar que cerca de 82% dos valores obtidos encontram-se abaixo do valor máximo proposto pelos autores brasileiros, já citados, conferindo um bom grau de resistência a essas amostras, e
- Os ensaios de caracterização passaram, recentemente, a constituir exigências dos órgãos fiscalizadores para a aprovação de áreas de pesquisa mineral. Porém, nessa fase, ainda não foram abertas frentes de lavra, constituindo-se a amostragem, na maioria das vezes, do material de superfície das jazidas que se encontra mais vulnerável aos processos de intemperismo. Tais processos resultam em alterações que podem, juntamente com eventuais falhas no procedimento de amostragem, justificar as divergências encontradas entre valores de propriedades que se correlacionam.

BIBLIOGRAFIA

- AIRES-BARROS, L. Alteração e alterabilidade de rochas. Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de Petrologia e Geoquímica da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 1991, 384p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. (C 615). Standard specification for granite dimension stone. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (NBR 12763). Rochas para revestimento - Determinação da resistência à flexão. 1992. 3p.
- _____ (NBR 12042). Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 0992.3.p.
- _____ (NBR 12764). Rochas para revestimento - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. 1992.2p.
- _____ (NBR 12767). Rochas para revestimento - Determinação da resistência à compressão uniaxial. 1992.2p.
- _____ (NBR 12768). Rochas para revestimento - Análise petrográfica. 1992.2p.
- _____ (NBR 12765). Rochas para revestimento – Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear. 1992. 3p.
- _____ (NBR 12769). Rochas para revestimento – Ensaio de congelamento e degelo conjugado a verificação da resistência a compressão uniaxial. 1992. 2p.
- _____ (NBR 10341). Rochas para revestimento – Determinação do módulo de deformabilidade estática. 1992. 3p.
- _____ (NBR 12766). Rochas para revestimento-Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água. 1992.2p.

- BRADLEY, F. **Cenni sull' analisi geológica delle rocce ornamentali.** Technostone S.p.A., Carrara, 1989.
- CARUSO, L. G.; FARJALLAT, J. E. S.; TAIOLI, F. Os mármores e granitos brasileiros - seu uso e suas características tecnológicas. **Rochas de Qualidade**, São Paulo n.47, p.69 - 74, 1978.
- CRAVERO, M.; FRISA MORANDINI, A.; IABICHINO, G.; MANCINI, R. Valutazione risorse di materiali lapidei del punto di vista delle caratteristiche tecnologiche. Convegno Internazionale su: Situazione e Prospettive dell' Industria Lapidea. Atti delle giornate di studio. A.N.I.M. - Associazione Nazionale degli Ingegneri Minerali, Cagliari, 3/5 Aprile 1989, p 356 - 362.
- CARDU, M.; FRISA MORANDINI, A.; MANCINI, R. Caratteristiche Tecnologiche e di Struttura dei Marmi. Convegno Internazionale Su: Situazione e Prospettive Dell' Industria Lapidea. Atti dell Giornate di Studio, A.N.I.M. - Associazione Nazionale degli Ingegneri Minerali, Cagliari, 3/5 Aprile 1989, p 372 - 375.
- CHIODI FILHO, C. Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, Série Estudos e Documentos, No 28, 1995. 75 p.
- DAVIS, J. C. Statistics and data analysis in geology. J. Wiley & Sons. 1973. 297p.
- FRAZÃO, E., B.; FARJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. I Congresso Internacional da Pedra Natural. Lisboa. 1995.47-58p.
- FRISA MORANDINI, A. La qualificazione Tecnica delle rocce ornamentali: Normativa Viopute e Proposte di Intervento. 7(Feira Internazionale Marmo Machine Carrara - La cava nel 2.000. Convegno Internazionale Su: Tra Inovazione Tecnologica e Nuove Diomonche di Marcato, Atti Carrara, 29/30 maggio 1996: p 129 - 133.

- FRISA MORANDINI, A.; MANCINI, R.; GOMEZ, M.; COMAZZI, G. Comportamento di Manufatti di Pietra nei riguardi degli agenti de degrado atmosferici. Congresso Internazionale Su: Situazione e Prospettive Dell' Industria lapidea. Atti Delle Giornate de Studio. A.N.I.M. - Associazione Nazionale degli Ingegneri Minerali, Cagliari, 3/5 aprile 1989: p 380 - 383.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Catálogo de rochas ornamentais do Estado de São Paulo. São Paulo, 1990. Publicação IPT nº 1820, 122p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Catálogo de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo. São Paulo, 1993. Publicação IPT nº 2048. 80p
- MANCINI, R; FRISA MORANDINI, A. On the importance of a careful characterisation of decoration stones aimed to durability assessment: An example of faked aesthetic equivalence in stones used in public buildings linino, in Turim. 7th International IAEG Congress/7^{ème} Congrès International de AIGI, Balkema, Rotterdam, 1994, p 3671 - 3676.
- MARINI, R. Determinazione quantitativa del degrado delle pietra da decorazione e messa a punto di prove di invecchiamento accelerato per la previsione della loro durabilità. Politecnico di Torino, Facoltà de Ingegneria, Dipartimento de Georisorse e Territorio. Dottorato in Ingegneria delle Risorse del Sottosuolo, Torino, 1994.
- MELLO, K.E.V.; CASTRO, L. M. Avaliação econômica dos granitos do Estado do Ceará. Fortaleza; MME/CEMINAS, 1989, 114p.
- SIMÃO, J. A. R. S.; SILVA, Z. C. G. Composição mineral e alteração de rochas silicáticas. O "Granito" negro de Angola - Um caso em estudo. 1º Congresso Internacional da Pedra Natural, Lisboa, 15/17 Julho 1995, p. 353 - 375.
- TILL, R. Statistical methods for the earth scientist. Macmillan. 1974. 154 p.

VIDAL, F.W.H.; BESSA, M. F.; LIMA, M.A..B. Caracterização tecnológica das rochas ornamentais do Ceará. IV Congresso Italo-brasileiro de Engenharia de Minas, Canela/RS, 4/6 novembro 1996, p.174-183.

VIDAL, F.W.H.; PEREIRA, T.A. Avaliação das atividades de produção das rochas ornamentais e sua aplicação como revestimento através da caracterização. XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Águas de São Pedro/SP, 23/26 agosto 1998, p.173-186.