

## Parâmetros Técnicos para o Aproveitamento Ornamental dos Granitóides Jaguari e Santa Rita, Região de Ibaré, Oeste do Escudo Sul-Rio-Grandense

LEONARDO CARDOSO RENNER<sup>1</sup> & GÊNNOVA MARIA PULZ<sup>2</sup>

1. Curso de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS. leorenner@bol.com.br

2. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS.

(Recebido em 01/05. Aceito para publicação em 02/06)

**Abstract-** The Jaguari and Santa Rita Intrusive suites crop out in the Ibaré region, Southwestern of Sul-rio-grandense Shield, around 340 km from Porto Alegre, Rio Grande do Sul State. These stratigraphic units contain granites of Brasiliano Cycle, which are research to aim ornamental stones. The studied granites occur in boulder fields and pavements. The granulation, colour and paragenesis of the studied rocks were considered as criteria to distinguish petrographic facies to ornamental applications. Petrographic data combined with technological assays (absorption, apparent porosity, density, sound velocity, resistance to bending, uniaxial compressive strength, impact strength and Amsler abrasion) of red sienogranite facies of Jaguari Intrusive Suite, as well as the pink and grey monzogranite facies of Santa Rita Intrusive Suite indicate that these rocks are adequate to use in façades facing and trim, decorative and engineering purpose (stone flooring and structural performance).

**Keywords-** ornamental stones, granite, technological assays.

### INTRODUÇÃO

Em 2001, o mercado interno brasileiro consumiu cerca de 2.293 toneladas de blocos ornamentais, representando um crescimento de 13,5 %, em relação ao ano anterior (Peiter & Chiodi, 2001). Os blocos foram utilizados em revestimentos interno e externo (tampas de mesa, bancadas de pia, soleiras, divisórias, escadas, colunas, etc.), monumentos e esculturas.

A utilização de rochas para fins ornamentais requer o prévio conhecimento de suas propriedades físico-mecânicas, que podem ser determinadas por ensaios tecnológicos. A caracterização petrográfica também auxilia na determinação da qualidade da rocha para fins ornamentais, pois as paragêneses e texturas influem nas fases de extração, beneficiamento e consumo da rocha ornamental.

Neste estudo apresenta-se a comparação das características tecnológicas de amostras de granitóides da Suíte Intrusiva Santa Rita (SISR) e da Suíte Intrusiva Jaguari (SIJ), que afloram na região de Ibaré (Estado do Rio Grande do Sul). Os dados também são comparados com aqueles de outros granitos atualmente comercializados no Rio Grande

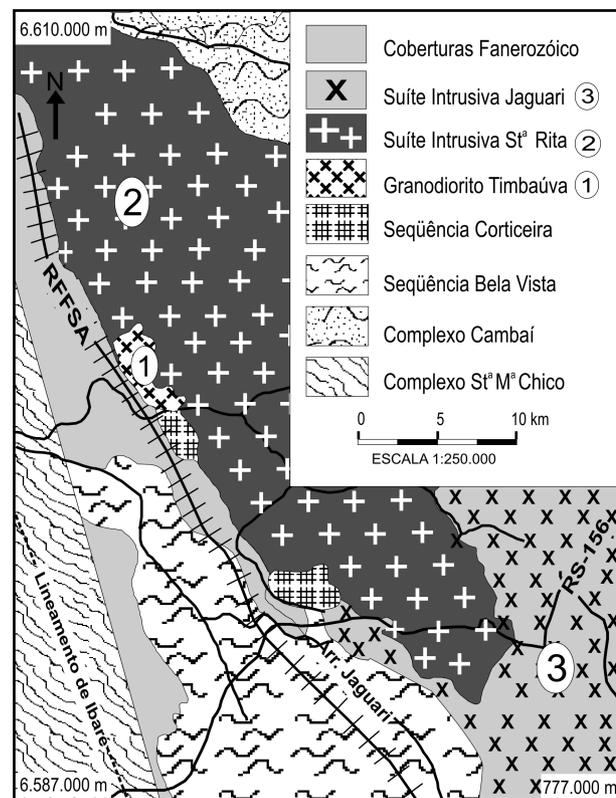


Figura 1 – Esboço geológico simplificado da região de Ibaré (modificado de Naumann, 1985).

do Sul.

A área de estudo (Fig. 1) insere-se na porção sudoeste do Escudo Sul-rio-grandense, delimitada pelos paralelos 30°43'20'' e 30°53'00'' de latitude sul e pelos meridianos 54°10'00'' e 54°20'30'' de longitude oeste. Esta área situa-se nas proximidades da Vila de Ibaré, que dista cerca de 45 km do município de Lavras do Sul e 340 km de Porto Alegre (capital do Estado do Rio Grande do Sul).

## MÉTODOS E TÉCNICAS

As amostras foram coletadas em perfis geológicos, pedreiras e campos de matações já explorados por trabalhadores artesanais, totalizando 20 blocos de cada suíte intrusiva. Os blocos foram cortados em cubos com 25 cm de aresta. A granulação, cor e proporção modal das paragêneses foram utilizadas como critérios para distinguir fácies petrográficas de interesse ornamental nos granitóides estudados.

Ensaio tecnológicos foram realizados na CIENTEC, em Porto Alegre, utilizando as especificações técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1992a,b,c,d). Além destas normas técnicas também foram utilizados os procedimentos recomendados pelo ISRM (1978).

A descrição petrográfica dos granitóides de Ibaré foi detalhada em amostras de mão e lâminas delgadas com o emprego de lupa petrográfica e microscópio petrográfico Zeiss, com objetivas de 2,5, 10 e 50 vezes de aumento. A avaliação modal foi obtida por cerca de 3.000 pontos em cada lâmina delgada de dezesseis amostras da Suíte Intrusiva Santa Rita e dezenove amostras da Suíte Intrusiva Jaguari.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo situa-se na porção oeste do Escudo Sul-rio-grandense, que agrupa desde granulitos Arqueanos (Hartmann, 1998) até rochas Eopaleozóicas (Santos *et. al.*, 1998) e depósitos quaternários (Fig. 1). Mais de 50 % da porção ocidental do Escudo Sul-rio-grandense é constituída por rochas Paleozóicas e Mesozóicas (DNPM, 1989). O volume restante compreende rochas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, Complexo Cambaí, Seqüências Vulcano-sedimentares (Ibaré, Marmeleiro, Palma e Bossoroca) e granitos brasileiros.

Rochas da Seqüência Vulcano-sedimentar de Ibaré e do Complexo Granulítico Santa Maria Chico

afloram a oeste da área de estudo. As Suítes Intrusivas Santa Rita e Jaguari ocorrem na porção leste da área mapeada (Fig. 1). As rochas da Seqüência Vulcano-sedimentar Palma afloram a norte da área de estudo.

O Complexo Granulítico Santa Maria Chico reúne uma seqüência bimodal de granulitos básicos a granada e metatrandhjemitos, associados com pequenas quantidades de metabásicas e paragneisses (Hartmann & Nardi, 1983; Hartmann *et al.*, 1999). As paragêneses variam da fácies granulito a anfibolito, exceto em faixas miloníticas ao longo das quais ocorrem paragêneses da fácies xisto verde (Hartmann, 1998). De acordo com Hartmann *et al.* (1999), dados U-Pb (SHRIMP) em zircões dos granulitos indicam que a cristalização destes litótipos ocorreu em *ca.* 2.55 Ga e o metamorfismo granulítico em *ca.* 2.02 Ga.

O Complexo Cambaí é constituído por gnaisses polifásicos, de baixo a médio grau metamórfico. São gnaisses de composição granítica, tonalítica, trondhjemítica e diorítica, com cor variando de cinza claro a cinza escuro e granulação média a grossa. Nesta unidade estratigráfica predominam biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses e hornblenda-biotita gnaisses (Naumann, 1985). Dados radiométricos forneceram idades de  $879 \pm 14$  Ma, pelo método U-Pb (SHRIMP) em zircões de litótipos do Complexo Cambaí (Leite *et al.*, 1998).

## Complexo Ibaré

A continuidade do Complexo Ibaré é interrompida por falhas regionais, ao longo das quais se encaixam rochas da Suíte Intrusiva Jaguari (SIJ). O limite nordeste das rochas vulcano-sedimentares de Ibaré é marcado por uma auréola cornubianítica (Naumann, 1985), produzida pela intrusão da Suíte Intrusiva Santa Rita (SISR). O Complexo Ibaré foi subdividido em seqüências Bela Vista e Corticeira (Naumann, 1985; DNPM, 1989). As relações estratigráficas entre estas duas seqüências são complexas, devido a dobramentos.

A Seqüência Bela Vista é constituída por filitos, quartzitos, metarcósios, por vezes conglomeráticos, metagrauvas, metarritmitos, metasiltitos, metapelitos, metandesitos e metavulcanoclásticas. No topo destes metassedimentos ocorrem cunhas tectônicas de rochas metabásicas e metaultrabásicas da Seqüência Corticeira.

A Seqüência Corticeira é representada por duas lentes de rochas ultramáficas em contato com as suítes intrusivas Santa Rita e Jaguari (Fig. 2).

Xistos magnesianos e serpentinitos são os tipos petrográficos predominantes nesta unidade ultramáfica. Na porção oeste, a Sequência Corticeira é sobreposta por rochas sedimentares permocarboníferas das formações Budó e Rio Bonito.

Nas proximidades do contato das SIJ e SISR com a Sequência Corticeira ocorrem cornubianitos, hornblenda hornfels até albita e epidoto hornfels (Naumann, 1985). As paragêneses do metamorfismo de contato são localmente substituídas por minerais retrometamórficos, como indica a cloritização dos grãos de anfibólio em conurbianitos máficos (Naumann, 1985).

Evidências metassomáticas são observadas localmente nas lentes de rochas ultramáficas, como indicam a presença, de corpos métricos, de rodingitos, turmalinitos e talco xistos. Segundo Naumann *et al.* (1984), a serpentinização, recrisc-

talização de talco e cloritização de cornubianitos ultramáficos estão relacionadas com o retrometamorfismo da Sequência Corticeira.

O metamorfismo regional é representado por paragêneses reliquias da fácies xistos verdes (Naumann *et al.*, 1984). A trama das paragêneses metamórficas define uma foliação, que varia desde incipiente até uma xistosidade bem desenvolvida nos litótipos isentos de evidências de metamorfismo de contato. A foliação das rochas ultramáficas é predominantemente controlada por dobramentos relacionados com o cavalgamento da Sequência Corticeira sobre a Sequência Bela Vista.

### Suíte Intrusiva Jaguari (SIJ)

A designação *Siengranito Jaguari* foi pro-

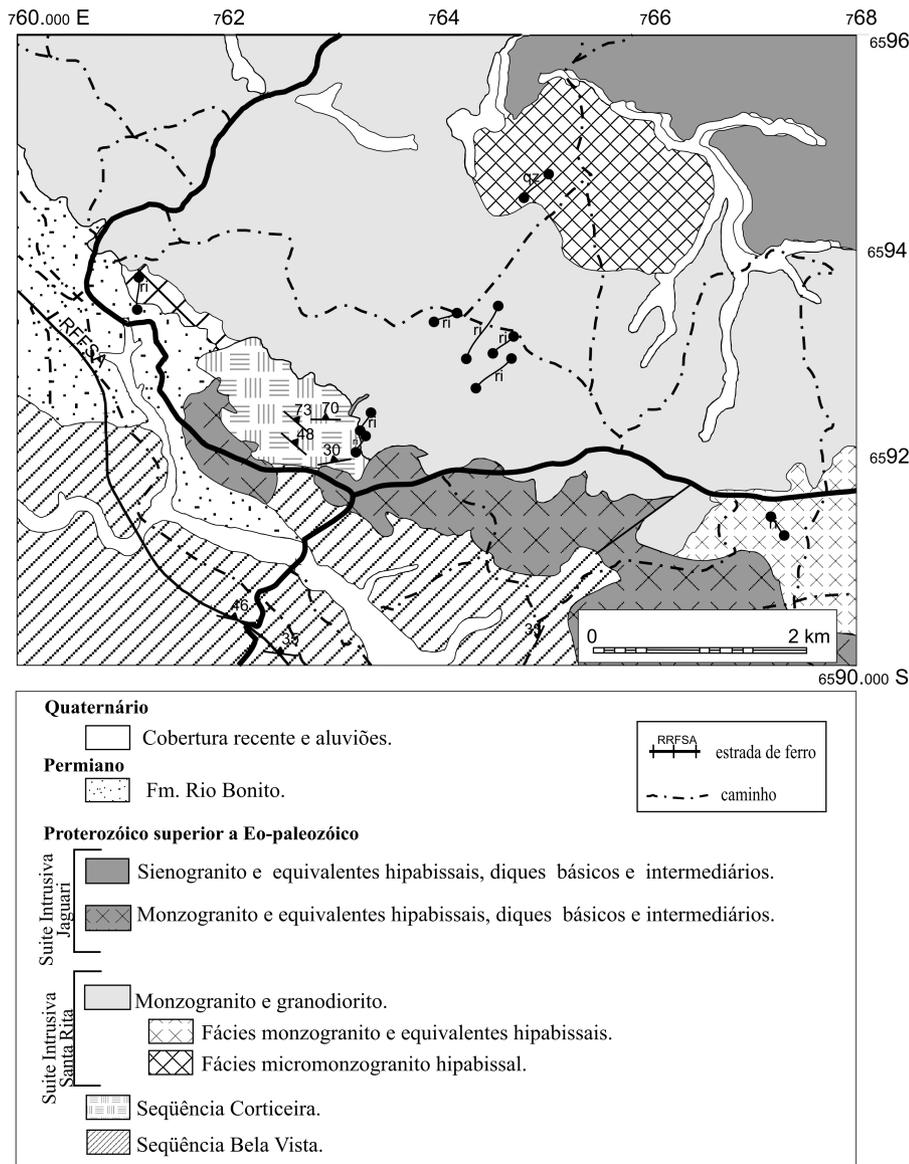


Figura 2 – Esboço geológico da região de Ibaré, destacando áreas, com potencial ornamental, em que ocorrem diferentes fácies petrográficas da SIJ e SISR.

posta por Jost & Villwock (1966), para descrever um granito subalcalino, grosso, avermelhado, discordante dos gnaisses Cambaí. Naumann (1985) propôs a denominação *Suíte Intrusiva Jaguarí* para agrupar rochas de composição feldspato alcalino granito e sienogranito, de caráter similar ao Sienogranito Jaguarí. Nesta suíte foram reunidos granitóides metalumi-nosos, de afinidade magmática alcalina (Gastal & Nardi, 1992). Na área deste estudo, a SIJ forma um corpo batolítico em contato tectônico com a SISR e o Complexo Ibaré (Fig. 1).

Gastal & Nardi (1992) apresentaram dados radiométricos Pb-Pb, que forneceram idade modelo de  $544 \pm 23$  Ma, considerada idade mínima de cristalização para o granito Jaguarí. Estes autores também apresentaram dados de Rb-Sr, que indicam uma idade de  $537 \pm 10$  Ma, com razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de 0,705, sugerindo uma derivação mantélica.

### Suíte Intrusiva Santa Rita (SISR)

Inicialmente, Chemale (1982) propôs a denominação *Monzogranito Santa Rita* para desig-

nar uma pequena fração do batólito, constituído por monzogranitos e, por vezes, granodioritos. Posteriormente, Nardi & Lima (1985) agruparam esta unidade na *Associação Shoshonítica de Lavras do Sul*. Segundo estes autores, as rochas graníticas shoshoníticas constituem intrusões epizonais, não deformadas, por vezes associadas espacialmente com seus correspondentes extrusivos.

A SISR aflora por cerca de  $140 \text{ km}^2$  paralelamente ao Lineamento de Ibaré (Fig. 1). Esta unidade é constituída por rochas de cor cinza, com pontuações róseas, granulação grossa a média, isotropas, exibindo megacristais de K-feldspato e plagioclásio. O contato da SISR com as rochas do Complexo Ibaré é marcado por uma auréola cornubianítica. Esta suíte também intrude o Granodiorito Timbaúva (Fig. 1) a norte da área mapeada. A sudeste, a SISR apresenta contatos tectônicos com os litótipos da SIJ. Dados isotópicos Rb-Sr, obtidos por Naumann (1985), de amostras de monzogranito da SISR forneceram uma idade de  $646 \pm 52$  Ma. A razão  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  é da ordem de 0,705, o que indica uma proximidade com a composição do manto primitivo (Soliani *et. al.*, 1999).

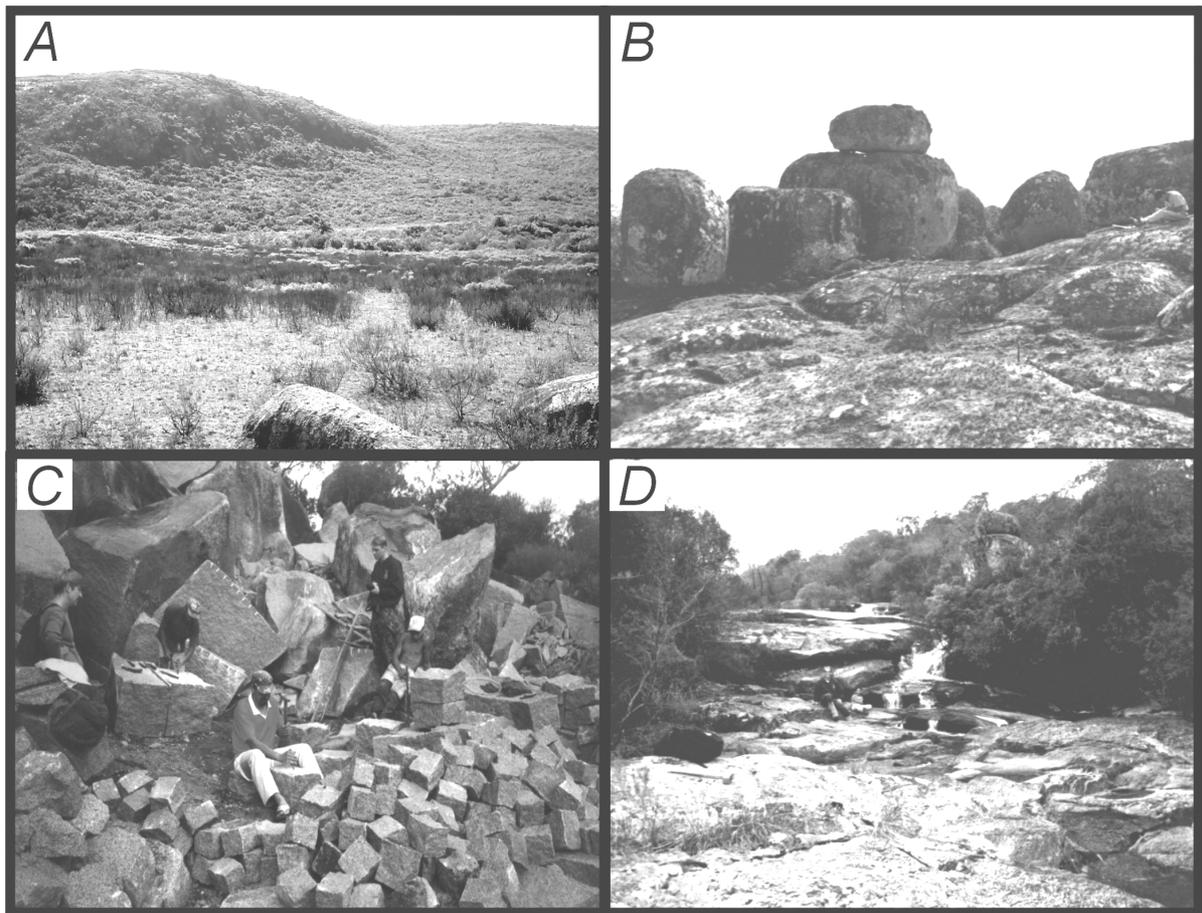


Figura 3 – Fotografias das formas de relevo dos granitóides da região de Ibaré. (A) maciços cupuliformes de topos convexos da SISR; (B) matacões e lajeados na SIJ; (C) extração artesanal de blocos para cantaria do fácies sienogranito vermelho da SIJ; (D) lajeado de sienogranito vermelho da SIJ ao longo de uma drenagem.

## GEOLOGIA LOCAL

### Suíte Intrusiva Jaguari (SIJ)

Os afloramentos desta suíte, em geral, são recobertos por uma rasa cobertura de solo e vegetação rasteira, exceto ao longo das drenagens, onde predominam matas galerias. As melhores exposições desta suíte ocorrem em drenagens, cortes de estrada, morrotes, lajeados com cerca de 50 m<sup>2</sup> e matacões dispersos nos campos (Fig. 3), os quais são constituídos por pelo menos três matacões reunidos, cada qual com cerca de 14 m<sup>3</sup>. Uma capa centimétrica de alteração intempérica está presente em alguns matacões. Esta alteração é marcada pelo desprendimento de minerais, formação de cobertura arenosa e esfoliação esférica.

Nos lajeados foram observadas fraturas subverticais segundo N12W e N08E. São estruturas centimétricas preenchidas ora por diques de diabásio ou quartzo-andesito, ora por veios de quartzo leitoso e aplitos. Em geral, o grau e a densidade de fraturas são baixos por toda SISR, tanto nos lajeados, como nos matacões.

As rochas com textura plutônica, que compõem a SIJ, foram divididas em dois fácies petrográficas de interesse ornamental: (1) fácies sienogranito vermelho e (2) fácies monzogranito rosa (Figs. 2 e 4). Localmente, também afloram rochas com características hipabissais e aplíticas, as quais foram denominadas de fácies micro-monzogranito, microsienogranito e aplito, entretanto a área ocupada por elas não é cartografável na escala deste estudo. Por isto, apenas as fácies plutônicas foram detalhadas nesta pesquisa.

A fácies sienogranito vermelho (Fig. 4) agrupa rochas leucocráticas, de granulação média a grossa, com cores avermelhadas em superfície inalterada e tons mais claros em superfícies alteradas. Os litótipos são constituídos por proporções predominantes de quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita. Em quantidades subordinadas ocorrem anfíbólio, titanita, apatita, zircão, turmalina, epídoto, clorita, minerais opacos e mica branca. Nesta fácies foram georreferenciadas três extrações artesanais de blocos para cantaria (Fig. 3), das quais foram retiradas amostras para ensaios tecnológicos, petrográficos e químicos. As extrações artesanais iniciam com o desmonte dos blocos, seguido do desmembramento dos lajeados e grandes “boulders”.

A fácies monzogranito (Fig. 4) desta suíte agrupa rochas de coloração rosada de textura equigranular grossa.

### Suíte Intrusiva Santa Rita (SISR)

As rochas desta suíte, na área mapeada, afloram em lajeados, matacões, morrotes e em drenagens (Fig. 3). Os afloramentos desta suíte intrusiva são facilmente visualizados, pois são recobertos por apenas uma vegetação rasteira. Apesar dos matacões desta suíte ocorrerem em menor quantidade, as dimensões deles tendem a ser maiores que os da SIJ. A alteração intempérica forma uma capa de poucos centímetros, marcada pelo clareamento da rocha, que realça os megacristais de K-feldspato.

A SISR foi subdividida em duas fácies petrográficas, de interesse ornamental (Fig. 2), denominadas, respectivamente, de: (1) fácies monzogranito rosa e cinza e (2) fácies micromonzogranito e microgranodiorito (Fig. 2). Na porção sudeste da área mapeada, a SISR está representada por riolitos, que afloram em cristas alinhadas segundo N35E, com possança de cerca de 60 metros de comprimento e 5 metros de largura. Porções aplíticas cinzas, de pequena escala, foram encontradas junto ao contato entre as duas suítes graníticas.

## PETROGRAFIA

### Suíte Intrusiva Jaguari – Fácies sienogranito vermelho

A textura das rochas desta fácies petrográfica varia desde inequigranular grossa (> 5 mm de comprimento) a fina (< 1 mm de comprimento), até equigranular. Em escala de microscópio, é possível observar texturas mirmequítica e pertítica (Fig. 5). As rochas desta fácies, por vezes, contêm enclaves de cor cinza escura, com formas variadas e dimensões centimétricas. A maioria dos enclaves é constituída por fenocristais subédricos de K-feldspato e quartzo numa matriz quartzo-feldspática. Os contornos dos enclaves são bem definidos realçados pela concentração de quartzo e biotita.

A fácies sienogranito vermelho é composta, principalmente, por K-feldspato (44 a 62 %), quartzo (22 a 33 %), plagioclásio (11 a 23 %) e biotita (1,5 a 6 %). Os minerais acessórios (<1 %) incluem anfíbólio, titanita, turmalina, zircão, apatita e minerais opacos (Fig. 5). Pequenas quantidades de clorita, mica branca e o epídoto como produtos da alteração intempérica de feldspatos ou minerais ferro-magnesianos.

K-feldspato ocorre como grãos anédricos a subédricos, variando de 0,01 a 1,1 mm de compri-

mento. Alguns grãos estão fraturados e/ou pertitizados (microperfitas) e contêm inclusões de biotita, apatita, titanita e minerais opacos.

O quartzo é anédrico, variando de 0,25 mm a

0,5 cm de comprimento. Ocorre de forma intergranular ou em agregados de até 1,2 cm de comprimento. Estes cristais mostram microfaturas e inclusões de minerais opacos.

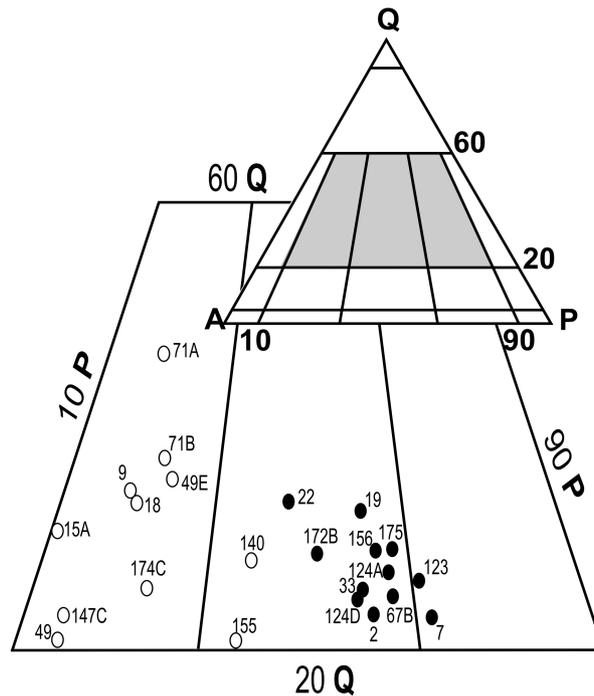


Figura 4– Diagrama QAP de monzogranitos a granodioritos da Suíte Intrusiva Santa Rita (pontos pretos) e de sienogranitos a monzogranitos da Suíte Intrusiva Jaguari (pontos brancos).

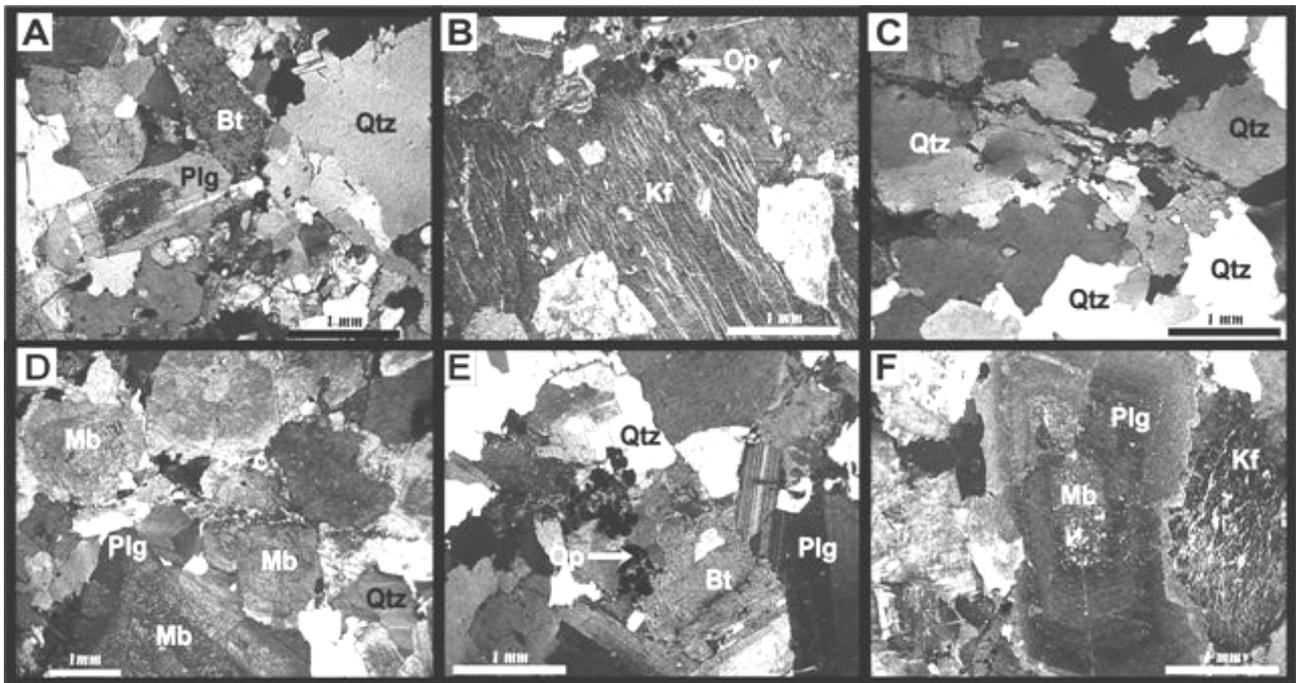


Figura 5 – Fotomicrografias, em luz polarizada e natural, dos monzogranitos e sienogranitos da Suíte Intrusiva Jaguari. (A) textura inequigranular do monzogranito rosa (amostra Irol-98B), destacando quartzo (Qtz), biotita (Bt) e plagioclásio (Plg); (B) detalhe de K-feldspato (Kf) pertítico e poiquilítico (amostra Irol-98B); (C) textura inequigranular mostrando grãos de quartzo (Qtz), K-feldspato (Kf) e lamelas de biotita (Bt) na amostra Irol-49E; (D) grãos de plagioclásio alterados para mica branca (Mb); (E) textura inequigranular do monzogranito Irol-155 mostrando biotita, quartzo, minerais opacos e plagioclásio, (F) detalhe de plagioclásio zonado alterado para mica branca (amostra Irol-155).

O plagioclásio varia de subédrico a euédrico, com 0,02 mm e 0,35 cm de comprimento. Alguns grãos são zonados, como indica a borda límpida e o núcleo argilizado. Estes ocorrem microfraturados, com raros mirmequitos e inclusões de minerais opacos, turmalina e titanita.

Lamelas de biotita apresentam-se subédricas a anédricas, de até 0,7 cm de comprimento, com abundantes inclusões de zircão, turmalina e minerais opacos e graus variáveis de cloritização. Este filossilicato ocorre nos interstícios da matriz ou, por vezes em feixes lamelares de até 1,5 cm de comprimento.

Anfibólio forma grãos euédricos a anédricos, de até 0,9 mm de comprimento, com contatos regulares a irregulares com a matriz. Contém inclusões de minerais opacos e, por vezes, mostra-se fraturado.

Grãos subédricos a euédricos de minerais opacos, com menos de 0,1 mm de comprimento, ocorrem nos interstícios da matriz ou em agregados com até 0,1 cm de comprimento. Em geral, estes minerais ocorrem associados à biotita ou como inclusões isoladas nos feldspatos.

#### **Suíte Intrusiva Jaguari – fácies monzogranito rosa**

Esta fácies ocorre na porção centro-sul da área mapeada (Fig. 2). Em amostra de mão, são rochas de cor rosa, textura inequigranular porfirítica, com megacristais de quartzo e plagioclásio, de até 1 cm de comprimento, imersos em uma matriz de quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e anfibólio.

Esta fácies petrográfica é composta, principalmente, por K-feldspato (46 %), quartzo (20 %), plagioclásio (30 %) e biotita (3 %). Os minerais acessórios (<1 %) incluem anfibólio, titanita, zircão, apatita e minerais opacos. A clorita aparece como produto de alteração da biotita e do anfibólio, enquanto a mica branca e o epídoto formam-se a partir do plagioclásio.

K-feldspato ocorre como grãos anédricos a subédricos, variando entre 0,2 mm e 0,7 cm de comprimento, com inclusões de biotita, anfibólio, plagioclásio, quartzo, titanita e minerais opacos. Alguns grãos estão fraturados. Uma feição comum dos grãos de K-feldspato é a presença de pertitas, que variam desde paralelas a ramificadas, muito finas e densas, até pertitas finas pouco desenvolvidas.

Grãos anédricos de quartzo variam de 0,01 mm a 0,45 cm de comprimento, em geral intensamente microfraturados e com inclusões de titanita e minerais opacos. Ocorre nos interstícios da matriz ou em agregados com 0,35 cm de comprimento. Agrupamentos de subgrãos de quartzo foram observados ao longo de fraturas e junto aos contatos de plagioclásio e K-feldspato.

O plagioclásio varia de subédrico a euédrico, com 0,02 mm a 0,6 cm de comprimento, por vezes microfraturados. Os grãos mostram borda límpida e núcleo argilizado, sugerindo zonação composicional. Ocorre em agregados de grãos com até 0,5 cm de comprimento.

A biotita forma lamelas subédricas a anédricas, com até 0,2 cm de comprimento. As lamelas são intersticiais à matriz, microfraturadas, com inclusões de apatita, titanita, zircão, turmalina e minerais opacos e, por vezes, parcial a totalmente, cloritizadas.

Os minerais opacos variam de subédricos a euédricos, com comprimento entre 0,01 e 0,5 cm. Estes minerais ocorrem em agregados intersticiais a biotita, K-feldspato e titanita.

#### **Suíte Intrusiva Santa Rita – fácies monzogranito cinza e rosa**

Em amostras de mão, as rochas desta fácies petrográfica possuem cor cinza e rosa. A composição é predominantemente monzogranítica (Figs. 2 e 4), entretanto foram registradas variedades granodioríticas na fácies cinza. A paragênese é constituída por quartzo (20%), K-feldspato (46%), plagioclásio (30%), biotita (~3%), associados a quantidades subordinadas de titanita, apatita, clorita, minerais opacos, mica branca e turmalina (Fig. 6).

Quartzo varia de anédrico a subédrico, com contatos regulares a irregulares, com os demais constituintes da rocha e, por vezes com extinção ondulante. Grãos isolados, com tamanho entre 0,01 a 6 mm de comprimento e em agregados de grãos com até 12 mm. Os grãos mostram microfraturas e contêm inclusões de turmalina, titanita, anfibólio, clorita, biotita, minerais opacos e mica branca em quantidades variáveis. Subgrãos de quartzo são observados próximos a fraturas e contatos do plagioclásio com K-feldspato.

K-feldspato forma grãos isolados, anédricos a euédricos, com contatos irregulares a regulares com a matriz. O tamanho dos grãos varia entre 0,02 a 30 mm de comprimento. Em geral, os grãos apre-

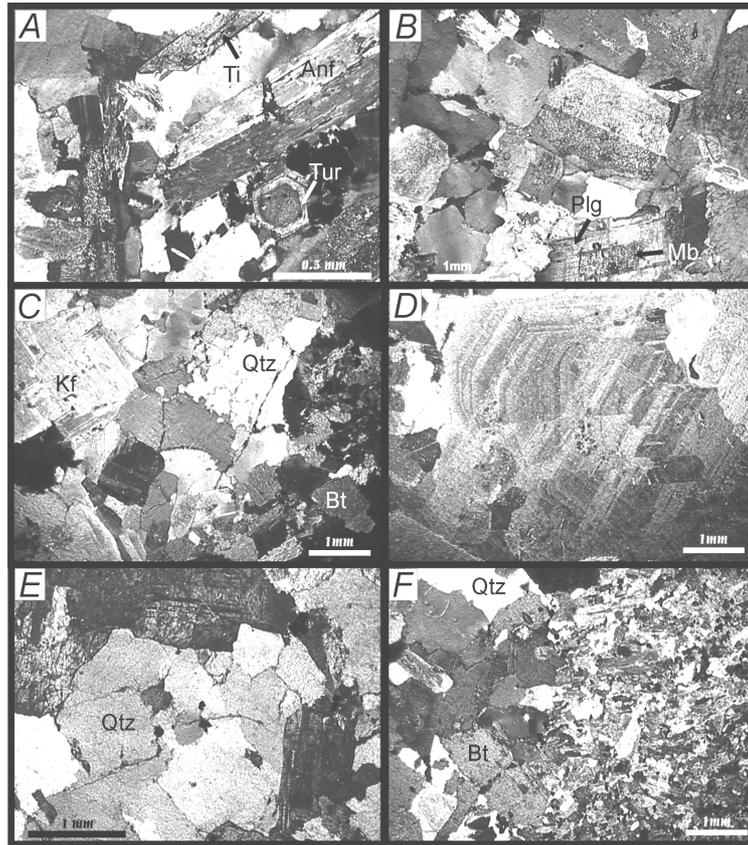


Figura 6 - Fotomicrografias, em luz polarizada, de amostras da fácies monzogranito cinza da Suíte Intrusiva Santa Rita. Em (A) detalhe dos grãos de titanita (Ti), anfibólio (Anf) e turmalina (Tur) da amostra Irol-02; (B) Grãos de plagioclásio (Plg) alterados por mica branca (Mb) da amostra Irol-22; (C) textura fanerítica mostrando grãos de K-feldspato (Kf), quartzo (Qtz) e biotita (Bt) da amostra Irol-33; (D) detalhe de plagioclásio (Plg) alterado e zonado da amostra Irol-123; (E) detalhe de quartzo microfraturado da amostra Irol-124A, (F) textura fanerítica mostrando contato de uma zona microgranular com uma equigranular da amostra Irol-124D.

sentam-se microfraturados, com proporções variáveis de inclusões de anfibólio, biotita, turmalina, epidoto, plagioclásio, titanita, quartzo e minerais opacos. Algumas amostras possuem grãos moderadamente alterados.

Plagioclásio mostra-se como grãos euédricos a subédricos, com contatos regulares a irregulares com a matriz, ocorre em grãos isolados com tamanho entre 0,05 a 10 mm e em agregados de grãos com até 7 mm. Por vezes, microfraturados, com zonações normais a oscilatórias e quantidades variáveis de inclusões de anfibólio, biotita, turmalina, titanita, minerais opacos e mica branca. Este mineral apresenta geminações do tipo albita e albita-Carlsbad. Segundo o método Michel-Levy, trata-se de oligoclásio, com teor de  $An_{25}$ . Clorita e epidoto aparecem como produtos da alteração deste feldspato.

Biotita ocorre como lamelas euédricas a anédricas, com contatos irregulares a regulares com a matriz. As lamelas individuais variam de 0,01 a 3,5 mm de comprimento e, quando em agregados

atingem até 2 mm. Este filossilicato raramente apresenta fraturas, contudo inclusões de K-feldspato, titanita, turmalina e minerais opacos são comuns, assim como o crescimento epitaxial com mica branca.

Anfibólio mostra-se como grãos anédricos a euédricos, por vezes microfraturados, com dimensões variando de 0,02 a 3,5 mm de comprimento, alojados nos interstícios da matriz. Em agregados, os grãos de anfibólio podem atingir até 6,5 mm de comprimento. A proporção de inclusões varia de um grão para outro, mas, em geral, está representada por K-feldspato, biotita, turmalina, titanita e minerais opacos.

Minerais opacos ocorrem como grãos euédricos a anédricos de até 0,3 mm de comprimento nos interstícios da matriz ou em agregados com até 1,5 mm. Titanita, apatita, zircão e turmalina ocorrem como inclusões na biotita, anfibólio e feldspatos. Minerais de alteração (clorita, mica branca e epidoto) ocorrem como produto da transformação de feldspatos, filossilicatos e anfibólio.

## ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Frazão & Farjallat (1986) enfatizaram que o emprego de uma rocha como material ornamental depende dos valores dos parâmetros tecnológicos (Tab. 1). Segundo Azevedo & Costa (1994), a qualidade da rocha ornamental é inversamente proporcional aos seguintes fatores: presença de minerais alterados ou alteráveis, friáveis ou solúveis, que possam comprometer o uso, a durabilidade e o lustro da rocha ornamental. Estes fatores são avaliados mediante ensaios de absorção de água, porosidade, desgaste Amsler e coeficiente de dilatação térmica.

Por outro lado, Azevedo & Costa (1994) afirmaram que a qualidade da rocha ornamental é diretamente proporcional à resistência à compressão uniaxial, módulo de elasticidade, resistência ao impacto de corpo duro, resistência à flexão (módulo de ruptura) e a resistência ao congelamento e degelo.

Os ensaios de *absorção de água, massa específica aparente e porosidade aparente* visam identificar o grau de compactação, alteração, durabilidade e resistência da rocha, quando submetida a contato com águas meteóricas. Por outro lado, o experimento que determina a *velocidade ultrassônica* de propagação de ondas no material rochoso pode evidenciar a alteração da rocha e o grau de fraturamento. Estes experimentos são complementados por aqueles que determinam a *resistência à flexão em três pontos e a resistência à compressão uniaxial* da rocha, os quais quantificam a tensão, de

ruptura da rocha, quando submetida a esforços fletores e compressivos. Ademais, os ensaios de *resistência ao impacto de corpo duro e desgaste Amsler*, respectivamente, avaliam a resistência ao choque e ao desgaste da rocha. Em conjunto, estas informações fornecem subsídios para a adequada utilização da rocha ornamental.

Dados quantitativos dos parâmetros sugeridos por Frazão & Farjallat (1986) e Azevedo & Costa (1994) foram obtidos em amostras das SIJ e SISR (Tab. 1). Os resultados obtidos foram comparados com os valores dos granitóides de Encruzilhada do Sul (Philipp & Scopel, 2001), pois esta região é notadamente reconhecida como um dos mais importantes pólos produtores de rocha ornamental do Rio Grande do Sul. Dentre os mais expressivos produtos comercializados em Encruzilhada do Sul, tanto em nível nacional, como internacional, destacam-se o Sienito Piquiri (comercialmente conhecido como “Marrom Guaíba”) e o Monzogranito Encruzilhada.

**Índices físicos** – A média representativa dos ensaios de absorção de água aparente, porosidade aparente e massa específica aparente dos granitóides estudados estão na tabela 1. Os resultados obtidos nas amostras da SIJ e SISR são superiores àqueles recomendados para rochas ornamentais (Frazão & Farjallat, 1986), sendo praticamente equivalentes em ambas fácies. Além disto, os resultados dos índices físicos das rochas estudadas assemelham-se aos valores obtidos por Philipp & Scopel (2001) nos granitóides da região de Encruzilhada (Tab. 1).

Tabela 1 – Resultados dos ensaios tecnológicos de amostras da fácies monzogranito rosa e cinza da Suíte Intrusiva Santa Rita (SISR), da fácies sienogranito vermelho da Suíte Intrusiva Jaguari (SIJ), do Sienito Piquiri (Philipp & Scopel, 2001), Granito Encruzilhada (Philipp & Scopel, 2001) e os valores recomendados por Frazão & Farjallat (1986) como padrões mínimos para o aproveitamento de rochas como material ornamental.

| Fácies   | Padrão* | SISR<br>Santa Rita |                   | SIJ<br>Jaguari       |                      | Piquiri | Encruzilhada |
|--|---------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------|--------------|
|  |         | Monzogr.<br>rosa   | Monzogr.<br>cinza | Sienogr.<br>vermelho | Sienogr.<br>vermelho |         |              |
| Absorção água aparente (%)                     | ≤ 0,4   | 0,3                | 0,09              | 0,2                  | 0,08                 | 0,3     | 0,2          |
| Porosidade aparente (%)                        | ≤ 1     | 0,7                | 0,2               | 0,7                  | 0,2                  | 0,8     | 0,5          |
| Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> ) | ≥ 2,55  | 2,61               | 2,67              | 2,59                 | 2,62                 | 2,70    | 2,64         |
| Velocidade Ultrassônica (km/s)                 | ≥ 4,00  | 4,66               | 5,05              | 5,19                 | 4,52                 | -       | -            |
| Flexão à 3 pontos (MPa)                        | ≥ 10    | 12,91              | 9,1               | 13,69                | 10,8                 | 11,90   | 7,86         |
| Compressão uniaxial (MPa)                      | ≥ 100   | 180,4              | 177,8             | 180,2                | 184,1                | -       | -            |
| Impacto corpo duro (cm)                        | ≥ 30    | 75                 | 60                | 60                   | 60                   | 52,5    | 70           |
| Desgaste Amsler (mm/1.000 m)                   | ≤ 1     | 0,33               | 0,31              | 0,38                 | 0,23                 | 0,76    | 0,49         |

**Resistência à flexão e compressão uniaxial** - Os experimentos indicam que as amostras da SIJ são mais resistentes que as da SISR. Os resultados da resistência à flexão em três pontos possuem valores acima do mínimo recomendado para uso ornamental, exceto a fácies monzogranito cinza da Suíte Intrusiva Santa Rita (Tab. 1), que forneceu valores abaixo do recomendado. Em relação ao Sienito Piquiri e Monzogranito Encruzilhada, os granitóides de Ibaré possuem valores de resistência à compressão uniaxial e à flexão acima ou da mesma ordem de grandeza.

**Resistência ao impacto de corpo duro** - A resistência ao impacto de corpo duro das amostras das SIJ e SISR é duas vezes maior do que o mínimo recomendado por Frazão & Farjallat (1986) para rochas ornamentais. Por outro lado, são da mesma ordem de grandeza daqueles determinados por Philipp & Scopel (2001) nas rochas de Encruzilhada do Sul.

**Desgaste Amsler** - Frazão & Farjallat (1986) recomendam que apenas rochas com coeficiente Amsler inferior a 1mm/1.000m sejam utilizadas para fins ornamentais. Os experimentos realizados mostram que o desgaste Amsler das amostras das SIJ e SISR é significativamente inferior (Tab. 1) aos recomendados por Frazão & Farjallat (1986). Além disto, as amostras da SIJ e SISR são mais resistentes ao desgaste Amsler do que o Sienito Piquiri e o Granito Encruzilhada (Tab. 1).

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A quantificação dos parâmetros tecnológicos nas amostras dos granitóides estudados forneceu valores melhores do que os recomendados para rochas ornamentais (Frazão & Farjallat, 1986). A elevada resistência ao desgaste Amsler das amostras da SISR em relação às da SIJ pode ser atribuída à presença e maior quantidade de megacristais de K-feldspato. Os resultados dos ensaios de desgaste Amsler sugerem que a dureza dos granitóides estudados é satisfatória para o emprego em revestimento de alto fluxo.

Os dados obtidos neste estudo mostram que os granitóides da SIJ e SISR podem ser usados, tanto em revestimentos externos, como internos. No entanto, os valores dos ensaios de absorção de água aparente e porosidade aparente sugerem que a utilização destas rochas para revestimento externo, em locais de clima úmido, requer cuidados especiais. Is-

to porque a umidade pode provocar alteração, perda de brilho e até desprendimento dos minerais. Por outro lado, cabe destacar que os valores destes coeficientes são da mesma ordem de grandeza do Sienito Piquiri, o qual é empregado em revestimento externo.

Em escala mesoscópica, a fácies monzogranito (cinza e rosa) da SISR apresenta um aspecto estético agradável resultante de uma distribuição heterogênea de cor, com tonalidades claras e textura porfirítica, que realça o padrão estético da rocha. Além disto, as amostras da fácies sienogranito vermelho da SIJ também possuem um arranjo estético apreciável, resultante do contraste de cor produzido pelos grãos de K-feldspato em contato com lamelas de biotita.

Do exposto conclui-se que os granitóides estudados apresentam padrões técnicos e estéticos favoráveis para seu aproveitamento como rochas ornamentais, podendo ser polidos com alto brilho e utilizados como pisos, placas de revestimento em fachadas, lavatórios e objetos de arte (funerários e decorativos), entre outros fins.

As características geomorfológicas da região de Ibaré e os resultados dos ensaios tecnológicos dos granitóides estudados, somados a existência de rodovias e ferrovias que interligam portos e importantes cidades do interior do Estado (São Gabriel e Bagé), são fatores que favorecem a produção de rochas ornamentais em escala comercial na região de Ibaré.

**Agradecimentos**- O primeiro autor agradece ao CNPQ pela bolsa de mestrado. Esta pesquisa foi financiada pelo projeto FAPERGS-PADCT-FINEP (proc. 01/1517-8).

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 1992a. **NBR 7389: rochas para revestimento. Análise petrográfica macroscópica.** Rio de Janeiro, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 1992b. **NBR 12.766: rochas para revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d água aparente.** Rio de Janeiro, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 1992c. **NBR 12.764: rochas para revestimento. Determinação da resistência ao impacto de corpo duro.** Rio de Janeiro, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. 1992d. **NBR 12042: materiais inorgânicos. Determinação do desgaste de abrasão.** Rio de Janeiro, 3p.
- Azevedo, H. C. A. & Costa, P. H. O. 1994. **Catálogo de rochas ornamentais da Bahia-Brasil.** Salvador, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, v. 1, 148 p.
- Chemale Jr., F. 1982. **Geologia da região de Palma, São Gabriel, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre. 146 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- Departamento Nacional de Produção Minerals-DNPM. 1989. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul e parte do Escudo Sul-rio-grandense**. Brasília. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000 e 1:600.000.
- Frazão, E. B. & Farjallat, J. E. S. 1986. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, ABGE. v. 1, p.369-380.
- Gastal, M. C. P. & Nardi, L. V. S. 1992. Petrogênese e evolução do Granito Jaguari: um típico representante metaluminoso da Suíte Intrusiva Alcalina Saibro, RS. **Geochimica Brasiliensis**, 1 (2): 69-190.
- Hartmann, L. A. 1998. Deepest Exposed Crust of Brazil – Geochemistry of Paleoproterozoic Depleted Santa Maria Chico Granulites. **Gondwana Research**, v.1, n. 34 p. 331-341.
- Hartmann, L. A. & Nardi, L. V. S. 1983. Contribuição à geologia da região oeste do Escudo Sul-rio-grandense. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1., 1983, Porto Alegre. **Atas...** Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 9-18.
- Hartmann, L. A.; Leite, J. A. D.; McNaughton, N. J. & Santos, J. O. S. 1999. Deepest exposed crust of Brazil – SHRIMP establishes three events. **Geology**, 27 (10): 947-950.
- Jost, H. & Villwock, J. A. 1966. Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul. **Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 13-26.
- International Society for Rock Mechanics-ISR. 1978. Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials (Part 1). **International Journal Rock Mechanics Mining Sciences & Geomechanics Abstracts**, 16(2): 137-138.
- Leite, J. A. D.; Hartmann, L.A.; McNaughton, H. J. & Chemale Jr., F. 1998. SHRIMP U/Pb zircon geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in Southernmost Brazil. **International Geology Review**, 40: 680-705.
- Nardi, L. V. S. & Lima, E. F. 1985. A Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, 15: 139-146.
- Naumann, M. P. 1985. **Geologia da região de Ibaré**. Porto Alegre, 110 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Naumann, M. P.; Hartmann, L. A.; Koppe, J. C.; Chemale Jr., F. 1984. Seqüências supracrustais, gnaisses graníticos, granulitos e granitos intrusivos da região de Ibaré-Palma, RS: Geologia, aspectos estratigráficos e considerações geotectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, SBG/RJ, v. 5, p. 2417-2425.
- Peiter, C. & Chiodi, F. 2001. **Rochas ornamentais no século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras**. Rio de Janeiro, CETEM/ABIROCHAS, p. 60.
- Philipp, R. P. & Scopel, R. M. 2001. Avaliação tecnológica e aproveitamento dos granitos e sienitos da região de Encruzilhada do Sul e Cachoeira do Sul, RS – Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, 28 (1): 107-120.
- Santos, E. L.; Maciel, L. A. C. & Zir Filho, J. A. 1998. **Distritos Mineiros do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, DNPM, 35p.
- Soliani Jr., E.; Koester, E. & Fernandes, L. A. D. 1999. Geologia isotópica do Escudo Sul-Rio-Grandense. Parte II: Os dados isotópicos e interpretações petrogenéticas. In: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/CIGO, p 175-230.

