

# **Petrografia Microscópica e Caracterização de Rochas Ornamentais**

**Joedy Patrícia Cruz Queiroz**

Bolsista do Programa de Capacitação Institucional, Geóloga, D. Sc.

**Adriano Caranassios**

Orientador, Eng<sup>o</sup> de Minas, D. Sc.

## **Resumo**

As rochas ornamentais apresentam um valor comercial significativo e seu emprego tem aumentado nos últimos anos no Brasil, sendo utilizada principalmente no setor da construção civil. A caracterização tecnológica das rochas ornamentais estabelecem o uso mais adequado desse material, refletindo as características petrográficas (composição, mineralogia, texturas e estruturas). O presente trabalho correlacionou satisfatoriamente, alguns parâmetros petrográficos, de modo qualitativo, com os ensaios tecnológicos de massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente, absorção d'água e desgaste abrasivo *Amsler*, para três tipos de ornamentais comercializadas no Estado do Espírito Santo.

## **1. Introdução**

A caracterização das rochas ornamentais por meio de ensaios tecnológicos tem como objetivo principal aquisição de parâmetros físicos e mecânicos da rocha, qualificando-a para uma melhor escolha de seu uso. O estudo petrográfico das rochas aparece como uma ferramenta importante na caracterização, pois estabelece as relações texturais, microestruturais e mineralógicas que influenciam diretamente na resistência das mesmas.

A influência da investigação petrográfica é citada como ferramenta de previsão de parâmetros físicos e mecânicos como porosidades, desgaste abrasivo, resistência à compressão e módulo de ruptura (Navarro & Artur (2001); Navarro (2002)).

## **2. Revisão dos Parâmetros tecnológicos versus Petrografia**

A definição de rocha ornamental estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento (bruta, aparelhada, apicoada, esculpida ou polida) utilizado para exercer uma função estética. A rocha para revestimento é definida pela ABNT, como rocha natural que, submetida a processos diversos e graus variados de desdobramento e beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos e fachadas, em obras de construção civil (Frasca, 2002).

A caracterização tecnológica dessas rochas é realizada por meio de ensaios e análises, com o objetivo de obter parâmetros petrográficos, químicos, físicos e mecânicos do material, garantindo assim, a qualificação, estabilidade e segurança da rocha para uso no revestimento de edificações.

Os ensaios são realizados para reproduzir as condições às quais a rocha estará submetida durante todo o processamento até seu uso final. Estes ensaios são normatizados por entidades nacionais e estrangeiras como a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, American Society for Testing and Materials - ASTM e Comissão Europeia de Normalização - CEN. O conjunto básico de ensaios para a caracterização tecnológica de rochas e a sua finalidade estão relacionados na (Tabela 1).

O estudo petrográfico de uma rocha implica uma série de observações rigorosas que pretendem, em geral, descrever a composição mineralógica, a forma, dimensões e relações mútuas dos constituintes (textura), a alteração e deformações sofridas, etc. Os estudos mineralógico e petrográfico são importantes pois, com base neles, muitas vezes, pode-se compreender melhor o comportamento das rochas em relação a algumas propriedades físico-mecânicas. A análise petrográfica está regulamentada pela Norma NBR12768.

Tabela 1- Ensaios recomendados para a caracterização de rochas ornamentais a partir dos seus usos e aplicação

Usos e aplicação	Ensaios											
	Análise Petrográfica	Índices Físicos	Compressão Uniaxial	Flexão (3 pontos)	Flexão (4 pontos)	Velocidade de propagação de ondas	Dilatação térmica linear	Desgaste abrasivo	Módulo de deformidade Elástico	Impacto de corpo Duro	Congelamento e degelo <sup>1</sup>	Alterabilidade <sup>2</sup>
Pisos (externo e interno)	X	X <sup>3</sup>	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Paredes (externa e interna)	X	X			X	X	X	X			X	X
Fachadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tampos de pia	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Colunas e pilares	X	X	X	X		X	X		X		X	X
Pedestais	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X
Tampos de mesas e balcões	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Soleiras	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Esculturas	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Cilindros para indústria de alimentos, papel, etc	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Mesas e aparelhos de desempenho	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X

Índices físicos = massa específica aparente e saturada, porosidade aparente e absorção d'água

1= rochas ornamentais que se destinam à exportação para países de clima frio e temperado

2= ensaios de alterabilidade (simula situações de intempéries, ação de poluentes e de manutenção e limpeza): ensaio ultra violeta (UV); ensaio névoa salina; ensaio de SO<sub>2</sub>, ensaio de ataque químico.

A utilização e o mercado de rochas ornamentais tem aumentado nos últimos anos no Brasil, estudos que visam a sua melhor aplicação como material de revestimento têm sido desenvolvidos nos últimos anos, com o objetivo de obter uma melhor caracterização tecnológica e o controle da qualidade. Unida a esta problemática, o estudo das características petrográficas como um instrumento possível na previsão do comportamento obtido na caracterização, que pode influenciar nos parâmetros físicos e mecânicos das rochas, também advém de longa data.

Autores como Mello Mendes *et al.* 1966; Mello Mendes, 1968; Rzhovsky & Novik, 1971; Yoshida, 1972; Whittaker *et al.* 1992, desenvolveram estudos com as informações petrográficas que podem fornecer informações para a construção de obras e o aproveitamento das rochas como material de construção e revestimento.

Para Rzhovsky & Novik (1971), a interação entre a composição, textura e estruturas que as rochas podem apresentar, é o fator que define a resistência aos agentes químicos, físicos e mecânicos de toda rocha, ou seja, é o resultado da combinação das características petrofísicas do material.

As primeiras contribuições a nível nacional e para o setor de rochas ornamentais, a respeito da importância dos estudos petrográficos, foram feitas por Frazão & Farjallat (1995), Rodrigues *et al.* (1996) e Navarro (1998), que abordam, de modo qualitativo, sobre a importância dos estudos petrográficos e do nível de informação detalhada que é possível obter por meio dessa técnica, e com isso aprimorar a compreensão dos resultados tecnológicos e assegurar uma melhor aplicação da rocha.

É importante enfatizar que existem dificuldades de quantificação de alguns desses parâmetros petrográficos, tais como o grau de microfissuramento e o grau de alteração que serão determinantes na adequada caracterização de todas as variáveis e, deste modo, no comportamento tecnológico das rochas e na obtenção de modelos ou índices para a previsão da qualidade de rochas, baseados nessas características petrográficas (Rzhovsky & Novik 1971; Yoshida, 1972).

Freqüentemente são feitas combinações de pares de dados tecnológicos tais como velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas e parâmetros mecânicos; porosidade e parâmetros mecânicos (Mello Mendes, 1968; Whittaker *et al.*, 1992).

Correlações dos dados petrográficos e tecnológicos foram feitas por Vutukuri *et al.* (1974); Lama & Vutukuri, (1978), por meio de métodos estatísticos baseados na análise de regressão simples. Trabalhos posteriores de Tuğrul & Zarif (1999); Navarro *et al.* (1999), procuraram estabelecer relações entre parâmetros petrográficos e tecnológicos, de maneira que pudessem ser expressas em equações matemáticas, e portanto passíveis de serem utilizadas como instrumento de previsão.

### 3. Estudo de Caso

Diante do que foi exposto anteriormente, será apresentada uma tentativa de se fazer uma correlação entre a petrografia e um conjunto de dados de ensaios tecnológicos, de modo qualitativo, já que, alguns parâmetros da análise petrográfica não puderam ser quantificados. Para este estudo, foram escolhidos três (3) tipos de rochas ornamentais comercializadas no Estado do Espírito Santo (Granito Monte Belo, Granito Ás de Paus e Granito Santa Cecília). Estas rochas foram classificadas petrograficamente como monzogranito, biotita álcali granito e biotita gnaiss monzogranito, respectivamente e estão apresentadas na Figura 1 e na Tabela 2.



Figura 1. Mosaico de micrografias das lâminas com nicóis cruzados (aumento de 2,5 vezes) . (A) Microtextura geral do Monzogranito; (B) Detalhe da alteração no plagioclásio presente no Monzogranito; (C) Microtextura geral do Biotita álcali Granito; (D) Detalhe da alteração no microclínio presente no Biotita álcali Granito; (E) Microtextura geral do Biotita Gnaiss Monzogranito; (F) Microtextura geral do Biotita Gnaiss Monzogranito (nicóis descruzados).

Tabela 2- Síntese dos parâmetros petrográficos estudados.

Mineralogia (%)	M	BAG	BGM
Quartzo	25	15	25
Plagioclásio	40	9	35
Microclínio	30	55	20
Biotita	5	15	10
Hornblenda	--	--	--
Granada	--	--	5
Zircão	--	--	1
Apatita	--	--	2
Opacos	<1	2	2
Epidoto	--	--	--
Muscovita	Tr	--	Tr
Sericita/clorita/carbonato	Tr/--/--	Tr/Tr/--	Tr/--/--
Granulação	Média a grossa	Grossa	Média a grossa
Estrutura	Discretamente foliado	Discretamente foliado	Moderadamente foliada
Textura	Heterogênea	Homogênea	Heterogênea
Microfissuramento	Observado	Observado	Observado
<b>Grau de Alteração</b>			
Microclínio	Moderado	Moderado	Incipiente
Plagioclásio	Moderado	Moderado	Moderado
Biotita	Moderado	Moderado	Incipiente

M= Monzogranito; BAG= Biotita Álcali Granito; BGM= Biotita Gnaiss Monzogranito; Tr= traços

Os ensaios tecnológicos físicos-mecânicos avaliados neste estudo foram: Massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente, absorção d'água e desgaste abrasivo *Amsler*. Os seus resultados estão demonstrados na Tabela 3.

Todos os ensaios, tanto a análise petrográfica, como de caracterização, foram realizados nos Laboratórios do CETEM/RJ e CETEM/ES -Campus Avançado de Cachoeiro de Itapemirim – CACI, seguindo as normas técnicas correspondentes.

Tabela 3- Resultado dos ensaios tecnológicos executados em 3 diferentes rochas ornamentais.

Ensaio Tecnológico		M	BAG	BGM
Índices Físicos	Massa específica seca aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	2,58	2,64	2,23
	Massa específica saturada aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	2,59	2,65	2,23
	Porosidade aparente (%)	1,57	1,21	0,59
	Absorção d'água aparente (%)	0,61	0,4	0,27
Desgaste Abrasivo <i>Amsler</i> (mm)/1000m		1,24	0,72	1,14

#### 4. Discussão dos Resultados

A comparação entre os resultados mineralógicos, texturais e estruturais com as características físico-mecânicas dos granitos estudados permitiram as seguintes conclusões:

Foi possível observar que para os ensaios de massa específica (saturada e seca), absorção d'água e porosidade a rocha BGM obteve os menores valores, enquanto que, as outras rochas (M e BAG) tiveram os

maiores valores (Figura 2). Estes dados podem sugerir uma correlação direta com o grau de alteração descrito petrograficamente nos cristais de microclínio, plagioclásio e biotita, pois uma rocha mais porosa e com a presença de microfissuras, como é o caso das rochas M e BAG, absorverá mais água e seus minerais estarão mais susceptíveis as ações de agente intempéricos.

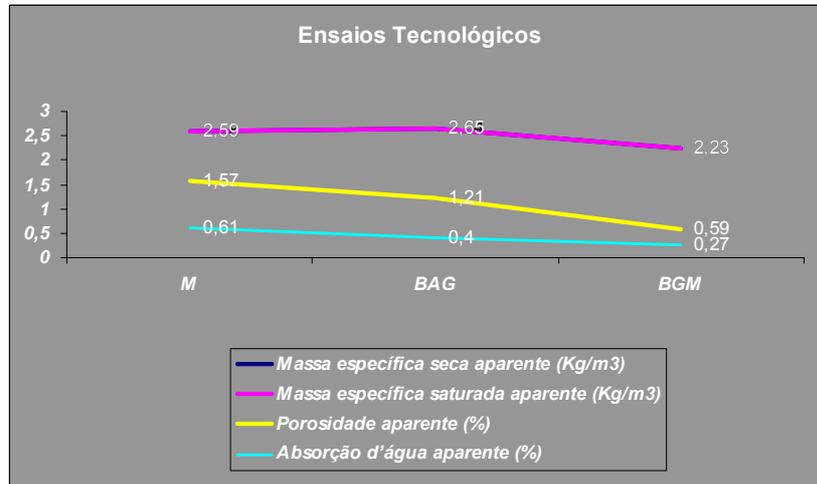


Figura 2. Ensaio tecnológicos das rochas monzogranito (M), biotita álcali granito (BAG) e biotita gnaiss monzogranito (BGM).

Para a resistência ao desgaste abrasivo (ensaio tipo *Amsler*), nota-se uma correlação direta entre este parâmetro e o teor de quartzo presente nas rochas estudadas (Figura 3). Esta correlação é citada na literatura, sugerindo estar relacionada com o grau de recristalização do quartzo e com a presença de intercrescimento nos cristais de k-feldspato, reduzindo assim a sua dureza.

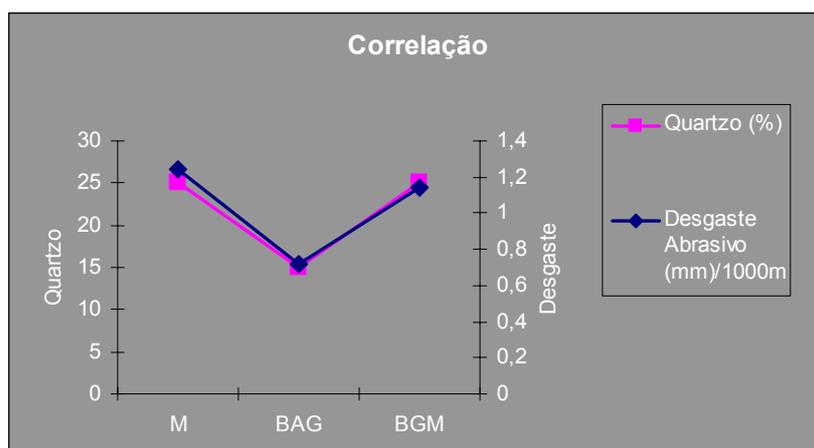


Figura 3. Correlação entre o teor de quartzo e o desgaste abrasivo das rochas monzogranito (M), biotita álcali granito (BAG) e biotita gnaiss monzogranito (BGM).

### 3. Conclusões

A tentativa de correlacionar resultados de ensaios tecnológicos e as características petrográficas das rochas estudadas foi satisfatória. A análise petrográfica pode permitir uma boa previsão dos resultados de ensaios tecnológicos de caracterização das rochas ornamentais como: massa específica aparente, porosidade aparente, absorção d'água e desgaste abrasivo *Amsler*, que influenciam no comportamento do material tanto na fase de utilização, como na sua evolução do decorrer do tempo.

Recomenda-se para futuros trabalhos uma análise mais aprofundada dos parâmetros petrográficos de maneira quantitativa, bem como a correlação dos mesmo, com outros ensaios tecnológicos não apresentados neste trabalho para as rochas estudadas.

### 4. Agradecimentos

Agradeço ao CNPQ pela bolsa e ao CETEM pela oportunidade, principalmente a equipe que faz parte da CATE/CACI, que contribuíram para a realização deste trabalho.

### 5. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Rochas para Revestimento – Análise Petrográfica. 2 p. 1992 (norma ABNT-NBR 12768).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Rochas para revestimento – Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente. 2p. 1992. (norma ABNT-NBR 12.766)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Materiais inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão. 3p. 1992. (norma ABNT-NBR 12.042)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Rochas para revestimentos – Análise Petrográfica. 2p. 1990. (norma ABNT-NBR 12.768)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone (C97/02 ). 2002

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard test method for abrasion resistance of stone subjected to foot traffic (C241/90). 2005

FRASCÁ, M. H. B. O.. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais e de Revestimento: Estudo Por Meio de Ensaio e Análises e das Patologias Associadas ao Uso. III SRONE, Recife-PE/Brasil, pp. 1-5. 2002.

FRAZÃO, E.B.; FARJALLAT, J.E.S.. Seleção de pedras para revestimento e propriedades requeridas. *Rev. Rochas de Qualidade*. nº 124:8p. 1995. São Paulo.

MELLO MENDES, F.. Mecânica das Rochas. Ed. Seção de Folhas da Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal. 1968. p 541.

- MELLO MENDES, F DE; AIRES-BARROS, L.; PERES RODRIGUES, F. The use of modal analysis in the mechanical characterization of rock masses. Proc. First Congress of International Societing of rock Mechanics. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. Vol. 1, 1966. pp 217-223.
- NAVARRO, F.C. Granitos Ornamentais: análise petrográfica na previsão do comportamento físico-mecânico. In: Atas II Congresso. Uruguaio de Geologia. Punta del Este, Uruguai. 1998. p. 103-107.
- NAVARRO, F.C.; ARTUR, A.C. e Rodrigues, E. de P. Modelos matemáticos na previsão do desgaste abrasivo e da resistência à flexão em “granitos” ornamentais, a partir de parâmetros petrográficos. In: VI Simp. de Geologia do Sudeste, São Pedro, SP. 1999. p.142.
- NAVARRO, F.C. E ARTUR, A.C. Correlação entre características petrográficas e propriedades tecnológicas de granitos ornamentais: proposição de equações matemáticas. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador, Bahia. 2001. p:45-52.
- NAVARRO, F.C. Caracterização Petrográfica como técnica para a previsão do comportamento físico e mecânico de “granitos” ornamentais. Dissertação de Mestrado IGCE/UNESP, Rio Claro, SP. 2002. 88p.
- RODRIGUES, E. DE P.; COUTINHO, J.M.V. E CHIODI FILHO, C. Petrografia microscópica: uma visão do passado, presente e futuro da rocha ornamental. *Rev. Rochas de Qualidade*. São Paulo. 1996. nº 127:80-84.
- RZHEVSKY, V. E NOVIK, G. 1971. The Physics of Rocks. Moscow, MIR Publishers, 320p.
- TUĞRUL A. & ZARIF, I.H. Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. *Engineering Geology*. 1999. 51:303-307.
- VUTIKURI, V.S.; LAMA, R.D. & SALUJA, S.S. Handbook on mechanical properties of rocks - Testing Techniques and Results. Clausthal, Germany. Vol 1. 1974. 280p.
- WHITTAKER B.N.; SINGH, R.N. E SUN, G. Rock. Fracture Mechanics – Principles, Design and Applications. Elsevier Science Publisher, Amsterdam. 1992. 570p.
- YOSHIDA, R. Contribuição ao conhecimento de características tecnológicas de materiais rochosos. 1972. São Paulo. 2v. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/USP).