

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE GRANITOS ORNAMENTAIS: A INFLUÊNCIA DA MINERALOGIA, TEXTURA E ESTRUTURA DA ROCHA. DADOS COMPARATIVOS E IMPLICAÇÕES DE UTILIZAÇÃO

Antonio Carlos Artur¹, Ana Paula Meyer² e Eberhard Wernick¹

¹ Depto. de Petrologia e Metalurgia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Paulista - UNESP, Caixa Postal 178, 13506-900, Rio Claro, SP

Fone: (19)526-2824 - Fax: (19)524-9644 - E_mail: acartur@rc.unesp.br

² Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Paulista - UNESP, Caixa Postal 178, 13506-900, Rio Claro, SP

Fone: (19)526-2824 - Fax: (19)524-9644

RESUMO

São confrontados dados mineralógicos, texturais e estruturais quantitativos com ensaios físico-mecânicos (incluindo a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas) de quatro tipos de granitos ornamentais do batólito Socorro (SP/MG). Foi constatada uma boa correlação entre os dois conjuntos de dados. Os resultados indicam: a importância da análise petrográfica quantitativa; o grande poder de informação da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas na caracterização tecnológica de rochas; e a eficiência da combinação destes dois aspectos (análises não destrutivas de baixos custos) na estimativa preliminar das características físico-mecânicas de rochas, o que recomenda a aplicação desta metodologia a rochas ornamentais antes de submetê-las a ensaios destrutivos de alto custo.

INTRODUÇÃO

Há longa data a prática do tempo de cantaria desenvolveu a correlação qualitativa de feições macroscópicas das rochas trabalhadas com algumas de suas características tecnológicas/estéticas. A determinação das "veias" (ou "corrida") da rocha para seu desmonte; a constatação de que granitos amarelados (uma cor de intemperismo) eram mais frágeis e porosos; que rochas levemente alteradas tinham um polimento mais rápido que suas equivalentes totalmente frescas; que cristais de pirita e magnetita em ardósias levam ao desenvolvimento de manchas ferruginosas nestas rochas após alguns anos de utilização como revestimento externo, são apenas alguns exemplos desta experiência acumulada. Estas correlações foram aprofundadas com estudos petrográficos, via microscópio, que permitem uma melhor caracterização mineralógica das rochas, do seu grau de alteração, dos tipos de contatos interminerais, da intensidade do microfissuramento mineral, da disposição espacial dos minerais, etc. O aprofundamento destas observações permitiu uma crescente avaliação qualitativa preliminar mais segura das principais características físico-mecânicas da rocha estudada e sua susceptibilidade em relação aos agentes químicos cada vez mais agressivos a que são submetidas cotidianamente (ar poluído, chuvas ácidas, produtos de limpeza domésticos).

A análise petrográfica está incorporada nas normas da ABNT de caracterização tecnológica de

rochas de revestimento. O maior empecilho para o aproveitamento prático desta análise são os poucos dados quantitativos dela emergentes, pois as análises petrográficas correntes, via de regra, se resumem a informações qualitativas, de aplicação restrita.

No presente trabalho os autores apresentam um estudo comparativo entre as principais características mineralógicas-texturais-estruturais quantitativas de diferentes "granitos" ornamentais do batólito Socorro (SP/MG) e seus ensaios tecnológicos. O estudo visa chamar a atenção da importância de determinados parâmetros petrográficos, de obtenção simples, na avaliação preliminar das características físico-mecânicas de rochas ornamentais e ressaltar, paralelamente, as importantes informações oferecidas pela velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas.

O BATÓLITO SOCORRO

O batólito Socorro (Figura 1) situa-se na porção nordeste do Estado de São Paulo e áreas contíguas do Estado de Minas Gerais. Com uma área de exposição de cerca de 2.200 km² e forma alongada, ligeiramente retangular, com orientação geral NE-SW, corresponde a uma expressiva manifestação do magmatismo granitóide brasileiro. Os contatos do batólito com suas encaixantes são predominantemente tectônicos, através de expressivas falhas de empurrão de orientação NE-SW e vergência para NW e de transcorrência dextrais NE-SW e suas conjugadas N-S. Os mesmos tipos de falhas também cortam o batólito definindo no seu interior espessas zonas tectonizadas, onde granitos megaporfíricos são transformados em gnaisses ocelares. As rochas encaixantes estão representadas pelos grupos Amparo ("grey gneisses" do Arqueano, migmatizados no Proterozóico Inferior e Superior), Itapira (metassedimentos e metavulcânicas do Proterozóico Inferior que sofreram metamorfismo de médio grau e migmatização parcial no Proterozóico Superior) e Pinhal (ortognaisses graníticos migmatizados no Neoproterozóico).

O batólito Socorro compreende quatro associações magmáticas plutônicas distintas representadas pelas suítes Socorro I, Socorro II, Piracaia e Nazaré Paulista (Artur et al., 1993). A associação Socorro I representa um plutonismo cálcio-alcálico de médio a alto potássio, constituída essencialmente por sieno- e monzogranitos megaporfíricos. A associação Socorro II inclui rochas cálcio-alcálicas a álcali-cálcicas de alto potássio, cujas rochas são predominantemente equigranulares e

de composição essencialmente sieno- a monzograníticas. A associação Piracaia (Wernick et al., 1997; Wernick & Menezes, 2001) é de natureza transalcalina potássica, representada predominantemente por quartzo monzonitos a quartzo monzodioritos equigranulares, inequigranulares a porfíricos. A associação Nazaré Paulista representa um magmatismo crustal peraluminoso, compreendendo essencialmente rochas inequigranulares sienograníticas a granodioríticas (Wernick et al., 1987).

Os quatro tipos de granitos são ou foram lavrados como granitos ornamentais. O tipo Socorro I é explorado sob a forma de biotita gnaisses ocelares de zonas de cisalhamento, onde ocorreu, pela deformação, a geração de quartzo azul de nome comercial Azul Fantástico. Biotita granitos porfíricos vermelhos do tipo Socorro II são comercializados como Vermelho Bragança. Biotita-hornblenda monzonitos finos a médios do magmatismo Piracaia são conhecidos comercialmente como Preto Piracaia e granada granitos cinza claros a esbranquiçados, heterogêneos, do magmatismo Nazaré Paulista foram comercializados como Branco Nazaré (Figura 1).

ASPECTOS PETROGRÁFICOS E ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Foram executadas análises mineralógicas, texturais e estruturais (Tabela 1) dos quatro tipos de granitos ornamentais acima definidos. As amostras estudadas incluíram rochas equigranulares de granulação média e fina (Preto Piracaia), porfírica de matriz média (Vermelho Bragança), megaporfírica ocelares de matriz média/grossa (Azul Fantástico) e rochas inequigranulares, média a pegmatóides (Branco Nazaré). Quanto à estrutura englobaram rochas fracas a medianamente deformadas, de foliação cerrada, com espaçamento milimétrico, mas pouco penetrativa e aparente (Preto Piracaia); rochas pouco deformadas, homogêneas (Vermelho Bragança); fortemente deformadas com foliação penetrativa de espaçamento centimétrico (Azul Fantástico) e rochas com estrutura interna heterogênea devido a coexistência de manchas difusas com granulação muito variável, típico dos granitos anatóticos crustais (Branco Nazaré). Quanto à mineralogia, incluíram rochas com elevados (Preto Piracaia), medianos (Azul Fantástico) e baixos (Vermelho Bragança e Branco Nazaré) teores de minerais máficos (ferromagnesianos). Também o teor de quartzo é muito variável, sendo particularmente baixo no tipo Preto Piracaia. Quanto aos minerais máficos a paragênese biotita-anfíbólio é típica do Preto Piracaia; biotita ocorre no Vermelho Bragança e no Azul Fantástico, enquanto biotita e granada caracterizam o Branco Nazaré.

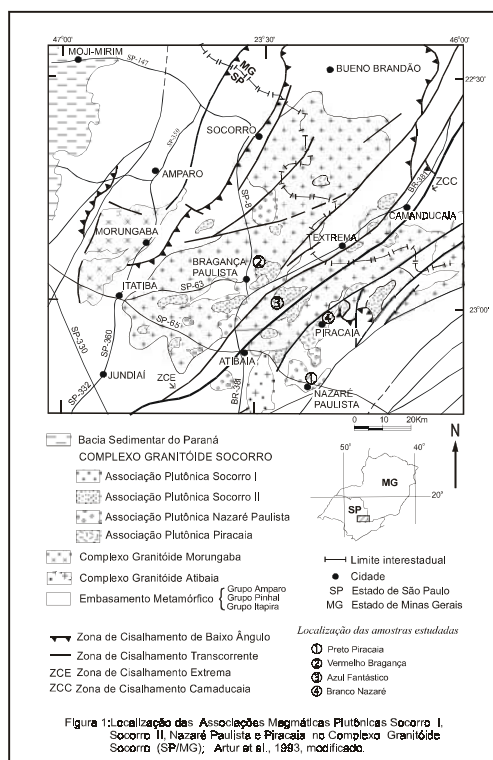


Tabela1: Síntese dos dados petrográficos das amostras ensaiadas constituintes do Complexo Socorro (SP/MG).

Mineralogia %	Nome Comercial		Preto Piracaia (médio/fino)		Preto Piracaia (fino)		Vermelho Bragança		Azul Fantástico		Branco Nazaré	
	Amostra	PMA	PMB	PFA	PFB	VB1	VB2	AF1	AF2	NP1	NP2	
Quartzo (total / megacrístais)	1,7	2,0	0,8	1,3	0,8	24,5 / 3,0	26,5 / 3,2	22,3	22,2	29,4	31,0	
Plagioclásio	34,6	33,1	34,3	35,3	34,3	28,9	29	28,9	29,9	28,8	25,4	
Microclínio (total / megacrístais)	30,4	28,6	24,9	23,9	24,9	41,4 / 10	39 / 9,4	29 / 24,0	31,1 / 19,1	34,2	37,9	
Biotita	23,1	23,6	26,4	25,3	26,4	4,9	5,3	17,9	15,3	2,0	1,7	
Hornblenda	4,1	5,2	7,1	6,9	7,1	--	--	--	--	--	--	
Granada	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,6	3,0	
Titanita	3,0	2,8	2,5	3,1	2,5	--	--	0,4	0,2	--	--	
Zircão	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	--	--	
Apatita	0,8	1,0	0,8	0,9	0,8	Tr	Tr	0,3	0,2	--	--	
Opacos	0,9	1,6	1,6	2,0	1,6	0,3	0,2	0,5	0,6	Tr	Tr	
Epidoto	1,4	2,1	1,6	1,3	1,6	Tr	Tr	0,7	0,5	--	--	
Muscovita	--	--	--	Tr	--	--	--	--	--	0,6	0,4	
Sericita/clorita/carbonato	Tr/Tr/Tr	Tr/Tr/Tr	Tr/Tr/Tr	Tr/Tr/0,3	Tr/Tr/Tr	Tr/-/-	Tr/-/-	Tr/-/Tr	Tr/-/Tr	Tr/-/Tr	Tr/-/Tr	
Índice de coloração 100 - (quartzo+total feldspatos)	33,3	38,3	40	39,5	40	5,2	5,5	19,8	16,8	7,6	5,7	
Índice de quartzo 100x(qtzo/qtzo+total feldspatos)	2,1	3,1	1,3	2,1	1,3	25,8	28	27,8	26	31,8	32,9	
Granulação (mm)	Variação	0,3 a 4,0	0,3 a 4,0	0,2 a 2	0,2 a 2	--	--	--	--	0,5 a 10	0,5 a 10	
	Predominância	0,5 a 0,7	0,5 a 0,7	0,3 a 0,5	0,3 a 0,5	--	--	--	--	2,5	2,5	
	Matriz	--	--	--	--	--	0,5 a 3	0,5 a 3	2 a 8	2 a 8	--	--
Fenocristal	--	--	--	--	--	10 a 30	10 a 30	20 a 50	20 a 50	--	--	
Classificação (QAP)	Monzonito médio/fino		Monzonito fino		Monzogranito porfíritico		Biotita Monzogranito Megaporfíritico		Monzogranito Inequigranular		Isotrópia Inequigranular	
Estrutura	Moderadamente foliado Inequigranular		Discretamente foliado Equigranular		Porfíritico serial		Gnaissificada Megaporfíritico serial		Gnaissificada		Inequigranular	
Índice de microfissuramento (100 x nº de microfissuras / mm²)	40	40	24	21	24	100	70	64	40	60	60	
Côncavo / convexo	83,7	82,5	88,3	86,3	88,3	57,7	33,0	57,8	64,0	82,0	84,0	
Serrilhado	--	--	--	--	--	35,45	48,0	19,1	7,0	--	--	
Plano	16,3	17,5	11,7	13,7	11,7	9,0	11,5	23,1	29,0	18,0	16,0	
Microclínio	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	
Plagioclásio	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	Incipiente a moderado	
Biotita	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	
Hornblenda	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	--	--	--	--	--	--	

Além da composição mineralógica modal, foram calculados os índices de coloração [100 – (quartzo + feldspatos)], o índice de quartzo ($100 \times \text{quartzo} / (\text{quartzo} + \text{feldspatos})$), o grau de microfissuramento mineral ($100 \times \text{número de microfissuras} / \text{mm}^2$), o grau de alteração dos minerais da rocha (Tabela 1), além da proporção modal entre os minerais claros (diagrama QAP; Figura 2A) e o diagrama textural de contatos interminerais (Figura 2B).

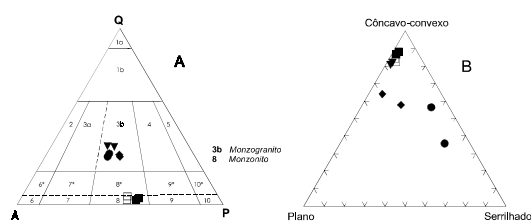


Figura 2: Classificação modal das amostras estudadas (A) e sua caracterização textural quanto aos contatos interminerais (B). Símbolos e siglas: □ Preto Piracaia médio / fino (PM); ■ Preto Piracaia fino (PF); ● Vermelho Bragança (VB); ◆ Azul Fantástico (AF); ▼ Branco Nazaré.

Após a análise petrográfica as amostras foram submetidas aos seguintes ensaios físico-mecânicos: massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente, absorção d'água, desgaste abrasivo Amsler; resistência à compressão uniaxial simples, módulo de ruptura (flexão 3 pontos), resistência à flexão na tração (flexão 4 pontos), resistência ao impacto e velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. Todos os ensaios foram executados no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE/UNESP, em Rio Claro, SP, seguindo normatizações estabelecidas pela ABNT e ASTM. Os dados foram complementados com os coeficientes de dilatação térmica linear extraídos da literatura (IPT, 2000) para os tipos Preto Piracaia (variedade média/fina), Vermelho Bragança e Azul Fantástico, enquanto o do Branco Nazaré foi obtido no já mencionado laboratório (Tabela 2).

CORRELAÇÃO ENTRE ASPECTOS PETROGRÁFICOS E DADOS TECNOLÓGICOS

Algumas correlações entre dados petrográficos e valores físico-mecânicos são diretas e evidentes. Enquadram-se nesta categoria o grau de microfissuramento e a porcentagem de porosidade aparente (Figura 3A) e a porcentagem de absorção d'água (Figura 3B). Esta correlação fica mais expressiva levando-se em consideração: (1) que o grau de alteração nas diferentes rochas ensaiadas é aproximadamente igual (Tabela 1); (2) que a relação entre os diferentes tipos de contatos interminerais varia pouco de rocha para rocha (Figura 2B) e (3) que a relação volumétrica entre os minerais siálicos é aproximadamente constante, com exceção do Preto Piracaia (Figura 2A).

Tabela 2: Resultados dos ensaios tecnológicos executados em amostras constituintes do botólito Socorro (SP/MG).

Ensaio Tecnológico		Rocha	Preto Piracaia (médio)	Preto Piracaia (fino)	Vermelho Bragança	Azul Fantástico	Branco Nazaré
Índices físicos	Massa específica seca aparente (kg/m ³)		2,82	2,85	2,61	2,69	2,61
	Massa específica saturada aparente (kg/m ³)		2,83	2,88	2,63	2,71	2,62
	Porosidade aparente (%)		0,38	0,34	0,89	0,68	0,80
	Absorção d'água aparente (%)		0,13	0,12	0,34	0,25	0,31
Desgaste abrasivo Amsler (mm) / 1000m			1,0	0,83	0,73	0,51	0,67
Compressão uniaxial simples (MPa)			205	220	218	151	172
Módulo de ruptura (flexão 3 pontos) (MPa)			15,1	28,6	17,5	10,2	12,7
Resistência à flexão na tração (flexão 4 pontos) (MPa)			16,5	24,4	11,0	8,2	13,6
Impacto de corpo duro (cm)			67	66	53	40	56
Dilatação térmica linear x 10 ⁻³ mm / m °C			---	6,3*	6,4*	5,9*	5,2
Velocidade do pulso ultra-sônico (m/s)			5183	5318	5108	4490	5083

* IPT (2000)

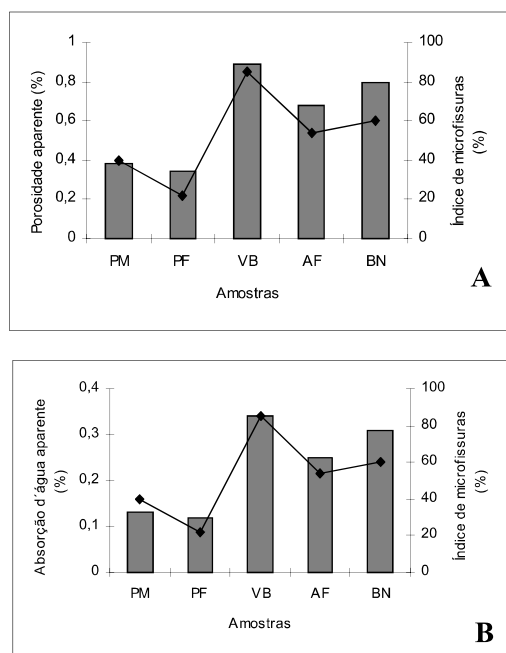


Figura 3: Índice de microfissuramento (linha) e porosidade aparente (A) e absorção d'água aparente (B) (barras) para diferentes rochas do batólito Socorro. (PM - Preto Piracaia Médio; PF - Preto Piracaia Fino; VM - Vermelho Bragança; AF - Azul Fantástico; BN - Branco Nazaré)

Uma medida indireta conjunta que integra o microfissuramento e a intensidade de entrelaçamento mineralógico da rocha é fornecido pela velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. Em rochas texturalmente compactas, as ondas ultra-sônicas propagam-se mais rapidamente do que em rochas texturalmente debilitadas. A correlação direta entre esta velocidade de propagação e as resistências à compressão uniaxial, ao módulo de ruptura (flexão 3 pontos) e resistência à flexão na tração (flexão 4 pontos) estão visualizados na Figura 4. Esta correlação aumenta de importância tendo em vista que não foram considerados como coeficiente de ajustes, dados sobre a relação angular entre a superfície das placas pétreas e à foliação da rocha.

Quanto à resistência ao desgaste abrasivo (ensaio tipo Amsler) existe uma correlação direta entre este parâmetro e o teor de quartzo (ou índice de quartzo) das amostras ensaiadas (Figura 5). Quanto à massa específica aparente seca, a mesma mostrou estreita correlação com o índice de coloração das rochas (Figura 6).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A comparação entre os resultados mineralógicos, texturais e estruturais quantificados com as características físico-mecânicas de diferentes granitos ornamentais do batólito Socorro (SP/MG) permitem as seguintes considerações e conclusões:

- Uma correlação direta entre o grau de microfissuramento das rochas e sua porosidade aparente e sua capacidade de absorção de água (Figura 3). O grau de microfissuramento é mais intenso nas rochas isotrópicas (Vermelho Bragança e Branco Nazaré) que em rochas foliadas (Preto Piracaia e Azul Fantástico). Enquanto que rochas não deformadas, principalmente de granulação fina a média, equigranulares ou inequigranulares, mantêm o microfissuramento resultante da contração durante o resfriamento magmático sob determinado regime de esforço, sendo que nas rochas foliadas a recristalização mineral elimina parte das microfissuras geradas durante a deformação. Também existe uma correlação qualitativa entre o grau de microfissuramento e o coeficiente de dilatação térmica. Enquanto em rochas com baixo grau de microfissuramento a dilatação se reflete diretamente num aumento do volume, em rochas com elevados graus de microfissuramento parte da dilatação é absorvida pelo fechamento das microfissuras;
- Uma correlação direta entre a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas nas rochas ensaiadas e sua resistência à compressão uniaxial, módulo de ruptura, flexão na tração e coeficiente de dilatação linear (Figura 4). Estes valores apresentam também correlação com uma combinação do grau de microfissuramento (Tabela 1), e dos contatos interminerais (Figura 2B), ambos quantificados. Sobre aspecto qualitativo também mostram correlação com a granulação (Preto Piracaia), tamanho relativo dos grãos (Vermelho Bragança e Azul Fantástico) e variação lateral na granulação (Branco Nazaré), além do grau de deformação, que neste estudo foi apenas estimado (Tabela 1) mas não quantificado através de uma análise da deformação (orientação da clivagem em palhetas de micas e do eixo "C" em grãos de quartzo).
- Uma correlação direta entre o teor de quartzo da rocha, ou seu índice de quartzo, com a resistência ao desgaste abrasivo tipo Amsler (Figura 5);
- Uma correlação direta entre o índice de coloração das rochas e sua massa específica aparente seca (Figura 6).

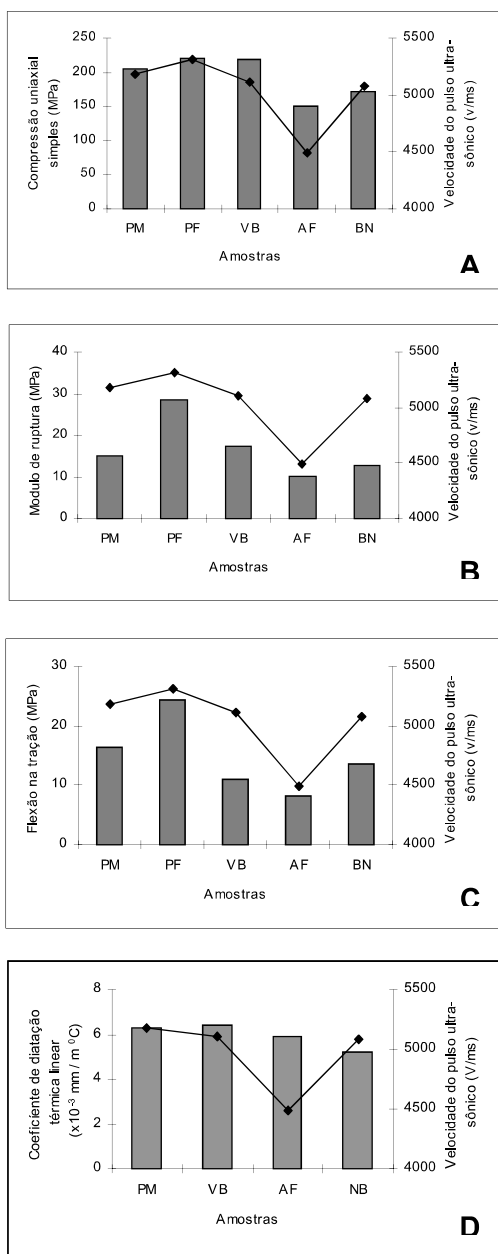


Figura 4: Velocidade do pulso ultra-sônico (linha) com compressão uniaxial (A), módulo de ruptura (B), flexão na tração (C) e coeficiente de dilatação térmica linear (D) (barras) para diferentes rochas do batólito Socorro. (siglas de acordo com figura 3).

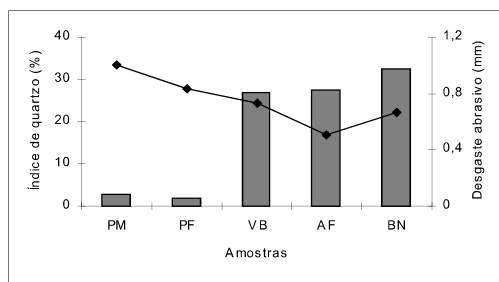


Figura 5: Valores de desgaste abrasivo (linha) e Índice de quartzo (barras) em diferentes rochas do batólito Socorro; (siglas de acordo com figura 3).

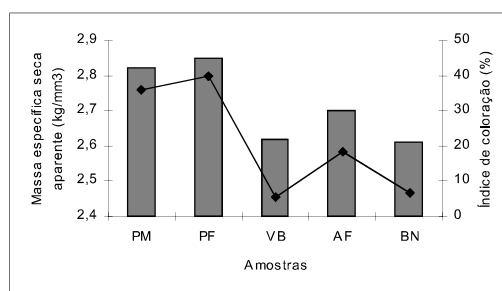


Figura 6: Índice de coloração (linha) e massa específica seca aparente (barras) em diferentes rochas do batólito Socorro; (siglas de acordo com figura 3).

Os dados petrográficos e os ensaios tecnológicos aliados com aspectos estéticos permitem definir claramente a utilização das rochas estudadas:

- O Preto Piracaia, apesar de sua menor resistência ao desgaste abrasivo, apresenta estrutura muito compacta, alta resistência à compressão e ao impacto e baixo coeficiente de dilatação. Este conjunto faz desta rocha uma requisitada base para instrumentos científicos e robótica. Além disso, a sua coloração escura o recomenda como revestimento verticais e em objetos de arte, mas seu emprego como revestimento horizontal em áreas de grande tráfego deve ser evitado;
- O Vermelho Bragança apresenta um conjunto de características físico-mecânicas de alta qualidade que, aliado a sua cor vermelha e textura porfirítica, recomenda sua utilização tanto em revestimentos verticais quanto horizontais, tampos, objetos de decoração, etc. Entretanto, seu elevado grau de microfissuramento que se reflete numa elevada capacidade de absorção de água, recomendam cuidados no seu emprego em locais de elevada umidade e exposição a agentes químicos agressivos;
- O Azul Fantástico tem capacidade de absorção de água menor que o Vermelho Bragança e o Branco Nazaré, um aspecto positivo desta rocha que também resiste muito bem ao desgaste

abrasivo. Sua maior limitação é a relativamente baixa resistência ao impacto refletindo uma textura pouco compacta, um aspecto claramente evidenciado pela velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. Este aspecto recomenda a sua utilização principalmente em revestimentos horizontais e verticais de edificações residenciais que serão valorizadas pelo aspecto estético (coloração azulada) da rocha;

- Para o Branco Nazaré são válidas, basicamente, as principais considerações feitas para o Vermelho Bragança. Entretanto, o maior problema deste granito reside na obtenção de placas homogêneas já que sua origem, por fusão incipiente de sedimentos aluminosos, implicam em texturas heterogêneas, de finas a grossas e até pegmatíticas, com rápidas flutuações laterais, na concentração local preferencial de quartzo e feldspato e na ocorrência de "peixes" de biotita (enclaves surmicáceos), resíduos da fusão. Além disso, a presença de granadas, que atingem freqüentemente dimensões centimétricas e se concentram em faixas irregulares, sugere problemas com a escarificação deste material em áreas de grande tráfego e o surgimento de manchas de óxidos e hidróxidos de ferro pela decomposição da granada em ambientes úmidos e na presença de agentes químicos agressivos.

O presente trabalho mostra que a análise mineralógica-textural-estrutural quantitativa de granitos ornamentais, aliados a um ensaio tecnológico não destrutivo (velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas) permitem com boa precisão avaliar tanto a porosidade da rocha, sua capacidade de absorção d'água, sua massa específica e seu coeficiente de dilatação térmica linear e suas características obtidas através de ensaios destrutivos (impacto, compressão, flexões, desgaste). Como estes dois ensaios são também os menos onerosos na avaliação tecnológica de granitos ornamentais, constituem um exame preliminar de baixo custo que decidirá a conveniência da submissão da rocha a ensaios destrutivos complementares. Infelizmente, até agora, a Norma ABNT - NBR 12768 (análise petrográfica) não explicita claramente os dados quantitativos mineralógicos-texturais-estruturais que deveriam constar desta análise. Recomenda-se, portanto, uma profunda revisão desta norma.

AGRADECIMENTO

A autora A.P. Meyer agradece à FAPESP através dos Processos 99/10453-3 e 01/02681-8, e os autores A.C. Artur e E. Wernick à FAPESP através do Processo 97/10698-0) e ao CNPq através dos Processos 300319/81-9 e 500459/90-8, que direta ou indiretamente deram suporte à presente pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; HÖRMANN, P.K; WEBER-DIEFENBACH, K. 1993. Associações plutônicas do Complexo Granitóide Socorro (Estados de São Paulo e Minas Gerais, SE Brasil). *Rev. Bras. Geoc.*, 23(3):265-273.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 2000. Catálogo das rochas ornamentais e de Revestimento do Estado de São Paulo. Coordenado por M.H.B. de O. FRASCÁ – São Paulo: IPT/SCTDE. CD-ROM (Publicação IPT 2651).

WERNICK, E. & MENEZES, A. do C. 2001. The Late Precambrian K-alkaline magmatism in the Ribeira Fold Belt: a case study of the Piracaia pluton, State of São Paulo, SE Brazil, and its potential mineralization (Cu, Zn, Gd). *J. of Asian Earth Sciences*, 19:347-373.

WERNICK, E.; WEBER-DIEFENBACH, K; CORREIA, P.R. 1987. O granitóide Nazaré Paulista: dados petrográficos, químicos e de tipologia de zircão. In: SIMP. REG. GEOL., 6 Rio Claro, 1987. *Atas...* São Paulo, SBG-NSP., v.1, p. 123-134.

WERNICK, E. ARTUR, A.C.; HÖRMANN, P.K; WEBER-DIEFENBACH, K. 1997. O magmatismo alcalino potássico Piracaia, SP (SE Brasil): aspectos composicionais e evolutivos *Rev. Bras. Geoc.*, 27(1):53-66.