CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO MACIÇO CAPÃO BONITO, SP

Thiago Motta BOLONINI [1] & Antonio Misson GODOY [2]

(**1**) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista / UNESP. Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: thiagotro@gmail.com
(**2**) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista / UNESP. Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: mgodoy@rc.unesp.br

Introdução
Geologia Regional
Geologia Local
Aspectos Geológicos
Aspectos Estruturais
Aspectos Litológicos e Petrográficos
Geoquímica
Ensaios Tecnológicos
Ataque Químico
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – O Maciço Granítico Capão Bonito localiza-se no sul do estado de São Paulo na forma de um corpo alongado de direção geral NE-SW, intrusivo em rochas epimetamórficas do Grupo Açungui (Formação Votuverava) e em rochas graníticas do Complexo Três Córregos e parcialmente encoberto por rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Grupo Itararé). É constituído por sienogranitos vermelhos, holo- a leucocráticos com biotita e rara hornblenda, inequigranulares de granulação média a grossa a porfiríticos e isotrópicos a levemente cataclásticos nas zonas marginais. Suas rochas foram analisadas quanto aos aspectos petrográficos (composição, estrutura e textura), químicos (elementos maiores), físico-mecânicos (absorção d'água, resistências ao desgaste por abrasão, impacto de corpo duro e a esforços de compressão e tração) e ao ataque químico. Os resultados foram comparados aos valores normatizados sugeridos para rochas graníticas utilizadas com fim ornamental. As rochas do maciço apresentam características composicionais, texturais, estruturais (relativas à isotropia) e químicas (elementos maiores) bastante homogêneas. As variedades do sienogranito denominado comercialmente como Granito Vermelho Capão Bonito ou *Rubi Red Granite* mostraram nos ensaios resultados bastante similares entre si, com algumas variações na resistência físico-mecânica decorrentes da penetratividade das deformações rúpteis na região mapeada, evidenciadas por diferenças no índice microfissural.
Palavras-chave: Capão Bonito, granitos, ensaios tecnológicos, rochas ornamentais.

ABSTRACT – *T.M. Bolonini & A.M. Godoy - Technological characterization of dimension stones in Capão Bonito granitic massif, SP*. The Capão Bonito Granitic Massif is situated in the south portion of the São Paulo State and represents an elongate body with general direction NE-SW, intrusive in epimetamorphic rocks of Açungui Group (Votuverava Formation), and in granitic rocks of the Três Córregos Complex. It is partially covered by sedimentary rocks of the Paraná Basin (Itararé Group). As the chief type we have red sienogranite, holo to leucocratic with biotite and rare hornblende, inequigranular with medium to coarse grains to porphiritic and isotropic to slightly cataclastic textures of marginal zones. This granite was analyzed for petrographics (composition, structure and texture), chemical composition (major elements), physical and mechanical (water absorption, resistance to abrasion, impact of hard body and efforts of compression and traction) and chemical attack aspects. The results were compared to suggested values for granitic rocks used for ornamental purposes. The whole massif shows compositional, textural, structural (related to isotropy) and chemical (major elements) characteristics very homogeneous. The varieties of sienogranite named commercially as Capão Bonito or *Rubi Red Granite* showed results very similar to each other, with some variations in the physical and mechanical resistance resulting of the penetrative brittle deformation of regional occurrence, evidenced by differences in the microfissural index.
Keywords: Capão Bonito, granite, technological analysis, dimension stone.

INTRODUÇÃO

O Maciço Granítico Capão Bonito ocorre no sul do estado de São Paulo. Aflora em parte das folhas topográficas em escala de 1: 50.000 de Capão Bonito e Guapiara, entre as coordenadas 48º35'44" - 48º19'00" W e 24º1'00" - 24º7'40" S.

O estudo das rochas do maciço apresenta a caracterização dos aspectos geológicos, petrográficos, estruturais, geoquímicos (teores de elementos maiores) e tecnológicos das rochas do Maciço Capão Bonito direcionados à utilização como rocha ornamental. As

amostras do maciço foram selecionadas por sua similaridade composicional, estrutural e estética com as rochas comercializadas sob a denominação de Granito Vermelho Capão Bonito e para exportação *Rubi Red Granite*.

Para os ensaios de caracterização tecnológica (físico-mecânicos) foram selecionadas amostras em três minerações, sendo duas lavras em atividade, minerações Somibras e Granito Pires e uma inativa com o objetivo de caracterizar tecnologicamente a resistência físico-mecânica de rochas extraídas em diferentes pontos deste corpo magmático. Esta caracterização visa propiciar parâmetros técnicos para a sua utilização, frente às diversas situações de solicitação as quais podem ser submetidas quando aplicadas como revestimento ou como simples peça de ornamentação. Para os ensaios de ataque químico foram utilizadas amostras em seções polidas da lavra da Mineração Granito Pires.

A partir desta concepção espera-se agregar ao conhecimento geológico do Maciço Granítico Capão Bonito os parâmetros técnicos obtidos, direcionados ao estudo das rochas ornamentais, possibilitando um melhor aproveitamento econômico deste bem mineral, bem como possibilitar parâmetros técnicos mais precisos para as suas diversas utilizações arquitetônicas, estéticas e funcionais na construção civil.

GEOLOGIA REGIONAL

A área insere-se na Província Mantiqueira (Almeida, 1967; Hasui & Oliveira, 1984), na região sul do Cinturão de Dobramentos Sudeste (Cordani et al., 2000). A Província Mantiqueira Central (Heilbron et al., 2004) é subdividida em grandes compartimentos geotectônicos que são construídos e justapostos a partir da movimentação relativa horizontal e vertical ao longo das zonas de cisalhamento regionais de direção NE-SW.

O Maciço Capão Bonito encontra-se inserido no Terreno Apiaí que é constituído pelas rochas metassedimentares mesoproterozóicas do Grupo Açungui (Fiori, 1990; Campanha 1991) composta na base pela unidade metavulcano sedimentar da Formação Perau, seguido pela Formação Votuverava e Formação Águas Claras e nas rochas granitóides neoproterozóicas sin-colisionais do Complexo Três Córregos.

O episódio intrusivo pós-colisional anorogênico é marcado por intrusão de plútons graníticos rasos do tipo Capão Bonito segundo Prazeres Filho et al. (2003) (Figura 1).

Um dos primeiros trabalhos publicados desta região é voltado para atividades de prospecção e ocorreu em 1934 para o DNPM. As atividades de mineração na região se intensificaram em 1974,

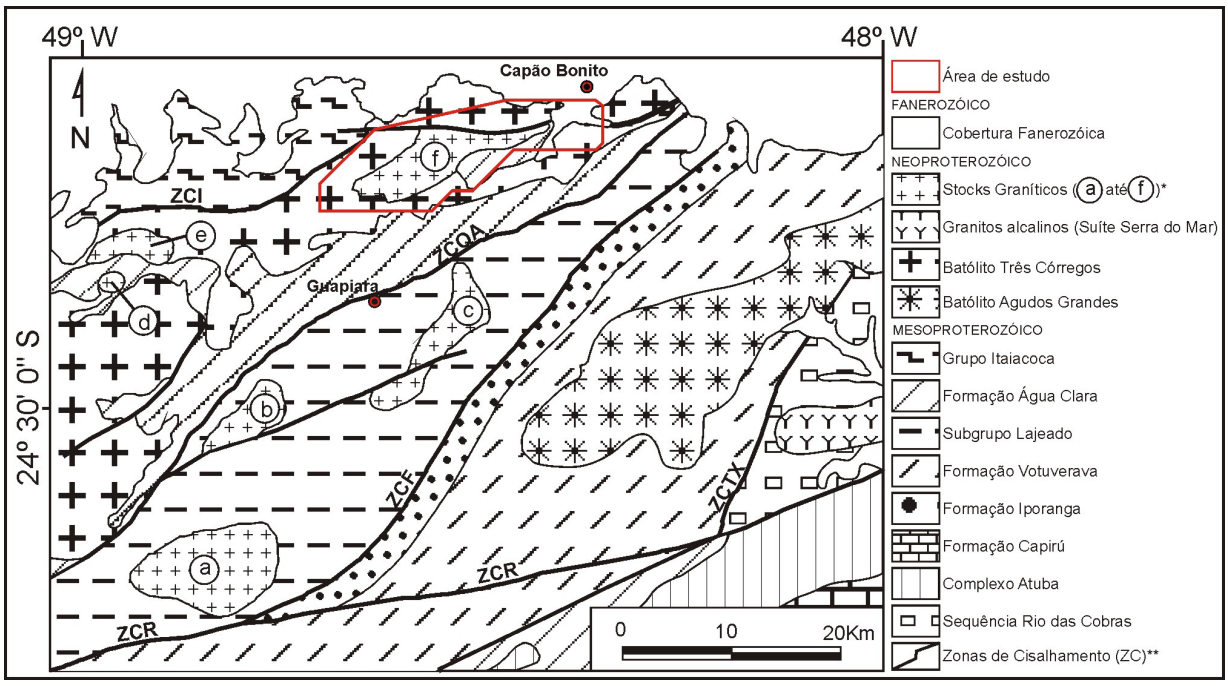


FIGURA 1. Mapa esquemático das principais unidades geológicas do sul-sudeste do Estado de São Paulo e norte do Estado do Paraná. Modificado de Prazeres Filho et al. (2003). Legenda: (*) a. Itaóca, b. Apiaí, c. Espírito Santo; d. Correas; e. Sguário; f. Capão Bonito. (**) ZCTX - Taxaquara; ZCR - Ribeira; ZCF - Figueira; ZCQA - Quarenta Oitava; ZCI – Itapirapuã.

abrangendo partes dos municípios de Capão Bonito, Guapiara e Itapeva, a partir dos primeiros requerimentos de autorização de pesquisa. Trabalhos de pesquisa mineral foram realizados em 1972 pelo convênio DNPM/CPRM em escala 1:10.000 que contemplou os municípios de Capão Bonito, Guapiara, Apiaí, Iporanga, Itapeva, Ribeirão Branco e Itararé.

O primeiro mapeamento da Folha Capão Bonito em escala 1:100.000 foi elaborado em 1968 para o DNPM e posteriormente foi realizado por Chiodi Filho et al. (1983) em escala 1:50.000 e que apresenta o Granito Capão Bonito delimitado a norte pela falha de Capão Bonito, ao sul pela falha do Bairro dos Alves e a leste por uma faixa de quartzitos do Grupo Açungui.

Pequenas alterações na sua delimitação ocorrem nos mapas geológicos de integrações do estado de São Paulo em escala 1:500.000 elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica -IPT (Bistrichi et al., 1981; Almeida et al., 1981), no Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado de São Paulo (IPT, 1990) e no mapa em escala 1:750.000 elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2006).

Trabalho específico de geocronologia em rochas do maciço deve-se a Leite (2003) que apresenta para o granito Capão Bonito, através do método U-Pb em zircão, a idade de 564 ± 8 Ma.

Trabalhos de cunho geofísico foram realizados por Souza Júnior & Porsani (2003) e Porsani et al. (2005) que permitiram subsidiar uma melhor cubagem da jazida, direcionar as frentes de lavras, definir as áreas densamente fraturadas e as continuidades físicas do fraturamento, além da delimitação das intrusões de rochas básicas presentes e da espessura do capeamento na frente de lavra da pedreira Somibras.

GEOLOGIA LOCAL

Aspectos Geológicos

As rochas do Maciço Capão Bonito afloram junto à borda da Bacia do Paraná e encontram-se distribuídas homogeneamente em um corpo apresentando forma alongada cujo eixo maior apresenta comprimento de 20 km e direção geral NE-SW, segundo a direção das principais zonas de cisalhamento, e uma largura média de 5,5 km, perfazendo uma área aproximada de 110 km^2. No extremo NE da área estudada ocorrem pequenos corpos aflorantes, e que se encontram parcialmente encobertos por sedimentos recentes (Figura 2).

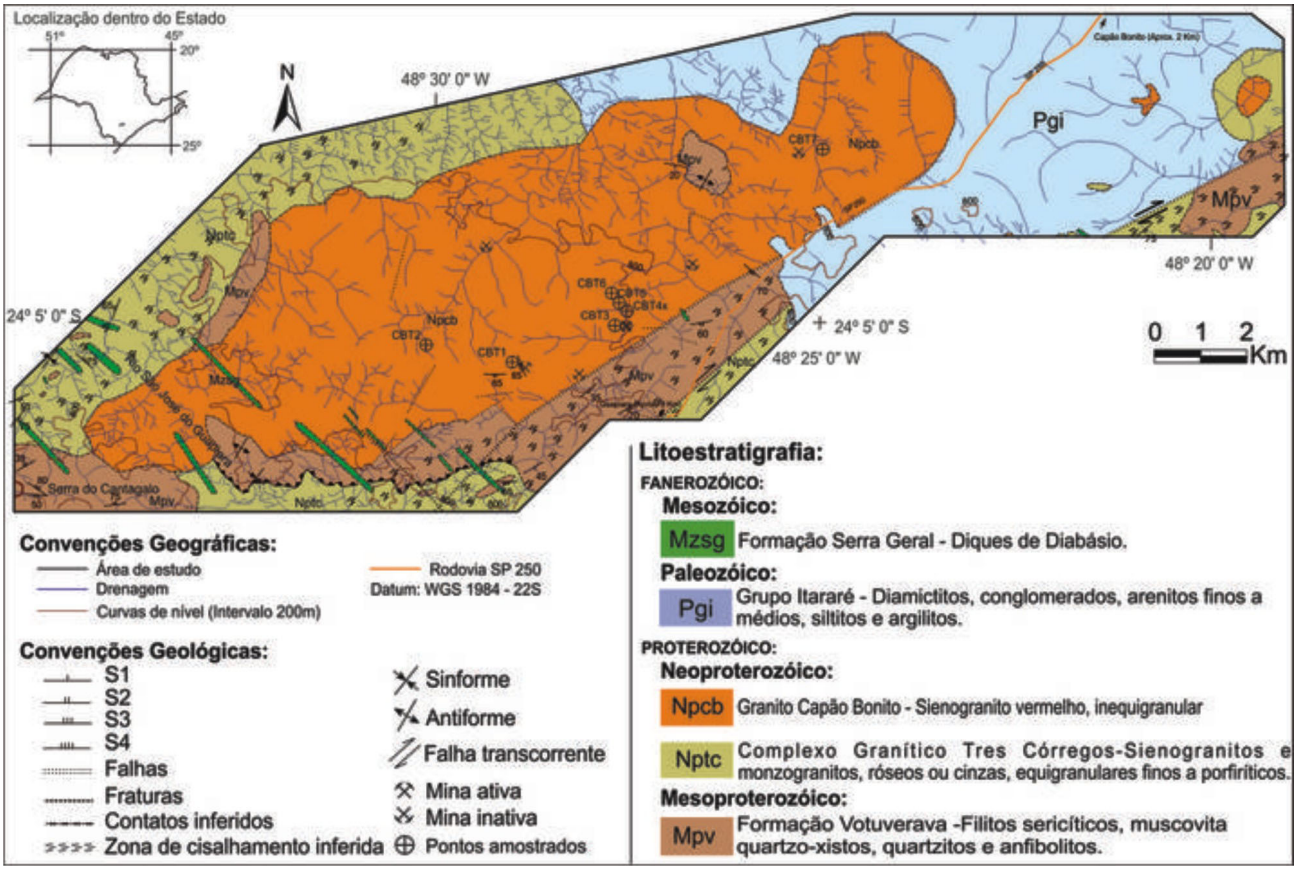


FIGURA 2. Mapa geológico da região de Capão Bonito (Bolonini & Godoy, 2010; 2011).

As rochas neoproterozóicas do Maciço Granítico Capão Bonito são intrusivas em rochas de idade mesoproterozóica do Grupo Açungui, representado na área pela Formação Votuverava, constituída dominantemente por filitos, muscovita xistos, quartzitos e mais raramente por anfibolitos e em biotita sieno- a monzogranitos porfiríticos róseos a cinzas do Batólito Granítico Três Córregos.

A região central e norte caracterizam-se por uma área arrasada constituindo um planalto entre os fortes da serrania com poucos afloramentos na forma de matacões expostos. No contato norte do maciço encontra-se pequenas lavras ou exposições de rochas associadas principalmente nas cabeceiras das drenagens. O contato noroeste e norte ocorrem com rochas graníticas do Complexo Três Córregos e com as rochas metassedimentares da Formação Votuverava, a partir da Falha de Capão Bonito (Chiodi Filho et al., 1983) ou de falhamentos da Zona de Cisalhamento Itapirapuã (Prazeres Filho et al., 2003).

As porções sul e sudoeste do corpo apresentam-se mais íngremes e encontram-se mais dissecadas e erodidas, apresentando inúmeras exposições das litologias do maciço na forma de um grande número de matacões e lajedos expostos com coberturas de solo menos espessas, contribuindo para o direcionamento das frentes de lavra.

O limite sul do maciço encontra-se delimitado por contatos normais e tectônicos principalmente com as rochas metassedimentares da Formação Votuverava, através da Falha do Bairro dos Alves (Chiodi Filho et al., 1983) ou falhamentos que compõem a Zona de Cisalhamento Quarenta Oitava (Prazeres Filho et al., 2003).

Nas rochas metassedimentares em contato com o corpo magmático, quando preservados da deformação milonítica tardia, apresentam texturas e mineralogias impostas pelo metamorfismo de contato com desenvolvimento de minerais em fácies albita-epidoto hornfels e hornblenda hornfels.

Os demais contatos da parte norte e nordeste encontram-se encobertos parcialmente por rochas sedimentares do Grupo Itararé da Bacia do Paraná e por sedimentos recentes, expondo as rochas graníticas do Maciço Capão Bonito, somente nas cabeceiras das principais drenagens.

O Grupo Itararé, na área de estudo, está localizado principalmente na porção nordeste, com a presença de arenitos mal selecionados, intercalados com argilitos e conglomerados basais. Associado ao magmatismo básico da Formação Serra Geral ocorrem na área sob a forma de diques subverticais, de espessuras métricas, diabásios de granulação fina a média, bem mais raramente de granulação grossa. Estes diques encontram-se controlados por um *trend* de direção principal NW-SE, que são correlatos aos diques que se encaixam na direção das juntas e enxames de diques do Lineamento Guapiara (NW-SE).

As coberturas sedimentares são constituídas por depósitos recentes formados por argilas, siltes, areias, cascalheiras, oriundos dos processos de erosão, transporte e posterior deposição em margens de rios, fundos de canal e planícies de inundação, além de sedimentos coluvionares expostos pouco expressivos no sopé das principais serranias.

Aspectos Estruturais

O arranjo deformacional da área é identificado principalmente nas rochas epimetamórficas do Grupo Açungui e é definido por quatro deformações principais. A manutenção das estruturas primárias, devido aos intensos processos de transposição das foliações ocorre de forma escassa, predominando somente o acamamento gradacional reliquiar (S_0) nas áreas menos deformadas, passando a um bandamento tectônico nas regiões das zonas de cisalhamentos.

As fases progressivas $D_{1/2}$, encontram-se associadas às formações de dobras isoclinais a recumbentes com foliação plano-axial S_1 de atitude N100/20SW e apresentando uma clivagem ardosiana paralela a subparalela a S_0.

A fase D_2 é definida por redobramentos assimétricos gerando uma clivagem ardosiana ou de crenulação S_2, com atitude média de N51/35SE, constituindo a fase mais penetrativa e preservada nos afloramentos. Associado a esta fase deformacional ocorre o *emplacement* e deformação das rochas do Complexo Granítico Três Córregos.

A deformação D_3 ocorre associada à ascensão magmática tardia e a atual estruturação alongada do Maciço Capão Bonito, associado à formação de dobras suaves a abertas (sinformais e antiformais) com uma tênue clivagem sub-vertical, com plano axial de atitude N60/V, que evolui gradativamente e localmente para falhas direcionais, com foliação milonítica e/ou cataclásticas S_3 associada principalmente às bordas do corpo magmático.

A fase D_4 de direção N140/75SW é marcada por uma tênue foliação ou clivagem de fratura e tardiamente observam-se diques básicos intrusivos na direção NW-SE.

O quadro estrutural associado ao melhor aproveitamento na extração de rocha ornamental sob a forma blocos na pedreira Somibras (Figuras 3A, B) é caracterizado neste estudo pelo corte principal definido por uma lineação mineral (S_3), com direção de N60/85SE, associada à deformação D_3, sendo denominado na extração de rocha de "Corrida". O corte secundário e

ortogonal é definido por uma clivagem de fratura provavelmente associado à deformação D_4, de direção N148/85SW, sendo denominado na extração de "Segundo" e, um terceiro corte subhorizontal associado às fraturas de alívio de tensão é denominado de "Trincante" (Figuras 3C, D).

Aspectos Litológicos e Petrográficos

As rochas do Maciço Capão Bonito são constituídas por sienogranitos vermelhos, holo- a leucocráticos, inequigranulares de granulação média a grossa entre 0,2 cm a 1,5 cm a porfiríticos com predominância de fenocristais de feldspato potássico variando entre 0,5 e 4,5 cm, isotrópicas a levemente cataclásticas nas zonas marginais ou em zona de fraturamento interno do maciço.

Os litotipos graníticos estudados apresentam grande homogeneidade textural e composicional (Figuras 4A, B), contudo, apresentam feições localmente equigranulares de menores expressões. O maciço apresenta feições geológicas localizadas, como observáveis pela presença de planos de falhas (Figura 4C), de diques de diabásio (Figura 4D), de veios de quartzo e veios feldspáticos pegmatóides (Figura 4E), de estruturas de *schlieren* definidas pela concentração de minerais máficos centimétricas a métricas ou pela concentração de megacristais de feldspato potássico (Figuras 4F, G), de zonas de mistura e consumo de magmas mais ricos em máficos (Figura 4H) e raramente pequenos enclaves (Figuras 4I, J) e xenólitos de granitos distintos (Figura 4L), que quando presente nas rochas, desvalorizam os blocos extraídos.

As rochas são constituídas por quartzo, microclínio, oligoclásio, hornblenda e biotita parcialmente cloritizadas, apatita, titanita, zircão, minerais opacos primários e secundários e minerais de alteração como epidoto, carbonato, sericita, clorita e argilo minerais (Bolonini & Godoy, 2010, 2011).

Os dados petrográficos obtidos com base na norma NBR 15845 (ABNT, 2010a) encontram-se direcionados e correlacionados à qualificação tecnológica das rochas ornamentais e de revestimento para as amostras do Vermelho Capão Bonito. Nesta análise foram realizadas a identificação e quantificação mineralógica, além da definição das características texturais (relações de contato entre cristais, entrelaçamento mineral e grau de alteração apresentado por eles), e estruturais (índice de microfissuramento e outras evidências deformacionais). Tais características petrográficas encontram-se descritas na Tabela 1.

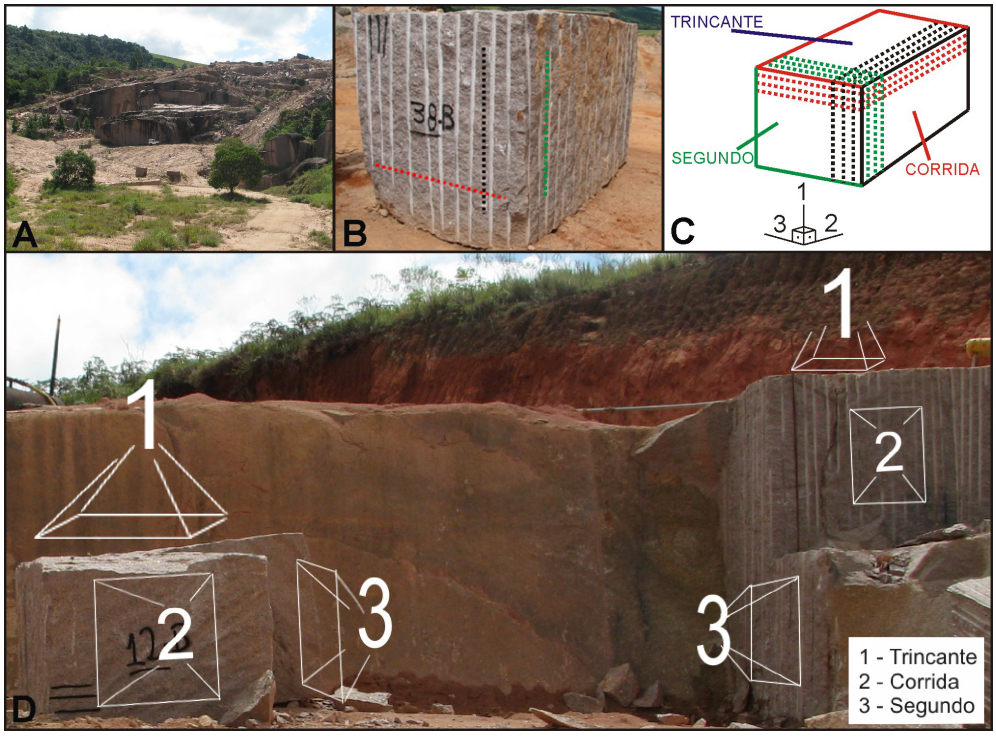


FIGURA 3. A) Pedreira Somibras. B) Bloco explorado, C e D) Esquema estrutural para melhor aproveitamento na extração de blocos do Maciço Capão Bonito.

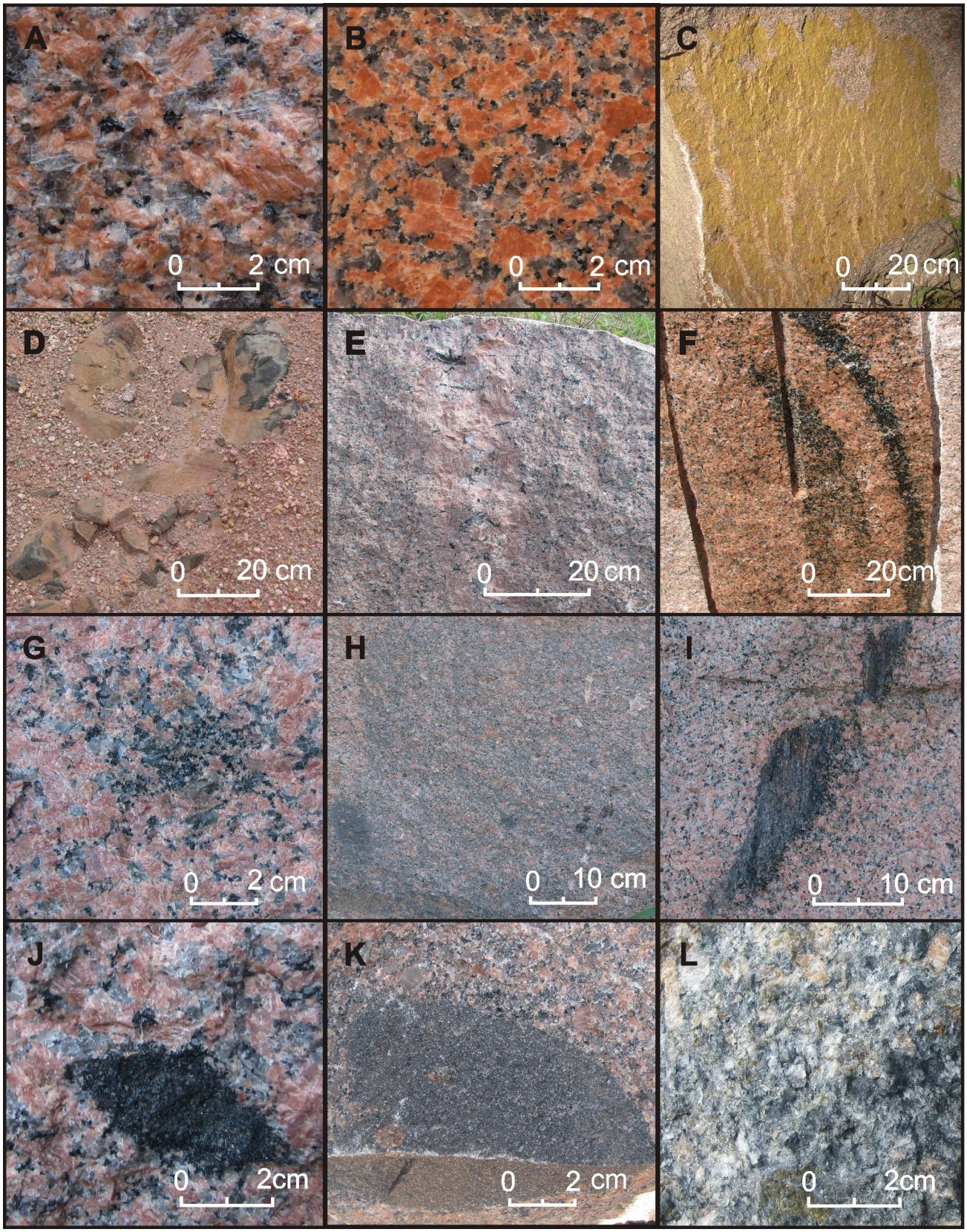


FIGURA 4. Características petrográficas e geológicas gerais das rochas do Maciço Capão Bonito.

TABELA 1. Aspectos composicionais, texturais e estruturais das amostras das rochas do Maciço Capão Bonito.

Composição mineralógica (%)		Vermelho Capão Bonito (CBT) - seções paralelas / normais as microfissuras											
		1.1 (paralela)		1.2 (normal)		2.1 (paralela)		2.2 (normal)		3.1 (paralela)		3.2 (normal)	
Quartzo		31		31		33		31		30		31	
Microclínio		41		41		40		39		42		41	
Oligoclásio		20		22		21		22		21		22	
Biotita		6		4		4		6		5		4	
Hornblenda		1		1		1		1		1		1	
Epidoto, Apatita, Zircão e Minerais Opacos		1		1		1		1		1		1	
Classificação (QAP)		**Sienogranito**											
Granulação (mm)	**Variação**	2 a 40				2 a 45				2 a 35			
	Predominância	5 a 15				5 a 10				5 a 15			
Estrutura		**Maciça**											
Textura Fanerítica		**Inequigranular media-grossa**											
Índice de microfissuras (mf/mm²)	**Tipo**	**Tm**	**mf/mm²**	**Tm**	**mf/mm²**	**Tm**	**mf/mm²**	**Tm**	**mf/mm²**	**Tm**	**mf/mm²**	**Tm**	**mf/mm²**
	Inter P	1,250	0,010	1,240	0,001	1,800	0,020	1,640	0,004	1,340	0,007	1,290	0,013
	Inter nP	0,540	0,017	1,290	0,006	1,010	0,010	1,830	0,024	0,770	0,004	1,190	0,014
	Intra P	0,750	0,042	1,550	0,031	0,680	0,230	0,670	0,028	0,750	0,006	1,220	0,038
	Intra nP	0,460	0,297	0,640	0,064	0,980	0,030	0,880	0,173	1,120	0,176	0,770	0,248
	Trans P	3,000	0,000	6,000	0,016	0,000	0,000	5,000	0,003	24,000	0,002	0,000	0,000
	Trans nP	0,000	0,001	3,000	0,001	1,500	0,000	0,000	0,000	6,050	0,002	0,000	0,000
	Total	1,000	0,367	2,287	0,119	0,995	0,290	1,670	0,232	5,672	0,197	0,745	0,313
	Índice médio de microfissuras	Alto* (>0,25 mf/mm²)		Moderado** (0,1-0,25 mf/mm²)		Alto* (>0,25 mf/mm²)		Moderado** (0,1-0,25 mf/mm²)		Moderado** (0,1-0,25 mf/mm²)		Alto* (>0,25 mf/mm²)	
	Média total	**Tm (mm)**		**mf/mm²**		**Tm (mm)**		**mf/mm²**		**Tm (mm)**		**mf/mm²**	
		1,64		0,243		1,33		0,261		3,21		0,255	
Contato (%)	**Côncavo-convexo**	53		38		48		58		20		24	
	Serrilhado	16		25		24		7		35		43	
	Esgarçado	20		5		7		0		0		0	
	Engrenado	0		10		4		14		10		20	
	Retilíneo	11		22		17		21		35		13	
Transformação mineral:		**Incipiente**											

Legenda:

Tm = Tamanho em milímetros
Qtd = Quantidade
Inter = Intergranular (intercepta 2 minerais)
Intra = Intragranular (contida em 1 mineral)
Trans = Transgranular (intercepta 3 ou mais minerais)
Moderado ** = Índice de microfissuramento entre 0,1 e 0,25 mf/mm²
Alto* = Alto, índice de microfissuramento (> que 0,25 mf/mm²)
(P e nP) = Quanto ao preenchimento (P) ou não preenchimento (nP)

Foram realizadas descrições petrográficas, texturais e estruturais, além de estudos mineralógicos modais que plotados em diagrama de Streckeisen (1976), resultaram na classificação composicional das rochas como sienogranitos (Figura 5).

Os estudos petrográficos foram realizados em duas seções por lâmina, sendo que para a amostra CBT1, foi confeccionada uma lâmina (CBT1.1) paralela ao plano subhorizontal de microfissuras de alívio e uma normal (CBT1.2) a estas microfissuras e paralela a clivagem de fratura associada a deformação D_4 (N148/85SW) que definem o corte denominado de "Segundo" e que, por sua vez, registra a "face" das chapas comercializadas do granito Vermelho Capão Bonito. O mesmo critério foi utilizado para as amostras CBT2 e CBT3.

As amostras CBT1, CBT2 e CBT3 podem ser visualizadas nas Figuras 6A, B e C e a caracterização micro estrutural de suas lâminas, quanto aos aspectos de microfissuras, foi realizada utilizando os critérios demonstrados na Figura 6D, em microfissuras fechadas intergranulares (setas em vermelho), intragranulares (setas em verde) e transgranulares (setas em amarelo).

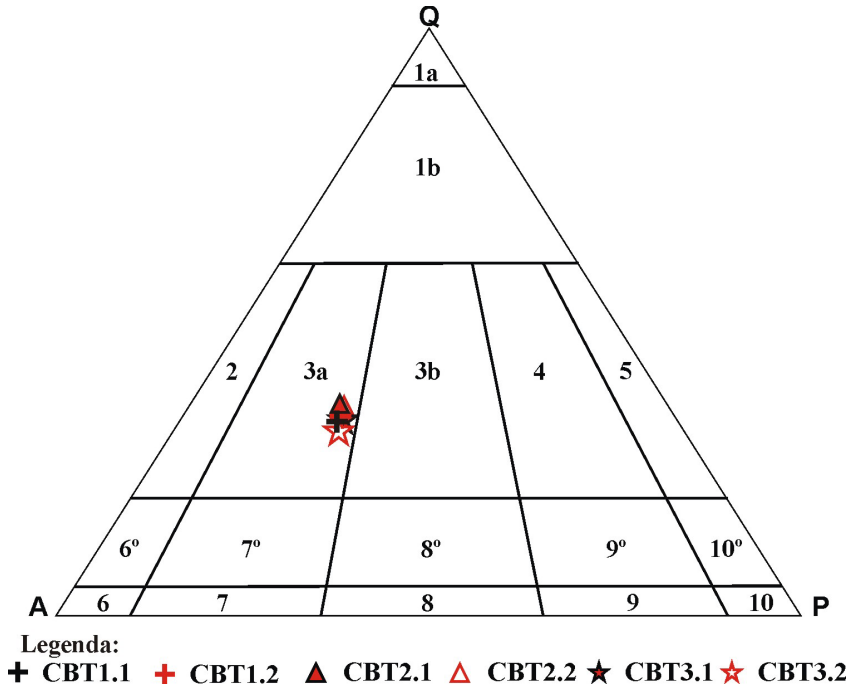


FIGURA 5. Diagrama de classificação modal de Streckeisen (1976) para as rochas do Maciço Granítico Capão Bonito. Campo (3a) Sienogranito.

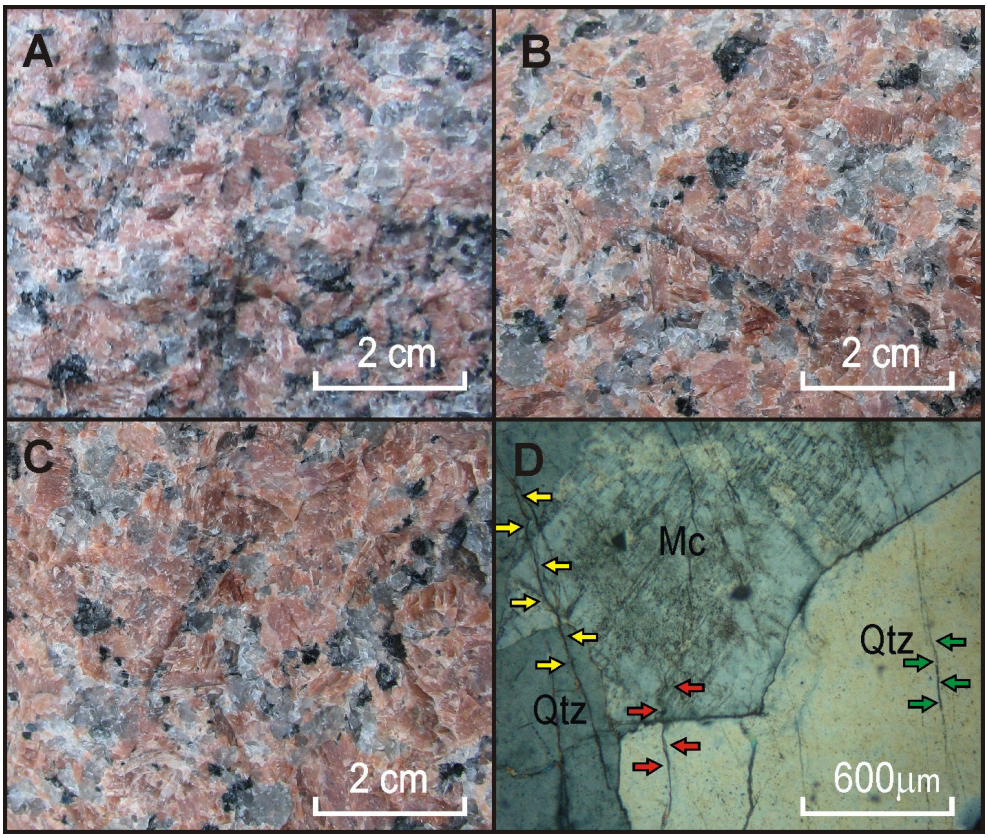


FIGURA 6. Principais aspectos petrográficos dos sienogranitos do Maciço Capão Bonito. Identificação das amostras. A- CBT1; B- CBT2; C- CBT3 e D- Caracterização das microfissuras.

A relação entre os tipos de contatos definidos na análise petrográfica mostra que nas amostras predominam os contatos minerais do tipo côncavo-convexos (média de 40%), indicando um bom imbricamento mineral.

Com relação aos índices microfissurais identificados nas lâminas, as rochas apresentam valor de moderado (entre 0,1 e 0,25 mf/mm^2) a alto (> 0,25 mf/mm^2) obtendo, em geral, maiores índices nas lâminas paralelas ao plano subhorizontal de microfissuras (média de 0, 284 mf/mm^2) do que nas lâminas de corte normal ao mesmo plano (média de 0,221 mf/mm^2).

Das três amostras aqui apresentadas a que possui o maior índice de microfissuramento é a amostra CBT2 (Figura 7A) com valor de 0,261 mf/ mm^2. Este índice se deve, em maior parte, como pode ser visualizado na Figura 7C, à lâmina CBT2.1 (0,290 mf/ mm^2) obtida em seção paralela ao microfissuramento subhorizontal. Contudo, o tamanho médio de tais microfissuras em CBT2 (1,33 mm) é menor quando comparado ao das demais amostras (CBT1=1,64 mm; CBT3=3,21 mm) principalmente CBT3 que têm seu alto índice de microfissuramento (Figura 7B) devido à presença também de microfissuras atribuídas à clivagem de fratura provavelmente associada à deformação D_4 (N148/85SW) que é mais proeminente, em relação aos pontos de coleta das demais amostras (CBT1 e CBT2), no local de coleta da amostra CBT3.

O intervalo de tamanho das microfissuras vai de 1,33 mm (CBT1) a 3,21 mm (CBT3). Em CBT3 (Figura 7D), sobretudo na lâmina CBT3.1, o alto valor do tamanho médio é justificado pela maior incidência de microfissuras transgranulares no corte paralelo ao microfissuramento subhorizontal.

Quando se tratam dos tipos de microfissuras e suas condições de preenchimento, percebe-se que a maior incidência, é das microfissuras intragranulares não preenchidas (nP) (Figura 8A). Todavia, é importante citar as intragranulares preenchidas (P) que compõem junto as não preenchidas o tipo de microfissura com maior ocorrência nas amostras estudadas.

As microfissuras do tipo intergranular estão associadas, em maior número, à amostra CBT2 (Figura 8A) e encontram-se, assim como as transgranulares, intercomunicadas. Todavia, as microfissuras transgranulares têm índice microfissural inexpressivo (0,001 a 0,002 mf/mm^2), possuindo com fator de destaque, apenas seu maior tamanho médio, evidenciado principalmente na lâmina CBT3.1 (Figura 8B), com microfissuras que ocorrem sob a forma preenchida e em sua maioria por sericita.

No geral as microfissuras intragranulares que não são intercomunicantes, não apresentam grandes divergências entre as amostras por se distribuírem entre elas de forma relativamente homogênea.

Em relação às alterações minerais, foi identificado um grau incipiente de alteração entre 10% e 30%. Estas alterações são caracterizadas por transformações parciais de hornblendas e biotitas para clorita, pela fraca saussuritização dos cristais de plagioclásio com geração de epidoto e sericita, geração de opacos secundários e raras calcitas, além de pequenas transformações dos feldspatos em argilo minerais em lâmina CBT1.1.

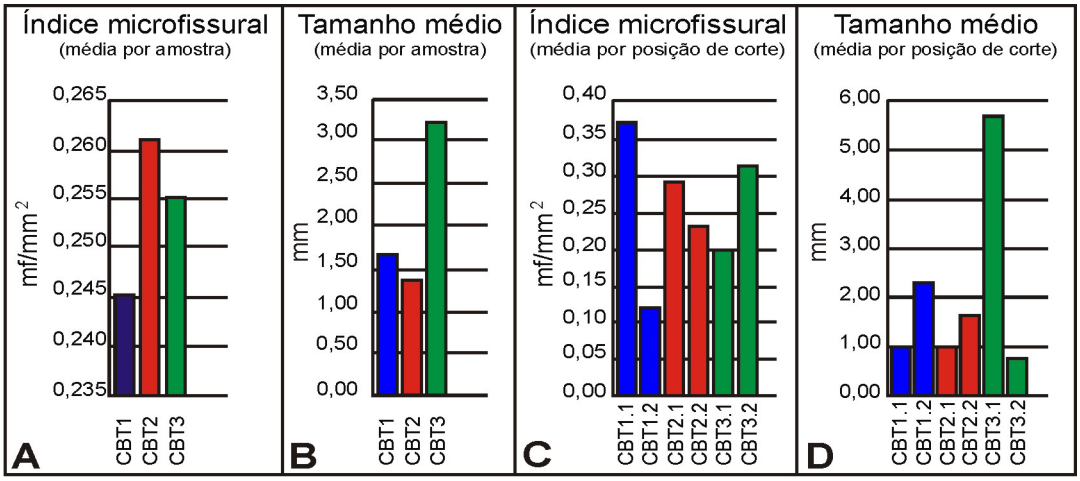


FIGURA 7. Índices e tamanhos médios de microfissuras. Média por amostra (A e B) e por posição de corte (C e D) das rochas do Maciço Capão Bonito.

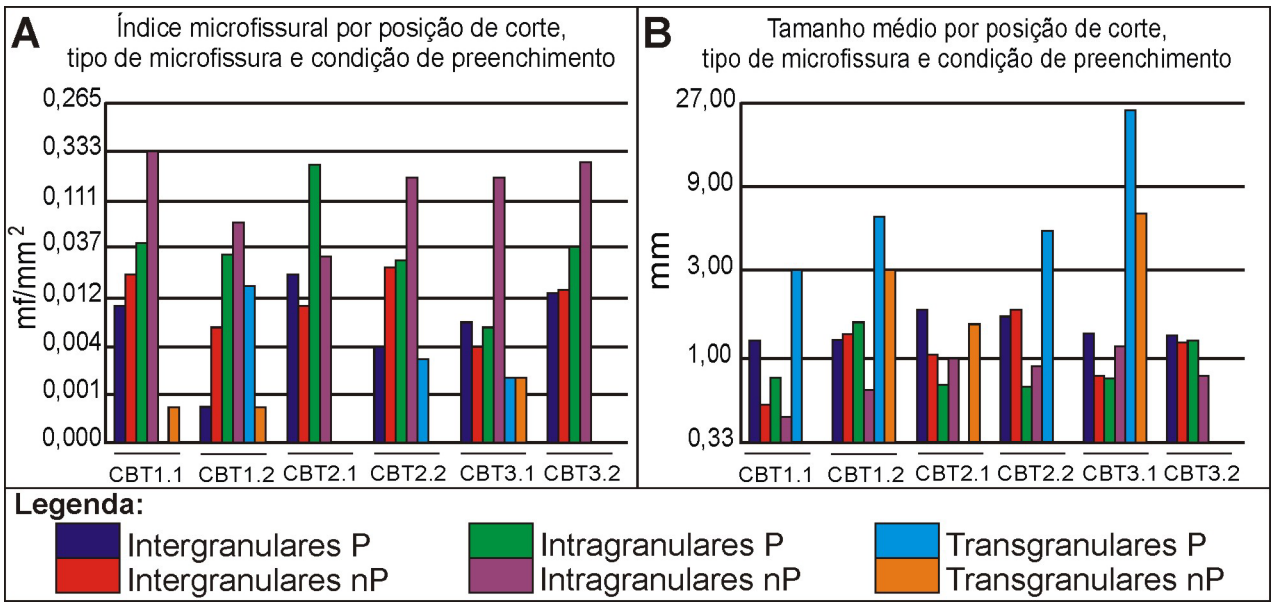


FIGURA 8. Índices microfissurais e tamanhos médios de microfissuras (por posição de corte, tipo de microfissura e condição de preenchimento) das rochas do Maciço Capão Bonito.

GEOQUÍMICA

As análises geoquímicas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista DPM/IGCE/UNESP.

Os resultados serão discutidos quanto ao padrão de distribuição dos elementos maiores, com vista à caracterização dos litotipos rochosos do Maciço Granítico Capão Bonito, na tentativa de associá-las à distribuição mineralógica e ao comportamento físico-mecânico das rochas, buscando a adequada identificação e tipificação das variedades estudadas, e evitando assim, designações genéricas e muitas vezes incorretas. Na Tabela 2 encontram-se as análises geoquímicas dos litotipos CBT1, CBT2 e CBT3 que correspondem também às amostras analisadas nos ensaios tecnológicos.

O comportamento dos valores de SiO_2 para os sienogranitos do Capão Bonito mostram-se elevados, no intervalo de 72 a 74%, sendo que as três variedades

TABELA 2. Teores de elementos maiores (%) das rochas do Maciço Capão Bonito.

	CBT-1	CBT-2	CBT-3	CBT-4	CBT-4X	CBT-5	CBT-6	CBT-7
SiO_2	73,38	74,39	73,81	72,41	72,66	72,56	73,59	72,59
TiO_2	0,2	0,22	0,23	0,3	0,3	0,29	0,25	0,29
Al_2O_3	13,77	12,9	13,1	13,75	13,38	13,29	13,25	13,57
Fe_2O_3	1,95	1,9	2,07	2,65	2,72	2,69	2,12	2,61
MnO	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
MgO	0,16	0,2	0,2	0,27	0,28	0,27	0,17	0,29
CaO	0,82	0,95	1,1	1	1,08	1,12	1,02	1,1
Na_2O	3,1	3,25	3,42	3,33	3,35	3,39	3,33	3,32
K_2O	5,98	5,47	5,38	5,49	5,52	5,66	5,73	5,61
P_2O_5	0,03	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,03	0,08
LOI	0,59	0,63	0,6	0,7	0,62	0,62	0,47	0,51

analisadas quanto aos ensaios tecnológicos apresentam valores mais elevados, visto na presença marcante de quartzo (Figura 9A).

A porcentagem TiO_2 apresenta-se com valores baixos, principalmente para os três tipos estudados nos ensaios tecnológicos, evidenciados pela menor presença de minerais como titanita e rutilo (Figura 9B). Os teores de Al_2O_3 apresentam diferenças entre as diversas variedades estudadas leucocráticas (Figura 9C), mostrando valor mais elevado para a rocha CBT-1, razão direta da maior presença de feldspatos potássicos.

Os teores de Fe_2O_3 (Figura 9D) são bastante semelhantes nas três amostras utilizadas nos ensaios tecnológicos e estão diretamente correlacionados com reduzida presença de minerais opacos.

Os teores de MnO (Figura 9E), de MgO (Figura 9F) e de CaO (Figura 9G) são pouco expressivos, mas apresentam para os tipos CBT-2 e CBT-3 um ligeiro incremento dos valores.

Os teores de Na_2O (Figura 9H) e de K_2O (Figura 9I) são altos e típicos de rochas graníticas evoluídas, apresentando pequenas diferenças entre os vários litotipos estudados, que para a amostra CBT-1, mais enriquecida em feldspato potássico.

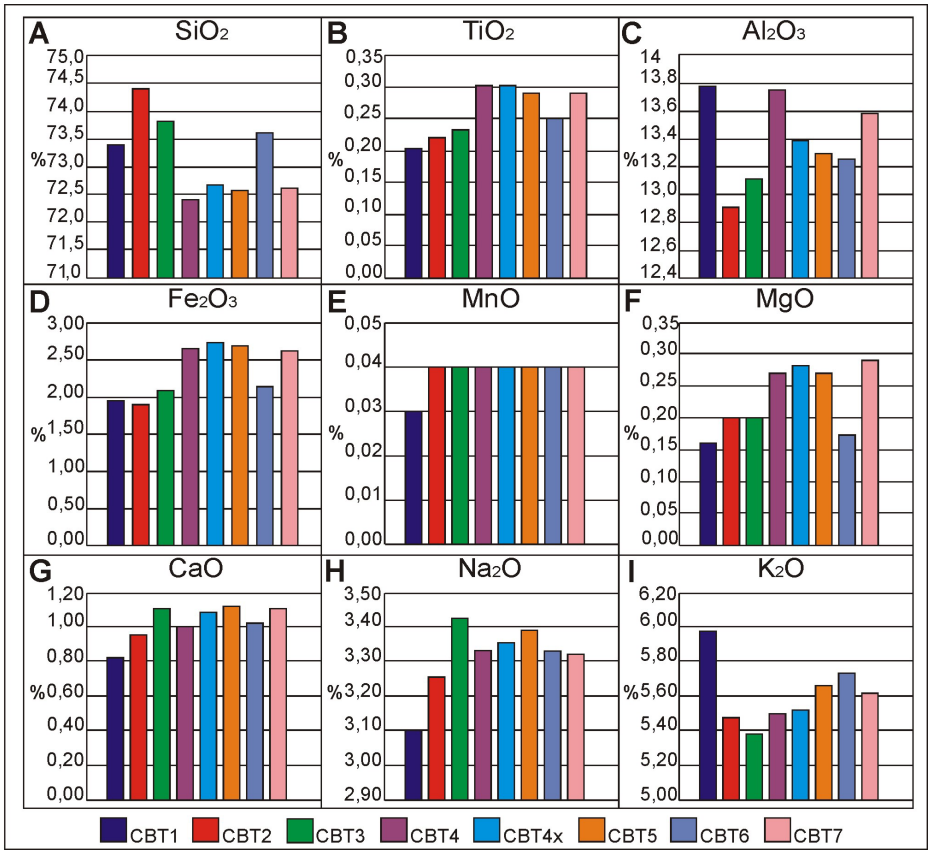


FIGURA 9. Distribuição dos elementos maiores das rochas do Maciço Capão Bonito.

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

As propriedades físico-mecânicas para as amostras CBT1, CBT2 e CBT3 do Granito Vermelho Capão Bonito foram realizadas no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP. Os parâmetros obtidos encontram-se na Tabela 3, além dos valores recomendados para as rochas graníticas estabelecidos pelas normas C-615 (ASTM, 1992), NBR 15844 (ABNT, 2010b) e eventualmente os sugeridos por Frazão & Farjallat (1995). Nos gráficos da Figura 10 encontram-se os resultados dos parâmetros de ensaios físico-mecânicos para as rochas do Maciço Capão Bonito.

Os ensaios de índices físicos de porosidade aparente (Figura 10A), absorção d'água aparente (Figura 10B) e massa específica aparente (Figura 10C) foram executados segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992a). Para a massa específica aparente as rochas estudadas apresentaram valores que vão de 2627 kg/m^3 (CBT2) a 2632 kg/m^3 (CBT3) na condição

TABELA 3. Resultados dos parâmetros dos ensaios físico-mecânicos das rochas do Maciço Capão Bonito.

ANÁLISES E ENSAIOS			AMOSTRAS			(ASTM, 1992)	(ABNT, 2010b)
			CBT1	CBT2	CBT3		
Índices Físicos	Massa Específica Aparente	Seca (kg/m³)	2628	2627	2632	≥ 2560	≥ 2550
		Saturada (kg/m³)	2635	2635	2638	-	-
	Porosidade Aparente (%)		0,69	0,83	0,63	-	≤ 1,0
	Absorção d'água aparente (%)		0,26	0,31	0,24	≤ 0,4	≤ 0,4
Resistência ao desgaste AMSLER (mm)	Ciclo 500 m	corpo-de-prova 1	0,26	0,307	0,245	-	≤ 1,0
		corpo-de-prova 2	0,29	0,25	0,298	-	
	Ciclo 1000 m	corpo-de-prova 1	0,63	0,6	0,58	-	
		corpo-de-prova 2	0,55	0,584	0,573	-	
Resistência à Compressão Uniaxial (Simples)	Tensão de ruptura (Mpa)	normal	127	139	117,3	≥ 131	≥ 100
		paralelo	132,7	131,3	127		
	V.P. (m/s)	normal	4823,1	5139,3	5371,9	-	-
		paralelo	4555	5125,6	5108,6		
Resistência à flexão por 3 pontos	Tensão de ruptura (Mpa)	normal	12,2	14,2	10	≥ 10,34	≥ 10
		paralelo	12,4	9,6	12,3		
	V.P. (m/s)	normal	4519,1	4554,7	4851,5	-	-
		paralelo	4513,14	4730,7	4965,3		
Resistência ao Impacto Corpo Duro	Média de alturas para fissura (m)			0,5		-	≥ 0,3
	Média de alturas para ruptura (m)		-	0,58	-	-	-

Legenda: V.P. = Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas
Normal = Sentido do esforço aplicado em relação à família de microfissuras
Paralelo = Sentido do esforço aplicado em relação à família de microfissuras

seca. Já na condição saturada a massa específica mostra pouca variação 2635 kg/m³ (CBT1 e 2) a 2638 kg/m³ (CBT3). A porosidade aparente mostra valores entre 0,63% (CBT3) e 0,83% (CBT2).

A variação também se mostra pequena em relação à absorção d'água aparente, mostrando ainda, que a porosidade é diretamente proporcional à absorção d´ água como na amostra CBT3, por exemplo, que obteve o menor índice de porosidade aparente (0,63%) e por consequência a menor absorção d'água (0,24%). Ao comparar os índices obtidos com os valores publicados pela NBR 15844 (ABNT, 2010b) e C-615 (ASTM, 1992) as amostras analisadas apresentam parâmetros bem próximos aos valores sugeridos para as rochas graníticas.

Os valores de porosidade (0,83%) e para absorção d´água (0,31%) aparentes, para a amostra CBT2, se mostram mais elevados em relação aos demais devido ao maior microfissuramento (0, 261 mf/mm²) com maior incidência de microfissuras do tipo intergranular não preenchida (média entre CBT2.1 e CBT2.2 de 0,017 mf/mm²), o que pode ter contribuído, nos resultados destes ensaios, em seus maiores valores de porosidade e absorção d'água. Diante destes dados pode-se dizer que a amostra CBT2 é a que apresenta maior susceptibilidade a ação de substâncias fluidas agressivas, podendo ocasionalmente facilitar, em relação às demais amostras, a percolação dos mesmos.

Os valores de resistência a abrasão AMSLER (Figura 10 D) foram realizados segundo a norma NBR 12042 (ABNT, 1992b). As rochas estudadas apresentam, ao fim do ciclo de 1000 m, um desgaste médio variando entre 0,58 mm (média CBT3) e 0,59 mm (média CBT1 e CBT2), o que mostra a homogeneidade entre as amostras. Os valores encontrados estão abaixo dos propostos pelas normas NBR 15844 (ABNT, 2010b) e C-615 (ASTM, 1992).

Os valores de resistência ao desgaste são resultantes do bom imbricamento mineral observado pela existência de contatos, em sua maioria, côncavo-convexos (média de 40%), serrilhados (aproximadamente 22%) e em menores proporções os contatos engrenados e retilíneos, a pequena variação da composição mineralógica modal destacando-se o alto teor de quartzo e o tamanho médio dos minerais com predominância dos que possuem entre 5 mm e 15 mm de eixo maior podendo chegar a 45 mm.

Os valores de resistência à compressão uniaxial (Figura 10E) foram obtidos segundo a norma NBR 12767 (ABNT, 1992c) com resultados variando entre

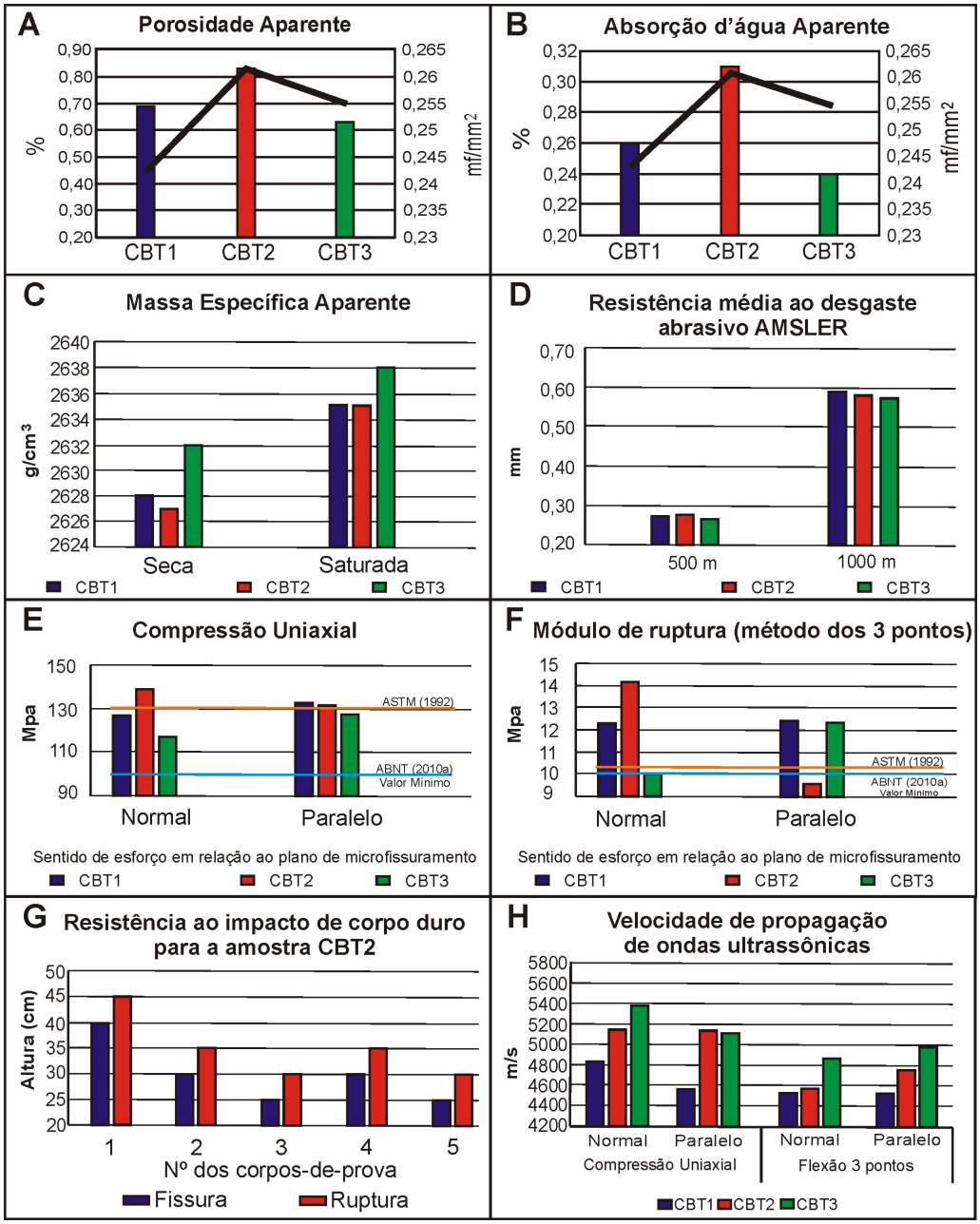


FIGURA 10. Diagramas com os parâmetros dos ensaios físico-mecânicos das rochas do Maciço Capão Bonito.

117,3 Mpa (CBT3) e 139 Mpa (CBT2) para a posição de esforço normal ao microfissuramento subhorizontal e entre 127 Mpa (CBT3) e 132,7 Mpa (CBT1) para a posição de esforço paralela ao microfissuramento, mostrando que o intervalo entre os resultados é baixo (<10%) e estão bem próximos aos valores recomendados para rochas graníticas pela NBR 15844 (ABNT, 2010b) em > 100 Mpa e pela norma C-615 (ASTM, 1992) em > 131 Mpa.

Na amostra CBT2 (esforço normal) ocorre uma inversão na tensão de ruptura quando a comparamos com as demais sob a mesma situação de esforço. Isso pode ser justificado pelo fato de a deformação D_4 (clivagem de fratura) não ser tão penetrativa no local de coleta desta amostra, ocasionando uma maior resistência neste sentido de esforço (normal ao microfissuramento por alívio de tensão). As rochas de modo geral mostram-se adequadas para a aplicação com fim estrutural.

O ensaio de resistência à flexão por 3 pontos, efetuado de acordo com as normas NBR 12763 (ABNT, 1992d) e C880 (ASTM, 1998) e segundo duas

direções de esforço (normal e paralela) relativas ao microfissuramento por alívio mostra, em seus resultados, valores de tensão de ruptura que variam entre 10 Mpa e 14,2 Mpa (esforço normal) e entre 9,6 Mpa e 12,4 Mpa (esforço paralelo) sendo possível verificar (Figura 10 F), pela variação nos valores dos resultados, que a rocha estudada possui valores de resistência, em geral, pouco maiores que os valores médios apresentados pela NBR 15844 (ABNT, 2010b) e pela norma C615 (ASTM, 1992) devendo ser respectivamente de no mínimo 10 Mpa e > 10,34 Mpa.

A amostra CBT2, segue neste ensaio o mesmo comportamento constatado e justificado na compressão uniaxial com resultados divergentes das demais amostras, apresentando valor mais alto no esforço normal (14,2 Mpa) do que no esforço paralelo (9,6 Mpa).

O ensaio da resistência ao impacto de corpo duro (Figura 10 G) foi efetuado segundo a norma NBR 15845 (ABNT, 2010c) e obedeceu a face comercializada do Granito Vermelho Capão Bonito, de modo a caracterizar a evolução do comportamento rúptil da amostra. Pode-se observar na Figura 10 G que o intervalo entre fissura e a ruptura ocorre em intervalos regulares de 5 cm nos seis corpos-de-prova testados. No geral a amostra CBT2 apresenta valores de resistência (fissura 0,5 m e ruptura 0,58 m em média) que se enquadram ao valor tido como requisito para granitos pela NBR 15844 (ABNT, 2010b) que deve ser no mínimo 0,3 m. É importante destacar que a capacidade relativamente grande de resistir ao fraturamento por impacto apresentada é resultado da estrutura isotrópica, bem como as propriedades de dureza, tamanho e volume dos minerais que compõem a rocha e seu bom imbricamento mineral.

Os valores da velocidade de propagação das ondas ultrassônicas (Vp), visualizados na Figura 10 H, foram obtidos com base na norma D2845 (ASTM, 1990) e de forma conjugada com os ensaios de determinação da resistência à compressão uniaxial e à flexão por três pontos. Os resultados das medições de Vp são pertinentes aos obtidos em tais ensaios, evidenciando sua eficácia no controle de qualidade dos testes laboratoriais.

Na análise da Vp nos corpos-de-prova direcionados ao ensaio de compressão uniaxial observa-se, para as três amostras, uma relação de diminuição da Vp, quando se muda o plano de esforço da posição normal ao microfissuramento, para o paralelo ao mesmo. Na análise da Vp conjugada ao ensaio de flexão por três pontos esta relação, em CBT1 que tem o menor dos índices de microfissuras (0,243 mf/mm^2), se mantém e de maneira mais evidente na posição normal ao microfissuramento (CBT1.2), com índice de 0,119 mf/mm^2 aumentando, portanto, a velocidade (Vp) nesta direção. Na posição de corte paralelo ao microfissuramento subhorizontal o índice é de 0,367 mf/mm^2 (considerado alto) revelando o motivo da diminuição da velocidade (Vp) neste sentido de corte.

Para as amostras CBT2 e CBT3 esta relação se inverte, aumentando a Vp do plano de esforço normal para o paralelo às microfissuras. A inversão da relação de aumento e diminuição da Vp do ensaio de compressão uniaxial para o de flexão à três pontos pode ser justificada pelas posições relativas ao microfissuramento em que foram tomadas as medidas (Figura 11).

A posição, por exemplo, do corpo-de-prova nas Figuras 11 A e 11 B mostra que, para o ensaio de compressão uniaxial, quando o esforço é realizado em ângulo paralelo ao microfissuramento a Vp tende a ser menor por atravessá-lo ao longo do comprimento das microfissuras. Já no esforço realizado em ângulo normal ao microfissuramento, onde as ondas ultrassônicas atravessam as microfissuras em sua espessura, a Vp tende a ser maior.

Quando observamos as medições realizadas nos corpos-de-prova destinados à determinação da resistência a flexão por três pontos (Figuras 11 C e 11 D), estas condições se invertem pois as medições não são tomadas nos planos onde o esforço é aplicado durante o ensaio. Esta constatação mostra que o vetor da medição da Vp é ortogonal ao da realização dos esforços. Portanto, quando o esforço é realizado em ângulo normal ao das microfissuras a leitura da Vp é feita de forma paralela às mesmas e, quando o esforço é realizado de forma paralela, a leitura da Vp é feita em ângulo normal. Isto implica, sobretudo, na maneira com que as ondas ultrassônicas atravessam o microfissuramento refletindo no aumento ou na diminuição da Vp nestes planos.

Com relação às medidas de Vp nas duas posições de corte para as amostras do Granito Vermelho Capão Bonito, pode-se afirmar que todas as amostras estão acima da média de valor tido como referência para velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (> 4000) publicada por Frazão & Farjallat (1995).

ATAQUE QUÍMICO

A determinação da resistência ao ataque químico foi realizada, para determinação do comportamento da propriedade brilho frente ao ataque de substâncias agressivas em placas polidas do Granito Vermelho Capão Bonito, através de uma adaptação da NBR 13818, anexo H (ABNT, 1997). O ensaio consiste na

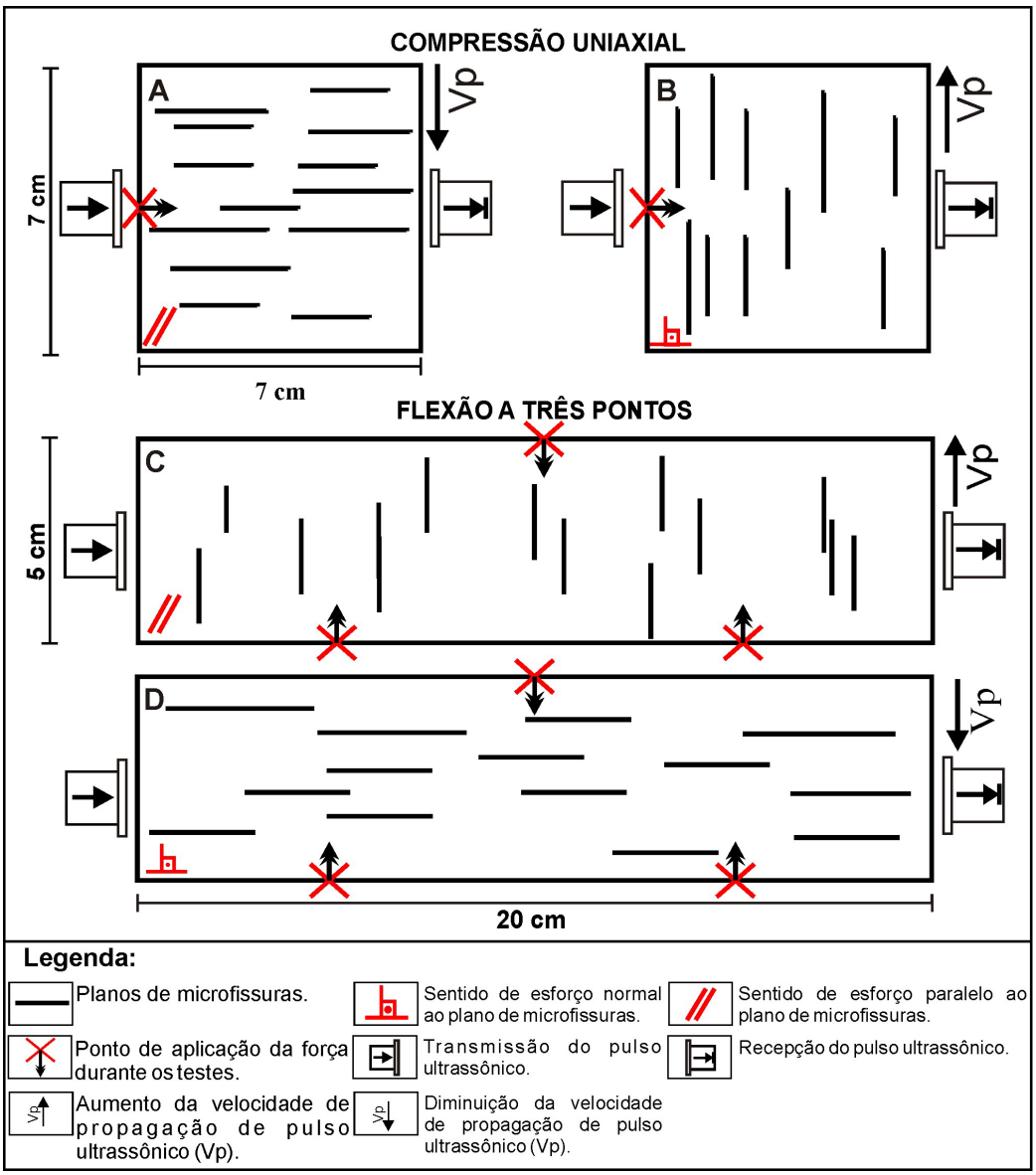


FIGURA 11. Relações entre a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (Vp) o microfissuramento. Ilustração dos corpos-de-prova destinados: à compressão uniaxial (A, B) e à flexão por três pontos (C, D).

aplicação, sobre a superfície polida da rocha, de soluções químicas de uso comum em nosso cotidiano como: o ácido clorídrico (HCl) presente no ácido muriático; o ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) presente nos sucos de frutas cítricas, vinagres e refrigerantes; o cloreto de amônia (NH_4Cl) presente em detergentes e sabões; o hidróxido de potássio (KOH) presente em sabões em geral e; o hipoclorito de sódio (NaClO) usado no tratamento de piscina, água sanitária e antimofo. O objetivo é simular em velocidade acelerada a ação destes reagentes sobre a superfície da rocha.

Os resultados oriundos das medições de brilho e as respectivas perdas de tal propriedade após o ataque das substâncias agressivas, para a amostra CBT2 do Granito Capão Bonito, encontram-se reunidas na Tabela 4 e caracterizadas em gráfico na Figura 12.

Com base na análise do comportamento do sienogranito Vermelho Capão Bonito (Figura 12 A) associada à porcentagem de perda de brilho (Figura 12 B) e às alterações cromáticas observadas, pôde-se constatar que todos os reagentes provocaram uma redução no brilho das amostras testadas.

Os menores resultados de perda do brilho estão associados ao ácido cítrico ($C_8H_8O_7$) com 4,38% e ao hipoclorito de sódio (NaClO) com 3,06% não apresentando as amostras testadas, em análise visual, qualquer mudança nos padrões estético e/ou cromático. O cloreto de amônia (NH_4Cl) resultou em uma perda de brilho média (10,34%), quando comparado aos demais reagentes. Contudo, também não apresentou, em análise visual, ocorrência de qualquer alteração cromática ou estética na rocha.

Os reagentes que mais provocaram perda de brilho foram o ácido clorídrico (18,85%) e o hidróxido de potássio (12,68%) causando, apenas neste último (KOH), alterações estéticas detectadas a partir da análise visual como o clareamento da superfície atacada e maior reação constatada nos plagioclásios do material rochoso (Figura 13). Tais dados comprovam que as rochas devem ter sua manutenção de limpeza realizada sem a utilização de produtos que contenha hidróxido de potássio (KOH).

TABELA 4. Resultados ao ataque químico dos corpos-de-prova das rochas do Maciço Capão Bonito.

Reagente Agressivo	Estimativa de Brilho		
	Brilho Inicial	Brilho Final	Perda de brilho (%)
Ácido Clorídrico (HCl)	71,97	58,41	18,85
Ácido cítrico ($C_8H_8O_7$)	74,29	71,03	4,38
Cloreto de Amônia (NH_4Cl)	73,72	66,10	10,34
Hipoclorito de Sódio (NaClO)	72,44	70,22	3,06
Hidróxido de Potássio (KOH)	67,50	58,94	12,68

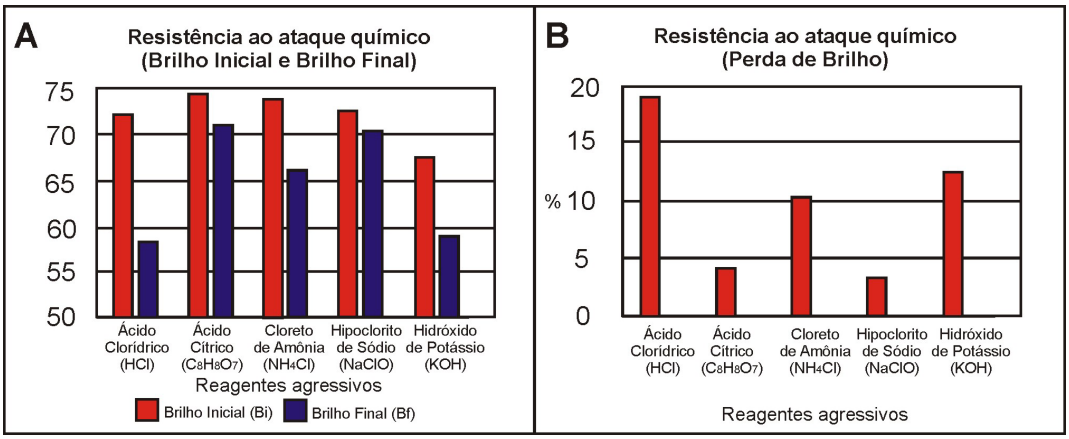


FIGURA 12. Representação das medidas de brilho inicial, final e da perda de brilho para as rochas do Maciço Capão Bonito.

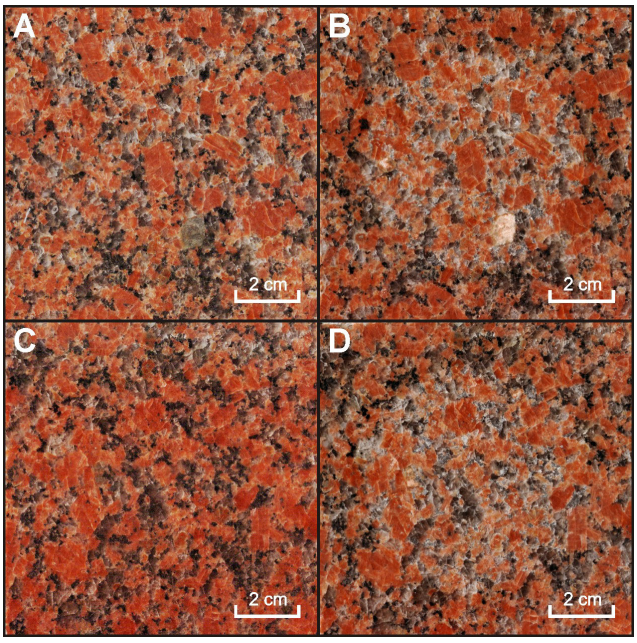


FIGURA 13. Ataque químico por hidróxido de potássio (KOH) para a amostra CBT2 do Maciço Capão Bonito. A e C) Corpos-de-prova antes da exposição ao agente agressivo; B e D) Corpos-de-prova após a exposição.

CONCLUSÕES

As amostras estudadas do "Granito Vermelho Capão Bonito" são caracterizadas por sienogranitos com grande homogeneidade em seus aspectos mineralógicos, petrográficos, texturais, estruturais, geoquímicos e padrões estéticos favoráveis à utilização como rochas ornamentais, o que contribui significativamente para a valorização comercial e industrial do tipo litológico estudado.

Os valores dos parâmetros fisico-mecânicos encontram-se próximos e às vezes superiores aos valores médios e obedecem satisfatoriamente aos padrões limítrofes fixados pelas normas, para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos quer para externos como elemento de revestimento de pisos ou fachadas.

Os resultados obtidos no ataque químico mostram que as amostras reagem de forma muito semelhante, sem variações cromáticas abruptas e/ou alterações minerais, ocorrendo exceção em relação ao ataque com hidróxido de potássio (KOH), que é mais agressivo, recomendando-se alguns cuidados na limpeza em vista a esta maior sensibilidade.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio do CNPq proc. nº: 137364/2009-1 e 301302/2006-5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12766**: Rochas para revestimento – Determinação da Massa Especifica Aparente, Porosidade Aparente e Absorção d água Aparente. Rio de Janeiro: 2 p., 1992. (a)
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12042**: Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro: 3 p., 1992. (b)
3. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12767**: Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial. Rio de Janeiro: 2 p., 1992. (c)
4. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12763**: Rochas Para Revestimento. Determinação da resistência à flexão. Rio de Janeiro: 3 p., 1992. (d)
5. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818** (Anexo H) Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio: Determinação da resistência ao ataque químico. Rio de Janeiro: 4 p., 1997.
6. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845** (Anexo A) Análise petrográfica – Método de ensaio. Rio de Janeiro: 4 p., 2010. (a)
7. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15844**. Rochas para revestimento – Requisitos para granitos. Rio de Janeiro: 6 p., 2010. (b)
8. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15845** (Anexo H) Resistência ao impacto de corpo duro – Método de ensaio. Rio de Janeiro: 3 p., 2010. (c)
9. ALMEIDA, F.F.M. DE. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineração**, v. 36, p. 241, 1967.
10. ALMEIDA, F.F.M. DE; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S. DE; BISTRICH, C.A. Mapa geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, nota explicativa. São Paulo, IPT, **Monografias** 6, v. 1, 126 p., 1981.
11. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard D-2845**. Standard Test Method for Laboratory: Determination of Pulse Ultrasonic Elastic Constants of Rocks. Estados Unidos: 5 p., 1990.
12. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard C – 615**. Sloudart especification for granite dimension stone. Estados Unidos: 2 p., 1992.
13. ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C 880**. Norma para método de teste para resistência à flexão de rochas ornamentais. Estados Unidos: 8 p., 1998.
14. BISTRICH, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONÇANO, W.L.; CAMPANHA, G.A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A. de; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; CREMINI, O.A. Mapa geológico do Estado de São Paulo na escala 1: 500.000. São Paulo: **IPT/Pró-Minério**, v. 2, 1981.
15. BOLONINI, T.M. & GODOY, A.M. Levantamento da Potencialidade do Sienogranito "Vermelho Capão Bonito", como rocha ornamental e para revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, 2010, Aracaju. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 2010. CD-ROM.
16. BOLONINI, T.M. & GODOY, A.M. Controle estrutural na lavra do Maciço Capão Bonito, SP, para utilização como rocha ornamental e para revestimento. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 13, 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Geologia, 2011, p. 512-515.
17. CAMPANHA, G.A.C. **Tectônica proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo, 1991. 296 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade São Paulo.
18. CHIODI FILHO, C.; TAKAHASHI, A.T.; SILVA, C.R. da; FERREIRA, J.C.G. Projeto Capão Bonito. **Relatório Final** – CPRM. v. I, 121 p., 1983.
19. CORDANI, U.G.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; BASEI, M.A.S. Crustal evolution of the South American platform. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.), **Tectonic evolution of South America**, p. 19-40, 2000.
20. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Brasília: MME, **Programa Geologia do Brasil**: Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. Escala 1:750000, 2006. CD-ROM.

21. FIORI, A.P. **Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba**. São Paulo, 1990. 261 p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
22. FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedra de revestimento. In: CONGRESSO NACIONAL DA PEDRA NATURAL 1, 1995, Lisboa, Portugal. **Atas...** Lisboa: Cimpor, 1995, p. 47-58.
23. HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. DE. Província Mantiqueira. Setor Central. In: ALMEIDA, F.F. DE & HASUI, Y. (Coords.), **O Pre-Cambriano do Brasil**. São Paulo, p. 308-344, 1984.
24. HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (Orgs.), **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Editora Beca, p. 203-234, 2004.
25. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1990.
26. LEITE, R.J. **Petrogênese e geocronologia U-Pb do magmatismo granítico tardi a pós-orogênico no Batólito Agudos Grandes, SP**. São Paulo, 2003. 218 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
27. PORSANI, J.L.; SAUCK, W.A.; SOUZA JUNIOR, A.O. GPR for mapping fractures and as guide for the extraction ornamental granite from a quarry: A case study from southern Brazil. **Journal of Applied Geophysics**, v. 58, p. 177-187, 2005.
28. PRAZERES FILHO, H.J.; HARARA, O.M.; BASEI, M.A.S.; PASSARELLI, C.R.; SIGA JR, O. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná. **Série Científica**, v. 3, p. 51-70, 2003.
29. SOUZA JUNIOR, A.O. & PORSANI, J.L. Localização de fraturas em rochas graníticas, no município de Capão Bonito-SP, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, p. 123-128, 2003.
30. STRECKEISEN, A.L. Plutonic rocks: classification and nomenclature recommended by the IUGS. Subcommission on the systematics of igneous rocks. **Geotimes**, n. 18, p. 26-30, 1976.

Manuscrito Recebido em: 13 de junho de 2011
Revisado e Aceito em: 26 de abril de 2012