

CONSIDERAÇÕES SOBRE OS GRANITOS *GIALLO* SÃO FRANCISCO REAL, BRANCO DALLAS E BRANCO MARFIM, NO MUNICÍPIO DE BARRA DE SÃO FRANCISCO – ES PARA APLICAÇÃO COMO ROCHA ORNAMENTAL E DE REVESTIMENTO.

Lara Cíntia Arndt SAAR¹, Antonio Misson GODOY², Thiago Motta BOLONINI¹

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

Introdução
Contexto Geológico Regional
Geologia Local
Aspectos Estruturais
Análise Geoquímica
Ensaio Tecnológico
Análise Petrográfica
Determinação da Densidade Aparente, Porosidade Aparente e Absorção de Água
Resistência à Compressão Uniaxial
Resistência ao congelamento e degelo conjugado a compressão uniaxial
Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento em Três Pontos)
Resistência à Flexão por carregamento em Quatro Pontos
Resistência ao Impacto de Corpo Duro
Resistência à Abrasão (Desgaste Amsler)
Determinação da Propagação de Ondas Ultrassônicas
Resistência ao Ataque Químico
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Com o objetivo de agregar conhecimento técnico aos estudos das jazidas de rochas ornamentais do município de Barra de São Francisco-ES, enfatiza-se a contextualização geológica e tecnológica de três dos principais tipos litológicos utilizados como rocha ornamental, conhecidos comercialmente como *Giallo* São Francisco Real, Branco Marfim e Branco Dallas. Os tipos litológicos são definidos como sienogranitos peraluminosos do Tipo S, de idade neoproterozóica, pertencentes à Suíte Carlos Chagas, constituídos por quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita e muscovita, podendo ocorrer sillimanita, granada, minerais acessórios como apatita, titanita, zircão e minerais opacos. Assim foram realizados ensaios de caracterização tecnológica englobando 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), resistência ao ataque químico e alterabilidade (baseado nas normas ABNT NBR 15845:2010 e seus anexos, NBR 12.042 e ASTM D2845) com o intuito de determinar as características físico-mecânicas e químicas dos materiais, bem como orientar sua aplicação como produto final. Os resultados obtidos foram comparados entre si, e correlacionados com os padrões limites estabelecidos pelas instituições normalizadoras para rocha ornamental de revestimento, justificando a sua exploração e a sua demanda no mercado consumidor final.

Palavras-Chave: Rocha ornamental, granito, caracterização tecnológica, Barra de São Francisco.

ABSTRACT – With the objective to aggregate new technical data to the study of deposits of dimensional stones near the town of Barra de São Francisco - ES, geological and technological background of three major rock types used as dimension stone, known commercially by *Giallo* São Francisco Real, Branco Marfim e Branco Dallas is emphasized. The rock types characterized as syenogranites peraluminous S Type of Neoproterozoic age, belonging to Carlos Chagas Suite are composed of quartz, microcline, oligoclase, biotite and muscovite. Also may occur sillimanite, garnet, accessory minerals, such as apatite, titanite, zircon and opaque minerals. The technological characterization involves petrography (composition, structure and texture), chemical (major elements), physical and mechanical behavior (water absorption, resistance to abrasion, impact of hard body and to compression and traction), resistance to chemical attack and alterability (based on the ABNT NBR 15845:2010 and its annexes, NBR 12042 and ASTM D2845) in order to determine the physico-mechanical and chemical properties as well as orienting its application as a final product. The obtained results compared between themselves and correlated to the standards suggested by normalizing institutions justify its exploration and demand by the final consuming market.

Keywords: Dimension stone, Granit, Technological Characterization, Barra de São Francisco.

INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais, também designadas pedras naturais, rochas dimensionais e materiais de cantaria, definem uma das mais promissoras

áreas do setor mineral. Tal afirmação é justificada tanto pelos novos tipos de utilização das rochas ornamentais nas paisagens urbanas,

quanto por novas tecnologias de extração, manuseio, transporte e beneficiamento de blocos.

Além destas características que aprimoram a exploração e aperfeiçoam a produção, com consequente redução de custos, o mercado consumidor, cada vez mais exigente, requer uma padronização das características tecnológicas e estéticas dessas rochas, de forma a intensificar a necessidade da conciliação entre o conhecimento técnico e a estética para sua especificação.

Frasca (2002) aponta ações para o setor, que visam à qualificação sistematizada das matérias-primas e dos produtos, das técnicas mais adequadas para colocação e manutenção de rochas em revestimentos e a difusão dessas tecnologias, principalmente, ao mercado consumidor.

O conhecimento das propriedades físico-mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas utilizadas como revestimento são fatores técnicos que podem afetar o preço do produto, as opções de uso e a valorização do material mediante as exigências do mercado.

De acordo com Navarro (2006) a caracterização tecnológica de rochas deve ser adotada como premissa para a seleção e utilização de rochas em obras civis, visando atender a quesitos mínimos de durabilidade que uma obra exige, e as informações devem ser

integradas e interpretadas à luz das características petrográficas (mineralogia, textura e estrutura).

Este trabalho avalia as características geológicas, geoquímicas e tecnológicas (propriedades físico-mecânicas) das rochas extraídas e denominadas comercialmente de granitos *Giallo* São Francisco Real, *Giallo* Ornamental, Branco Marfim e Branco Dallas, no município de Barra de São Francisco, Folha de Mantena (SE-24-A-VI), região noroeste do estado do Espírito Santo.

O estudo pretende atender a demanda por especificações técnicas para as rochas designadas genericamente de “granitos” e que correspondem a variedades de granada sienogranitos gnáissicos pertencentes à Suíte Carlos Chagas, como publicado pelo Programa Geologia do Brasil em nota explicativa da folha Mantena, elaborado pela CPRM (2007).

A caracterização tecnológica destas rochas possibilita a melhor aplicação dos materiais utilizados como rochas ornamentais, frente às respectivas características tecnológicas, bem como, desenvolver patamares técnicos determinados que permitam o maior interesse econômico de exploração, permitindo desta forma uma escolha técnica e uma adequada identificação e tipificação das variedades, mantendo sempre os requisitos desejáveis de ordem estética.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo está inserida na zona de retroarco do Orógeno Araçuaí. O Orógeno Araçuaí foi dividido por Pedrosa-Soares et al. (2005) e a região de estudo é apresentada na figura 1A, sendo constituída pelos granitos do tipo I denominados de Supersuíte G5 (520-490 Ma) e granitos do tipo S denominados de Supersuíte G2 (585-560 Ma).

Pedrosa-Soares et al. (2006), em trabalhos específicos para o município de Barra de São Francisco classificam área como Suíte G5 e Suíte G2, como mostra a figura 1B. Junior (2009) propõe e denomina para a região: a Suíte G5 (Cambriana) de Suíte Intrusiva Aimorés (charnockítica) e a Suíte G2 (Neoproterozóica) de Suíte Carlos Chagas (deformada).

O Batólito Carlos Chagas (Junior, 2009)

corresponde a várias intrusões tardias da Suíte Aimorés (G5) que cortam a estruturação regional e, localmente, impõem metamorfismo de contato na unidade encaixante. As rochas da Suíte Carlos Chagas são leucocráticas, de granulação grossa, ricas em porfiroclastos de feldspato potássico e granada e apresentam-se composicionalmente homogêneas, mas apresentando uma intensa variação da deformação.

A deformação abrange desde termos que mostram a foliação regional incipientemente desenvolvida a termos com marcante textura milonítica. As foliações se materializam pela orientação da biotita, moscovita e sillimanita fibrosa, estiramento do quartzo e feldspato potássico da matriz, e de porfiroclastos de

feldspato potássico com feições texturais ocelares de intensidade deformacionais

variadas.

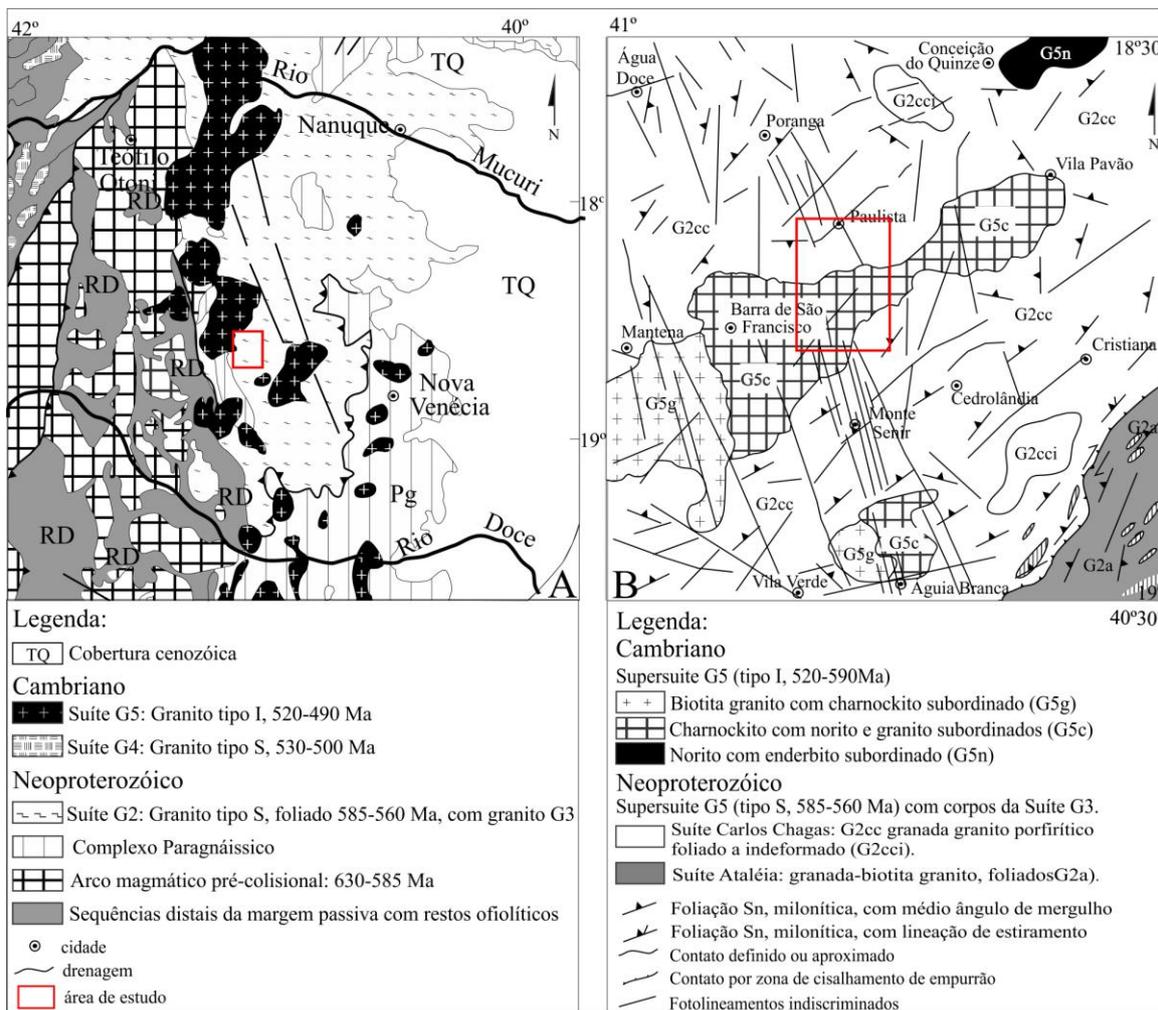


Figura 1. Mapa geológico do Orógeno Araçuaí. A- Modificado de Pedrosa-Soares et al. (2005) e B- Modificado de Pedrosa-Soares et al. (2006).

GEOLOGIA LOCAL

Aspectos Geológicos

Na região afloram as rochas neoproterozóicas do domínio tectônico interno do Orógeno Araçuaí, constituídas por sillimanita-granada-biotita paragnáisses e/ou migmatitos bandados a acamados e granulitos do Complexo Nova Venécia.

Associam-se a estas litologias as frequentes intrusões de rochas graníticas as do tipo-S: as da Suíte Ataléia e as mais abrangentes da Suíte Carlos Chagas, pertencentes ao núcleo metamórfico-anatético do orógeno, originados a partir da fusão parcial das rochas metassedimentares do Complexo Nova Venécia, além das intrusões de composição charnockítica tardias da Suíte Aimorés, que

constituem o Batólito Carlos Chagas de direção geral NE-SW (Figura 2).

As rochas da Suíte Carlos Chagas na área representam a formação geológica de maior extensão e constituem um relevo bastante acidentado com a formação de inúmeros monólitos inseridos em áreas arrasadas (Figuras 3A, B, C), no qual estão localizadas as três frentes de lavra de estudo.

As rochas da Suíte Carlos Chagas de idade neoproterozóica são constituídas por granada-biotita sienogranitos de coloração branco-acinzentada, peraluminosos, do Tipo S e geralmente foliados, de uma deformação incipiente a termos protomiloníticos a miloníticos.

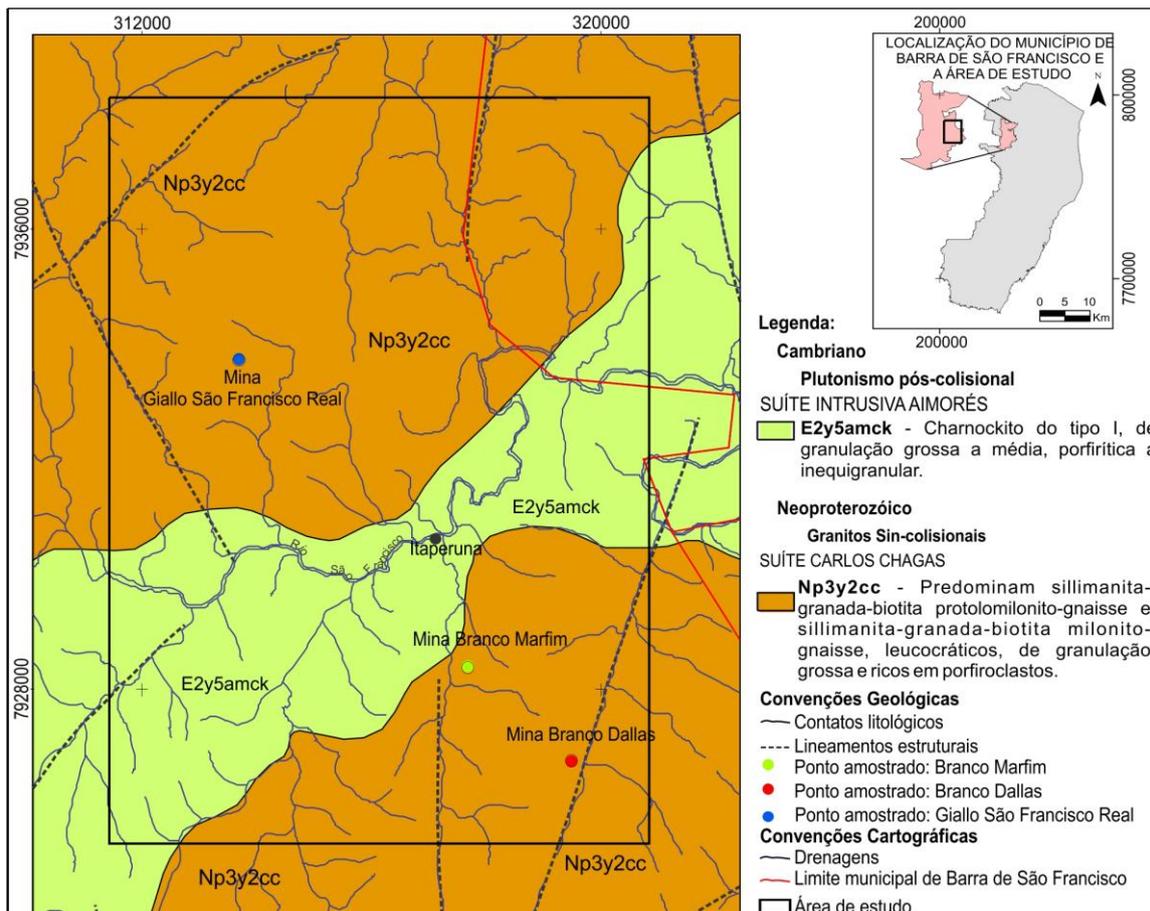


Figura 2. Mapa geológico de detalhe. Modificado de CPRM (2007).

A deformação milonítica impõe aos leucogranitos feições gnáissicas que são realçadas por um bandamento tectônico definido pela alternância de bandas de composições micáceas, mas dominam as bandas quartzo-feldspáticas e por feições texturais porfiroclásticas de porcentagem e intensidade variáveis de feldspato potássico e granadas, determinando os diversos subtipos rochosos, comercialmente denominados como *Giallo São Francisco Real*, Branco Marfim e Branco Dallas, principalmente pela variação da anisotropia das rochas.

Nas frentes de lavra são vistas feições texturais e estruturais localizadas que quando ocorrem ocasionam perda ou desvalorização dos blocos como megaxenólitos de gnaisses, migmatíticos e granulítico do Complexo Nova Venécia (Figuras 3D, E, F), inúmeros xenólitos máficos parcialmente assimilados (Figura 3G), autólitos máficos e migrogranulares (Figura 3H) e restitos magmáticos e metassedimentares quando parcialmente consumidos, ocorrem aos leucogranitos da Suíte Carlos Chagas, a imposição de mudanças mineralógicas e

texturais como grandes concentrações de granada (Figura 3I, J).

Os diques são frequentes e com variações nas espessuras, texturas e mineralogias ou desenvolvendo bordas de reações com segregação de fluxo nas bordas do dique ou de inúmeros *schlieren* onde se verifica um intenso enriquecimento em granada (Figura 3K), diques de composição dioríticas finos de pequena espessura (Figura 3L) e diques boudinados com bordas de reações ou xenólitos de granulação, geralmente mais finas que provocam mudanças das frentes de percolação e desenvolve e anéis concêntricos de colorações distintas (Figura 3M).

Misturas magmáticas são frequentes impondo mudanças texturais e mineralógicas e estéticas nas frentes de lavra, magma mais claro (Figura 3N), magmas porfíricos residuais com variedades de tamanho, quantidade de fenocristais e quantidade de granada (Figura 3O), diversos magma resultantes de diques inequigranulares e equigranulares distintos (Figura 3P, Q) e rochas charnockíticas de granulação grossa a porfírico da Suíte

Aimorés e geralmente apresentando feições texturais de consumo e/ou mistura com presença ou não de granada (Figura 3R).

O intemperismo quando presente confere

as rochas da suíte tonalidades amarela, desde levemente amarelo a amarelo intenso, que incrementam o valor como rocha ornamental.

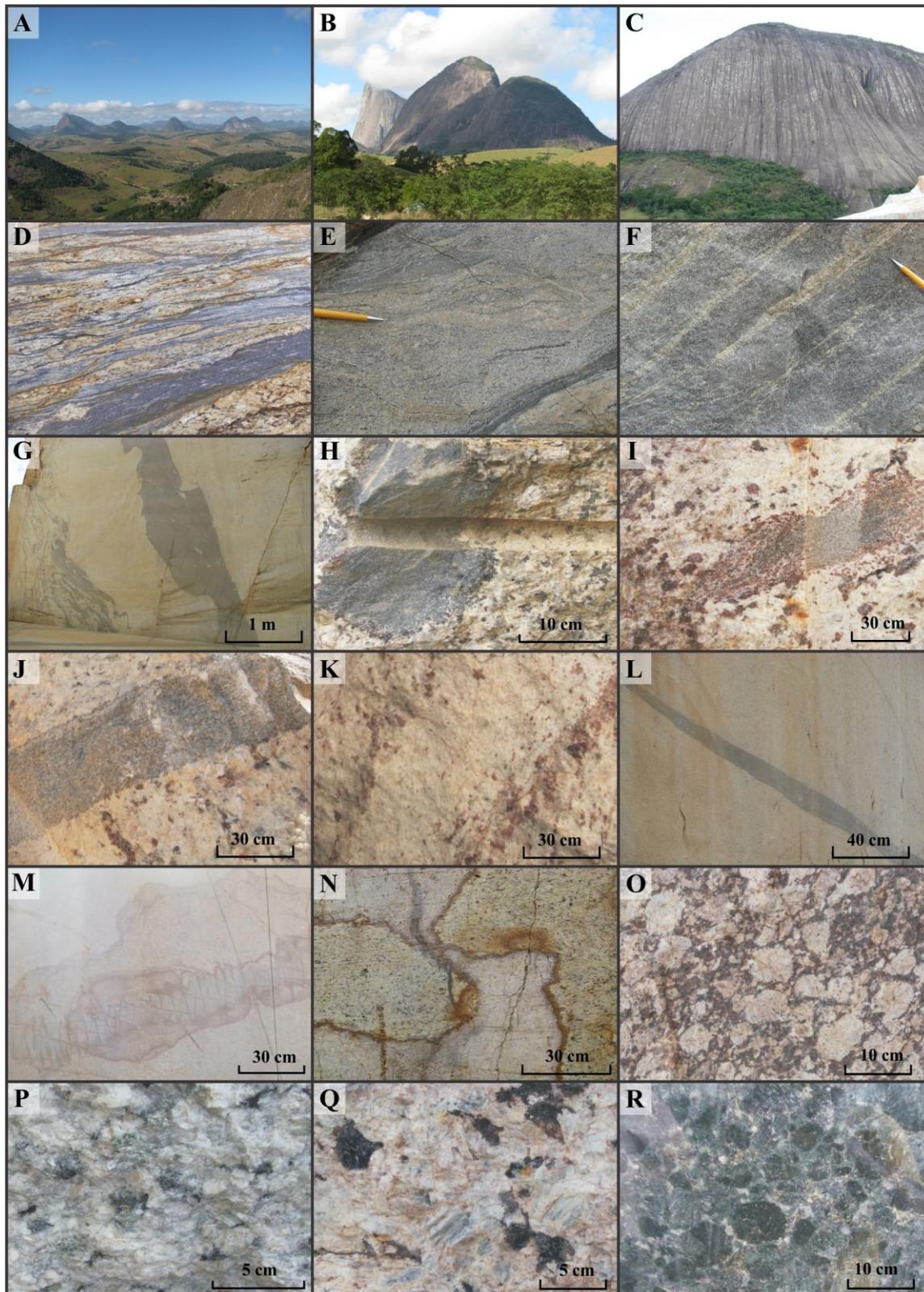


Figura 3. Características petrográficas e geológicas gerais das rochas da região. Formas de relevo das rochas da Suíte Carlos Chagas (A, B, C), gnaisses, migmatíticos e granulítico do Complexo Nova Venécia (D, E, F), xenólitos máficos (G), autólitos máficos e migrogranulares (H), restitos magmáticos (I, J), diques (K), diques dioríticos finos (L), e diques boudinados (M), rocha magmáticas distintas (N), magmas porfiríticos residuais (O), diversos magma resultantes

Aspectos Estruturais

O quadro estrutural-metamórfico identificado nas unidades litológicas é composto por 3 fases de deformação (Dn, Dn+1, Dn+2) atribuídas a eventos de deformacionais neoproterozóicos.

A fase Dn reliquiar, é raramente observada e caracteriza-se pela formação de dobras reclinadas marcadas por uma foliação plano-axial Sn que se encontra associada ao ápice metamórfico definindo localmente as feições migmatíticas e atingindo o fácies sillimanita anfíbolito a granulito e apresentando direção geral de N182/35NW. Sugere-se para os batólitos graníticos que estas litologias foram formadas através dos processos anatéticos em material crustal preexistente, em ambiente sintectônico em relação ao evento de granitização e migmatização neoproterozóico.

A fase Dn+1 define a foliação Sn+1, a mais penetrativa, que destrói grande parte das feições construídas pela fase Dn, sendo caracterizada por um forte bandamento gnáissico, a partir da reorientação das estruturas migmatíticas, com a formação de uma foliação plano axial, paralelizada ao bandamento tectônico. São feições de baixo ângulo, localmente com maior inclinação. Observam-se dobras apertadas reliquiares preservadas e contidas em Sn+1 e apresentando para Sn+1 direção média N113/30SW.

A fase Dn+2 caracteriza-se por um evento transcorrente/transpressivo em que distanciando das zonas de cisalhamento, esta fase assume um caráter regional dúctil com formação de dobras

abertas do bandamento tectônico gerando ondulações suaves a abertas, com a mesma orientação e com desenvolvimento de uma tênue foliação sub-vertical e marcada por uma fraca clivagem de crenulação, preservando as foliações anteriores.

Próximo às zonas de cisalhamento assumem uma forte crenulação de eixo sub-vertical, que se superpõe às demais e traço axial que evolui gradativamente e regionalmente para falhas direcionais. A feição Sn+2, gerada pela tectônica dúctil-rúptil, define uma foliação milonítica vertical intensa definindo as zonas de cisalhamento de direção N03/V.

As associações minerais de Dn+2 indicam condições da fácies xisto-verde baixa de caráter retrometamórfico. Tardamente um intenso fraturamento está presente no maciço.

Apesar de possuir um quadro estrutural bem definido, com foliações bem demarcadas (exceto por Sn raramente preservada), os cortes realizados para o desdobramento de blocos nas minas não possuem um paralelismo (que possivelmente facilitaria o corte e acarretaria em provável redução de custos) com tais descontinuidades geológicas.

Os cortes em suas totalidades são realizados em direções oblíquas as foliações regionais medidas. O motivo de não serem realizados cortes paralelos a tais descontinuidades é que, se fossem realizados, seriam modificadas as características estéticas dos materiais, como a forma e volume de ocorrência dos cristais.

ANÁLISE GEOQUÍMICA

As análises geoquímicas das amostras estudadas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Petrologia e Metalogenia / IGCE/UNESP. As análises serão discutidas quanto ao padrão de distribuição dos elementos maiores e menores (Tabela 1) com vista à caracterização dos litotipos rochosos e a adequada identificação das variedades estudadas.

O comportamento dos valores de SiO₂ para os leucogranitos mostram-se elevados, no intervalo de 71 e 73%, sendo que as três

variedades analisadas não apresentam valores discrepantes que interfiram intensamente nos valores dos ensaios tecnológicos de resistência ao desgaste, visto na presença marcante comum dos litotipos de quartzo.

A porcentagem TiO₂ apresenta-se com valores baixos, evidenciados pela fraca presença de minerais acessórios como titanita e rutilo. Os teores de Al₂O₃ se apresentam no intervalo de 13% e 15%, mostrando valores elevados, razão direta da maior presença de feldspatos, o que pode influenciar na maior

resistência abrasiva dos tipos litológicos.

Tabela 1. Valores das análises geoquímicas de elementos maiores e menores.

	Giallo São Francisco Real BSF 010	Branco Dallas BSF 081	Branco Marfim BSF 273
SiO₂ (%)	73,11	71,32	73,17
TiO₂	0,23	0,26	0,22
Al₂O₃	13,66	15,21	14,2
Fe₂O₃	2,37	2,49	2,11
MnO	0,03	0,03	0,05
MgO	0,32	0,32	0,35
CaO	0,85	0,83	0,87
Na₂O	3,65	2,84	3,08
K₂O	5,5	6,3	5,49
P₂O₅	0,17	0,18	0,12
LOI	0,11	0,23	0,34
Cr (ppm)	75	44	77
Cu	1	2	1
Ni	1	3	4
Zn	40	30	29
Ba	149	138	115
Rb	276	299	230
Sr	21	22	32
La	13	7	22
Ce	32	24	34
Zr	114	85	104
Y	25	40	32
Nb	12	10	5

Quanto aos valores de óxido Fe₂O₃ são bastante semelhantes e baixos e encontra-se diretamente correlacionado à reduzida presença de minerais máficos e dos minerais opacos, o que contribui para não surgimento de manchas pontuais, por vezes avermelhadas, resultantes da transformação em hidróxidos de Fe. Os elevados valores de K₂O de 5% e 6% e de Na₂O de 2,84% e 3,65% são características das rochas ácidas, mas apresentam pequenas diferenças

entre as amostras estudadas. Estes valores obtidos não representam controle no comportamento físico-mecânico das rochas.

De um modo geral, os resultados apresentam-se bastante semelhantes, com pequenas diferenças entre si. Tal constatação permite afirmar que existe certa homogeneidade entre as rochas uma vez que as diferenças, tanto petrográficas quanto químicas, não representaram fortes discordâncias.

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Os subtipos rochosos analisados correspondem ao *Giallo São Francisco Real* (Figura 4A), *Branco Marfim* (Figura 4B), e *Branco Dallas* (Figura 4C). As discussões e interpretações dos resultados dos ensaios físico-mecânicos, em termos da qualificação dos

materiais, baseiam-se na análise comparativa entre os valores obtidos e os valores divulgados pela literatura das normas ABNT NBR 15844: 2010, ASTM C615 (2008) e Frazão & Farjallat (1995) (Tabela 2).

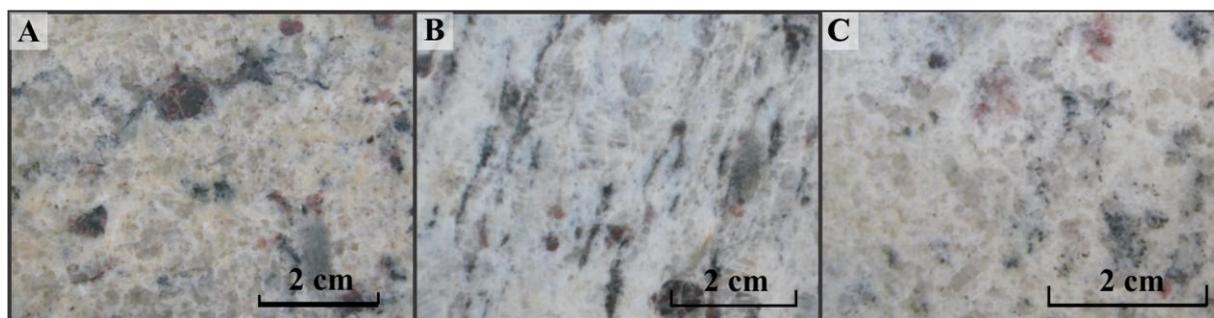


Figura 4. Tipos litológicos. (A) *Giallo* São Francisco Real; (B) Branco Marfim e (C) Branco Dallas.

Tabela 2. Valores limítrofes especificados pela norma ABNT NBR 15844: 2010, ASTM C615 (2008) e valores médios para rochas silicáticas brasileiras por Frazão & Farjallat (1995).

PROPRIEDADES	Valores Fixados NBR 15844: 2010	Frazão & Farjallat (1995)	ASTM C615 (2008)
Densidade Aparente (kg/m ³), mín.	2.550	2.550	2560
Porosidade aparente (%), máx.	1,0	1,0	-
Absorção d'água (%), máx.	0,4	0,4	0,4
Módulo de ruptura (MPa), mín.	10,0	10,0	10,34
Resistência à flexão quatro pontos (MPa), mín.	8,0	-	8,27
Resistência ao desgaste (mm/1000m), máx.	1,0	1,0	-
Resistência ao impacto de corpo duro (m), mín.	0,3	0,4	-
Coefficiente de dilatação térmica linear [10 ⁻³ mm/(m x °C)], máx.	8,0	12,0	-
Resistência à compressão uniaxial (MPa), mín.	100,0	100,0	131,0
Velocidade de Propagação de ondas ultrassônicas (m/s), mín.	-	4.000	-

Análise Petrográfica

Giallo São Francisco Real

Trata-se de uma rocha de composição sienogranítica, leucocrática, coloração branca a amarelada e estrutura porfiroclástica e gnáissica, de textura inequigranular, predominantemente granoblástica e com granulação média a média a grossa.

A granulação média varia de 1,0 mm a cerca de 25 mm, dimensões estas definidas pelo estiramento mineral, principalmente dos feldspatos. Sua orientação estrutural é bem definida pela disposição preferencial dos cristais de biotita e pelo estiramento dos minerais claros. Os cristais vermelhos de granada têm distribuição regular na rocha. O quartzo apresenta coloração acinzentada, enquanto o feldspato é esbranquiçado a amarelado.

Os minerais na contagem modal estão representados pelas seguintes porcentagens: 43% de microclínio, 24% quartzo, 22% de plagioclásio, 5% biotita, 2% granada, 1% sillimanita e 3% de minerais acessórios como

zircão, titanita e apatita e minerais de alteração como sericita, epidoto, clorita, calcita e minerais opacos (Figura 5A, B).

Os minerais que possuem, em média, maior quantidade de microfissuras (Figura 5C, D, E) são: feldspato potássico (31%), feldspato plagioclásio (26%), quartzo (34%) e granada (5%). Os contatos minerais identificados são, em sua maioria, lobulados (53%), seguidos por sinuosos (26%) e engrenados (11%), havendo ainda a ocorrência de contatos serrilhados, retilíneos e esgarçados menos representativos (Tabela 3).

Branco Marfim

Em amostra de mão, a rocha apresenta composição sienogranítica, estruturação fortemente gnáissica, caracterizada pela presença de bandas de composição quartzo-feldspática, alternadas com linhas interrompidas e cristais isolados de minerais granada e biotita. Mostra granulação variando de média à grossa (1 a 20 mm) e orientação definida pela disposição dos cristais de biotita.

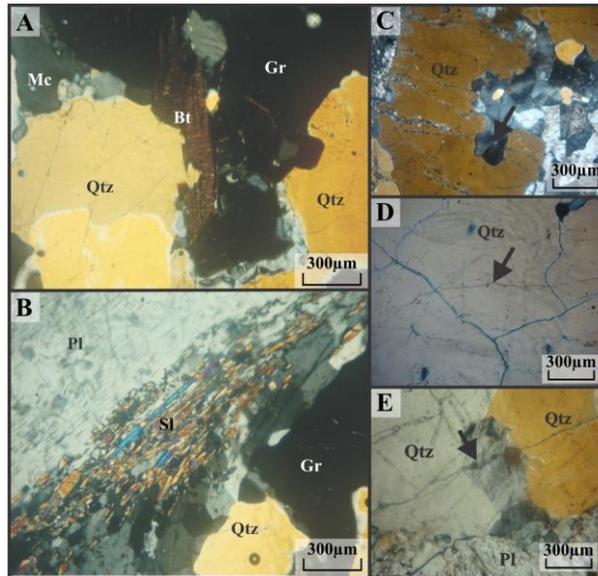


Figura 5. Fotomicrografias das lâminas do *Giallo* São Francisco Real. **A)** Cristais de Biotita e Granada. **B)** Sillimanita fibrosa bordejando o plagioclásio. **C)** Microfissuras intragranulares em quartzo preenchidas por plagioclásio. **D)** Microfissuras intragranulares em quartzo não preenchidas. **E)** Microfissura transgranular.

Esta rocha é rica em porfiroclastos centimétricos (até 10 cm) de feldspato potássico pertítico. O quartzo apresenta coloração acinzentada, onde ocorrem também pequenas orientações de fenocristais de feldspato potássico, com feições de entelhamento de cristais retangulares e desvios de trajetória em torno de fenocristais maiores, forte anisotropia e alto grau de microfissuramento.

Os cristais de granada, com granulação variável de fina a grossa (0,2 a 10 cm), mostram distribuição regular na rocha. Alguns cristais de granada estão envoltos por palhetas de biotita.

Os minerais na contagem modal estão

representados pelas seguintes porcentagens: feldspato potássico (41%), plagioclásio (22%), quartzo (26%), granada (5%), biotita (4%) e sillimanita (2%), além de minerais acessórios (Figura 6A, B).

Os minerais que possuem maior quantidade em média, de microfissuras (Figura 6C, D, E) são: feldspato potássico (31%), feldspato plagioclásio (11%), quartzo (37%) e granada (15%). Os contatos minerais identificados são, em sua maioria, lobulados (59%), seguidos por (18%) sinuoso, engrenado (11%), há ainda a ocorrência de contatos serrilhados, retilíneos e esgarçados menos representativos (Tabela 3).

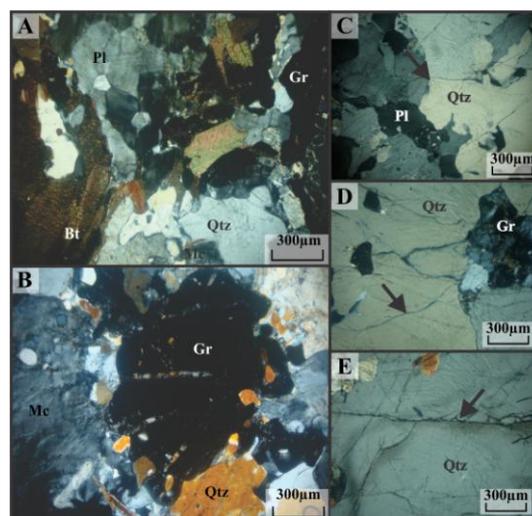


Figura 6. Fotomicrografias das lâminas do Branco Marfim. **A)** Microclínio com geminação cruzada e biotita alterando para clorita. **B)** Granada com inclusões de biotita e sillimanita. **C)** Microfissuras intergranulares em quartzo não preenchidas. **D)** Microfissuras intragranulares em quartzo não preenchidas. **E)** Microfissuras intragranulares em quartzo preenchidas.

Branco Dallas

Rocha com composição sienogranítica e estruturação gnáissica, caracterizada pela presença de bandas de composição quartzo-feldspática, alternadas com linhas interrompidas e cristais isolados de biotita e granada. A biotita predomina sobre a granada. A rocha mostra granulação predominantemente grossa (0,3 a 2,6 cm), com cristais centimétricos de feldspato.

O feldspato potássico é o mineral predominante, com dimensões variáveis, desde alguns milímetros até centímetros (até 8 cm) de comprimento, com megacristais oclares. Apresenta orientação definida pela disposição preferencial das palhetas de biotita. A granada está presente na forma de cristais de granulação fina associada a palhetas de biotita ou isoladas.

O quartzo tem coloração cinza e é um mineral abundante na matriz, anédrico, de granulação média a grossa (0,3 a 2,5 cm), podendo apresentar, quando a foliação é mais intensa, formas fitadas milimétricas, podendo estas lâminas encurvadas, amoldar-se ao

formato dos megacristais de feldspato. O feldspato plagioclásio é esbranquiçado e ocupa boa parte da amostra, com granulação grossa a ocorrência de megacristais.

A biotita, de um modo geral, forma filmes que contornam os cristais de feldspato. A sillimanita ocorre em agregados de cristais aciculares geralmente associados às granadas. A granada está presente sob a forma de cristais milimétricos ou agregados.

A contagem modal microscópica revelou as seguintes porcentagens: 37% de feldspato potássico, 19% de feldspato plagioclásio, 26% quartzo, 5% biotita, 8% granada, 4% sillimanita e 1% minerais acessórios (Figura 7A, B).

Os minerais que possuem maior quantidade em média, de microfissuras (Figura 7C, D, E) são: feldspato potássico (14%), plagioclásio (23%), quartzo (34%), biotita (11%), sillimanita (6%) e granada (9%). Os contatos minerais identificados são, em sua maioria, lobulados (47%), seguidos por (24%) sinuoso, engrenado (13%) e mais raramente contatos serrilhados, retilíneos e esgarçados (Tabela 3).

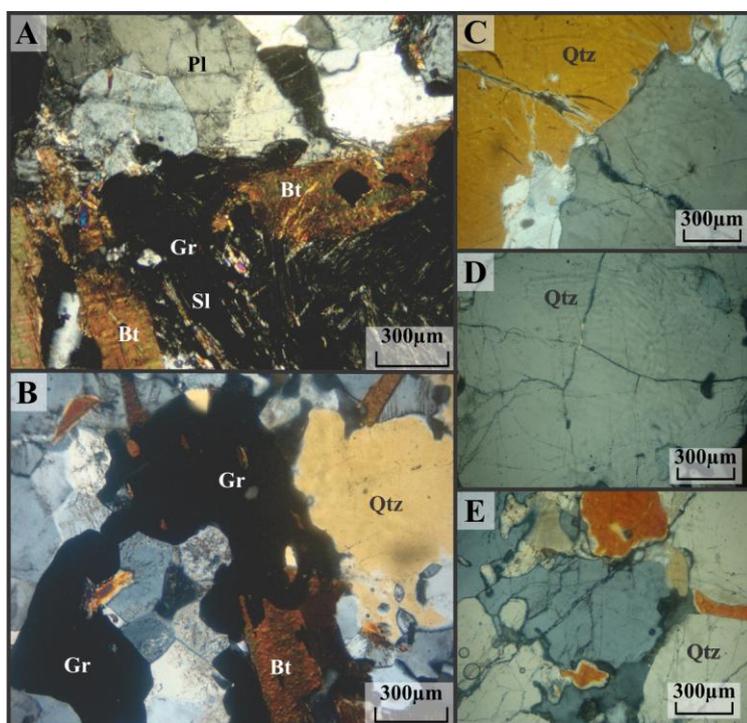


Figura 7. Fotomicrografias das lâminas do Branco Dallas. **A)** Cristais de granada e biotita com inclusões de sillimanita e biotita cloritizada. **B)** Cristais de granada com inclusões de quartzo e biotita. **C)** Microfissuras intergranulares em quartzo preenchidas. **D)** Microfissuras intragranulares em quartzo não preenchidas. **E)** Microfissura transgranular.

Tabela 3. Resumo das principais características petrográficas.

Características Petrográficas		Giallo São Francisco Real				Branco Marfim				Branco Dallas			
Coloração		amarelada				esbranquiçada				esbranquiçada			
Estrutura		gnáissica				gnáissica				gnáissica			
Textura		granoblástica				granoblástica/ lepidoblásticas				hipidiomórfica granular			
Granulação relativa		Média a Grossa				Média a Grossa				Média a Grossa			
Mineralogia (%)	Quartzo	24				26				26			
	Feldspato potássico	43				41				37			
	Plagioclásio	22				22				19			
	Biotita	5				4				5			
	Opacos	2				1				1			
	Sillimanita	1				2				4			
	Granada	2				5				8			
	Apatita	traços				traços				traços			
	Titanita	traços				traços				traços			
	Zircão	traços				traços				traços			
	Sericita	traços				traços				traços			
	Epidoto	traços				traços				traços			
Carbonatos	traços				traços				traços				
Total máficos (%)		10				12				19			
Granulação (mm)	Variação	0,2 a 2,0				0,3 a 1,5				0,3 a 2,6			
	Predominância	0,2 a 2,2				0,6 a 1,25				0,6 a 2,5			
Total/mm²		0,5				0,37				0,62			
Microfissuras	Quantificação	Quantidade		Medida (mm)		Quantidade		Medida (mm)		Quantidade		Medida (mm)	
		nP	P	nP	P	nP	P	P	P	P	P	nP	P
	Intragrão (%)	93,29	2,92	91,49	3,13	69,20	28,13	59,57	37,71	88,76	10,06	82,72	14,98
	Intergrão (%)	0	0	0	0	0,00	2,23	0,00	2,31	0,59	0,59	1,31	0,99
	Transgranular(%)	0,95	2,84	2,03	3,35	0,45	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Contato Mineral (%)	Lobulado	53				59				47			
	Retilíneo	5				4				7			
	Engrenado	11				11				13			
	Sinuoso	26				18				24			
	Serrilhado	3				6				1			
	Esgarçado	2				3				7			
Alteração Mineral	Feldspato K	Moderado				Moderado				Incipiente			
	Plagioclásio	Moderado				Moderado				Moderado			
	Biotita	Incipiente				Moderado				-			
	Piroxênio	Ausente				Ausente				-			
Classificação Petrográfica (QAP)		<i>granada gnaïsse (sienogranito)</i>				<i>granada gnaïsse (sienogranito)</i>				<i>granada gnaïsse (sienogranito)</i>			

Determinação da Densidade Aparente, Porosidade Aparente e Absorção de Água

De forma geral, observa-se que as três variedades litológicas (Tabela 4) apresentam uma boa correlação entre as características de absorção de água e porosidade aparente. O

mesmo não ocorre com a densidade aparente, com valores muito próximos, dificultando-se a sua correlação aos demais dados.

Sendo assim, o material Branco Marfim apresenta os maiores valores de porosidade (1,08%) e absorção de água (0,41%), justificados pelo sua maior anisotropia,

heterogeneidade textural dada por granulação grossa e por vezes estiradas (textura lepidoblástica) e o alto grau de microfissuramento.

O tipo comercial Branco Dallas apresentou 0,65% de porosidade aparente e 0,25% de absorção de água. É a variedade litológica que apresenta os melhores parâmetros destes índices físicos dentre as rochas estudadas, o que se explica através de suas características petrográficas inerentes. Trata-se de um material com fraca anisotropia, granulação grossa, baixo grau de microfissuramento e bom engrenamento mineral.

O material *Giallo* São Francisco Real, por sua vez, apresenta índices de porosidade (0,71%) e absorção de água (0,27%), intermediários aos materiais anteriores. Seus aspectos petrográficos como: textura granoblástica inequigranular com granulação média a média a grossa, com megacristais de feldspato potássico, menor grau de microfissuramento preenchido em maior parte preenchidas por material filossilicático, o que justifica os valores obtidos destes índices físicos.

Concluiu-se então que, dentre as três amostras estudadas, a textura e a quantidade de microfissuras demonstram ser os índices mais importantes na análise dos resultados de índices físicos, além das relações de contato mineral e granulação, que intrinsecamente estão interligados.

Resistência à Compressão Uniaxial

A resistência à compressão uniaxial foi testada nos três tipos de materiais selecionados e estudados, nas condições seca e saturada e em dois planos perpendiculares entre si, um paralelo à estrutura (foliação ou corrida) e outro ortogonal a esta.

Com relação à resistência à compressão uniaxial das rochas estudadas, quase todas se apresentaram dentro dos valores sugeridos como limites por Frazão & Farjallat (1995) e ABNT NBR 15844 (2010), com exceção das amostras referentes ao material Branco Marfim e em todas as amostras, considerando a condição normal no estado saturado. Porém, admitindo-se o valor fixado pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2008) que determina para este ensaio o limite

maior ou igual a 131,0 MPa, verifica-se que nenhuma amostra alcançou os valores sugeridos.

Quanto às condições seca e saturada, as amostras apresentaram, em seu estado saturado, os menores valores de resistência, fato explicado pela existência de uma diminuição de energia sobre a superfície entre os grãos que as constituem e em função de modificações das ligações entre esses grãos produzidas por uma distribuição da pressão nos poros não drenados, que também foi observada após enfraquecimento hidráulico (Tabela 4).

A exceção ficou para o Branco Marfim, em condição perpendicular e saturada, que apresentou os valores inversos, apesar de seu menor grau de microfissuramento, bom imbricamento mineral e incipiente alteração mineral, pois é detentor de uma estrutura gnáissica planar marcante que leva ao desenvolvimento de planos que representam descontinuidades físicas no meio sólido.

O *Giallo* São Francisco Real apresenta a maior resistência à compressão uniaxial (128,01 MPa) e se diferencia por representar um material com menor presença as feições lepidoblásticas, com bom engrenamento mineral, apesar de sua granulação média a grossa e seu baixo teor de máficos.

Resistência ao congelamento e degelo conjugado a compressão uniaxial

Em relação à resistência do ensaio de compressão uniaxial após congelamento/degelo todas as amostras estudadas apresentaram-se dentro dos valores sugeridos como os limites por Frazão & Farjallat (1995) e ABNT NBR 15844 (2010), o de ser maior ou igual a 100,0 MPa. Para o valor fixado para este ensaio pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2008) de limite maior ou igual a 131,0 MPa, somente á exceção da amostra Branco Marfim.

Todas as amostras estudadas apresentam um coeficiente de enfraquecimento superior a 1, o que significa que a integridade física de todas as amostras foram mantidas após os 25 ciclos de congelamento e degelo.

Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento em Três Pontos)

Correlacionando os parâmetros obtidos de

módulo de ruptura com os valores limites sugeridos pela ABNT NBR 15844 (2010) que é de >10 MPa e pela norma C-615 da ASTM (2008) de >10,34 MPa, além dos parâmetros obtidos por Frazão & Farjallat (1995), notamos que os valores para todas as amostras na condição perpendicular a foliação estão superiores aos valores das normas. Porém, na direção paralela (estado seco) somente a amostra Branco Marfim ficou abaixo desses valores fixados pelas normas, mas na direção paralela (estado saturado), todas as amostras ficaram abaixo dos valores sugeridos na norma.

Em geral, assim como no ensaio de compressão uniaxial, podemos constatar que no ensaio de módulo de ruptura, os corpos-de-prova perderam resistência quando submetidos ao ensaio na condição saturada, contudo em diferentes proporções.

Tomando como base as direções nas quais os esforços foram realizados nos ensaios, nota-se que as amostras na direção paralela apresentaram os menores valores de resistência, diferente do que aconteceu no ensaio de compressão uniaxial, tanto em condições saturadas quanto secas, onde apresentou os maiores valores de resistência nesta direção (Tabela 4).

A amostra *Giallo* São Francisco Real foi a que apresentou em média os maiores valores do índice de enfraquecimento hidráulico na direção paralela, representando assim a amostra que teve a menor influência da água no ensaio realizado na condição saturada, o que condiz com o melhor resultado de resistência nessas condições.

A amostra Branco Marfim foi a que apresentou os maiores valores do índice de enfraquecimento hidráulico na direção perpendicular, tendo assim a menor influência da água nos ensaios realizados na condição saturada, condizendo com os maiores valores de resistência.

A amostra Branco Dallas, não apresentou boa correlação com os índices de enfraquecimento hidráulico, enquanto apresentou os menores índices, condizendo com sua baixa porosidade, absorção de água e microfissuras não preenchidas.

Resistência à Flexão por carregamento em Quatro Pontos

No geral as amostras, com exceção da amostra em estado seco do Branco Dallas, ficaram abaixo dos limites sugeridos pela norma C-615 da ASTM (2008) e ABNT NBR 15844 (2010), que é de >8,27 MPa e de >8 MPa, respectivamente. Considerando as três amostras, tanto na condição seca, quanto na saturada, a amostra *Giallo* São Francisco Real, foi a que apresentou os menores valores de resistência. (Tabela 4), em função das espessuras das placas desses materiais comercializados, os corpos-de-prova do material Branco Dallas, tiveram uma espessura maior (3 cm) em relação as outras amostras que foram de (2 cm) e pela direção do esforço a que os corpos-de-prova foram submetidos durante o ensaio, estando na direção paralela à foliação, diferente das outras amostras que tiveram as placa submetidas ao ensaio em direção oblíqua a foliação.

O Branco Marfim apresentou valores intermediários, diferente também do que aconteceu em outros ensaios, onde apresentava os menores valores de resistência e, apesar dela apresentar os menores valores de porosidade e densidade, os ensaios foram realizados numa direção oblíqua a foliação, o que aumentou sua resistência, quando comparada à amostra *Giallo* São Francisco Real.

Para as amostra Branco Dallas foram apresentados os maiores valores de resistência, resultados influenciados pelas maiores espessura dos corpos-de-prova, e também pelo esforço ter sido realizado na direção oblíqua a foliação, o que conseqüentemente elevou sua resistência.

Resistência ao Impacto de Corpo Duro

Os ensaios obtidos de resistência ao impacto de corpo duro (Tabela 4) foram comparados aos resultados sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) e ABNT NBR 15844 (2010), sendo que todas as amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 15844 (2010), porém, quando comparadas aos limítrofes sugeridas por Frazão & Farjallat (1995), apenas a amostra Branco Dallas ficou dentro dos limites sugeridos, sendo que as amostras *Giallo* São Francisco Real e a Branco Marfim ficaram próximos, mas abaixo destes valores limites.

A amostra Branco Dallas é o material

detentor da maior altura (0,44m) de ruptura e energia (4,31 J) de ruptura, isso se explica porque é, das três amostras, a que apresentou os cristais de maiores dimensões representando áreas de exposição atenuando a energia de impacto, além de ter em sua constituição mineralógica a maior quantidade de máficos.

A amostra *Giallo* São Francisco Real apresentou valores intermediários entre as três amostras, com altura de ruptura de (0,36 m) e energia de ruptura de (3,53 J), valores coerentes com o grau de microfissuras e tamanho de grãos da amostra.

A amostra Branco Marfim foi a que apresentou os menores valores, com altura de ruptura de (0,34) e energia de ruptura de (3,33 J), razão principalmente de esta rocha apresentar o maior estiramento dos minerais, facilitando assim, a ruptura da rocha em seus planos de fraqueza.

Resistência à Abrasão (Desgaste Amsler)

Segundo os valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), ABNT NBR 15844 (2010) e pela norma C-615 da ASTM (2008), os resultados dos ensaios (Tabela 4) revelam números acima dos limites máximos sugeridos para os três tipos de materiais, com exceção da amostra Branco Marfim na direção perpendicular que ficou um pouco acima do valor sugerido.

Entre as três amostras na direção paralela, o material Branco Dallas foi o que apresentou o

maior valor de desgaste após 1000 metros (0,99 mm) sustentado, principalmente, pelo elevado número de microfissuras (0,67 mf/mm²) e o alto teor de máficos que podem ter facilitado a remoção de partículas durante o percurso abrasivo. A amostra *Giallo* São Francisco Real apresentou o menor desgaste após 1000 metros (0,85 mm) devido ao melhor engrenamento e pelas dimensões relativas de seus cristais.

A amostra *Branco Marfim* na direção paralela se mostrou com valor intermediário de desgaste após 1000 metros (média de 0,98 mm) e, apesar de apresentar a maior porcentagem de quartzo, seu valor de desgaste pode estar relacionado à sua heterogeneidade textural, com granulação média a grossa, presença de granadas microfissuradas, além das menores dimensões dos cristais de quartzo.

Já em relação às amostras submetidas ao ensaio na condição perpendicular, o Branco Dallas foi o que apresentou o menor valor de desgaste após 1000 metros (0,91 mm), ao contrário do que foi apresentado na direção paralela, devido à presença dos fenocristais de feldspato que acabam suportando melhor o desgaste, por apresentarem as maiores superfícies expostas ao atrito.

A amostra *Giallo* São Francisco Real apresentou valores intermediários e o Branco Marfim apresentou o maior valor de desgaste 1,08 mm, acima dos limítrofes estabelecidos sugeridos, em função de apresentar a menor quantidade de microfissuras não preenchidas.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de caracterização tecnológica das amostras de *Giallo* São Francisco Real, Branco Marfim e Branco Dallas.

Índices físicos												
Amostra	Densidade aparente (Kg/m ³)	DP	CV	Porosidade aparente (%)			DP	CV	Absorção de água (%)		DP	CV
<i>Giallo</i> São Francisco Real	2636,413	26,963	0,01	0,71			0,084	0,12	0,27		0,033	0,122
Branco Dallas	2632,499	9,662	0,00	0,65			0,057	0,09	0,25		0,022	0,088
Branco Marfim	2631,968	10,310	0,00	1,08			0,050	0,05	0,41		0,020	0,048
Compressão Uniaxial												
Amostra	Natural											
	Seco						Saturado					
	Paralelo*	DP	CV	Normal*	DP	CV	Paralelo*	DP	CV	Normal*	DP	CV
<i>Giallo</i> São Francisco Real	128,01	22,12	0,17	117,32	18,18	0,15	111,49	25,96	0,23	90,33	21,47	0,24
Branco Dallas	124,99	21,73	0,17	104,45	18,15	0,17	114,65	17,67	0,15	98,27	8,68	0,09
Branco Marfim	105,35	19,10	0,18	96,30	10,66	0,11	91,29	8,63	0,09	98,05	17,13	0,17
Compressão Uniaxial conjugado ao congelamento e degelo												
Amostra	Gelo/degelo											
	Paralelo*			DP	CV	Normal*			DP	CV		
<i>Giallo</i> São Francisco Real	140,11			19,93	0,14	149,67			17,95	0,12		

Branco Dallas	136,44	18,97	0,14	130,74	22,54	0,17						
Branco Marfim	112,46	10,44	0,09	123,44	29,60	0,24						
Módulo de ruptura												
Amostra	Natural											
	Seco			Saturado								
	Paralelo*	DP	CV	Normal*	DP	CV						
<i>Giallo</i> São Francisco Real	11,45	1,44	0,13	13,61	1,60	0,12						
Branco Dallas	12,09	3,65	0,30	14,38	0,45	0,03						
Branco Marfim	7,63	1,15	0,15	13,76	0,69	0,05						
Flexão a 4 pontos												
Amostra	Seco*		DP	CV	Saturado*							
<i>Giallo</i> São Francisco Real	5,72		1,63	0,29	4,24							
Branco Dallas	13,74		4,90	0,36	7,76							
Branco Marfim	6,10		0,91	0,15	4,87							
Impacto de Corpo Duro (J)												
Amostra	Fissura (J)		Ruptura (J)		Altura de Ruptura							
					(m)	DP	CV					
<i>Giallo</i> São Francisco Real	2,45		3,53		0,36	0,25	0,01					
Branco Dallas	3,82		4,31		0,44	0,16	0,01					
Branco Marfim	2,84		3,33		0,34	0,23	0,01					
Ensaio de Resistência ao Desgaste Abrasivo (Método Amsler)												
Amostra	Desgaste médio (500 m)						Desgaste médio (1000 m)					
	Paralelo*	DP	CV	Normal*	DP	CV	Paralelo*	DP	CV	Normal*	DP	CV
<i>Giallo</i> São Francisco Real	0,48	0,08	0,16	0,56	0,02	0,03	0,85	0,08	0,10	0,97	0,08	0,09
Branco Dallas	0,55	0,02	0,04	0,49	0,04	0,08	0,99	0,07	0,07	0,91	0,01	0,01
Branco Marfim	0,49	0,07	0,13	0,57	0,04	0,06	0,98	0,04	0,04	1,08	0,07	0,07

Determinação da Propagação de Ondas Ultrassônicas

Os resultados de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (V_p) obtidos de forma conjugada aos ensaios de compressão uniaxial, módulo de ruptura e flexão 4 pontos para os três materiais. Os valores de velocidade de propagação de ondas obtidos para os materiais estudados (Tabela 5) permitem situá-los, com exceção do Branco Marfim (principalmente na condição seca) e do *Giallo* São Francisco Real no ensaio de 4 pontos, acima da média calculada para as rochas brasileiras por Frazão & Farjallat (1995).

Assim, as amostras representadas pelo material *Giallo* São Francisco Real apresentaram as maiores velocidades de propagação de onda, com média de (5.061 m/s). Isso se deve, além de ter a maior densidade (2636,41 kg/m³) e um baixo grau de microfissuramento (principalmente não preenchido), à menor influência da textura lepidoblástica.

O material Branco Dallas apresentou velocidade intermediária (4.682 m/s). Tal valor se deve a sua granulação grossa (predominantemente composta por feldspato

potássico) com expressivo microfissuramento que contribuem para o retardamento da propagação das ondas ultrassônicas.

A variedade petrográfica Branco Marfim de composição quartzo-feldspática e elevada heterogeneidade textural, caracterizada por granulação geral grossa, apresenta a menor velocidade de ondas ultrassônicas (média de 4.097 m/s) dentre o conjunto estudado. Isso se deve, além do forte estiramento mineral, ao volume de quartzo (~27%) e seu grau de microfissuramento, que influenciam na diminuição da velocidade de propagação das ondas.

Verifica-se que a velocidade de ondas ultrassônicas nas rochas saturadas em água é bem maior do que nas rochas secas e este aumento ocorre porque a amostra submetida à saturação em água por mais de 24 horas passa a ter seus poros e espaços vazios preenchidos, acelerando a velocidade de propagação das ondas.

Resistência ao Ataque Químico

A determinação da resistência ao ataque químico (Tabela 5) foi realizada, para determinação do comportamento da

propriedade brilho frente ao ataque de substâncias agressivas em placas polidas dos materiais estudados, através de uma adaptação da NBR 13818, anexo H (ABNT, 1997). Para o ensaio foram aplicadas sobre a superfície polida da rocha as 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 antimfofo. O objetivo é simular em velocidade acelerada a ação destes reagentes

sobre a superfície da rocha.

De um modo geral a atuação destas substâncias químicas sobre o polimento dos materiais graníticos das rochas em estudo, pode ser sintetizada no quadro 2.

A maioria dos granitos analisados não sofreram mudanças significativas com relação à alteração cromática, com exceção dos atacados por ácido clorídrico. Isso se verifica provavelmente em função de possuírem cor clara e serem hololeucocráticos. No entanto, as substâncias que demonstraram maiores agressividades em relação à alteração cromática, foram o ácido clorídrico e o cloreto de amônia.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de determinação da propagação de ondas Ultrassônicas e resumo das principais alterações ao ataque químico das amostras de *Giallo* São Francisco Real, Branco Marfim e Branco Dallas.

Determinação da Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (Vp) dos corpos-de-prova da compressão uniaxial.												
Amostra	Natural						Gelo/degelo					
	Seco		Saturado									
	Paralelo	Normal	Pré-saturação		Pós-saturação		Pré-saturação		Pré-Gelo/degelo		Pós-Gelo/degelo	
Paralelo			Normal	Paralelo	Normal	Paralelo	Normal	Paralelo	Normal	Paralelo	Normal	
<i>Giallo</i> São Francisco Real	4677	4612	4605	4582	5214	5180	4877	4650	5368	5090	702	576
Branco Dallas	4409	4285	4411	3901	4837	4628	4420	4149	5109	4802	5456	5345
Branco Marfim	3839	3237	4032	3240	4604	4002	3713	3475	4384	4215	4940	4827
Substância química	HCl		$C_6H_8O_7$				NH_4Cl		KOH		NaClO	
<i>Giallo</i> São Francisco Real	Amarelamento dos feldspatos (no local de aplicação e no tardo)		Sutil clareamento				Mudança leve de coloração para esverdeado		Sutil amarelamento		Realçamento das cores	
Branco Dallas	Amarelamento dos feldspatos e também no tardo da placa		Manchas esbranquiçadas no tardo.				Realçamento das cores		Mudança leve de coloração para esverdeado e esbranquiçado		Leve clareamento	
Branco Marfim	Amarelamento da superfície polida e também na crosta de alteração no verso da placa		Esverdeamento evidente na superfície atacada e amarelamento em todo tardo				Sutil escurecimento		Sutil escurecimento e esverdeamento dos feldspatos		Leve clareamento	

CONCLUSÕES

As amostras estudadas são classificadas comercialmente como *Giallo* São Francisco Real, Branco Dallas e Branco Marfim. Petrograficamente foram classificadas como

granada gnaisses, constituídas basicamente por microclínio, quartzo, plagioclásio, biotita, granada e sillimanita. Os minerais acessórios são representados por titanita, apatita, zircão e

opacos.

Os aspectos composicionais, estruturais e texturais das amostras levaram à obtenção de valores distintos para as propriedades físico-mecânicas e químicas avaliadas.

O material Branco Dallas foi entre as três amostras, a que obteve os valores mais próximos aos sugeridos como limítrofes, devido ao seu bom entrelaçamento mineral. Mesmo com um alto grau de microfissuramento, apresentou os menores índices de porosidade e absorção d'água (0,71% e 0,27% respectivamente), bem como os maiores valores de resistência mecânica na maioria dos ensaios, sendo aconselhado para ambientes internos e externos, com restrição apenas para ambientes de intenso tráfego e para ambientes úmidos devido ao seu alto microfissuramento mineral devido à baixa resistência ao desgaste abrasivo (0,95mm)

Já o material *Giallo* São Francisco Real exibiu, de forma geral, valores intermediários em relação aos outros dois materiais analisados, cuja causa provável é a orientação em que foram confeccionados seus corpos-de-prova (concorrente ao plano principal de foliação), porém suas características intrínsecas são similares às do Branco Marfim, apresentando

boa resistência mecânica na maioria dos ensaios realizados. Sendo assim indicado também para ambientes internos e externos. Contudo, devem ser utilizadas peças de tamanho menores.

O material Branco Marfim foi o que apresentou de forma generalizada, os índices de resistência mais baixos. Esta rocha apresentou os maiores índices de porosidade e absorção d'água (1,08% e 0,41% respectivamente) bem como os menores valores de resistência mecânica dentre o conjunto de rochas estudadas. A rocha apresenta também menor resistência ao desgaste abrasivo (1,03mm). Na maioria dos ensaios seus resultados ficaram pouco abaixo dos limítrofes, o que não reduz sua aplicabilidade como rocha ornamental, sendo ainda indicado para ambientes secos. A rocha apresenta apenas uma restrição quanto à aplicação em ambientes úmidos como banheiros e pias. Devem ser consideradas adaptações na sua espessura para projetos de revestimento de fachadas.

Os materiais estudados são adequados para fins de rochas ornamentais, embora se tenham restrições quanto a sua aplicação, quanto ao material Branco Marfim, que apresentou os menores valores em praticamente todos os ensaios.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio da CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard C – 615. Sloudart especification for granite dimension stone. Estados Unidos: 2008. 2p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard D-2845. Standard Test Method for Laboratory: Determination of Pulse Ultrasonic Elastic Constants of Rocks. Estados Unidos: 1990. 5p.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). C 880. Norma para método de teste para resistência à flexão de rochas ornamentais. Estados Unidos: 1998. 8p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12042: Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro, 1992e. 3p.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo A– Análise petrográfica. Rio de Janeiro, 2010. 4p.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo B– Determinação da Massa Específica Aparente, Porosidade Aparente e Absorção d água Aparente. Rio de Janeiro, 2010. 3p.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo D– Resistência ao Congelamento e degelo. Rio de Janeiro, 2010. 4p.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo E– Resistência à Compressão Uniaxial. Rio de Janeiro, 2010. 3p.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo F– Módulo

de ruptura (flexão por carregamento em três pontos). Rio de Janeiro, 2010. 4p.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo G– Flexão por carregamento em quatro pontos. Rio de Janeiro, 2010. 4p.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15845: Rochas para revestimento– Métodos para ensaio. Anexo H– Resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro, 2010. 4p.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15844: Rochas para revestimento– Requisitos para granitos. Valores limítrofes de aplicação. Rio de Janeiro, 2010. 2p.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13818: Determinação da resistência ao ataque químico. Anexo – H. Rio de Janeiro, 1997.

14. FRASCÁ, M.H.B.O. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais e Revestimento: Estudo por meio de Ensaio e Análises e das Patologias associadas ao uso. Curso de Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais – FIEC. 2002.

15. 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, p. 47-58.

16. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Carta topográfica de Mantena, em escala 1:100.000 (Folha SE-24-Y-A-VI). Ed. IBGE, 1979.

17. JUNIOR, J.G.R. As Suítes Graníticas Tipo-S do norte do Espírito Santo na região das Folhas Ecoporanga, Mantena, Montanha e Nova Venécia. Belo Horizonte, 2009. 102p.

18. NAVARRO, A.P. A influência da petrografia sobre a anisotropia a tensão de compressão e dilatação térmica de rochas ornamentais. Rio Claro, 2006. 358p. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

22. PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C. M.; SILVA, L.C.; CORDANI, U.; ALKMIM, F.F.; BABINSKI, M. Orógeno Araçuaí: estágio atual do conhecimento geotectônico. In: SIMPÓSIO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3, 2005, Salvador. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 243-246.

23. PEDROSA-SOARES, A.C.; CASTAÑEDA, C.; QUEIROGA, G.; GRADIM, C., BELÉM, J.; RONCATO, J., NOVO, T.; DIAS, P.; GRADIM, D.; MEDEIROS, S.; JACOBSON, T.; BABINSKI, M.; VIEIRA, V. Magmatismo e tectônica do Orógeno Araçuaí no extremo leste de Minas e norte do Espírito Santo (18°-19°S, 41°-40°30'w). Geonomos, v. 14, n. (1, 2), p. 97–111, 2006.

24. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geologia da Folha de Mantena - SE.24-Y-A-VI - Programa Geologia do Brasil - Nota explicativa da folha Mantena. Escala 1:100.000, 2007.

*Manuscrito recebido em: 14 de Março de 2013
Revisado e Aceito em: 16 de Setembro de 2014*