

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Avaliação Tecnológica e Aproveitamento dos Granitos e Sienitos da
Região de Encruzilhada do Sul e Cachoeira do Sul, RS - Brasil**

Ruy Paulo Philipp, Rejane Maria Scopel

Pesquisas em Geociências, 28 (1): 107-120, set./dez., 2001.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20171>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2001.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Avaliação Tecnológica e Aproveitamento dos Granitos e Sienitos da Região de Encruzilhada do Sul e Cachoeira do Sul, RS - Brasil

RUY PAULO PHILIPP¹ & REJANE MARIA SCOPEL²

¹ Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001. CEP 91501-970, Porto Alegre, RS. philipp@if.ufrgs.br;

² ametis@terra.com.br

(Recebido em 01/01. Aceito para publicação em 09/01)

Abstract - The areas of Encruzilhada do Sul and southern part of Cachoeira do Sul are the main producers of ornamental rocks in the Rio Grande do Sul state, south Brazil. Granite and syenitic rocks are exploited in this region, being consumed by the national market and exported for countries such as Japan, Italy, Germany and United States. In spite of long tradition in the extraction of ornamental rocks, the knowledge about their quality is almost totally empiric. This work presents the first results of laboratory tests for the technological characterization of five types of granites and two types of syenites in the studied area. The studies involved petrography, determination of physical indexes, impact resistance, flexural resistance, abrasive waste (AMSLER), thermal dilatation coefficient and brightness. The selected samples also exhibited excellent results, in accordance with the standards established by technical norms of ABNT and ASTM, also according with the range of values found for the granites and syenites extracted in others states of Brazil. The results of the technological characterization tests assure the quality of granites and syenites extracted in Rio Grande do Sul, stimulating the investments in an activity of crescent economic importance.

Keywords - Geology, granites, ornamental rocks.

INTRODUÇÃO

O homem, ao longo de sua existência, sempre fez uso das rochas, no começo como ferramentas e armas, evoluindo para o uso em fundações, construções, calçamentos e, mais recentemente, com fins ornamentais na arte, arquitetura e construção civil, destacando-se os revestimentos como placas em fachadas de edifícios residenciais, comerciais e públicos. Devido a sua maior resistência ao desgaste quando exposto ao tempo o granito é o material adequado para a construção de obras civis, como o calçamento das vias urbanas e o revestimento interno e externo de pisos e fachadas. A utilização das mais variadas rochas no embelezamento de edificações está fortemente inserida no contexto de desenvolvimento das nossas cidades.

No Brasil o interesse pelas rochas para uso ornamental ou como material de revestimento iniciou há cerca de 50 anos, com isoladas extrações de mármore em Minas Gerais, e logo depois pelo estado do Espírito Santo. O setor desenvolveu-se pouco até os anos 60, quando ainda havia grande importa-

ção desta matéria prima da Itália e Portugal. Nesta época, o mármore foi usado para a maioria das obras na construção de Brasília e, conseqüentemente, o setor de extração começou a crescer, principalmente no Espírito Santo e São Paulo. A partir deste período houve um significativo avanço na tecnologia de extração e no beneficiamento acompanhado por investimentos na prospecção e exploração de rochas graníticas. Assim, as primeiras exportações começaram na década de 70 e hoje representam um elemento importante na economia dos estados produtores e do país com destaque para a produção dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, Ceará e Rio Grande do Sul.

As rochas ornamentais e de revestimento têm aplicações diversas e podem ser utilizadas nos revestimentos interno e externo, como elementos estruturais ou de ornamentação. A grande variedade de tipos litológicos associados aos diversos parâmetros tecnológicos de avaliação tornou indispensável uma metodologia de caracterização dos materiais rochosos. Foram criadas normas técnicas que definem as rochas ornamentais sob o ponto de vista da

qualidade, inclusive para condições ambientais específicas. Os ensaios tecnológicos mais importantes avaliam a composição mineralógica e o arranjo textural, parâmetros físicos (massa específica seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água), desgaste abrasivo Amsler, resistência à compressão uniaxial, resistência à tração na flexão, resistência ao impacto e coeficiente de dilatação térmica linear. Existem ainda outros ensaios complementares como alterabilidade por imersão em líquidos reativos, alterabilidade por congelamento e degelo.

Para definir a qualidade da rocha visando a sua aplicabilidade, os mercados nacional e internacional exigem a caracterização tecnológica dos tipos rochosos. Estes ensaios permitem obter informações do comportamento das rochas durante o processo de beneficiamento (corte de chapas e polimento) e perante as diferentes situações em que possam vir a ser submetidas (transporte, fixação, intemperismo, atrito, ataques físico-químicos, etc.). Os materiais têm que apresentar características de aparência e durabilidade que devem se manter inalteradas com o passar do tempo evitando problemas frente as diferentes formas de utilização. Entre as normas que regulamentam os ensaios em rochas destacam-se as pertencentes à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a American Society for Testing and Materials (ASTM).

No Rio Grande do Sul, a região de Encruzilhada do Sul apresenta uma geologia privilegiada pela ocorrência de corpos graníticos de excelente qualidade e que estão sendo explorados como rocha ornamental e de revestimento. Essa região é constituída essencialmente por granitóides, apresentando ocorrência subordinada de sienitos e quartzosienitos. As ocorrências de rochas estudadas estão localizadas na região de Encruzilhada do Sul, porção central do estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Esta região mantém ligação direta com o município de Santa Cruz do Sul pela RS-471 e com a capital do estado através da BR-290. Vias secundárias ligam Encruzilhada do Sul com as localidades de Pinheiros, Piquiri e as cidades de Amaral Ferrador e Cachoeira do Sul. O acesso às pedreiras se faz por estradas pavimentadas e não pavimentadas, com duas ou somente uma via. Normalmente as pedreiras estão próximas as principais vias secundárias o que facilita o acesso.

Entre as rochas estudadas, o Sienito Piquiri (comercialmente chamado de Marrom Guaíba) representa a principal jazida de rocha ornamental do estado, estando situada no limite entre os municípi-

os de Encruzilhada do Sul e Cachoeira do Sul. Nesta jazida as rochas são retiradas diretamente do maciço rochoso. Nos últimos anos, entretanto, a exploração de granitóides desta região apresentou grande crescimento e começa a despontar como um novo pólo extrativo do estado. As jazidas de rochas graníticas ocorrem na forma de matações de 5 a 15 metros de diâmetro.

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade dos granitóides e sienitos explorados na região de Encruzilhada e Cachoeira do Sul a partir da caracterização tecnológica dos mesmos, em base aos procedimentos de normas nacionais e internacionais.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa envolveu o cadastramento das jazidas e áreas potenciais, com a descrição dos tipos rochosos, análise da viabilidade econômica do jazimento e tipos de lavra utilizados. O cadastramento identificou 16 ocorrências entre áreas ativas, inativas e favoráveis. Os pontos amostrados e descritos foram cadastrados nas folhas 1:50.000 de Encruzilhada do Sul, e partes das folhas Delfino, Arroio Capané e Cerro da Árvore. As rochas foram agrupadas em função dos aspectos estéticos (cor, textura e granulação). Posteriormente foi confeccionado o mapa de ocorrências escala 1:250.000 com base nas cartas de Cachoeira do Sul (SH.22-Y-A, MIR 540) e Porto Alegre (SH.22-Y-B, MIR 541) (Fig. 2).

A seleção das amostras mais representativas da região foi à fase seguinte. Para a realização dos ensaios tecnológicos foram selecionadas sete amostras. Os ensaios corresponderam a petrografia (NBR 76812 – ABNT, 1992g), determinação dos índices físicos (massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água) (NBR 12766 – ABNT, 1992e), resistência ao impacto do corpo duro (NBR 12764 – ABNT, 1992c), resistência flexural (três pontos; C 880 – ASMT, 1996), desgaste abrasivo Amsler (NBR 12042 – ABNT, 1992a), coeficiente de dilatação térmica linear (NBR 12765 – ABNT, 1992d) e brilho (medidor HORIBA IG-310, ângulo de incidência de 60°). Os ensaios foram realizados nos Laboratórios do Departamento de Rochas e Materiais da CIENTEC (Ciência e Tecnologia) em Porto Alegre, com exceção do ensaio de dilatação térmica linear, obtido junto ao IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), em São Paulo. As análises petrográficas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia do Instituto de Geociências da UFRGS.

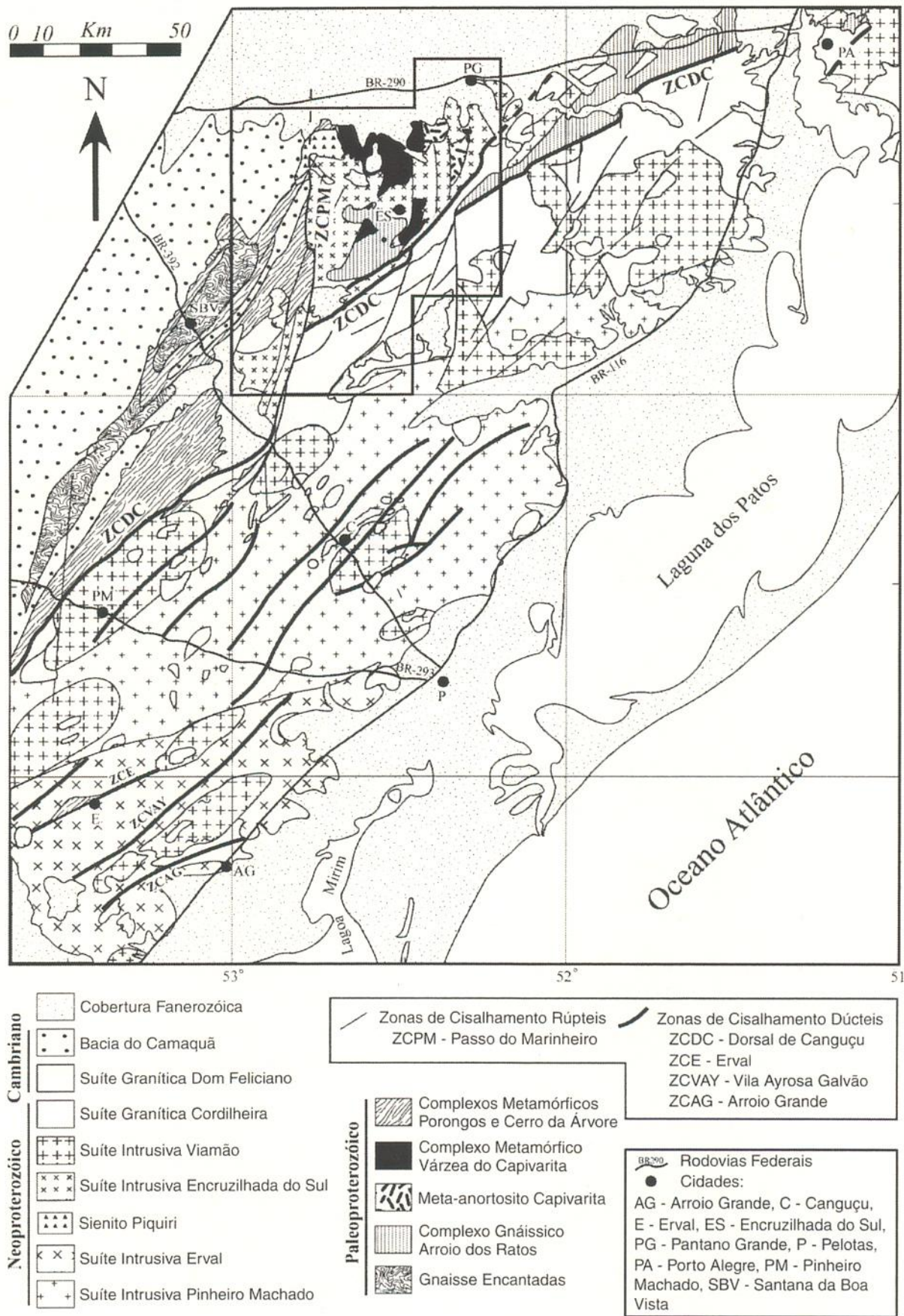


Figura 1 - Mapa geológico do Batólito Pelotas com indicação da área de estudo (modificado de Philipp 1998).

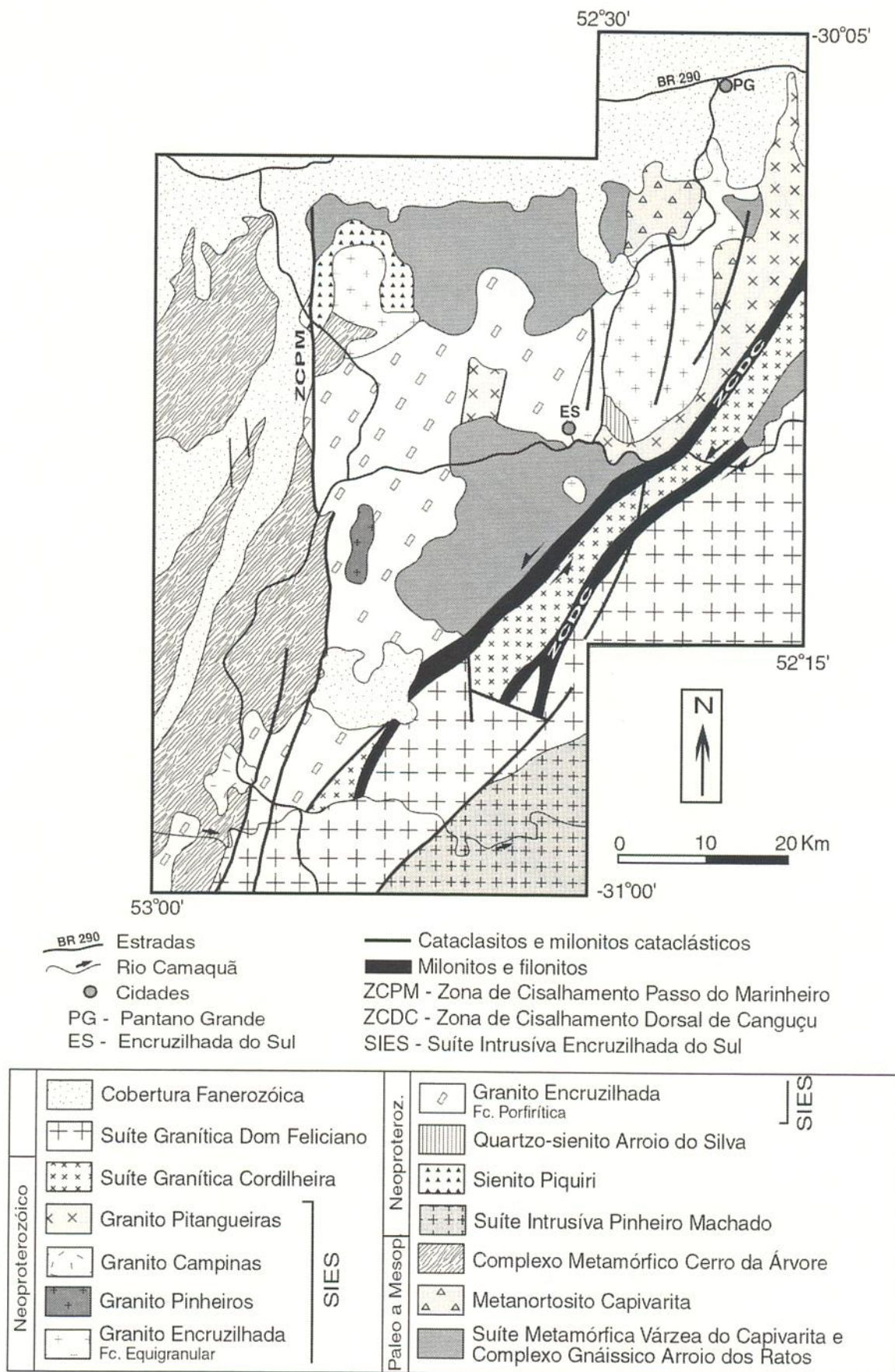


Figura 2 - Mapa geológico da Região de Encruzilhada do Sul (modificado de Vasquez 1997).

GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da região de Encruzilhada do Sul caracteriza-se por formas de relevo em coxilhas, com presença subordinada de pequenas mesas. Ocorrem cerros tais como o Cerro Partido e o Cerro do Taboleiro, formas de relevo relacionadas a processos tectônicos de falhamentos e fraturamentos sobre seqüências de rochas sedimentares pertencentes da Bacia do Paraná. O relevo da região estudada é extremamente dissecado com formas de topo convexo e vales localmente muito profundos. De maneira localizada podem ocorrer morros e cristas. A existência de um relevo tectonizado é caracterizada pela ocorrência de vales estruturais com escarpas e linhas de falha preservadas, como aquelas encontradas na região do Passo do Marinheiro, no extremo sudoeste do município. Os principais vales apresentam direções preferenciais entre N10-30°E e N10-30°W estando relacionados ao desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúcteis e/ou rúpteis, falhas normais e a zonas fraturadas. Ao redor dos vales restam áreas com relevo plano e arrasado, representando antigas superfícies pediplanizadas, são ocupadas pelas rochas do Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos e da Suíte Metamórfica Várzea do Capivarita (Fernandes *et al.* 1992).

Nas áreas de ocorrência da SIES, as vertentes são relativamente íngremes com manto de alteração pouco espesso resultando na presença abundante de afloramentos rochosos como lajeados e campos de matacões. Os solos são pouco desenvolvidos e a cobertura vegetal é campestre, com ocorrência localizada de restos de mata nativa.

A extração das rochas graníticas está diretamente relacionada ao aproveitamento dos extensos campos de matacões encontrados principalmente a oeste da cidade de Encruzilhada do Sul. Ao norte e a leste da referida cidade, o relevo tectonizado é responsável pelo aparecimento de escarpas de falha e de linha de falha que estão parcialmente preservadas. Nestas áreas a abundância de afloramentos rochosos é favorável ao desenvolvimento de lavras em maciço rochoso.

As rochas sieníticas constituem um maciço rochoso circunscrito por rochas graníticas e que se destaca no relevo. O baixo grau de alteração intempérica e a cobertura muito pequena de solo e rocha alterada favorecem a existência de amplas áreas de rocha aflorante. Desta maneira, os sienitos são explorados através de lavra em maciço rochoso.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-PETROGRÁFICA

Contexto Geológico Regional

A região de Encruzilhada do Sul é constituída essencialmente por granitóides e sienitos de idade Neoproterozóica, ocorrendo porções subordinadas de rochas metamórficas Paleo a Mesoproterozóicas e rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná. A identificação dos granitóides e sienitos da região de Encruzilhada está relacionada aos trabalhos de Franco (1944), Leinz *et al.* (1945) e Tessari & Picada (1966). Além de rochas ígneas estes autores destacam a ocorrência de rochas metamórficas de alto a médio grau pertencentes ao embasamento.

Os granitóides e septos metamórficos encontrados nesta região foram reunidos na Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul (SIES) por Vasquez (1997) e inseridos no Batólito Pelotas, uma unidade composta por seis suítes de granitóides, além de rochas básicas e septos do embasamento (Philipp, 1998). O batólito representaria no Escudo Sul-riograndense, o segmento central do Cinturão Dom Feliciano (Fragoso Cesar *et al.*, 1986). Entre as unidades deste batólito, a SIES é composta essencialmente por rochas granitóides com ocorrência subordinada de sienitos, quartzo-sienitos, dioritos e monzonitos (Vasquez, 1997) (Fig. 3). O Granito Encruzilhada, a principal unidade desta suíte, é constituído por duas fácies petrográficas: uma porfirítica dominante e outra equigranular. Corpos menores como os Granitos Pinheiros e Pitangueiras, Sienito Piquiri e o Quartzo Sienito Arroio do Silva também fazem parte desta suíte. Os dados geocronológicos Rb-Sr indicam para os granitos da SIES uma idade de cristalização de 582±17 Ma (Vasquez, *op. cit.*). Posteriormente, confirma-se este resultado com uma idade U-Pb, em zircão, de 594±1 Ma (Babinski *et al.*, 1997).

Petrografia

A análise petrográfica das amostras selecionadas mostra que os granitos e sienitos explotados como rocha ornamental não apresentam efeitos de processos de alteração intempérica. Entretanto, podem apresentar efeitos incipientes associados a alteração hidrotermal e a microcataclase. A percolação de fluidos tardi-magmáticos nos granitos ocasiona a geração localizada de sericita e/ou

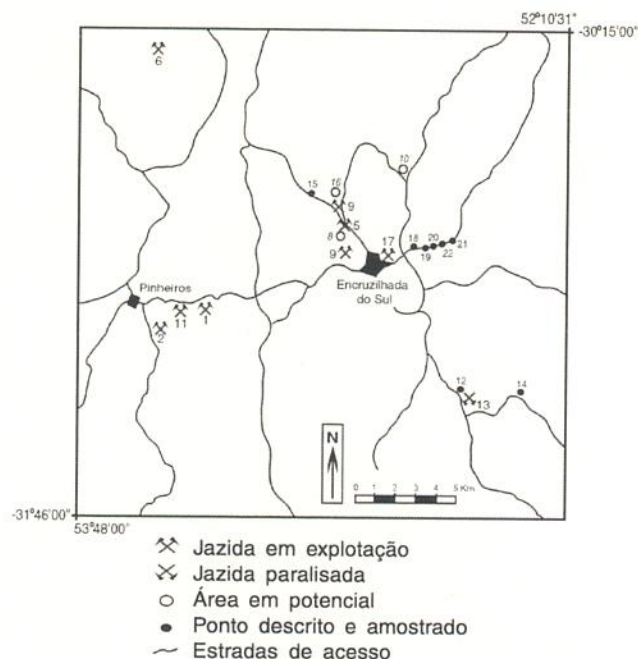


Figura 3 - Mapa de localização das amostras estudadas.

epidoto sobre feldspatos, acompanhada pelo crescimento de clorita, sericita e minerais opacos sobre biotita. Destaca-se ainda a presença restrita de fraturas e faixas cataclásticas de escala microscópica, por vezes com preenchimento por quartzo, acompanhado ou não por fluorita. Estas transformações registradas em lâmina delgada não chegam a constituir 0,2% do volume da rocha. As litologias do Granito Encruzilhada em geral apresentam um incipiente microfraturamento, que em algumas jazidas de matações aparecem visualmente somente quando a rocha é polida. Apesar da identificação restrita de processos de alteração hidrotermal e da ocorrência localizada de microfissuras, as amostras analisadas não apresentaram alteração das propriedades físicas determinadas nos ensaios tecnológicos.

A alteração hidrotermal e/ou intempérica são fatores importantes no controle cromático dos granitos porfiríticos, que mostram cores amareladas a rosadas em termos mais alterados. No primeiro caso, a alteração de minerais opacos e minerais ferro-magnesianos resulta na percolação de uma solução aquosa rica em óxido de ferro ao longo dos contatos entre os minerais tornando o K-feldspato amarelado a alaranjado. Esta cor está relacionada à desestabilização dos minerais máficos. Os feldspatos sofrem uma argilização superficial diminuindo a capacidade de brilho. Estas transformações acarretam em valores mais elevados da porosidade e absorção de água aparente, bem como na diminuição

da resistência flexural e de impacto desta unidade, quando comparada com a outra faciologia do Granito Encruzilhada. Os valores de porosidade e absorção de água aparentes obtidos nesta unidade são superiores aos indicados pela ASTM (615C, 1992) e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) para as rochas brasileiras. No segundo caso, o K-feldspato apresenta cor rosada relacionada à deposição de finas lamelas de hematita, que podem ser acompanhadas pela incipiente formação de epidoto e sericita sobre o plagioclásio. Neste caso os valores de absorção e porosidade aparente são mais baixos e a resistência flexural é mais elevada que o caso anterior. Estas considerações são indicativas de que a cor da rocha está vinculada a incipiente percolação de fluidos tardi-magmáticos ricos em H₂O. Nesta última e nas demais variedades faciológicas ou tipos graníticos estudados, os resultados de absorção de água e porosidade aparente estão plenamente inseridos no intervalo estabelecido para rochas de qualidade. Deste modo, os índices físicos indicam que estas rochas graníticas estão quase totalmente ausentes de microfissuras, alteração hidrotermal ou intempérica.

Os sienitos possuem cor e granulação homogênea, ocorrendo entretanto, um elevado número de enclaves e também de trilhas irregulares de minerais máficos. Estes enclaves estão representados por rochas metamórficas, aparecendo também enclaves microdioríticos relacionados a processos de mistura heterogênea e homogênea com magmas mais máficos. Os sienitos não apresentam efeitos de alteração intempérica ou hidrotermal. O Sienito Piquiri (Marrom Guaíba) e o Quartzo-Sienito Arroio do Silva apresentam valores de absorção de água e de porosidade aparente dentro dos padrões especificados pela ASTM (C 615, 1992) e encontrados para as demais rochas exploradas no Brasil (Frazão & Farjallat, 1995). Apesar do elevado teor de minerais máficos e do desenvolvimento de uma marcada foliação magmática estas litologias não apresentam problemas de microfraturamento.

Na área estudada, as rochas que estão sendo comercializadas e algumas ocorrências viáveis foram agrupadas em sete tipos, em função da cor, textura e tamanho de grão. Destacam-se os tipos citados abaixo:

1. Bege Pérola (Granito Encruzilhada) – fácies porfirítico a heterogranular grosso, cor bege a marrom claro;
2. Granito Encruzilhada – fácies porfirítico, granulação grossa e cor cinzenta com pontuações rosadas;

3. Granito Encruzilhada – fácies porfiritico, hetero-granular médio e cor amarelada;
4. Granito Encruzilhada – fácies equigranular, granulção média e cor avermelhada;
5. Granito Pinheiros – equigranular fino e cor rosa acinzentada;
6. Quartzo-Sienito Arroio do Silva – equigranular médio e cor preta com pontuações cinza;
7. Marrom Guafba (Sienito Piquiri) – equigranular médio a grosso de cor marrom avermelhada.

Como indicado acima, a grande maioria das rochas estudadas ainda não apresenta nomes comerciais, motivo pelo qual adotamos as denominações estratigráficas.

Sienito Piquiri

O Sienito Piquiri constitui um corpo de forma circular com aproximadamente 20 quilômetros de diâmetro. As relações de contato com o Granito Encruzilhada são caracterizadas pela presença de fragmentos assimilados do sienito no interior das rochas graníticas. As rochas sieníticas exibem cor marrom avermelhada com pontuações pretas e estrutura foliada caracterizada pela orientação magmática de K-feldspato e minerais máficos. Os cristais não apresentam evidências de deformação no estado sólido. A textura é equigranular hipidiomórfica grossa (5 a 8 mm) definida por cristais subédricos a euédricos de feldspato potássico, anfibólio e piroxênio. O feldspato potássico mostra cor castanha avermelhada, com raras inclusões de minerais máficos. É mesopertítico e varia de 1 a 1,5 cm, com macla de Carlsbad. O principal mineral máfico é o piroxênio, ocorrendo como agregados de cristais prismáticos alongados, subédrico a euédrico. Varia de 4 a 8 mm. Ocorre também anfibólio de forma prismática subédrica com 2 a 3 mm. Não há evidências de microfraturas na rocha.

Ao microscópio, observa-se uma orientação primária definida por feldspato potássico, anfibólio e piroxênio. A textura é equigranular hidiomórfica grossa (5 a 10 mm), com uma trama ígnea marcada por cristais prismáticos alongados de feldspato potássico pertítico e de aegerina, com ocorrência intersticial de cristais subidiomórficos de anfibólio (hornblenda) e esfeno. De maneira subordinada ocorre à textura pertítica marcada pela presença de pertitas do tipo filme resultando num feldspato potássico com aspecto de pele de tigre. A ocorrência de textura poiquilítica é caracterizada pela inclusão

de aegerina, zircão, biotita e aegerina em feldspato potássico e de apatita, minerais opacos e de aegerina em hornblenda. A mineralogia essencial é composta por feldspato potássico (75%), aegerina (18%), hornblenda (5%) e quartzo (1%). Os minerais acessórios são biotita, zircão, apatita, esfeno e magnetita.

O feldspato potássico é o ortoclásio micropertítico, com forma prismática alongada, subeudral e com 6 a 12 mm. As pertitas são intensas e do tipo filme, mais raramente do tipo manchas e atingem dimensões entre 0,1 a 0,2 mm chegando a constituir cerca de 30-35% do cristal. Pouco fraturado. O plagioclásio ocorre ex-solvido no feldspato potássico como filmes alongados e manchas irregulares de albita. Aegerina-augita é o principal mineral máfico da rocha. Mostra forma prismática alongada euédrica a subédrica, variando de 0,8 a 5 mm, cor verde e pleocroísmo em tons de verde. Ocorre de maneira intersticial. Nas bordas e, de maneira localizada, no centro de alguns cristais de piroxênio ocorre o crescimento irregular de anfibólio. A hornblenda é prismática, subédrica a anédrica, de cor verde clara e pleocróica de verde claro e escuro até castanho claro. Varia de 1 a 3 mm. O quartzo mostra forma amebóide, variando de 2 a 4 mm. Mostra-se pouco fraturado, com subgrãos de limites serrilhados a interlobados e extinção ondulante. De modo localizado apresenta-se deformado com formação de subgrãos de formas alongadas. Forte extinção ondulante. A biotita mostra forma lamelar subédrica e varia de 0,1 a 0,4 mm, têm cor castanha com pleocroísmo de castanho claro a castanho alaranjado escuro. Ocorre associada ao anfibólio.

O zircão é um dos principais minerais acessórios, constituindo cristais euédricos de forma prismática alongada e tamanho inferior a 0,2 mm. O esfeno ocorre como cristais prismáticos subédricos de cor castanha, intersticiais, com 0,8 a 1,6 mm de tamanho. A apatita é hexagonal e euédrica, com tamanho inferior a 0,2 mm. Os minerais opacos apresentam forma quadrática subédrica a euédrica e são intersticiais. Também ocorrem inclusos em feldspato potássico e anfibólio. Variam de 0,8 a 1,2 mm.

Quartzo-Sienito Arroio do Silva

Rocha de cor cinza escura com pontuações esbranquiçadas dadas por feldspato. Mostra uma estrutura marcada pela incipiente orientação de minerais máficos. Apresenta uma textura equigranular média (2 a 5 mm) marcada pela predominância de

minerais máficos com ocorrência intersticial de agregados de feldspato e pouco quartzo. O feldspato potássico mostra cor rosada e forma prismática subédrica. O plagioclásio é branco, com forma prismática alongada euédrica. O mineral máfico é um anfibólio de cor verde escuro a preto, com formas prismáticas alongadas, euédricas a subédricas.

Ao microscópio mostra uma textura equigranular hipidiomórfica média definida pela presença de cristais prismáticos de anfibólio com ocorrência intersticial de agregados compostos por feldspato potássico, plagioclásio, e quartzo. A textura poiquilítica está marcada pela inclusão de hornblenda em plagioclásio, zircão e apatita em hornblenda, plagioclásio em quartzo e por raras inclusões de hornblenda e plagioclásio em K-feldspato.

A mineralogia essencial é composta por hornblenda (55 a 65%), feldspato potássico (20 a 25%), plagioclásio (5 a 7%) e quartzo (6 a 10%). Os minerais acessórios são zircão, apatita e magnetita.

A hornblenda é o principal mineral da rocha, possuindo forma prismática alongada, euédrica a subédrica. Mostra cor verde e pleocroísmo entre verde escuro e castanho claro. Varia de 3 a 5 mm. Possui geminação lamelar. O feldspato potássico é o ortoclásio micropertítico, ocorrendo como cristais subédricos a euédricos de forma prismática alongada com 2 a 5 mm. Mostra-se geminado com macla de Carlsbad. As pertitas são do tipo filme, mais raramente do tipo manchas. Pouco fraturado. O plagioclásio ocorre de maneira intersticial constituindo cristais prismáticos alongados e subédricos de 1 a 2 mm. Apresenta macla polissintética e menos frequentemente, a dupla macla (Albita-Carlsbad). O quartzo apresenta forma anédrica, ocorrendo associado aos feldspatos de modo intersticial. Variam de 1 a 2 mm. Mostra-se pouco fraturado.

O zircão constitui cristais euédricos de forma prismática alongada com tamanho inferior ou igual a 0,1 mm de tamanho. A apatita é euédrica e forma cristais hexagonais de tamanho inferiores a 0,2 mm. Os minerais opacos são subédricos, intersticiais e mostram forma quadrática. Também ocorrem inclusos em feldspato potássico. Variam de 0,8 a 1,2 mm.

Granito Encruzilhada do Sul

O Granito Encruzilhada é constituído por duas fácies petrográficas caracterizadas respectivamente pelas texturas porfirítica e equigranular. Apesar da composição semelhante, a fácies porfirítica é

dominante e mostra maior variação composicional, além da presença comum de corpos e enclaves de composição diorítica. A fácies equigranular exibe uma restrita variação composicional e grande homogeneidade textural, com ausência de feições de mistura de magmas. Os contatos entre estas variedades petrográficas são interlobados e ocorrem intrusões de uma fácies na outra (Vasquez, 1997).

A. Fácies Porfirítica

Os granitos desta faciologia possuem cor bege amarronada, amarelada e cinza claro com pontuações rosadas dadas por megacristais de feldspato potássico e pretas definidas por mica e anfibólio. A matriz mostra cor cinzenta e contém quartzo, feldspatos, biotita e anfibólio. A estrutura é maciça e a textura porfirítica é definida por 15 a 25% de megacristais de K-feldspato com 2 a 4 cm, imersos em uma matriz equigranular hipidiomórfica média a grossa (3 a 7 mm) composta por K-feldspato e plagioclásio prismáticos, quartzo globular e agregados intersticiais de biotita e hornblenda. De modo subordinado a textura é heterogranular hipidiomórfica média a grossa (3 a 7 mm) com ocorrência de cristais prismáticos e subédricos de feldspato potássico com 1 a 5 cm. A textura poiquilítica é caracterizada pela inclusão de biotita e plagioclásio em feldspato potássico; biotita, apatita e zircão em plagioclásio; zircão e apatita em biotita; e zircão em quartzo. Salienta-se ainda a textura meso e micropertítica marcada pela ex-solução de finos filmes de plagioclásio sódico (albita) no interior do feldspato potássico. De modo localizado, ocorre à textura *rapakivi*, caracterizada pela presença de coras de plagioclásio ao redor de cristais de K-feldspato.

A mineralogia essencial é composta por K-feldspato (35 a 40%), plagioclásio (25 a 35%) e quartzo (25 a 30%), com biotita (3 a 8%) e anfibólio (1 a 3%) como minerais máficos. Os minerais acessórios são zircão, apatita, esfero, allanita e magnetita. Ocorrem ainda pequenos teores de clorita, sericita, epidoto e fluorita como minerais de alteração tardi-magmática.

O K-feldspato está representado pelo ortoclásio micropertítico. Ocorre como cristais porfiríticos de forma prismática alongada e subédricos. Possuem entre 15 a 40 mm, com geminação tipo Carlsbad e Albita-Periclíneo e pertitas do tipo filme, mais raramente do tipo manchas. Na matriz, o K-feldspato mostra forma prismática subédrica com 3 a 5 mm, maclas de Carlsbad e Albita-Periclíneo. Não tem in-

clusões e estão pouco fraturados. O plagioclásio ocorre em três gerações: intersticial, incluso em feldspato potássico e como ex-solução nas pertitas. O oligoclásio é o tipo dominante, ocorre na matriz com forma prismática pouco alongada, subédrica a euédrica e dimensões entre 3 e 8. Muito comumente o plagioclásio mostra núcleos alterados com crescimento de sericita e argilo-minerais. O plagioclásio que ocorre incluso no feldspato potássico mostra forma prismática alongada e euédrica, com tamanhos entre 0,5 a 1,0 mm. O quartzo constitui cristais facetados com forma globular, ocorrendo na forma de agregados de cristais subédricos. Varia de 2 a 8 mm, com poucas fraturas e subgrãos de limites serrilhados a interlobados com extinção ondulante. A biotita ocorre na forma de cristais lamelares euédricos a subédricos que variam de 2 a 5 mm e também como agregados intersticiais. Mostra cor castanha com pleocroísmo de castanho claro à marrom escuro. De modo restrito apresenta-se alterada para clorita e/ou minerais opacos. A hornblenda constitui cristais de forma prismática curta, euédrica a subédrica, variando de 0,4 a 1,2 mm, intersticial. Apresenta cor verde com pleocroísmo de verde oliva à verde azulado, ocorrendo associada a agregados de biotita.

O zircão é o principal mineral acessório, constituindo cristais prismáticos alongados e euédricos, com 0,1 mm de tamanho. A apatita ocorre como cristais hexagonais euédricos de 0,1 mm. O esfeno é subédrico e forma cristais prismáticos pouco alongados, variando de 0,5 a 1 mm. A allanita é euédrica e mostra forma prismática alongada com aproximadamente 0,8 mm. Apresenta bordos alterados para epidoto. Os minerais opacos mostram forma quadrática e são raros, ocorrendo inclusos na biotita ou no K-feldspato. Variam de 0,1 a 0,3 mm.

A clorita ocorre como palhetas subédricas de cor verde, como produto de alteração tardi-magmática crescendo ao longo das clivagens ou substituindo todo o cristal de biotita. Varia de 0,3 a 1,0 mm. A sericita forma cristais lamelares subédricos de 0,1 a 0,3 mm. Aparece como produto de alteração de núcleos de plagioclásio ou como alteração da biotita. O epidoto é raro ocorrendo como cristais anédricos de formas irregulares, com 0,2 a 0,5 mm, associado a alteração da biotita e do plagioclásio. A fluorita aparece como cristais anédricos preenchendo fraturas e constituindo a matriz de faixas milimétricas de microbrechas de esmagamento fina. Ocorre associada à formação de clorita, sericita e epidoto com produto de alteração.

B. Fácies Equigranular

Os granitos desta fácies mostram estrutura maciça com textura equigranular hipidiomórfica média dominada por cristais prismáticos de ortoclásio micropertítico e quartzo com forma globular, com ocorrência subordinada de cristais prismáticos e euédricos de plagioclásio e agregados intersticiais de biotita. A textura poiquilítica é caracterizada pela inclusão de plagioclásio, biotita e de minerais opacos em feldspato potássico, biotita em plagioclásio e zircão em biotita e quartzo. Salienta-se, ainda, a textura pertítica marcada pela ex-solução de finos filmes de plagioclásio sódico (albita) no interior do feldspato potássico.

A mineralogia essencial é composta por feldspato potássico (45%), plagioclásio (15 a 20%), quartzo (30 a 35%) e biotita (2 a 5%) como mineral máfico. Os minerais acessórios são zircão, apatita, esfeno e magnetita. Ocorrem ainda clorita, sericita e fluorita como minerais de alteração tardi-magmática.

O feldspato potássico está representado pelo ortoclásio micropertítico, ocorrendo com forma prismática alongada, subédrico com 2 a 6 mm. As pertitas são do tipo filme, mais raramente do tipo manchas. Apresenta poucas fraturas microscópicas sem preenchimento. O plagioclásio ocorre em três gerações. O tipo dominante é o oligoclásio, e ocorre na matriz na forma de cristais prismáticos equidimensionais, subédricos a euédricos, com dimensões entre 1,2 a 2,5 mm. Apresenta-se com geminação polissintética e menos freqüentemente, dupla macla (Albita-Carlsbad). Vários cristais mostram zonação normal marcada pela alteração do núcleo dos cristais para sericita e raro epidoto. Apresenta raras fraturas perpendiculares ao alongamento dos cristais comumente preenchidas por biotita verde fina e/ou epidoto. O plagioclásio que ocorre incluso no K-feldspato mostra forma prismática alongada e euédrica, com tamanhos entre 0,4 a 1,6 mm, macla polissintética e núcleos fortemente alterados para sericita. O quartzo mostra forma globular, chegando a constituir cristais facetados com forma hexagonal e dimensões de 2 a 4 mm. Mostra-se pouco fraturado, com subgrãos de forma alongada mostrando limites serrilhados a interlobados e extinção ondulante. A biotita é subédrica e varia de 0,8 a 2,0 mm, ocorrendo em agregados intersticiais. Apresenta cor castanha e pleocroísmo de castanho claro à marrom escuro. Alguns cristais mostram formação de "kink bands" e extinção ondulante, indicando deformação tardi-magmática.

O zircão constitui cristais euédricos de forma prismática alongada com 0,1 a 0,2 mm de tamanho. O esfeno ocorre como cristais euédricos a subédricos e intersticiais, com 0,8 a 1,6 mm. Ocorre associado a agregados de biotita e anfibólio. A apatita é euédrica e forma cristais hexagonais de tamanho inferior a 0,2 mm. Os minerais opacos têm forma quadrática subédrica e aparecem de modo intersticial e/ou inclusos em feldspato potássico, com dimensões entre 0,8 a 1,2 mm.

A sericita ocorre como cristais subédricos de 0,1 a 0,3 mm, associada a alteração do plagioclásio onde concentra-se nas porções centrais do mesmo. O epidoto apresenta formas irregulares e anédricas de 0,1 a 0,3 mm e ocorre como bordos de alteração de allanita e plagioclásio. A fluorita ocorre junto com o quartzo preenchendo fraturas, variando de 0,2 a 0,8 mm.

Granito Pinheiros

Este granito ocorre como um corpo de forma aproximadamente circular, mostrando contatos intrusivos com a fácies porfirítica do Granito Encruzilhada. Apresenta estrutura maciça e textura equigranular hipidiomórfica média (2 mm) definida por cristais prismáticos de K-feldspato e plagioclásio, com quartzo amebóide e presença subordinada de cristais lamelares e intersticiais de biotita e/ou minerais opacos. De modo subordinado, mostra textura heterogranular hipidiomórfica marcada pela ocorrência de 1 a 4% fenocristais euédricos, com 2 a 5 mm de tamanho, de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. A presença de textura micrográfica é subordinada, caracterizando-se por arranjos de quartzo com forma vermiforme no interior de feldspato potássico. A textura poiquilítica está marcada pela inclusão de biotita e plagioclásio em K-feldspato, biotita e zircão em plagioclásio, plagioclásio em quartzo e zircão em biotita. Salienta-se ainda a textura pertítica marcada pela ex-solução finos filmes de albita no interior do feldspato potássico. A mineralogia essencial é composta por feldspato potássico (30%), plagioclásio (32%) e quartzo (35%), com biotita (2%) de mineral máfico. Os minerais acessórios são zircão, apatita e magnetita. Ocorrem ainda clorita, sericita e minerais opacos como minerais de alteração tardi-magmática.

O feldspato potássico ocorrente é o ortoclásio micropertítico, aparecendo como raros fenocristais de forma prismática alongada com tamanhos entre 2 a 3 mm e pouco fraturado. Apresenta macla

de Carlsbad e Albita-Periclíneo. As pertitas são do tipo filme, mais raramente do tipo manchas. Ocorre também na matriz, quando então mostra forma prismática subédrica a anédrica e dimensões de 0,3 a 0,6 mm. Ocorre associado com o quartzo constituindo arranjos micrográficos de formas vermiformes. O plagioclásio ocorre em três gerações. O tipo dominante está representado por um oligoclásio, ocorrendo na matriz como cristais de forma prismática equidimensional a pouco alongada e subédricos. Mostra dimensões entre 0,5 a 0,7 mm e apresenta macla polissintética. Como fenocristal têm forma prismática euédrica e tamanhos entre 2 e 3 mm. Vários indivíduos mostram zonação normal marcada pela alteração do núcleo para sericita. Também ocorre como cristais de albita ex-solvidos em feldspato potássico. O quartzo ocorre como fenocristal e na matriz. Os fenocristais mostram formas hexagonais a globulares de 1,5 a 2,5 mm, com pouco fraturamento. Na matriz apresenta-se anédrico com formas amebóides a vermiformes de 0,2 a 0,5 mm. A biotita apresenta forma lamelar anédrica a subédrica, variando de 0,1 a 0,3 mm. Mostra cor castanha com pleocroísmo de castanho claro à marrom escuro. Localmente alguns cristais estão parcialmente substituídos por sericita e opacos.

O zircão forma cristais prismáticos e euédricos com tamanho inferior 0,1 mm. A apatita é euédrica e forma cristais hexagonais de tamanho inferiores a 0,2 mm. Os minerais opacos têm forma quadrática, ocorrendo intersticialmente e também inclusos em feldspato potássico, com dimensões de 0,8 a 1,2 mm.

A sericita ocorre como cristais lamelares de 0,1 mm, associada a alteração tardi-magmática do plagioclásio e da biotita.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS DA REGIÃO DE ENCRUZILHADA DO SUL

O resultado dos ensaios tecnológicos obtidos em sete amostras representativas das variedades comercializadas na região estudada encontra-se relacionado na tabela 1.

Índices Físicos

- a) Massa Específica Aparente Seca e Saturada: as amostras analisadas apresentam valores para massa específica aparente seca entre 2627 e 2758 Kg/m³. Os valores encontrados estão ligeiramen-

te acima de 2560 Kg/m³, valor mínimo fixado pela norma C 615 da ASTM (1992) e sugerido por Frazão & Farjallat (1995) em base aos granitóides explotados no Brasil. A comparação dos resultados anteriores com aqueles obtidos para a massa específica aparente saturada indicam uma variação extremamente pequena, demonstrando a presença incipiente de póros e/ou microfissuras nas rochas analisadas.

- b) Porosidade Aparente: Os valores de porosidade aparente das amostras estudadas situam-se no intervalo entre 0,3 e 1,3%, sendo que a ampla maioria dos valores está em torno de 0,5%. Este intervalo é semelhante ao observado nos granitóides explotados no Brasil como indicado por Frazão & Farjallat (1995). Somente a amostra 9 (Granito Encruzilhada, fácies porfírica de cor amarelada) mostra um valor relativamente elevado para a porosidade aparente. Esta rocha apresenta uma incipiente alteração intempérica, que lhe confere uma coloração amarelada, produto da oxidação dos minerais máficos (biotita, anfibólio e magnetita).
- c) Absorção de Água: As amostras analisadas mostraram valores entre 0,10 e 0,30%, situando-se abaixo do valor mínimo encontrado para a maioria dos granitóides brasileiros comercializados (inferior a 0,4%) (Frazão & Farjallat, 1995) e indicado pela norma C 615 da ASTM (1992). Somente a amostra 9, Granito Encruzilhada - fácies porfírica de cor amarelada, tem valor acima do fixado, indicando como comentado anteriormente, o incipiente grau de alteração intempérica.

Os resultados dos índices físicos indicam a ausência de microdescontinuidades e de processos de alteração intempérica nas rochas analisadas. Apenas a amostra 9, do Granito Encruzilhada (fácies porfírica de cor amarelada), apresentou valores ligeiramente mais elevados que os indicados pelas especificações técnicas.

Resistência ao Impacto

Para este ensaio foram encontrados valores entre 45 e 75 cm, bem superiores a 40 cm, valor mínimo estabelecido para os granitóides brasileiros por Frazão & Farjallat (1995). A maioria das amostras apresentou valores entre 50 e 75 cm, indicativos de uma excelente resistência ao impacto. Esta propriedade é fundamental para o aproveitamento das amostras analisadas como pisos, pias e colunas.

Resistência Flexural

As litologias analisadas mostraram um intervalo de valores entre 3,73 e 22,74 Mpa (Megapascal). O valor mínimo de resistência flexural indicado pela ASTM (1992) e por Frazão & Farjallat (1995) é de 10,34 MPa. Desta maneira, o Granito Encruzilhada (Fácies equigranular) (amostra 3), Quartzo-sienito Arroio do Silva (amostra 4) e a variedade denominada Marrom Guaíba (Sienito Piquiri, amostra 6) apresentam valores bem superiores ao fixado, não havendo restrições quanto ao seu uso para qualquer finalidade comercial. Entretanto, as amostras 1, 2 e 9, da fácies porfírica do Granito Encruzilhada, mostram valores um pouco mais baixos que os fixados, indicando que a confecção de chapas destes materiais requer espessuras um pouco maiores.

Desgaste Abrasivo (AMSLER)

Os resultados deste ensaio situam-se no intervalo entre 0,28 e 0,78 mm, com um valor médio de 0,4 mm, valores inferiores ao limite máximo estabelecido por Frazão & Farjallat (1995) para as rochas brasileiras comercializadas, que é menor ou igual a 1,0 mm. A amostra 7, do Granito Pinheiros, apresenta um pequeno desgaste, indicando a sua elevada coesão interna. Esta sua qualidade associada ao elevado poder de brilho favorecem sua utilização como piso interno e externo. As litologias do Granito Encruzilhada e dos Sienitos Piquiri e Quartzo-Sienito Arroio do Silva também apresentam resultados favoráveis para a sua utilização como piso externo e interno.

Dilatação Térmica Linear

A totalidade das amostras estudadas está no intervalo entre 2,3 a 7 (10⁻³mm/m°C). Estes valores situam-se dentro do padrão estabelecido para as rochas brasileiras por Frazão e Farjallat (1995) que é de no máximo 12 mm/m°C. Desta forma, os resultados recomendam a utilização das rochas estudadas como revestimentos de fachadas ou de pisos externos.

Brilho

Este ensaio representa o acabamento da superfície refletindo o aspecto estético. O valor é comparado ao brilho do vidro, cuja escala varia de 0 a 100. As amostras estudadas situam-se entre 68 e 83 o que demonstra o elevado brilho e a qualidade que as mesmas possuem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região de Encruzilhada do Sul é privilegiada pela ocorrência de corpos graníticos e sieníticos de excelente qualidade para fins ornamentais. Essa qualidade é comprovada através dos ensaios tecnológicos, que apresentaram resultados dentro do padrão exigido pelas normas nacionais e internacionais de controle tecnológico. Estes ensaios, determinados nos granitos e sienitos estudados, mostram valores dentro dos padrões encontrados em granitos e sienitos similares comercializados no Brasil e exterior.

A grande variedade de padrões cromáticos e texturais permitiu agrupar as rochas estudadas em cinco tipos principais. Uma destas variedades, denominada Marrom Guaíba (Sienito Piquiri), já é comercializada há quatro décadas, tanto internamente como para outros países (Itália, Japão e Alemanha). Os resultados dos ensaios tecnológicos comprovam a excelente qualidade das rochas sieníticas. No mercado nacional esta rocha é extensamente utilizada como revestimento interno e externo de fachadas, como piso, pias, tampos e lápides.

As rochas graníticas estudadas vêm sendo aproveitadas mais recentemente e apresentam como destaque à variedade de cores. As variedades porfíricas a heterogranulares do Granito Encruzilhada mostram cor cinza dominante e subordinadamente, tipos amarelados e rosados. Os tipos cinzentos e rosados mostram restrições com relação a sua resistência flexural, restringindo sua utilização como peças de grandes dimensões, que necessariamente deverão ter uma maior espessura para compensar a menor

resistência aos esforços fletores. A variedade porfírica de cor amarelada possui baixa resistência a flexão e um pouco de alteração intempérica, entretanto, mostram boa resistência ao impacto. Estas características limitam o uso desta rocha como peças de grandes dimensões, como pisos ou revestimento externo. A fácies equigranular do Granito Encruzilhada tem cor avermelhada e apresentou excelentes resultados nos itens avaliados, ressaltando-se como a litologia de maior brilho entre os tipos estudados, acompanhado por um baixo desgaste abrasivo. Este comportamento recomenda o aproveitamento desta rocha como revestimento externo e interno de fachadas, pisos, colunas e pias, entre outros.

A variedade porfírica de cor cinza e tonalidade alaranjada claro e vem sendo utilizada como revestimento interno e externo, como piso e pias. Mais recentemente, uma variedade porfírica do Granito Encruzilhada denominada Bege-Pérola, foi utilizada como revestimento interno e piso na parte nova do aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre.

Nem todas as variedades graníticas encontradas na região de Encruzilhada do Sul foram denominadas comercialmente. Entretanto, exibem características visuais semelhantes àquelas comercializadas no Estado de São Paulo, tais como os tipos Ipê Romano Escuro, Ipê Amarelo, Vermelho Capão Bonito e Ouro da Paz. A quantificação das jazidas do Granito Encruzilhada ainda é muito precária, necessitando de estudos prospectivos sistemáticos e de caracterização tecnológica das rochas explotadas nas jazidas de matacões e de maciços.

Tabela 1 - Características tecnológicas dos granitos e sienitos da região de Encruzilhada do Sul.

| Amostras | Classificação Petrográfica | Minerais essenciais | MEA Seca (Kg/m ³) | MEA Satur. (Kg/m ³) | PA (%) | AAA (%) | RI (cm) | RF (Mpa) | DA (mm) | DTL (10 ⁻³ mm/m°C) | Brilho (%) |
|----------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|---------|---------|----------|---------|-------------------------------|------------|
| 1 | Monzogranito porfírico | Kf-Pl-Qz-Bt | 2640 | 2646 | 0,50 | 0,20 | 70 | 7,86 | 0,49 | 5,4 | 68 |
| 2 | Monzogranito porfírico | Kf-Pl-Qz-Bt | 2632 | 2638 | 0,60 | 0,20 | 50 | 4,97 | 0,38 | 6,7 | 69 |
| 3b | Sienogranito equigranular | Kf-Pl-Qz-Bt | 2627 | 2630 | 0,60 | 0,20 | * | 20,70 | 0,43 | 6,4 | 83 |
| 4 | Quartzo-Sienito | Hb-Kf-Pl-Qz | 2758 | 2760 | 0,30 | 0,10 | 45 | 22,74 | 0,56 | 6,2 | 78 |
| 6 | Sienito Piquiri | Kf-Aeg-Hb-Pl | 2699 | 2705 | 0,80 | 0,30 | 52,5 | 11,90 | 0,76 | 2,3 | 72 |
| 7 | Monzogranito equigranular | Kf-Pl-Qz-Bt-Hb | 2641 | 2646 | 0,50 | 0,20 | 75 | 8,59 | 0,28 | * | 73 |
| 9 | Monzogranito porfírico | Kf-Pl-Qz-Bt | 2591 | 2604 | 1,30 | 0,50 | 60 | 3,73 | 0,78 | 7,0 | 75 |

* ensaio não realizado

MEA = Massa Específica Aparente; PA = Porosidade Aparente; AAA = Absorção de Água Aparente; DA = Desgaste Amsler; RF = Resistência a Flexão; RI = Resistência ao Impacto de um Corpo Duro; DTL = Dilatação Térmica Linear.

Agradecimentos - À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro através do processo nº 98/1117.0. Um agradecimento especial para o Prof. Dr. Antônio Carlos Artur (UNESP) e a um revisor anônimo deste trabalho, pela pertinência das críticas, pela atenção e sugestões ao texto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, D. P. M.; Philipp, R. P.; Gastal, M. C.; Remus, M. V. D.; Robaina, L. E. S. 1989. Identificação e caracterização das rochas graníticas da região de Canguçu (RS): uso como pedra ornamental. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **12** (28): 105-142.
- Almeida, D. P. M.; Robaina, L. E. S.; Philipp, R. P. 1990. Granitos da região leste de Canguçu (RS): critérios para seu uso como pedra ornamental, *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **13** (31): 41-58.
- American Society for Testing and Materials. 1992. **ASTM - C 615**. Standard specification for granite dimension stone.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992a. **NBR 12042**. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992b. **NBR 12763**. Rochas para revestimento - Determinação da resistência a flexão. 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992c. **NBR 12764**. Rochas para revestimento - Determinação da resistência ao impacto do corpo duro, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992d. **NBR 12765**. Rochas para revestimento - Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear, 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992e. **NBR 12766**. Rochas para revestimento - Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992f. **NBR 12767**. Rochas para revestimento - Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992g. **NBR 12767**. Rochas para revestimento - Análise petrográfica. 2p.
- Babisnki, M.; Chemale Jr. F.; Van Schmus, W. R.; Hartmann, L. A.; & Silva, L. C. 1997. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic-Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **10** (3-4): 263-274.
- Frazão, E. B. & J. E. S. Farjallat. 1995. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DA PEDRA NATURAL, São Paulo, **Comunicações**, p. 49-58.
- Fernandes, L. A. D.; Tommasi, A. & Porcher, C. C. 1992. Deformation patterns in the southern Brazilian Branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. *Journal Society of South American Earth Science*, **5**: 77-96.
- Fragoso Cesar, A. R. S.; Figueiredo, M. C. H.; Soliani Jr., E.; Faccini, U. F. 1986. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **34**, 1986. Goiânia, **Anais...** Goiânia, SBG, v. 3, p. 1322-1343.
- Franco, R. R. 1944. A faixa estanífera do Rio Grande do Sul. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, São Paulo, **44**:5-54.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. 1990. **Catálogo de rochas ornamentais do Estado de São Paulo**. Publicação IPT nº 1820, 122p., ilustrado.
- Leinz, V. & Pinagel, H.Y. 1945. A mina de estanho Campinas, Município de Encruzilhada, RS. *Boletim da Divisão de Fomento e Produção Mineral*, DNPM, Rio de Janeiro, nº 70, 99p.
- Philipp, R. P. 1998. *A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul*. São Paulo. 255p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Streckeisen, A. L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Review*, **12**:1-33.
- Superintendência de Geologia e Recursos Minerais do Governo do Estado da Bahia. 1994. **Catálogo de rochas ornamentais do Estado da Bahia**. 148p., ilustrado.
- Tessari, R. I.; Picada, R. S. 1966. Geologia da Quadrícula de Encruzilhada do Sul, RS. *Boletim da Divisão de Fomento a Produção Mineral*, **124**:1-147.
- Vasquez, M. L. 1997. *Evolução petrogenética dos granitos da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul - RS*. Porto Alegre. 196p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.