

ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO DE MINAS GERAIS: PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Antônio Gilberto Costa*, Marcos Santos Campello**, Vitor Brugnara Pimenta***

ABSTRACT

The knowledge on the igneous and metamorphic rocks has, besides the importance in petrogenetic terms related with the crustal evolution, great importance in the applied sector. This knowledge has been allowed and enlarged the use of these materials in the civil construction and in the architecture along the human existence, as coating material or as raw material for ornamental, artistic and utilitarian elements. In this work we tried to present the state of the art on ornamental stones, focusing on new technologies used for their characterization.

INTRODUÇÃO

Rochas ornamentais e de revestimento correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos ou chapas, que podem ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro.

Satisfeitas estas condições, pode-se afirmar que as feições texturais, composicionais e mineralógicas serão sempre determinantes nas condições de resistência, de coloração e no grau de alterabilidade destas rochas. Além disso, os conteúdos mineralógicos e os seus respectivos arranjos, resultantes da atuação de processos ígneos metamórficos ou sedimentares, interferem nas características estéticas destes materiais pétreos. A presença de filossilicatos, a existência de bandamentos composicionais e a atuação de processos deformacionais, relacionados com diversos eventos tectônicos, poderão, em quantidades adequadas, modificar significativamente as texturas destas rochas, propiciando o desenvolvimento de estruturas planares ou de foliações. Estas modificações, em conjunto ou individualmente poderão comprometer um maior aproveitamento ou uma ampliação das possibilidades de aplicações dos litotipos com potencial para o setor de ornamentais e de revestimento.

O enquadramento por classe, bem como a indicação para uma correta aplicação de qualquer rocha ou conjunto de rochas do tipo ornamental ou de revestimento, vai depender, afora variações de seus conteúdos mineralógicos, do tamanho, da forma e dos arranjos dos grãos dos minerais que as compõem. Estas rochas podem conter preferencialmente cristais uniformes, ou podem se caracterizar pela presença de cristais de tamanhos muito variados, irregulares ou não. Estas diferenças são resultantes da atuação de processos

envolvendo diferentes graus de cristalização, recristalização, seleção e transporte. De importante para a aplicação destes materiais pétreos, está o fato de que conjuntos de cristais mal selecionados ou não, ou os arranjos romboédricos em lugar dos cúbicos, ou ainda a presença de grãos irregulares ou não, podem significar variações significativas nas taxas de resistência a compressões e flexões, com grande variação em termos de porosidade e absorção d'água.

Em termos de produção, dentre os principais tipos de rochas com aproveitamento no setor de rochas ornamentais e de revestimento, destacam-se, no Estado de Minas Gerais, as inúmeras e volumosas ocorrências de “maciços granitóides”, com grande diversidade de tipos. Com suas principais áreas de ocorrência localizadas nas regiões nordeste, sudeste e sudoeste, o estado detém a posição de maior produtor de granito não beneficiado do país. Os depósitos de rochas quartzíticas, as pequenas lentes de mármore, as raras ocorrências de esteatitos (pedra sabão) e de serpentinitos e ainda os grandes depósitos de materiais descritos comercialmente como ardósias, integram o conjunto das rochas ornamentais mineiras.

CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Classificação segundo a composição e a coloração:

Com base no conteúdo mineralógico e em critérios composicionais, as rochas ornamentais podem ser designadas como:

1. **Granitos Ornamentais** – Com base petrográfica pode-se afirmar que os granitos comerciais, além de apresentarem granulação variada, não necessariamente correspondem aos denominados granitos verdadeiros e podem envolver os seguintes tipos:

* Pesquisador, CPMTC-IGC-UFMG

** Mestre, DEGEL-IGC-UFMG

*** Mestrando, DEGEL-IGC-UFMG

1.1. quartzo-feldspáticos, aqui representados pelos chamados granitos verdadeiros (GRANITO RUBY RED) mas também por inúmeros gnaisses migmatíticos ou não (GRANITO VERDE LAVRAS e GRANITO VERDE PRATA);

1.2. feldspáticos, que correspondem segundo classificação proposta pela Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks (IUGS 1973), aos sienitos (GRANITO ÀS DE PAUS) e aos anortositos (GRANITO AZUL DA NORUEGA);

1.3. máficos, representados por algumas rochas básicas, tais como gabros de grão fino (NEGRO ABSOLUTO) e por basaltos.

Estas rochas podem apresentar colorações diversas, com destaque para os tons de amarelo (GRANITO AMARELO FIORITO, GRANITO JUPARANÁ, etc.), de branco (GRANITO BRANCO NEPAL, GRANITO COTTON WHITE, etc.), de cinza (GRANITO CINZA ANDORINHA), de vermelho ou de rosa (GRANITO ROSA RAISSA, GRANITO JACARANDÁ, etc.) e diversos tons de verde (GRANITO VERDE VAN GOGH, GRANITO VERDE SÃO FRANCISCO, etc.). A coloração dos granitos está relacionada em grande parte com processos de alteração de seus constituintes opacos e de minerais máficos (Oliveira & Costa 1998b) e com a presença de determinados minerais, dentre os quais se destaca a clorita.

Os granitóides, embora contenham, às vezes, associações minerais muito semelhantes, indicando condições de formação muito próximas, podem apresentar uma grande variedade de estruturas e de conteúdo mineralógico, que associados a outros fatores, fazem com que estas rochas mostrem feições bem diferenciadas e aproveitamentos distintos. Assim, no mercado de rochas ornamentais e de revestimento, materiais gerados através de processos idênticos, acabam por receber denominações variadas e por apresentarem distintos padrões estéticos, são comercializados, frequentemente, com grandes variações em termos de custos por m².

2. Quartzitos Ornamentais – Os quartzitos com alto grau de recristalização e granulação predominantemente fina, quando constituídos essencialmente por quartzo, mostram textura granoblástica e podem apresentar propriedades típicas dos chamados granitos comerciais. Nestes casos, a extração será a partir de blocos, sendo possível a obtenção de chapas regulares, em teares apropriados, com posterior processo de beneficiamento envolvendo o polimento e lustro. Em função da presença de determinados minerais acessórios, como a dumortierita ou a cianita, ou ainda de minerais opacos alterados, observa-se uma variação na coloração destas rochas entre tons de azul (QUARTZITO AZUL IMPERIAL), cinza azulado (QUARTZITO AZUL) e rosa (QUARTZITO ROSINHA DO SERRO), respectivamente. Por apresentarem características semelhantes a dos granitos ornamentais, estes quartzitos

são descritos comercialmente, com certa frequência, como sendo granitos.

Ao contrário dos primeiros, os quartzitos com alto conteúdo em minerais micáceos (QUARTZITO SÃO TOMÉ) podem apresentar foliação até muito bem desenvolvida em função da disposição preferencial destes filossilicatos, não permitindo a extração de blocos e o corte regular de chapas. Normalmente, verifica-se uma total falta de padrão e de regularidade nas áreas de extração destes materiais. Nestes casos, a falta de regularidade dos níveis aliada aos métodos não adequados de extração determinam grandes perdas e baixas taxas de aproveitamento para os mesmos.

No mercado encontram-se ainda tipos quartzosos pouco recristalizados, que a partir da análise petrográfica, podem ser caracterizados como sendo meta-arenitos (QUARTZITO ROSA AURORA) e ainda aqueles com altos conteúdos em feldspatos, que correspondem a meta-arcósios (QUARTZITO PINK).

Para os quartzitos, as cores variam entre os tons de branco (SÃO TOMÉ BIANCO), rosa (ROSINHA DO SERRO), marrom, azul (AZUL MACAÚBAS) e amarelo (AMARILIO SÃO TOMÉ). Em Minas Gerais, as principais áreas produtoras situam-se nos municípios de São Tomé das Letras e Luminárias, localizados na região sul do estado. Nestas áreas, parte da produção já alcança os mercados europeu e americano. Nas regiões de Ouro Preto, Mariana e Diamantina, verifica-se uma produção irregular e voltada para atender as demandas do mercado interno.

3. Mármore – Os mármore, assim como os quartzitos, têm suas feições texturais fortemente influenciadas por transformações metamórficas. Estas rochas, em função do grau metamórfico, apresentam granulação variando de fina até média. Com qualificação ornamental ou de revestimento, destacam-se os tipos de grão fino, com larga aplicação no setor estatuário. Dentre os diversos tipos disponíveis no mercado, podem ser destacados os tipos carbonáticos sedimentares e os metamórficos propriamente ditos (calcários/BEGE BAHIA, dolomitos e mármore/AURORA PÉROLA). Os mármore podem mostrar grande variedade de cores com diferentes tons variando entre o amarelo, o rosa, o salmão, o marrom, e outros. No Estado de Minas Gerais destaca-se, atualmente, a produção de mármore nas regiões de Cachoeira do Campo, (MÁRMORE AURORA PÉROLA, JACARANDÁ, etc.) e de Campos Altos (MÁRMORE PRETO FLORIDO e VERDE JASPE).

4. Ardósias – Ardósias podem ser descritas como sendo rochas de granulação muito fina, constituídas essencialmente por minerais filossilicatos (sericita), que apresentam clivagem ardósiana e que resultam de transformações metamórficas de muito baixo grau.

Para a principal área considerada como de ocorrência de ardósias no Estado de Minas Gerais, situada entre a região de Sete Lagoas ao sul e Pirapora ao norte, constata-se que o metamorfismo não atingiu as condições mínimas para a transformação dos

sedimentos ricos em minerais argiláceos em ardósias verdadeiras. Assim, embora não correspondam do ponto de vista da petrologia à ardósias típicas, estes materiais têm sido referenciados comercialmente como tal. A falta de regularidade na espessura de seus níveis, significando excesso de peso para as chapas, a presença de intercalações com composição quartzosa e métodos inadequados de extração, impedem aplicações destes materiais, enquanto material de cobertura e a obtenção de taxas mais altas de aproveitamento do material extraído.

Os materiais que afloram nesta área mostram grande variação de tonalidade, com o predomínio de tons esverdeados e acinzentados.

5. **Esteatitos** (Pedra Sabão) e **Serpentinitos** – Da atuação de processos aloquímicos em rochas ultrabásicas e ultramáficas, tais como dunitos e peridotitos, resultam em modificações químicas e em transformações mineralógicas com substituição de olivinas e piroxênios primários por serpentinas, anfibólios, cloritas e carbonato. O produto destas transformações é o serpentinito. Em determinadas áreas, próximas à zonas de cisalhamento, estes serpentinitos são transformados em esteatitos, a partir da reação da serpentina com a sílica, que resulta na formação do talco.

No Estado de Minas Gerais, as principais áreas de ocorrência e extração destas rochas encontram-se localizadas nas regiões de Viriato, Santa Rita de Ouro Preto, Congonhas do Campo e arredores de Ouro Branco.

Atualmente, grande parte dos esteatitos extraídos destina-se ao mercado interno e é utilizada para a confecção de diferentes itens de uso doméstico e decorativos. Parte ainda pequena da produção destina-se a confecção de lareiras, que são exportadas para os mercados europeu e americano. O serpentinito tem sido utilizado como material de revestimento e não raro enfrenta a concorrência de produtos indianos e italianos.

No passado, estes materiais, em especial os esteatitos, foram amplamente utilizados nas construções residenciais e nas edificações de importantes monumentos. São inúmeras as igrejas de Minas Gerais com pisos de serpentinito e detalhamento em pedra sabão.

Com frequência, estas rochas são referenciadas comercialmente de forma incorreta como sendo granitos. A crescente demanda por estes materiais e a significativa participação de serpentinitos de origem indiana e italiana no mercado brasileiro (GRANITO VERDE RAJASTHAN E VERDE ALPI), justificam o desenvolvimento da pesquisa para estes materiais.

Classificação segundo a textura:

Dentre os tipos de rochas ornamentais e de revestimento, os granitos comerciais são os únicos a apresentarem uma subdivisão com base nos arranjos texturais e podem ser classificados como:

1. Granitos isotrópicos, envolvendo os granitos

verdadeiros, bem como outras rochas com distribuição homogênea dos seus constituintes minerais. Com base na petrografia, destacam-se neste grupo os chamados granitos com composições próximas ou afastadas do chamado *minimum melting*. (GRANITO ROSA IRIS). Os charnockitos (GRANITO VERDE UBATUBA, GRANITO VERDE PAVÃO, etc.), os diferentes tipos de sienitos (GRANITO ASA DE BORBOLETA, GRANITO MARROM CAFÉ, etc.), os anortositos, os gabros (GRANITO BLACK DIAMOND) e basaltos integram este grupo.

2. Granitos movimentados ou anisotrópicos, representados por tipos petrográficos tais como os gnaisses, orto (GRANITO GIALLO CALIFORNIA) ou paraderivados (GRANITO VERDE EUCALÍPTO), as rochas migmatíticas e algumas metavulcânicas, milonitizadas (GRANITO PORTO ROSA, GRANITO PORTO BELO, etc.) ou não. Nestes tipos, a distribuição preferencial de seus constituintes minerais confere o caráter movimentado à estas rochas.

Assim como para os granitos movimentados, para as demais rochas ornamentais e de revestimento, a existência de estruturas lineares e planares, bem como outras descontinuidades, deverá exercer grande influência nos parâmetros de caracterização tecnológica. A existência destas descontinuidades implicará na redução da resistência à flexão e à compressão, determinando significativos aumentos nas taxas de porosidade e de absorção. Para compensar estas interferências recomenda-se o estudo de cortes com direções apropriadas.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Os diversos tipos de rochas ornamentais e de revestimento podem ser diferenciados através de suas propriedades tecnológicas, cuja caracterização envolve a realização de análises petrográficas, determinação dos índices físicos, com ênfase para os índices de porosidade e de absorção, determinação da resistência à compressão, determinação da resistência à flexão, determinação da resistência ao desgaste, determinação do grau de alterabilidade e a resistência a impactos. Uma correta aplicação destes materiais (Oliveira 1998; Oliveira & Costa 1998b; Porto 1999; Campello 2000; Bezerra 1999) só será possível a partir do conhecimento destas propriedades.

Quando são comparados os dados tecnológicos de alguns quartzitos com aqueles obtidos para rochas granitóides, constata-se que os primeiros podem ter, sob certas condições, as mesmas aplicações indicadas para os segundos. Em função destas características alguns quartzitos chegam a alcançar maior valorização no mercado de ornamentais e de revestimento. Os quartzitos azuis, ao contrário dos do tipo São Tomé, têm dados comparáveis ou melhores que os da grande maioria dos granitos, isotrópicos ou movimentados.

Com detalhamento petrográfico, químico e com determinação de índices físicos (Oliveira & Costa 1997;

Oliveira & Costa 1998a; Costa et al. 1998. Bezerra et al. 1998; Bezerra 1999; Costa 1999b) e, mais recentemente, com caracterização tecnológica completa (Campello 2000), foram estudados alguns maciços de granitos ornamentais, aflorantes nas regiões de São Francisco de Paula (Granito Verde São Francisco), Piracema (Granito Branco Piracema, Granito Cinza Piracema e Granito Branco Nepal), Cláudio (Granito Kinawa Tog e Granito Kinawa Light), Marilândia (Granito Rosa Raissa), Dolores de Guanhães (Granito Giallo Califórnia), Candeias (Granito Verde candeias), Passa Tempo (Granito Verde Savana, Granito Verde Atlântico e Granito Verde Prata) e Morro do Ferro/Oliveira (Granito Verde Van Gogh), Itapacerica (Granito Vermelho Cobra).

Mármore da região de Cachoeira do Campo, quartzitos das regiões de São Tomé das Letras (Souza & Santos 1999; Souza et al. 1999; Costa 1999a) e Diamantina (Oliveira & Cerceau 1998; Teixeira & Melo 2000) tiveram suas características igualmente determinadas.

CONCLUSÕES

Após algumas décadas de estudos, ainda é significativo o desconhecimento a cerca do potencial do país, em termos de materiais pétreos com potencial para aplicação no setor de ornamentais e de revestimento. Apenas uma parte infinitesimal deste grande volume de materiais passou já pelos ensaios tecnológicos. Uma grande parte dos granitos de Minas Gerais, assim como de outras regiões do país, ainda hoje atinge os mercados consumidores, internos ou externos, sem uma adequada caracterização, com significativas perdas de recursos para os estados produtores. A disponibilidade dos dados tecnológicos deverá não só permitir um melhor aproveitamento e aplicações mais adequadas, como contribuirá para uma maior agregação de valor a esses materiais.

Por outro lado, um completo conhecimento dos parâmetros e da extensão dos processos geológicos envolvidos na gênese das rochas com aplicação no setor das ornamentais e de revestimento, terá sempre grande importância desde a fase de extração até os processos finais de beneficiamento dos mesmos. Assim, fica demonstrada a grande influência do grau metamórfico, da presença ou ausência de estruturas planares, da diversidade e conteúdos mineralógicos e das diversas estruturas que podem estar presentes nestas rochas, em termos do seu aproveitamento e de suas aplicações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, na pessoa de seu presidente, Eng. Stefan Borg Salej e ao Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos no Estado de Minas Gerais, na pessoa de seu presidente, Eng. Roberto Clark, pelos suporte financeiro necessário à implantação do

Laboratório de Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais do Centro de Pesquisa Prof. Manoel Teixeira da Costa-IGC-UFMG. À Granibrás - Granitos do Brasil, à Indústria Brasileira de Granitos e Mármore-IBGM, nas pessoas de seus presidentes Srs. Corintha Guerra e João Nogueira, à EMINOSA-Empresa de Mineração Ltda, na pessoa de seu gerente geral, Geól. Paulo Akira Ono, à Empresa Granitos Nacionais Ltda-GRANASA, na pessoa de seu presidente, Sr. Weverton Robson, à Marilan Mineração, na pessoa de seu diretor, Sr. Sérgio Lamounier; à SA - Sales Andrade Indústria e Comércio de Pedras Ltda, na pessoa de seu gerente geral, Sr. Marcelo Del Peloso, pelo fornecimento de materiais e suporte financeiro. Ao Prof. Adejardo F. da Silva Filho pela revisão do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, F.N.M.; COSTA, A.G.; ARANHA, P. 1998. Ensaio Físicos em Rochas Ornamentais: Uma proposta de adequação da Norma NBR12766/1992(ABNT). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.315.
- BEZERRA, F.N.M. 1999. Mármore Ornamentais de Minas Gerais, novas Técnicas de caracterização e prospecção - Pedreira do Cumbi/Cachoeira do Campo. Dissertação de Mestrado - Degel/IGC-UFMG (inédita). 161p. e anexos.
- BEZERRA, F.N.M.; COSTA, A.G. 2000. Dolomite as a dimension stone - characterization and prospecting techniques. In: International Geological Congress, 31th, Abstracts Volume (CD-Rom) ...Rio de Janeiro. General Symposia: Geology of Mineral Deposits.
- CAMPELLO, M.S. 2000. Caracterização tecnológica de granitos ornamentais: montagem laboratorial e rotinamento para realização de ensaios. Dissertação de Mestrado - Degel/IGC-UFMG (inédita). 121p. e anexos.
- COSTA, A.G. 1999a. Condicionamento Estrutural, Textural e metamórfico de Quartzitos com Aplicação no Setor das Rochas Ornamentais. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, VII, Anais...Lençóis, SBG/Núcleo Bahia-Sergipe.
- COSTA, A.G. 1999b. Granitos ornamentais da região Sul de Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, VI, Anais...São Pedro, SBG/Núcleo São Paulo, p. 141.
- COSTA, A.G.; OLIVEIRA, S.F.de; MELO, E.L.; FREITAS J. R.L.de. 1998. Caracterização de quartzitos mineiros e suas aplicações no setor das rochas ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.307.
- OLIVEIRA, E.S. & CERCEAU, W.A. 1998. Mapeamento geológico e caracterização de quartzitos ornamentais das regiões de Diamantina (a SW de Guinda) e Serro (Alvorada de Minas e Itapanhoacanga). Monografia de Graduação - Degel/IGC-UFMG (inédita). 105p.
- OLIVEIRA, S.F.de 1998. Caracterização petrográfica, estrutural e física de materiais com aplicação no setor de rochas ornamentais. Dissertação de Mestrado - Degel/IGC-UFMG (inédita). 123p. e anexos.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1997. Caracterização petrográfica e física de rochas com aplicação no setor de Rochas ornamentais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 5, Atas...Penedo, SBG, Núcleo Rio de Janeiro e São Paulo, p. 414-416.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1998a. Relações entre a petrografia e os índices físicos de mármore, quartzitos e granitos ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.323.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1998b. Alterações de minerais e outros problemas relacionados aos materiais com aplicação no setor das rochas ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.301.
- PORTO, M.T.G. 1999. Aplicação de rochas ornamentais em obras civis. Monografia de Especialização - Degel/IGC-UFMG (inédita). 116p. e anexos.

- SOUZA, G.G. & SANTOS, M.R.C. dos. 1999. Quartzitos de São Tomé das Letras - MG: Enquadramento geológico, caracterização tecnológica e análise ambiental. Monografia de Graduação - Degel/IGC-UFMG (inédita). 129p. e anexos.
- SOUZA, G.G.; SANTOS, M.R.C. de; COSTA, A.G. 1999. Quartzitos da região de São Tomé das Letras: caracterização tecnológica e análise ambiental. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, VI, Anais...São Pedro, SBG/Núcleo São Paulo, p.155.
- TEIXEIRA, M.H. & MELO, E.L. 2000. Mapeamento geológico com ênfase para os quartzitos com aplicação ornamental e de revestimento das áreas: Córrego Canudos e a montante do Córrego das Pedras, na região de Diamantina - MG. Monografia de Graduação - Degel/IGC-UFMG (inédita). 66p. e anexos.