

ASPECTOS GEOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS DO GRANITO PRETO PIRACAIA – SP

Antonio Misson GODOY ¹ & Júlio César de Pinheiro ARRAIS ²

(1) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: mgodoy@rc.unesp.br.

(2) Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP.

Introdução
Geologia Local
Controle Estrutural
Caracterização Tecnológica
Conclusões
Referências Bibliográficas

RESUMO – A rocha ornamental chamada Granito Preto Piracaia constitui o nome comercial dos monzonitos inequigranulares de granulação fina, fina/média e média a localmente porfíricos, de coloração cinza a cinza-escura do Maciço Piracaia. São rochas homogêneas, mas apresentam localmente pequenas variações composicionais. Encontram-se cortadas por veios de composições quartzo-feldspáticas, quartzosas ou sieníticas. As rochas apresentam fraca anisotropia, definida por uma foliação milonítica NE-SW de médio a alto ângulo e famílias de fraturas que apresentam orientações principais NNE-SSW/subvertical, E-W/subvertical, NW-SE/subvertical e subhorizontal. Localmente apresentam-se fortemente orientadas, próximas às zonas de falhas. Os parâmetros tecnológicos físicos e físico-mecânicos e petrográficos do Monzonito Piracaia são próximos ou superam os valores médios dos melhores “granitos pretos brasileiros”, permitindo classificá-lo como ideal para revestimento em ambientes internos ou externos. Homogeneidade, coloração escura e fraca alterabilidade dos minerais constituintes valorizam o padrão estético como rocha ornamental.

Palavras-chave: Monzonitos Piracaia, granito preto, rochas ornamentais.

ABSTRACT – *A.M. Godoy & J.C. de P. Arrais – Geological and technological aspects of the Piracaia Black Granite – SP.* The dimension stone named Piracaia Black Granite constitutes the commercial label of the fine to coarse inequigranular monzonites, locally with porphyritic fabric, and medium to dark gray colored from the Piracaia Massif. The rocks are homogeneous, but locally they are cut by quartz-feldspatic, quartzose or syenitic veins. A weak anisotropy is defined by a mylonitic NE-SW foliation with medium to high dip angle. The sets of fractures show preferred orientations around NNE-SSW/subvertical, E-W/subvertical, NW-SE/sub-vertical and sub-horizontal, locally intense fractured close to fault zones. The physical and physical-mechanical, and the petrographic parameters of the Piracaia monzonites are close or ever better than the average values of the best “Brazilian Black Granites”, allowing to consider this rock as ideal to be used as a dimension stone both for internal and external environments. Homogeneity, dark color and weak alteration of the constituent minerals contribute to value the visual appearance and aesthetic pattern of the dimension stone.

Keywords: Piracaia Monzonites, black granite, dimension stones.

INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas dimensionais e materiais de cantaria, definem na atualidade uma das mais promissoras áreas do setor mineral. Este crescimento resulta da diversificação dos produtos, de novas utilizações das rochas ornamentais e de revestimentos e das novas tecnologias que aprimoram a exploração e otimização da produção.

A junção destes fatores resulta em redução dos custos destes produtos, mas o mercado consumidor requer uma padronização das características tecnológicas das rochas ornamentais utilizadas, possibilitando assim um melhor aproveitamento e segurança na utilização das rochas. Neste sentido, os estudos visam a caracterização tecnológica dos monzonitos e monzodioritos da jazida comercialmente denominada Granito Preto Piracaia, com Alvará de

Pesquisa no Ministério das Minas e Energia de nº 47, de janeiro de 1972, a partir de estudos geológicos, petrográficos, estruturais e dos ensaios físico-mecânicos da rocha, fundamentais para sua utilização correta e econômica.

A jazida Granito Preto Piracaia insere-se no Maciço Monzonítico-Monzodiorítico Piracaia (Janasi, 1986; Artur et al., 1991; Wernick et al., 1997). O maciço situa-se nos arredores da cidade homônima, no nordeste do Estado de São Paulo, constituindo um corpo com forma de gota alongada orientada segundo N30E, medindo cerca de 14,5 km de extensão e largura máxima de 3,5 km, com uma área de exposição da ordem de 28 km². Encontra-se embutido entre os granitos cálcio-alcálicos do Complexo Granitóide Socorro e rochas metassedimentares de médio grau metamórfico do Complexo Itapira (Figura 1).

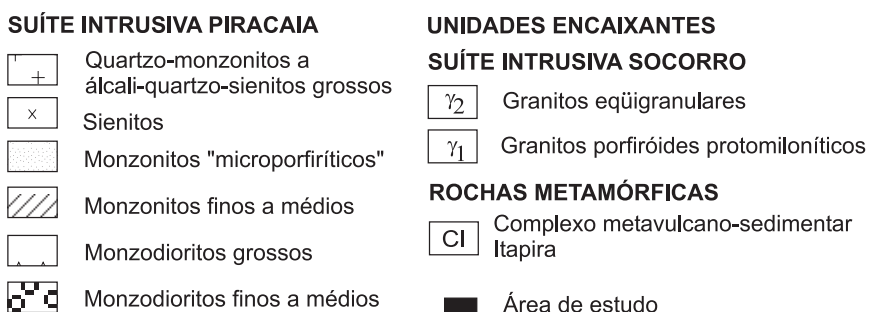
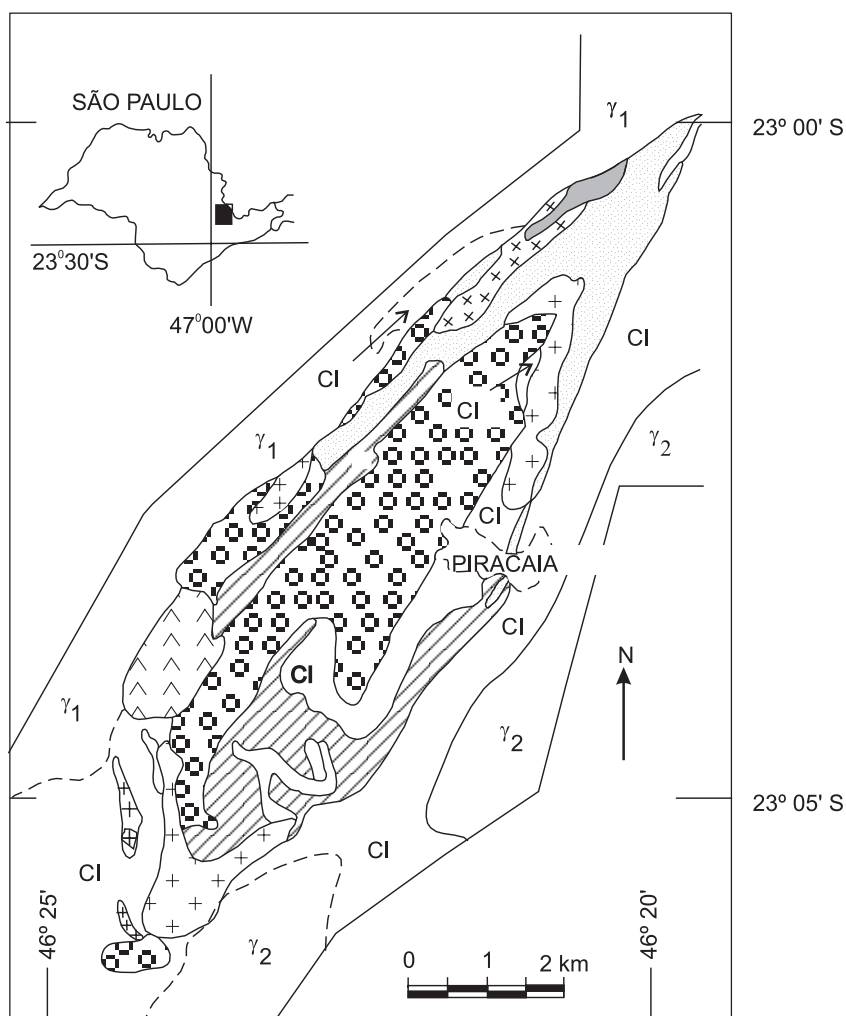


FIGURA 1. Mapa geológico esquemático do Maciço Piracaia. Modificado de Janasi (1986).

O maciço foi estudado inicialmente por Cavalcante & Kaefér (1974) e Campos Neto & Artur (1983). Uma abordagem mais detalhada foi executada por Janasi (1986) e Janasi & Ulbrich (1987) e complementada por Artur et al. (1993, 1994a). Os estudos geológicos, petrográficos, mineralógicos e geoquímicos são devido principalmente a Cavalcante & Kaefér (1974), Campos Neto & Artur (1983), Janasi (1986), Janasi & Ulbrich (1987), Artur et al. (1991, 1993, 1994a, b) e Wernick et al. (1996, 1997).

Janasi (1986) reconheceu para o maciço cerca de trinta fácies petrográficas que foram reunidas por Janasi & Ulbrich (1987) em seis associações de fácies mapeáveis na escala 1: 25.000. Entre as rochas do maciço dominam os dioritos, quartzo dioritos, monzodioritos, quartzo monzodioritos, monzonitos e quartzo monzonitos, ao lado de álcali-sienitos, quartzo-álcali-sienitos e álcali-granitos. Estas rochas incluem termos texturais eqüigranulares de granulação muito fina, fina, média e grossa, inequigranulares e porfíricos.

O efeito da deformação regional principal referente à fase de transcorrência Dn+1 é marcante, responsável tanto pelo formato alongado do maciço

quanto pela geração de uma foliação tectônica mais ou menos intensa e presente em quase todas as rochas do maciço.

GEOLOGIA LOCAL

A área da jazida de rochas ornamentais do Granito Preto Piracaia está localizada a cerca de 2 km a norte da cidade de Piracaia, no Sítio Boa Vista, apresentando-se caracterizada por um espesso manto de intemperismo com cobertura vegetal e afloramentos de rochas frescas dispersas na forma de matacões e lajedos. Os matacões geralmente exibem formatos ovalados e alongados com dimensões variadas, expostos por erosão ou por decorrência de explorações das pedreiras em épocas anteriores a este estudo.

O Granito Preto Piracaia é constituído por rochas de composição predominantemente monzonítica a localmente monzodiorítica, inequigranulares com variedades de granulação fina, fina/média e média, apresentando localmente feições porfírica, definida pela presença de esparsas ripas de plagioclásio branco a rosado com dimensões de até 1,5 cm. Apresentam coloração cinza-clara a cinza-escuro, com índice de coloração variando desde 30% até cerca de 40%. Nos três tipos de monzonitos descritos ocorrem frequentemente variações locais denotadas por manchas alongadas e, em menor intensidade e localmente, por diques de coloração rósea de composição sienítica e/ou feldspática. Observa-se ainda a presença de filetes e raramente veios mais longos, normalmente descontínuos de espessuras subcentimétricas a centimétricas de composição sienítica e quartzo-sienítica.

As principais feições que distinguem as três variedades faciológicas são incipientes, dadas pela variação na granulação das rochas, teor de plagioclásio e presença dos tipos de anfibólios. Para as análises petrográficas levou-se em consideração a norma NBR 12768 (ABNT, 1992a), e as características petrográficas das diferentes variedades faciológicas estão descritas abaixo. Estas características encontram-se detalhadas em Arrais (2001) e Arrais et al. (2002).

A *variedade de granulação fina ou grana fina* (Figura 2) é formada por rochas de composição monzonítica, inequigranulares, de coloração cinza-escuro com finas porções dispersas de cor rosa-esbranquiçada, definidas por concentrações de feldspatos que podem atingir até 2,0 mm. Exibem granulação entre 0,2-2,0 mm, média entre 0,3-0,5 mm; os contatos entre os grãos são predominantemente do tipo côncavo-convexo, às vezes plano; o microfissuramento é moderado, representado por microfaturas não preenchidas, isoladas e predominantemente intragranulares, dispostas de forma mais ou menos orientada.

Geralmente apresentam discreta anisotropia definida principalmente pela sutil orientação de biotitas, que pode ser mais intensa devido a zonas de deformação localizadas. Os minerais que compõem estas rochas são principalmente plagioclásio do tipo andesina, microclínio, biotita e, secundariamente, hornblenda, além de quartzo, titanita, apatita, epidoto, minerais opacos, carbonatos, sericita e clorita. As transformações minerais expressam-se pela saussuritização do plagioclásio e cloritização incipiente das bordas das biotitas e anfibólios.

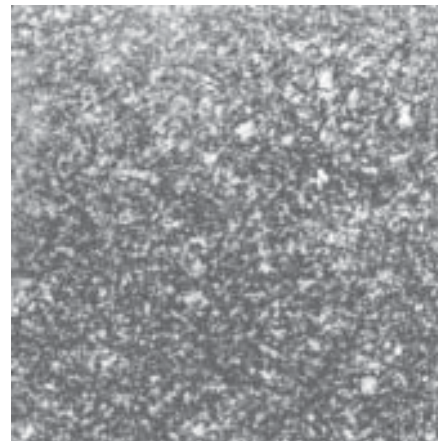


FIGURA 2. Monzonitos Piracaia – variedade grana fina.

A *variedade de granulação fina média ou grana fina/média* (Figura 3) é constituída por rochas de composição monzonítica, inequigranulares, de coloração cinza-escuro, granulação fina a média (0,2-3,0 mm), com predominância dos cristais entre 0,5-0,7 mm, ocorrendo frequentemente cristais tabulares de feldspatos de cores brancas a rosada atingindo até 1,5 cm. O processo de microgranulação dos cristais é freqüente, principalmente do plagioclásio e microclínio. O tipo de contato que prevalece entre os cristais é do tipo côncavo-convexo, podendo ocorrer também o plano. A anisotropia é incipiente ou localizada, verificada principalmente através de fraturas descontínuas preenchidas por um material muito fino de coloração cinza-escuro, resultado da fragmentação de minerais máficos, definindo um padrão amendoado (pseudo-taquilito). A composição mineralógica destas rochas é muito semelhante à da variedade de granulação fina, com a ocorrência de hornblenda.

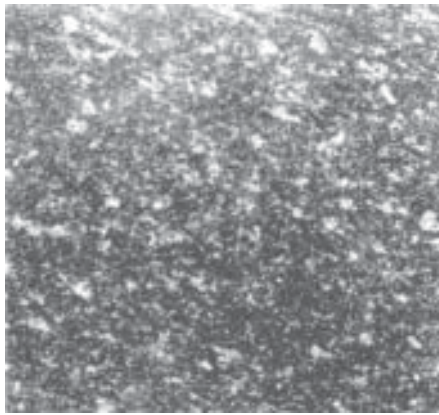


FIGURA 3. Monzonites Piracaia – variedade grana fina/média.

A variedade de granulação média ou grana média (Figura 4) é representada por rochas de composição monzonítica, inequigranulares, de coloração cinza-média com tons rosa-esbranquiçados, configurando típica textura sal e pimenta. Apresentam granulação entre 0,3-4,0 mm, com predominância entre 0,5-0,8 mm, contendo alguns cristais esparsos pela rocha que podem atingir até 4,0 mm. O tipo de contato que prevalece entre os cristais é o côncavo-convexo, podendo ocorrer o tipo plano. O microfissuramento é

moderado, caracterizado como fraturas não preenchidas, intragranulares e não comunicáveis, as quais seguem uma orientação preferencial dentro dos minerais, atingindo maiores proporções nas porções mais deformadas. Apresentam leve anisotropia, mais acentuada do que nas duas variedades anteriores, realçadas pelos seus constituintes maiores. A composição é muito semelhante à da variedade de granulação fina/média, inclusive com a presença de hornblenda.

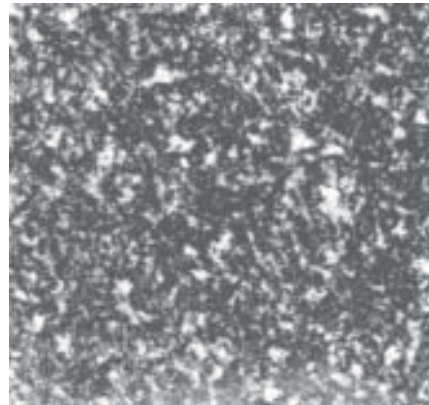


FIGURA 4. Monzonites Piracaia – variedade grana média.

CONTROLE ESTRUTURAL

O quadro estrutural pode ser sintetizado pelas principais estruturas planares e lineares do maciço rochoso, que exercem parcialmente o controle de desmonte e tamanho dos blocos a serem explorados, bem como aquelas feições associadas às deformações regionais de caráter dúctil-rúptil, que controlam e direcionam o padrão de corte e definem a homogeneidade/heterogeneidade da rocha quanto ao padrão estético.

O maciço rochoso apresenta-se no geral com fraca anisotropia, definida por foliação milonítica tardia, localmente proeminente nas zonas de maior deformação, em função do caráter heterogêneo e anastomosado destas zonas de cisalhamento. A foliação, caracterizada regionalmente como Sn+1, apresenta uma orientação geral de NE-SW, com mergulhos de alto a médio ângulo. O quadro de foliação é associado à influência regional da Zona de Cisalhamento de Extrema, caracterizada como de movimentação

preferencial transcorrente destra (Janasi, 1986). Associadas a esta fase observam-se dobras intrafoliais Dn+1.

O arranjo geométrico portador de lineação mineral de baixo ângulo, direcional, também aponta neste sentido. A variação tanto na direção quanto no mergulho das feições estruturais é interpretada como resultado de pequenos movimentos de grandes blocos de rocha, desconectados do maciço principal.

O estudo do fraturamento permitiu identificar e reconhecer várias famílias de fraturas, sendo mais marcante o conjunto de fraturas direcionado em torno de NNE/subvertical. Os outros conjuntos podem ser expressos em termos gerais pelas direções aproximadas E-W e NW-SE, nesta ordem de importância. Ainda se verifica o fraturamento subhorizontal que está associado às fraturas de alívio de carga (*sheeting*), subparalelas à topografia.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A análise comparativa entre os resultados obtidos dos diferentes ensaios tecnológicos e os parâmetros pré-fixados pelas normas possibilita a quantificação e qualificação dos materiais.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é a entidade normalizadora dos parâmetros de qualificação de rochas ornamentais, sendo que normas de outras associações, como a da American

Society for Testing and Materials (ASTM), são utilizadas principalmente para comparações dos resultados obtidos para o Granito Preto Piracaia (IPT, 2000 e Godoy et al., 2002).

A Tabela 1 mostra os resultados médios dos principais ensaios tecnológicos realizados nos três tipos petrográficos comercializados como Granito Preto Piracaia, caracterizados por variações texturais e representados pela variedade de granulação fina ou grana fina, de granulação fina/média ou grana fina/média, e de granulação média ou grana média. A Tabela 1 apresenta os resultados das análises realizadas no

Laboratório de Rochas Ornamentais do DPM/ ICGE/ UNESP, além dos valores limítrofes dos ensaios tecnológicos especificados pela norma C 615 da ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) para rochas graníticas utilizadas como rochas ornamentais e de revestimentos. Estes valores sugeridos foram utilizados como parâmetros balizadores em termos comparativos e da avaliação qualitativa das três variedades petrográficas do Granito Preto Piracaia. A Tabela 2 apresenta os parâmetros de ensaios tecnológicos de granitos ornamentais pretos brasileiros.

TABELA 1. Resultados dos ensaios físicos e mecânicos do Granito Preto Piracaia e parâmetros limítrofes especificados para granitos ornamentais para revestimento. Norma C 615 (ASTM, 1992) e Frazão & Farjallat (1995).

Ensaio Tecnológico	Grana Fina	Grana Fina/Média	Grana Média	C 615 ASTM (1992)	Frazão & Farjallat (1995)
Massa Específica Aparente (kg/m ³)	2.877	2.836	2.827	≥ 2.560	≥ 2.550
Porosidade Aparente (%)	0,34	0,35	0,38	-	≤ 1,0
Absorção d'água (%)	0,12	0,12	0,13	≤ 0,4	≤ 0,4
Compressão Uniaxial ao Natural (Mpa)	210,4	225,7	204,9	≥ 131,0	≥ 100,0
Flexão 3 Pontos (MPa)	24,85	28,61	15,09	≥ 10,34	≥ 10,0
Flexão 4 Pontos (MPa)	23,40	21,10	16,49	-	≥ 30,0
Desgaste Amsler (mm)	0,98	0,83	1,01	n.e.	≤ 1,0
Impacto de Corpo Duro (cm)	67	66	65	-	≥ 0,4
Velocidade de Propagação de Ondas (m/s)	5.455	5.318	5.183	-	≥ 4.000

TABELA 2. Ensaio tecnológico: (1) Preto Piracaia (hornblenda-biotita monzodiorito). (2) Preto Apiaí (gabro). (3) Preto Bragança (quartzo monzonito). (4) Cofresa (olivina gabro). (5) São Gabriel (norito) (6) Preto Total (gabronorito).

Ensaio	1*	2*	3*	4**	5***	6***
Massa específica aparente (kg/m ³)	2.844	3.065	2.770	2.952	2.920	2.931
Porosidade aparente (%)	0,50	0,54	0,44	0,06	0,16	0,20
Absorção d'água (%)	0,18	0,18	0,16	0,02	0,05	0,07
Compressão uniaxial cong/deg.(MPa)	149,5	-	176,1	-	143,6	115,7
Compressão uniaxial (MPa)	167,1	195,5	178,9	-	128,9	113,3
Flexão 3 pontos (MPa)	15,75	26,4	25,1	-	25,71	22,43
Desgaste Amsler (mm)	1,05	0,76	0,85	0,82	1,14	2,02
Impacto corpo duro (cm)	88	61	73	-	98	88
Módulo deformidade estática (MPa)	32,96	47,13	42,45	-	73,54	64,20
Dilatação térmica (10 ⁻³ mm/m.°C)	6,3	5,4	6,6	-	9,1	9,7
Velocidade propagação de ondas (m/s)	5.010	6.040	5.330	-	-	-

Fontes: * IPT (2000). ** IPT (1993). *** DNPM (1998).

Os resultados obtidos dos ensaios tecnológicos do Granito Preto Piracaia, que se encontram sintetizados nas Figuras 5 e 6, apresentam as correlações entre os resultados dos ensaios obtidos. As figuras mostram que os parâmetros analisados situam-se dentro dos limites padrões estabelecidos pelas normas vigentes e que às vezes, superam os valores médios dos melhores granitos pretos brasileiros, obedecendo satisfatoriamente os valores limites fixados pela norma

C 615 da American Society for Testing Materials (ASTM) para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos, quer para externos. Os parâmetros obtidos para os monzonitos Piracaia satisfazem plenamente e refletem a adequação dos materiais estudados para o uso como rocha ornamental em quaisquer situações, como por exemplo, revestimentos e pavimentos externos e internos.

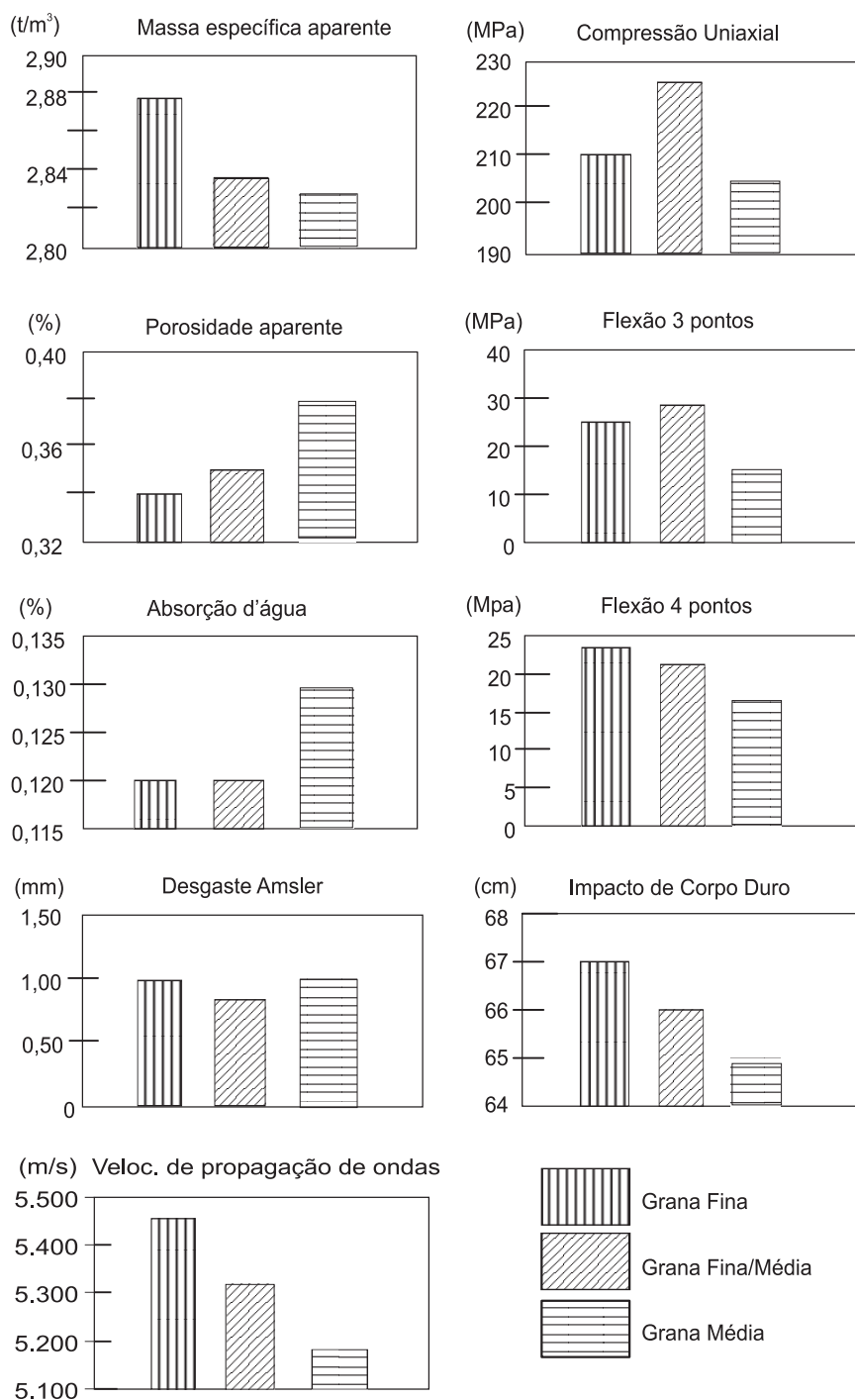


FIGURA 5. Síntese dos ensaios tecnológicos do Granito Preto Piracaia.

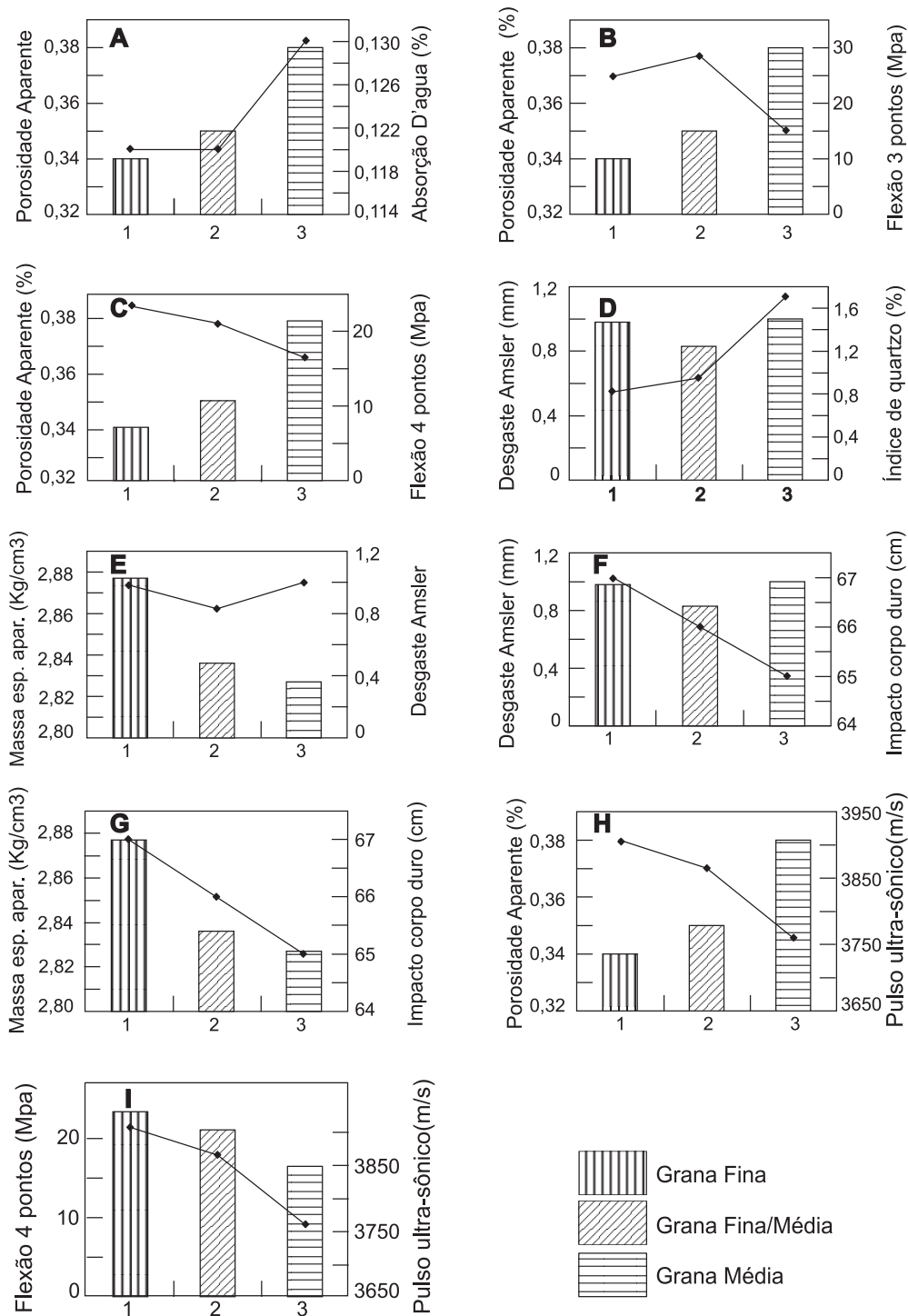


FIGURA 6. Correlação dos ensaios tecnológicos do Granito Preto Piracaiá.

No geral os resultados de índice físicos e físico-mecânicos fornecidos pelas rochas do Granito Preto Piracaiá mostram boas correlações com os aspectos petrográficos (mineralógicos, texturais e estruturais) exibidas pelas três variedades estudadas e abaixo comentadas.

Segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992b), os valores obtidos para os ensaios de índices físicos, de massa específica aparente, porosidade e absorção

d'água aparente, apresentam-se dentro dos limites esperados. Os valores de massa específica aparente são semelhantes para as três variedades de rochas estudadas e refletem a similaridade composicional entre os referidos tipos petrográficos, sendo que a massa específica pouco mais elevada para a variedade de grana fina deve-se ao seu maior teor de minerais máficos. A porosidade aparente e a absorção d'água dos três tipos analisados apresentam-se no geral baixos,

sendo que a grana média ostenta valores discretamente maiores, considerados como decorrentes da sua granulação pouco mais grossa e, principalmente, devido à foliação mais pronunciada em relação aos outros tipos petrográficos. Os bons resultados dos índices físicos fornecidos pelos referidos materiais refletem: a homogeneidade petrográfica da rocha; os bons entrelaçamentos minerais, caracterizados por cerca de 85% de contatos dos tipos côncavo-convexos e imbricados; o baixo grau de microfissuramento intergranular; a granulação geral relativamente fina das três variedades de rochas estudadas. Os baixos índices de porosidade e absorção d'água, aliados à composição mineralógica desses materiais, permitem qualificar estas rochas como bastante resistentes ao ataque de líquidos agressivos.

A Figura 6A mostra a correlação direta que existe entre as propriedades de porosidade aparente *versus* absorção d'água, onde se tem que quanto mais poroso for o material, maior será sua capacidade de absorção d'água dos subtipos.

Os valores de resistência à compressão uniaxial das três variedades analisadas, obtidas segundo a norma NBR 12767 (ABNT, 1992c), apresentam boa resposta, o que reflete a elevada coesão exibida pelas rochas e que pode ser atribuída ao bom entrelaçamento dos grãos minerais, baixos grau de microfissuramento e baixa a moderada alteração mineral. Para a variedade de grana média os menores valores refletem a razão direta da maior granulação e principalmente a anisotropia mais acentuada deste material. Os resultados obtidos para a rocha de grana fina divergem dos resultados esperados, são menores em relação aos da rocha de grana fina/média, fato este creditado ao seu microfissuramento pouco mais pronunciado.

Os valores de resistência à flexão três pontos mostram-se diretamente dependentes das relações texturais e estruturais exibidas pelos materiais rochosos. Os ensaios foram efetuados segundo a norma NBR 12763 (ABNT, 1992d). Neste ensaio, os resultados apresentados pelas três fácies foram muito satisfatórios, superiores aos limites estabelecidos pela norma C 615 da ASTM (1992), de >10,34 MPa, e aos da média dos limites sugeridos por Frazão & Farjallat (1995). Entretanto, a rocha de grana média apresenta um valor inferior à média aferida para os demais materiais pretos brasileiros (normalmente superiores a 20 MPa), o que deve estar relacionado com a estrutura moderadamente foliada exibida por esta variedade petrográfica, feição visualizada na correlação da Figura 6B.

Os valores da resistência à flexão quatro pontos são igualmente elevados e refletem a alta resistência mecânica destas rochas. Os ensaios foram efetuados segundo as normas C 880 (ASTM, 1980). O melhor

valor é o exibido pela rocha de grana fina, sendo que o resultado relativamente menor fornecido pela variedade de grana média deve-se a semelhança dos resultados dos ensaios de flexão três pontos e de compressão uniaxial aos efeitos da estrutura foliada mais evidente deste tipo petrográfico. A variedade de grana média apresenta elevados valores com relação a porosidade aparente e, conseqüentemente menor resistência a esforços mecânicos (Figura 6C).

Os valores dos ensaios de desgaste abrasivo Amsler, realizados segundo a norma NBR 12042 (ABNT, 1992e) apresentam bons resultados do ponto de vista tecnológico, com valores de desgaste próximos ao máximo sugerido por Frazão & Farjallat (1995). Os desgastes relativamente elevados relacionam-se a ausência e/ou baixíssimos teores de quartzo (no máximo entre 1 e 2% de quartzo intersticial). Por outro lado, os valores ainda considerados como muito bons para estes materiais refletem a granulação relativamente fina e a homogeneidade textural exibida por estas rochas e, em termos gerais, resultam também do bom entrelaçamento dos seus minerais, discreto grau de microfissuramento intergranular e baixa intensidade da alteração mineral. O valor melhor deste parâmetro para a variedade de grana média é atribuído à presença levemente mais acentuada de quartzo em relação às outras duas variedades petrográficas. As Figuras 6D e 6E evidenciam estas propriedades das amostras.

Os valores de impacto do corpo duro situam-se na média aferida para os granitos pretos brasileiros. Os ensaios foram executados segundo diretrizes da norma NBR 12764 (ABNT, 1992f). Devemos considerar que os fatores determinantes na resistência ao fraturamento por impacto relacionam-se principalmente à granulação da rocha, microfissuramento mineral e presença de estruturas planares, tais como foliação e gnaissificação. Os resultados são satisfatórios, sendo que a rocha de granulação mais fina é mais resistente ao impacto do que rocha de grana média, com anisotropia mais evidente, como era esperado para este ensaio, visualizado na correlação das Figuras 6F e 6G.

Os valores das velocidades de propagação das ondas ultra-sônicas, realizados com base nas normativas da norma D 2845 (ASTM, 1990), estão diretamente relacionados com a granulação da rocha, entrelaçamento mineral e com o grau de anisotropia do material rochoso. Os resultados fornecidos pelas três variedades monzoníticas situam-se bem acima do valor limítrofe mínimo sugerido por Frazão & Farjallat (1995). A rocha de grana média exibe o menor valor, o que se deve a sua anisotropia estrutural e maior granulação em relação aos outros dois tipos petrográficos.

A análise da Figura 6H mostra que quanto mais poroso for o material analisado, menor será a veloci-

dade de propagação de ondas ultrassônicas através desse corpo. Os valores referentes a resistência à flexão quatro pontos *versus* velocidade do pulso ultrassônico são simétricos e decrescem da grana fina para a média e encontram-se expressos na Figura 6I. A correlação entre essas duas propriedades determina

que quanto maior resistência do material aos esforços fletores, maiores serão os valores de velocidade de propagação de ondas. Esses resultados mostram-se perfeitamente coerentes em relação à resistência físico-mecânica e às respectivas características petrográficas apresentadas pelos litotipos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seqüência litológica presente na área de domínio da pedreira está representada por monzonitos de coloração cinza-média a cinza-escura, de granulação fina, fina/média e média, com padrão mais ou menos homogêneo e pouca alteração dos minerais constituintes, sendo que na variedade de granulação média o padrão textural tipo sal-e-pimenta são mais evidenciados. Estes aspectos composicionais texturais são fatores que propiciam a utilização dos monzonitos Piracaia, como rochas ornamentais. Os aspectos negativos estão associados à presença de veios e de feições locais porfiríticas que levam à desvalorização dos blocos, em razão da perda de homogeneidade da rocha.

Estruturalmente o maciço monzonítico apresenta-se geralmente com uma fraca anisotropia, definida por uma foliação milonítica tardia, caracterizada regionalmente como Sn+1, associada à Zona de Cisalhamento Extrema, com mergulhos de alto a médio ângulo e direção geral NE-SW. As famílias de fraturas/juntas apresentam três direções predominantes subverticais, sendo mais marcante o conjunto de fraturas direcionado em torno de NNE-SSW. Os outros conjuntos podem ser expressos em termos gerais pelas direções aproximadas E-W e NW-SE, nesta ordem de importância, e uma principal com padrão subhorizontal (*sheeting*).

Os parâmetros de ensaios tecnológicos dos mon-

zonitos Piracaia foram obtidos para as amostras de granulação fina, fina/média e média, conforme abaixo relacionado:

- quanto aos índices físicos, os valores obtidos foram, respectivamente: massa específica aparente (2,877, 2,836 e 2,827 kg/m³); porosidade aparente (0,34%, 0,35% e 0,38%) e absorção d'água aparente (0,12%, 0,12% e 0,13%);
- quanto aos mecânicos, os valores obtidos foram: resistência à compressão uniaxial (210,4; 225,7 e 204,9 MPa); resistência à flexão 3 pontos (24,85; 28,61 e 15,09 MPa); resistência à flexão quatro pontos (23,40; 21,10 e 16,49 MPa); resistência ao desgaste abrasivo Amsler (0,98; 0,83 e 1,01 mm); resistência ao impacto do corpo duro (66; 63 e 67 cm); velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (5.455; 5.318 e 5.183 m/s).

Os padrões tecnológicos dos monzonitos Piracaia apresentam os valores dos parâmetros petrográficos, físicos e físico-mecânicos próximos e às vezes superiores aos valores médios dos melhores Granitos Pretos Brasileiros e obedecem satisfatoriamente aos valores limítrofes fixados pela norma C 615 (ASTM, 1992) e àqueles sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos quer para externos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Análise petrográfica.** Norma ABNT – NBR 12.768, 1992, (a), 2 p.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente.** Norma ABNT – NBR 12.766, 1992, (b), 2 p.
3. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial.** Norma ABNT – NBR 12.767, 1992, (c), 2 p.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da resistência à flexão.** Norma ABNT – NBR 12.763, 1992, (d), 3 p.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão.** Norma ABNT – NBR 12.042, 1992, (e), 3 p.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao impacto de corpo duro.** Norma ABNT – NBR 12.764, 1992, (f), 2 p.
7. ARRAIS, J.C.P. **Estudo do Granito Preto Piracaia – SP, para utilização como rocha ornamental.** Rio Claro, 2001. 137 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
8. ARRAIS, J.C.P.; GODOY, A.M.; GALEMBECK, T.M.B.; MORALES N.; ARTUR, A.C. A importância geológica, petrográfica e estrutural na lavra do Granito Preto Piracaia – SP, para rocha ornamental. **Geociências**, v. 21, p. 55-64, 2002.
9. ARTUR, A.C.; EBERT, H.D.; WERNICK, E. Magmatismo e tectônica no Complexo Socorro (SP/MG). In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE**, 2, 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 105-112.

10. ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; HÖRMANN, P.K.; WEBER-DIEFENBACH, K. Associações plutônicas do Complexo Granitóide Socorro (Estados de São Paulo e Minas Gerais, SE Brasil). *Geociências*, v. 23, n. 3, p. 265-273, 1993.
11. ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; SOUZA, S.C.A.; WEBER-DIEFENBACH, K. Tipologia de zircão e quimismo do Complexo Monzonítico-Monzodiorítico Piracaia, SP. *Geociências*, v. 13, n. 1, p. 167-173, 1994, (a).
12. ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; WEBER-DIEFENBACH, K.; HÖRMANN, P.K.; FAHL, F.C. Caracterização geoquímica e evolução do magmatismo Piracaia, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camboriú. *Anais...* Balneário de Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, (b), v. 1, p. 119-120.
13. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **Standard specification for granite dimension stone**. ASTM, C 615, 1992.
14. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **Standard test method for flexural strength of dimensional stone**. Norma ASTM, C 880, 1980.
15. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock**. Norma ASTM, D 2845, 1990.
16. CAMPOS NETO, M.C. & ARTUR, A.C. A suíte quartzo monzonítica a diorítica de Piracaia, SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, 1983, São Paulo. *Atas...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1983, p. 47-60.
17. CAVALCANTE, J.C. & KAEFER, L.Q. Complexo Piracaia – estudos preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v. 5, p. 101-106.
18. FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA PEDRA NATURA, 1, 1995, Lisboa. *Atas...* Lisboa (Portugal), 1995, p. 47-58.
19. GODOY, A.M.; ARRAIS, J.C.P.; ARTUR, A.C.; GALEMBECK, T.M.B. Padrão Tecnológico do Granito Preto Piracaia – SP, como rocha ornamental. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 3, 2002, Recife. *Anais...* Recife: ISBN 85-7227-173-2. CDD-553, 2002, v. 1, p. 43-48.
20. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. In: Frascá, M.H.B.O. (Coordenadora), **Publicação IPT 2651**. CD-ROM, 2000.
21. JANASI, V.A. & ULBRICH, H.G.J. Petrogenesis of the monzodioritic Piracaia Massif, State of São Paulo, southern Brazil: field and petrographic aspects. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 4, p. 524-534, 1987.
22. JANASI, V.A. **Geologia e petrologia do Maciço Monzodiorítico-Monzonítico de Piracaia**. São Paulo, 1986. 281 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
23. RAMOS, D.C. **Alvará de Pesquisa**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1972.
24. WERNICK, E.; ARTUR, A.C.; FAHL, F.C.; HÖRMANN, P.K.; WEBER-DIEFENBACH, K.O. Magmatismo shoshonítico Piracaia – SP (SE – Brasil). Instituto de Geociências/USP, **Boletim**, v. 18, (publicação especial), p. 59-62, 1996.
25. WERNICK, E.; ARTUR, A.C.; HÖRMANN, P.K.; WEBER-DIEFENBACH, K.; FAHL, F.C. O magmatismo alcalino potássico Piracaia, SP (SE Brasil): aspectos composicionais e evolutivos. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n. 1, p. 53-66, 1997.