ROCHAS INDUSTRIAIS

Antônio Gilberto Costa
Labtec Rochas – CPMTC/IGC
ag.costa@uol.com.br

Marcos Santos Campello
Labtec Rochas – CPMTC/IGC
mscampello2005@yahoo.com.br

SUMÁRIO

1. ASPECTOS GERAIS 1

2. OS SERPENTINITOS E ESTEATITOS 2

2.1. LOCALIZAÇÃO DAS MAIS IMPORTANTES ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE SERPENTINITOS E ESTEATITOS EM MINAS GERAIS 4
2.2. APLICAÇÕES PARA SERPENTINITOS 7
2.3. APLICAÇÕES PARA ESTEATITOS 7

3. AS ARDÓSIAS 10

3.1. DEFINIÇÃO 11
3.2. COMPOSIÇÃO DAS ARDÓSIAS 12
3.3. APLICAÇÕES DAS ARDÓSIAS 12
3.4. LOCALIZAÇÃO DAS ARDÓSIAS EM MINAS GERAIS 12
3.5. CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE ARDÓSIA EM MINAS GERAIS 13
3.6. CONTEXTO GEOLÓGICO PARA AS ARDÓSIAS 14
3.7. DADOS DE PRODUÇÃO PARA ARDÓSIA EM MINAS GERAIS 15

4. FILITO 16

4.1. DEFINIÇÃO 16
4.2. APLICAÇÕES PARA O FILITO 16
4.3. DADOS DA PRODUÇÃO PARA FILITO 16

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18

1. ASPECTOS GERAIS

Segundo Bates (1994), rochas, minerais e outras substâncias que ocorrem naturalmente e que tem importância econômica integram o conjunto denominado por Minerais Industriais. Não fazem parte deste grupo minerais metálicos, combustíveis e material gemológico. Para Perez (2001), os minerais e rochas que integram o conjunto identificado como dos Minerais e Rochas Industriais (MRI) constituem bens representados por "materiais naturais" (e, ocasionalmente, resíduos da indústria ou da construção) que são empregados na atividade humana, não para obter metais ou energia, mas pelas suas propriedades físicas, químicas ou ornamentais, manifestas no mineral ou rocha tal qual são extraídas ou após uma transformação não metalúrgica.

Em tempos recentes, esses bens tornaram-se imprescindíveis para a produção de inúmeros produtos, sem os quais a existência humana estaria comprometida. Entre eles, podem ser destacados os químicos e farmacêuticos, os fertilizantes, os componentes eletrônicos, os materiais abrasivos e a fibra ótica, por exemplo. Dentre os MRIs mais utilizados nos processos industriais, responsáveis pela produção de materiais como os destacados acima, encontram-se as argilas, o gesso, os fosfatos, o talco, os sais minerais, a bauxita, bem como rochas tais como os granitos, os calcários, os mármores e os quartzitos. A seguir, serão considerados alguns destes bens, aqui representados pelas seguintes rochas: serpentinitos, esteatitos, ardósias e filitos.

2. OS SERPENTINITOS E ESTEATITOS

Serpentinitos e esteatitos são rochas que tem uma origem comum, pois todas derivam de rochas ultrabásicas ultramáficas, que são conhecidas como dunitos, peridotitos e piroxenitos. Estas últimas são rochas formadas predominantemente por minerais tais como olivinas e piroxênios e resultam da cristalização de magmas ricos em ferro e magnésio, que tem o manto como local de origem e as crostas como locais de cristalização. As formações dos serpentinitos e dos esteatitos acontecem em seguida a essas cristalizações, mas em ambientes e condições muito diferentes.

No caso dos serpentinito, o processo de formação recebe o nome de serpentinização e ocorre nas crostas localizadas acima do manto da terra, continentais e oceânicas, mas principalmente nas últimas e envolvendo sempre a alteração de rochas peridotíticas e piroxenitos expostos ou que se encontram no interior das mesmas. Considerando a composição das crostas oceânicas, em boa parte formadas por rochas com olivinas e piroxênios, se explica o porque do maior volume de serpentinitos nas mesmas, quando comparado com aquele presente nas crostas continentais.

De qualquer modo, a serpentinização decorre do contato destas rochas com fluidos, em especial com a água. Nestas condições de baixas temperaturas, peridotitos com maior conteúdo em olivina são serpentinizados e minerais tais como serpentina [$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$] e brucita [$Mg,Fe\ (OH)_2$] são formados. Se, por outro lado, o conteúdo for maior em piroxênios, a serpentinização ocorre, mas com formação de serpentina e talco [$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$]. As reações podem ser complexas e outros minerais, se presentes, podem reagir e levar à formação de mais serpentina, como é o caso da hidratação do diopsídio, que é um piroxênio cálcico. Por sua vez, esta reação libera sílica que, em presença de água, pode reagir com a brucita e formar mais serpentina.

Do grupo da serpentina, fazem parte a lizardita, a crisotila e a antigorita, sendo essa última a fase de temperatura mais alta. Outros minerais, tais como cloritas, clino e ortopiroxênios, anfibólios, carbonatos, espinélios e mesmo olivinas poderão estar presentes, mas nestes casos devem ser entendidos como produtos de transformações metamórficas dos serpentinitos. Assim, com base nos conteúdos destes minerais, podemos, por exemplo, separar serpentinitos de regiões de Minas Gerais, daqueles da região de Val Malenco, na Itália, pois enquanto os primeiros apresentam associação metamórfica de baixa temperatura (fácies xisto verde baixo), com presença de serpentina, talco, cloritas e anfibólios, os últimos apresentam antigorita, clorita, diopsídio e olivina (Figura 01).

Uma vez formados os serpentinitos e considerando a presença destes, mas em crostas continentais, serão maiores as possibilidades de transformações dos mesmos. Essas possibilidades se justificam pois, nas crostas continentais, os conteúdos mineralógico e químico das rochas, em contato ou encaixantes dos serpentinitos, são muito diferentes, quando comparados com os das crostas oceânicas que, por sua vez, são muito próximos aos dos serpentinitos. Dentre as transformações possíveis, se encontra aquela responsável pela formação de esteatitos, também identificada como esteatização.

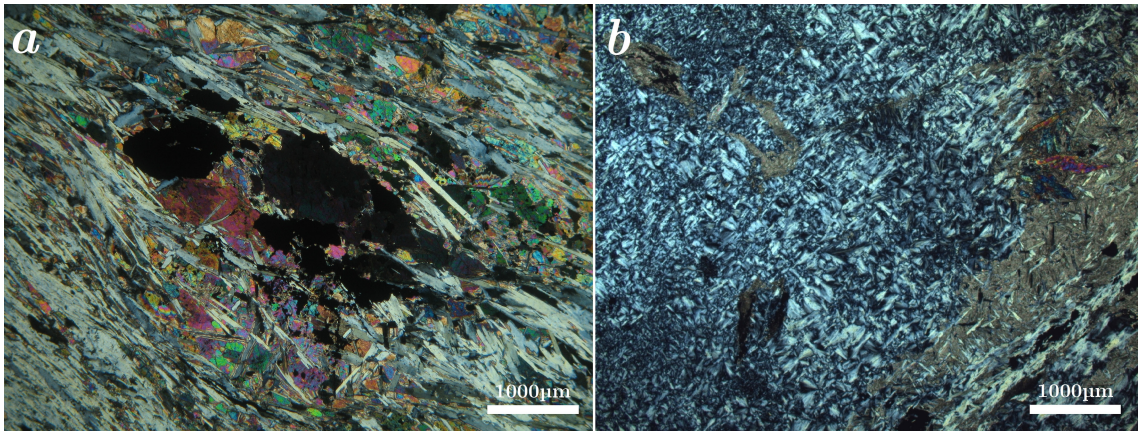

Figura 1. Minerais típicos de serpentinitos. **a)** Fotomicrografia de serpentinito da região de Val Malenco, Itália, com paragênese contendo olivina; **b)** Fotomicrografia de serpentinito da região central de Minas Gerais com paragênese formada essencialmente por serpentina.

Nesse processo, serão importantes as transferências ou movimentações de elementos das rochas crustais, como a da sílica, em direção aos corpos ultramáficos previamente transformados em serpentinitos. Em presença de fluidos, esta movimentação, também entendida como metassomática, acontece envolvendo serpentinitos, que são assim transformados. Se a transformação ocorre sob condições de fácies xisto verde e em presença de CO_2, isto pode levar à formação de talco e consequentemente à formação dos esteatitos, também conhecidos como pedra-sabão (*soapstone*). Nesse processo envolvendo trocas, rochas chamadas *blackwalls* são frequentes e podem representar o extremo da "digestão" sofrida pelos serpentinitos. Elas se encontram entre a encaixante crustal e o serpentinito transformado em esteatito e normalmente são constituídas por mais 90% de clorita. O mineral talco também pode se formar por desidratação de serpentina em presença de sílica, mas em condições de metamorfismo da fácies anfibolito médio. Assim, esta poderia ser uma outra possibilidade de se explicar os esteatitos, mas em condições de metamorfismo de médio grau.

Em resumo, pode-se considerar que a atuação de processos aloquímicos envolvendo rochas ultrabásicas e ultramáficas, tais como dunitos e peridotitos, resultam em modificações químicas e alterações mineralógicas com substituição de olivinas e piroxênios primários por serpentinas, anfibólios, cloritas e carbonato. Com o predomínio das serpentinas, a rocha resultante dessas alterações passa a ser denominada serpentinito. Sob condições de temperatura em elevação e em presença de sílica, esses serpentinitos são transformados em esteatitos (pedra-sabão), a partir da reação da serpentina com a sílica, que resulta na formação do talco e liberação de H_2O, como mostrado na reação abaixo.

$$Mg_6[Si_4O_{10}(OH)_8] + 4SiO_2 \rightarrow 2Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2] + 2H_2O$$

antigorita talco

Levando-se em conta a presença, nos serpentinitos ou esteatitos, de minerais, tais como o talco, a clorita, anfibólios, olivinas e carbonatos, pode-se observar modificações cromáticas importantes. Enquanto nos serpentinitos a predominância é pela coloração verde, mais clara ou escura, nos esteatitos a mesma pode variar entre tons de cinza e de verde, até os esbranquiçados. Quando essa rocha contém quase somente talco, recebe a denominação de pedra-talco e destina-se ao setor estatuário.

2.1. Localização das mais importantes áreas de extração de serpentinitos e esteatitos em Minas Gerais

No Brasil, as mais importantes áreas de extração de serpentinitos localizam-se no estado de Minas Gerais. Com relação aos esteatitos, não se tem registros de áreas de importância ou expressão fora do estado.

Em Minas Gerais (Figura 2, Tabela 1), as principais áreas de ocorrência e extração de serpentinitos encontram-se associadas, tectonicamente ou não, com rochas metamórficas, normalmente quartzo-feldspáticas e com idades variando entre o arqueano e o mesoproterozoico. Estão localizadas nos municípios de Nova Lima (Viriato – 20°06'59,2"S / 43°52'43,8"W), Ouro Branco (Alto da Varginha – 20°36'25,81"S / 43°41'34,19"W), Catas Altas (20°02'31,8"S / 43°26'41,7"W), Santa Bárbara (20°01'45,1"S / 43°27'43,6"W) e Piranga (Figura 3).

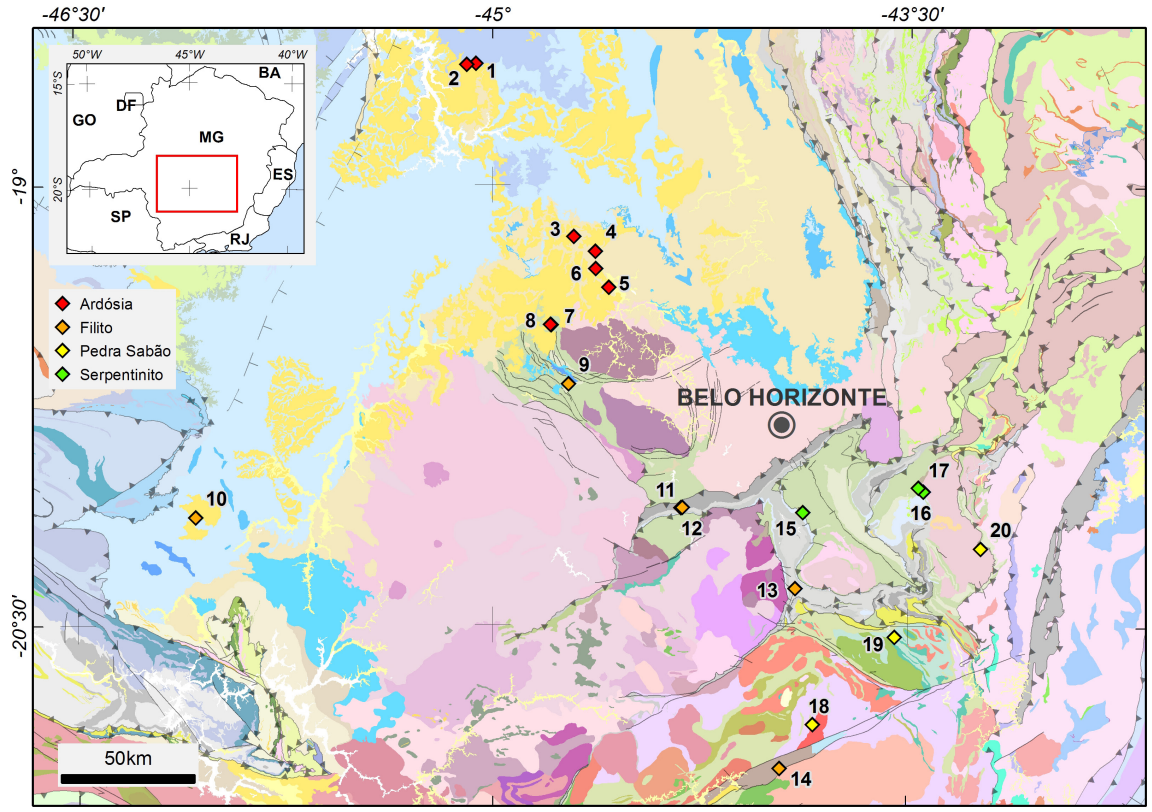

Figura 2. Principais ocorrências de rochas industriais no estado de Minas Gerais. A numeração se refere aos itens da Tabela 1. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

Tabela 1. Principais ocorrências de rochas industriais no estado de Minas Gerais

	SUBSTÂNCIA	CLASSES UTILITÁRIA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	Latitude	Longitude
1	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de São José	Felixlândia	-18,586	-45,0587
2	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de São José	Felixlândia	-18,5897	-45,0922
3	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Pompéu	Pompéu	-19,1765	-44,7079
4	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Angueretá	Curvelo	-19,2264	-44,63
5	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Papagaios	Papagaios	-19,3501	-44,5824
6	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Papagaios	Papagaios	-19,2858	-44,6287

	SUBSTÂNCIA	CLASSES UTILITÁRIA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	Latitude	Longitude
7	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Papagaios	Papagaios	-19,4779	-44,7882
8	Ardósia	Pisos, bancadas e revestimentos	Distrito de Papagaios	Papagaios	-19,4771	-44,7918
9	Filito	Indústria cerâmica	Distrito sede de Onça de Pitangui	Onça do Pitangui	-19,6796	-44,7255
10	Filito	Indústria cerâmica	Distrito sede de Bambuí	Bambuí	-20,1345	-46,0714
11	Filito	Indústria cerâmica	Distrito sede de Igarapé	Igarapé	-20,1009	-44,3202
12	Filito	Indústria cerâmica	Distrito sede de Igarapé	Igarapé	-20,0995	-44,3146
13	Filito	Indústria cerâmica	Distrito de Bação	Itabirito	-20,3751	-43,9058
14	Filito	Indústria cerâmica	Distrito sede de Carandaí	Carandaí	-20,9888	-43,9584
15	Serpentinito	Siderurgia, Agregados	Distrito sede de Nova Lima	Nova Lima	-20,1159	-43,8789
16	Serpentinito	Siderurgia, Agregados	Distrito sede de Catas Altas	Catas Altas	-20,042	-43,4449
17	Serpentinito	Siderurgia, Agregados	Distrito de Brumal	Santa Bárbara	-20,0291	-43,4621
18	Pedra Sabão	Esculturas, Elementos Decorativos, Utensílios	Distrito sede de Cristiano Otoni	Cristiano Otoni	-20,8391	-43,8391
19	Pedra Sabão	Esculturas, Elementos Decorativos, Utensílios	Distrito de Santa Rita de Ouro Preto	Ouro Preto	-20,5385	-43,5447
20	Pedra Sabão	Esculturas, Elementos Decorativos, Utensílios	Distrito de Cláudio Manuel	Mariana	-20,2364	-43,2364

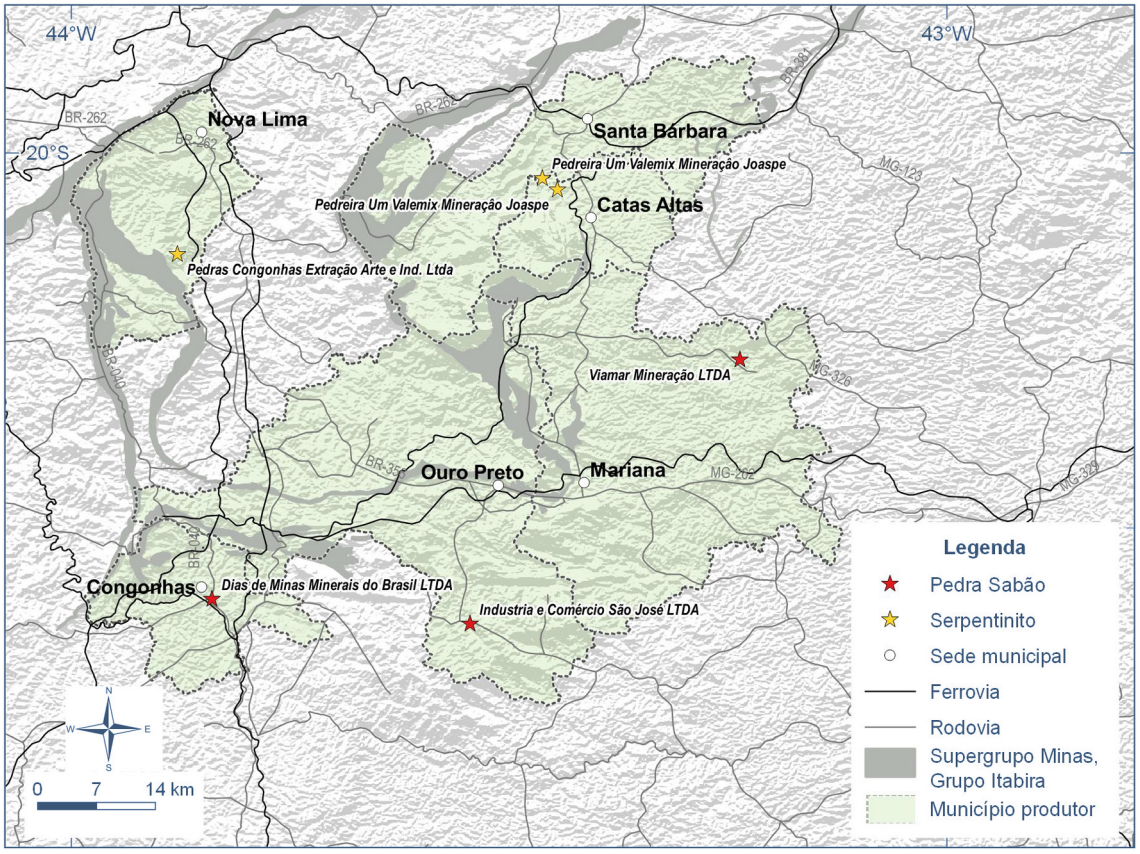

Figura 3. Mapa com a localização de ocorrências e extrações para serpentinitos e esteatitos em Minas Gerais. Fonte: Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

Já as principais ocorrências e áreas de extração de esteatitos, igualmente associadas com rochas quartzo-feldspáticas muito antigas, encontram-se em áreas nos municípios de Ouro Preto (Santa Rita de Ouro Preto: 20°34'12,27"S / 43°29'0,25"W; 20°32'18,8"S / 43°32'41,1"W; 20°34'16,47S / 43°28'37,46"W), Congonhas do Campo (20°30'39,8"S / 43°50'20,7"W) e Mariana (Cachoeira do Brumado: 20°23'05,42"S / 43°14'10,12"W) (Figura 3). No município de Mariana, podem também ser mencionadas áreas em Mainart e Furquim, assim como uma antiga área localizada na BR 262, no trevo para Acaiaca (20°23'45,44"S /

43°08'44,02W). Sem muita expressão, pode ser mencionada área no município de Santa Bárbara do Tugúrio.

Para além das áreas já citadas, Fonseca (2011, p. 16) traz a localização e outras informações sobre a presença de rochas de composição ultrabásica/ultramáfica na região central de Minas Gerais. Com referência a apenas uma área de extração na região de Lamim, são indicadas e descritas rochas aflorando nos municípios de Rio Manso, Ouro Preto (Amarantina), Queluzito, Lamim e Lagoa Dourada.

Vistas de áreas de extração para serpentinitos e esteatitos em Minas Gerais encontram representadas nas figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4. Representação de diferentes áreas ou frentes de lavra para rochas serpentiníticas em Minas Gerais. **a)** e **c)** Catas Altas; **b)** Piranga; **d)** Viriato; (Imagens: A. Gilberto Costa).

Figura 5. Frente de lavra para esteatito em uma área de extração localizada no distrito de Santa Rita de Ouro Preto (Imagem: A. Gilberto Costa).

2.2. Aplicações para serpentinitos

Dentre as possíveis aplicações para as rochas serpentiníticas, destaca-se a de material fundente na indústria siderúrgica. Nesse caso, o material é utilizado no processo de sinterização ou diretamente aplicado nos altos fornos. Nesse processo, a rocha é inicialmente britada e, após processo de peneiramento, ela é moída para então ser utilizada. Por conta do seu conteúdo em MgO, o material serpentinítico empregado contribui para a fluidez da escória que é gerada neste processo siderúrgico.

Em Minas Gerais, houve uma tentativa envolvendo a produção de chapas para aplicação do serpentinito, enquanto material de revestimento e ornamental. Nesse caso, foram extraídos blocos, que posteriormente passaram por desdobramentos em chapas com a utilização de cabos de aço. Essa iniciativa, ocorrida nos anos 90 do século passado, foi colocada em prática pela empresa Pedras Congonhas e o material foi colocado no mercado com a denominação de Verde Boiadeiro. Características estruturais para o serpentinito em questão (muito fraturado), resultando em baixo aproveitamento, possivelmente contribuíram para o insucesso da sua produção, assim como a concorrência de produtos importados (granito verde Rajasthan, granito verde Alpi, verde Guatemala etc.).

Outra possibilidade de aplicação para serpentinitos tem a ver com a correção de solos. Por conta de suas composições de caráter ultrabásico, eles têm sido utilizados com maior frequência na chamada calagem de solos, que busca a correção da acidez dos mesmos, em substituição a outros materiais considerados convencionais. Esta possibilidade se justifica principalmente por conta dos conteúdos em Fe, Mg e Ca encontrados nos serpentinitos. Em algumas áreas com extração desses materiais, essa aplicação também contribui para a redução de rejeitos e aproveitamento de material estéril, com contribuição importante na redução de impactos ambientais associados com esta atividade.

Outros tipos de aplicações para serpentinitos tem a ver com a produção de brita e agregados para a indústria da construção civil e, nesses casos, deve ser levada em conta a composição química dos mesmos. Serpentinitos que não se prestam para a indústria siderúrgica, por conterem baixos teores de Mg e altos de sílica, são os empregados com esta finalidade.

2.3. Aplicações para esteatitos

Historicamente, esteatitos, e em menor volume serpentinitos, foram utilizados em Minas Gerais na produção de peças de revestimento e na arte escultórica. São inúmeros os exemplos destes usos em antigas construções e monumentos mineiros dos séculos XVIII e XIX. Por conta da frequência com que esteatitos, ou a pedra-sabão, foram utilizados, os mesmos ficaram conhecidos com a “pedra de minas” e, dentre estas aplicações, merece destaque o conjunto escultório formado por doze profetas esculpidos por Aleijadinho e que se encontram expostos no adro do Santuário do Bom Jesus de Congonhas (Figura 6).

No século XX, os registros mais antigos para a pesquisa sobre esteatitos e, em especial, sobre o talco, assim como concessões de lavra, remontam os anos 1949. Desde então, tem-se registros e informações mais concretas sobre aplicações para os esteatitos, que não

aquelas relacionadas com a produção de arte escultória. Atualmente, assim como no passado, grande parte dos esteatitos extraídos em Minas Gerais destina-se ao mercado interno e é utilizada para a confecção de diferentes itens de uso doméstico e decorativos. Considerando demandas surgidas mais recentemente, tem-se parte ainda pequena da produção destinada à confecção de placas e outros itens que compõem lareiras, que são exportadas para os mercados europeu e americano. Nesse caso, esta aplicação justifica-se pelo caráter dos esteatitos no que diz respeito à condução de calor.

Figura 6. Conjunto escultório exposto no adro do santuário do Bom Jesus em Congonhas, Minas Gerais. As imagens foram esculpidas em pedra sabão no ateliê do mestre Aleijadinho, nos primeiros anos do século XIX (Fotografia: A. Gilberto Costa).

Com relação a estas aplicações envolvendo o esteatito, as mesmas podem ser divididas em dois grandes grupos. O primeiro segue uma escala industrial e visa atender a produção de peças destinadas à montagem, principalmente, de lareiras ou, em menor volume, ao revestimento de paredes e produção de bancadas. Para tanto são extraídos blocos que, posteriormente, são desdobrados em chapas.

Ainda neste grupo, podem ser consideradas as atividades de lavra envolvendo a extração do talco e o aproveitamento de rejeitos, destinados a atender demandas das indústrias química e farmacêutica. No caso dos esteatitos com altos conteúdos em talco, observados os requisitos em termos de tipos e conteúdos mineralógicos, bem como as composições químicas dos tipos envolvidos, estes podem ser lavrados visando o atendimento a diferentes setores da indústria como, por exemplo, o das tintas, dos cosméticos, da cerâmica e dos fertilizantes. Em algumas das áreas de extração existem iniciativas de pesquisa visando ampliar a aplicação desses resíduos na produção de argamassas e material cerâmico.

Do conjunto de áreas observadas e que se prestam ao tipo de extração envolvendo a produção de blocos, a área do Distrito de Cachoeira do Brumado (20°23’05,42”S / 43°14’10,12”W), no município de Mariana, pode ser considerada um bom exemplo.

O segundo grupo está relacionado a um tipo de lavra voltado para o atendimento de demandas da produção artesanal de utensílios domésticos, arte escultória, adornos etc. (Figura 7). Nesse tipo de lavra, o processo não é mecanizado e envolve a cata ou escolha manual de peças após o desmonte, quase sempre manual, de matacões ou blocos. Muito raramente, este tipo de atividade envolve algum aproveitamento de rejeitos gerados pela

extração de blocos. Um bom exemplo deste tipo de lavra era praticado em área localizada na entrada da cidade de Congonhas (Figura 8).

Seja com relação à produção de chapas ou de material moído, bem como de peças destinadas a produções artesanais ou os produtos acabados propriamente ditos, o estado de Minas Gerais é o grande e único produtor nacional, atendendo tanto ao mercado interno, quanto ao externo.

Figura 7. Imagem de uma antiga unidade de produção artesanal da região de Cachoeira do Campo, distrito de Ouro Preto. Nesta unidade, assim como em outras, pequenos blocos obtidos em processo não industrial são transformados em diversos objetos. (Imagem: A. Gilberto Costa).

Figura 8. Área de extração artesanal de esteatito, localizada no município de Congonhas (20°30'39,8"S / 43°50'20,7"W. (Imagem: A. Gilberto Costa).

3. AS ARDÓSIAS

Cientificamente, as ardósias são classificadas como rochas metamórficas de grau muito baixo até baixo, possuindo fissilidade muito bem desenvolvida paralela aos planos de foliação, denominada como clivagem ardosiana. Nesse caso, a clivagem ardosiana refere-se a uma variedade de foliações, típicas de rochas metamórficas de baixo grau, de granulação fina, dada pela orientação preferencial contínua e homogênea dos grãos minerais, especialmente os minerais micáceos, resultando numa textura plana visível no microscópio petrográfico.

Buscando viabilizar a presença no mercado de outros materiais, entendidos como sedimentares, mas com propriedades muito próximas das ardósias metamórficas, foi proposta pela comunidade europeia a identificação destes materiais como sendo ardósias sedimentares.

Ao contrário das primeiras, que são facilmente divididas em folhas finas ao longo de um plano de clivagem resultante da xistosidade, normalmente oblíqua ao acamamento e decorrente de deformação tectônica associada com metamorfismo de baixo grau, as sedimentares (Figura 9) dividem-se ao longo dos planos de acamamento relacionados à deposição original da rocha.

Figura 9. Lajotas de ardósia cinza esquadrejadas na própria frente de lavra, região da Província de Ardósia de Minas Gerais. Fonte: Chiodi & Chiodi (2014).

3.1. Definição

As ardósias metamórficas têm granulação fina, são folheadas e apresentam forte orientação de minerais prismáticos e tabulares, resultando em superfícies planas e favorecendo a "clivagem ardosiana". Resultantes de processos metamórficos regionais de baixo grau, estas ardósias possuem seus protólitos relacionados aos folhelhos e argilitos.

A maioria das ardósias apresenta coloração variando entre tonalidades que vão do cinza claro ao cinza escuro (Figura 9). As ardósias podem ainda apresentar tonalidades de verde, vermelho, marrom e preto, todas em função das proporções de óxidos, sulfetos e material orgânico presentes (Figura 10). Normalmente são homogêneas e mostram feição macroscópica afanítica. Sua dureza é média e a densidade é de 2,7 g/cm^3, sendo constituídas por micas, quartzo e minerais acessórios.

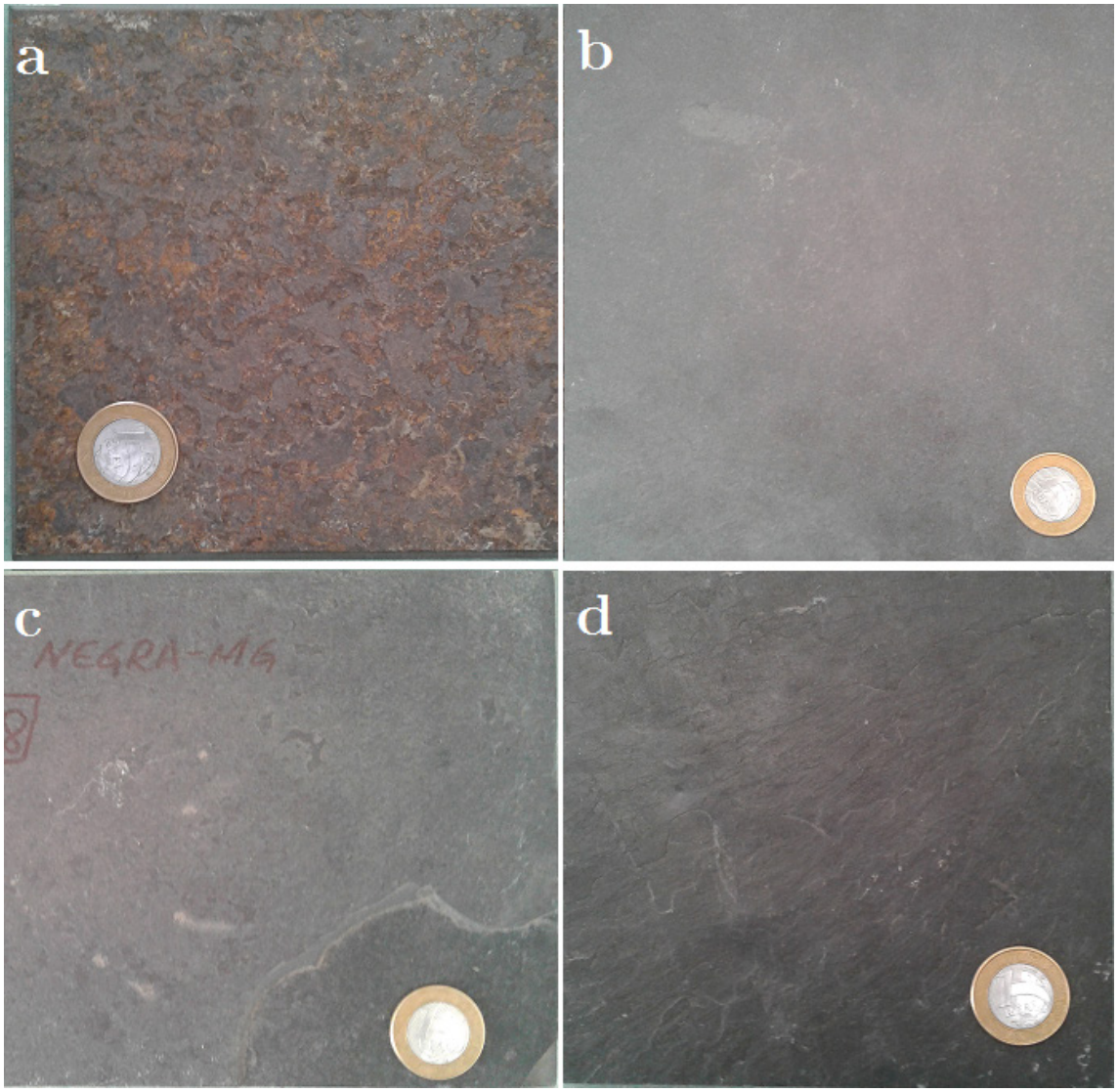

Figura 10. Exemplos de variações cromáticas das ardósias produzidas na região de Papagaios, Minas Gerais. **a)** Ferrugem; **b)** Cinza; **c)** Negra/grafite; **d)** Preta. Fonte: LabtecRochas – CPMTC/IGC/UFMG.

3.2. Composição das ardósias

As ardósias, em sua maioria, são constituídas por argilominerais e micas, cujos conteúdos podem variar conforme o grau metamórfico ao qual foram submetidas. Com o aumento de temperatura e pressão, os argilominerais transformam-se em micas. As ardósias podem conter ainda quantidades significativas de quartzo e pequenas quantidades de feldspatos, calcita, pirita e hematita, dentre outros minerais acessórios.

3.3. Aplicações das ardósias

As ardósias apresentam aplicações diversas, sendo a de material de revestimento a mais recorrente. Ainda que de forma inadequada, as mesmas ainda são muito empregadas nos revestimentos de pisos e fachadas de estruturas edificadas, sob a forma de ladrilhos de tamanhos e espessuras diversas. Revestimentos internos e externos de paredes, telhados, degraus, pingadeiros e rodapés, constituem as outras formas de aplicação (Figura 11). As ardósias são também aplicadas na produção de mesas de sinuca, bancadas e quadros-negros (lousas escolares).

Figura 11. Exemplos de aplicação das ardósias em bancadas, pias, bancos de praça e muros. Fonte: Modificada de Chiodi & Chiodi (2014).

3.4. Localização das ardósias em Minas Gerais

De acordo com Chiodi & Chiodi (2014), a Província de Ardósia de Minas Gerais (PAMG) encontra-se inserida na Região Central do estado, envolvendo os municípios de Papagaios, Curvelo, Pompéu, Paraopeba, Caetanópolis, Felixlândia, Leandro Ferreira, Martinho Campos

e Pitangui (Figura 2 e 12, Tabela 2). A área abrange cerca de 7000 km^2, sendo dividida em quatro distritos, conforme a variação da cor: distrito do Rio Pará (ardósias cinzentas); distrito de Felixlândia (ardósias verdes e/ou roxas); distrito de Paraopeba (ardósias cinzentas-ferrugem) e o distrito do Riacho (ardósias negras ou grafite).

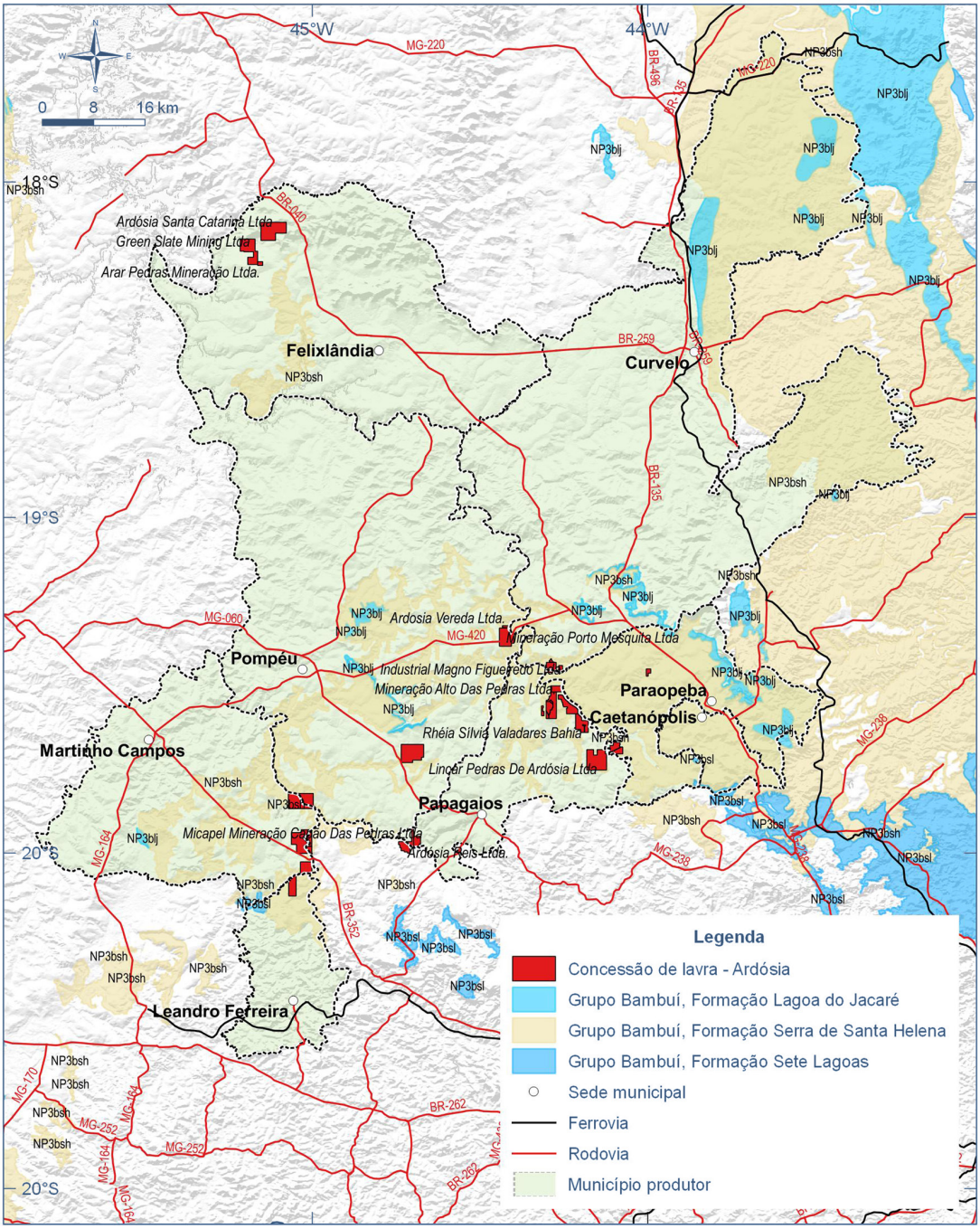

Figura 12. Mapa de localização da Província de Ardósia de Minas Gerais, situada na porção central do estado e entre os municípios de Papagaios e Felixlândia. Fonte: Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

3.5. Características da produção de ardósia em Minas Gerais

Dentre os principais municípios produtores de ardósia, destaca-se o de Papagaios, de acordo com Chiodi & Chiodi (2014). O mesmo é responsável por cerca de 60% da produção, cujas minas se desenvolvem a céu aberto, em encostas e em cavas (Figura 13).

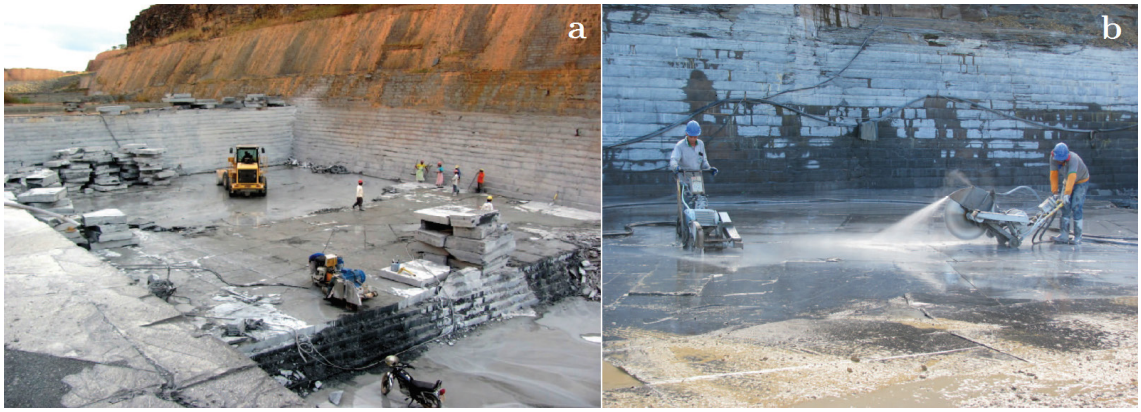

Figura 13. a) Detalhe da frente de lavra da variedade cinza, mostrando o piso da lavra horizontalizado **b)** Operação com carrinhos de chão adaptados com discos diamantados, para recorte de lajes no piso da cava. Fonte: Modificada de Chiodi & Chiodi (2014).

A recuperação das lavras é da ordem de 10 a 15%, uma vez que o capeamento estéril nas jazidas é de 30-40 m de espessura, mas o espessamento do material útil é de poucas dezenas. Esta relação, de baixa recuperação do rejeito estéril, acarreta um consequente passivo ambiental, sendo necessária a adoção de medidas de controle ambiental e de recuperação das áreas mineradas (Figura 14).

Figura 14. Detalhes para rejeito de mineração e nódulos silificados. Fonte: Modificada de Chiodi & Chiodi (2014).

3.6. Contexto Geológico para as ardósias

A região de Felixlândia e Pompéu, na qual se encontra a Província de Ardósia de Minas Gerais, constitui área cujas rochas pertencem à Formação Serra de Santa Helena, Grupo Bambuí (Figura 15). Por sua vez, as rochas desta formação são representadas por siltitos e argilitos com níveis de argilito mais frequentemente no topo. São constituídas

principalmente por quartzo, feldspato, micas, argilominerais, calcita e opacos. A laminação é atribuída à alternância de lâminas quartzo-feldspáticas e lâminas mais argilosas e micáceas, cuja espessura varia entre 0,05 a 0,30 milímetros.

Figura 15. Vista de corte de bancada mostrando pelitos da Formação Serra de Santa Helena, apresentando em sua base níveis horizontais de ardósia. Fonte: Modificada de Chiodi & Chiodi (2014).

3.7. Dados de produção para ardósia em Minas Gerais

O estado de Minas Gerais, de acordo com os dados de Dalla Costa *et al*. (2017), apresenta cerca de 17 bilhões de toneladas de reserva lavrável, tendo em termos de ROM, aproximadamente 213.000 t. Sua produção beneficiada é da ordem de 470 t, equivalendo à quantia de cerca de 1,4 milhões de reais. Quanto ao porte das lavras, tem-se que as mesmas variam do pequeno (5) ao micro (26).

4. FILITO

4.1. Definição

O filito é uma rocha metamórfica de grão fino e folheada. Apresenta acentuada fissibilidade (tendência em se dividir em folhas ou placas) devido à forte orientação dos minerais micáceos e tabulares. É constituído principalmente de quartzo, sericita e clorita. Relacionado ao metamorfismo regional, o filito apresenta grau metamórfico maior que o da ardósia e menor que o grau do xisto.

4.2. Aplicações para o filito

O filito tem muitos usos na construção civil e, devido às suas características intrínsecas, possibilita aptidões variadas. Seu conteúdo em micas o torna atrativo para uso ornamental e por conta disso ele é aplicado em uma variedade de projetos de design, incluindo fachadas de edifícios, bancadas de cozinhas e pisos no interior de entradas de museus e bibliotecas.

4.3. Dados de produção para filito

De acordo com o Anuário Mineral Estadual, Ano Base 2014 (Dalla Costa *et al.* 2017), Minas Gerais apresenta em torno de 63 milhões de toneladas de reserva lavrável, sendo aproximadamente 106.000t em termos de ROM. Sua produção beneficiada é a mesma, movimentando aproximadamente 9,4 milhões de reais. Ainda em conformidade com os dados do (Dalla Costa *et al.* 2017), em Minas Gerais existem apenas sete lavras de filito, uma de médio porte, três de pequeno porte e três de microporte.

Ainda em conformidade com os dados de Dalla Costa *et al.* (2017), existem sete concessões de lavra de filito em Minas Gerais. Dentre os municípios produtores, destacam-se os municípios de Igarapé, Itabirito, Carandaí, Bambuí e Onça do Pitangui (Figura 16).

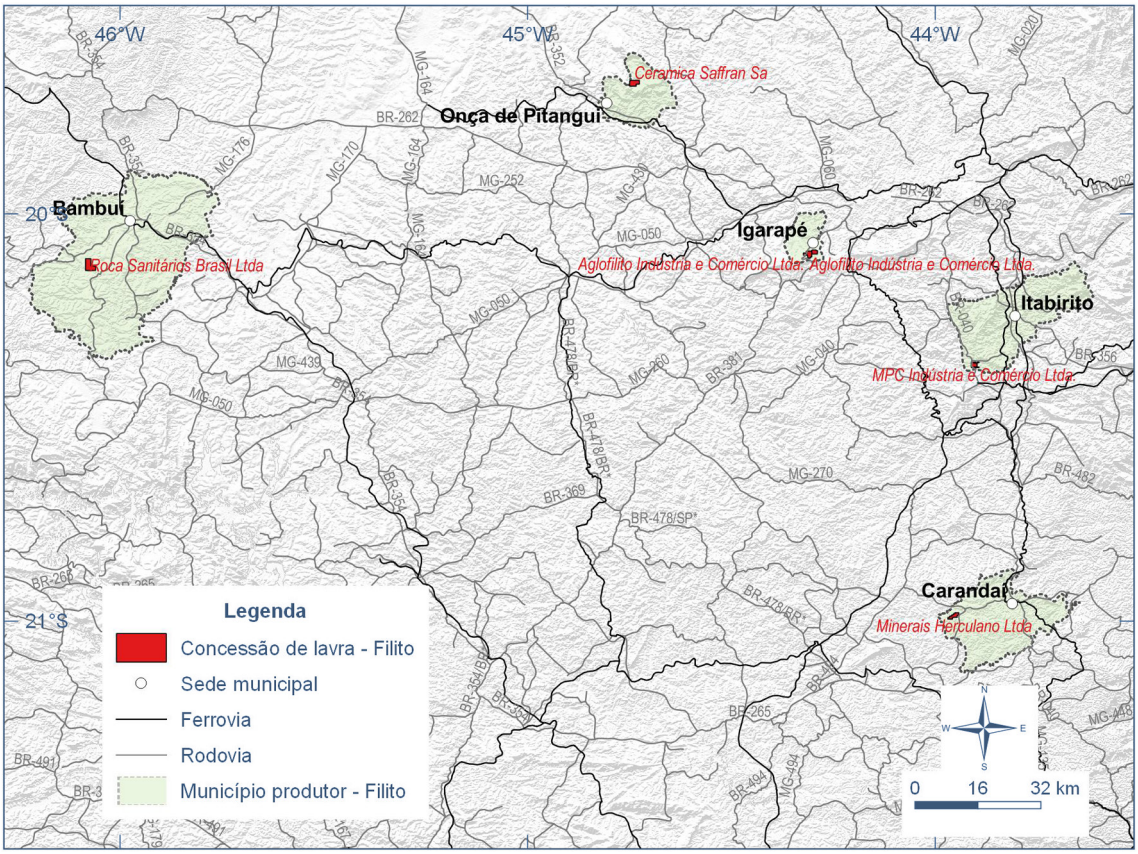

Figura 16. Mapa de localização das concessões de lavra e os municípios produtores de filito em Minas Gerais. Fonte: Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bates R.L. 1994. Overview of the industrial minerals. *In:* Carr D.D. (ed.). *Industrial Minerals and Rocks. Society for Mining, Metallurgy and Exploration*. Littleton, Colorado. p. 3-5.

Chiodi C. & Chiodi D.K. 2014. *Plano de ação para sustentabilidade do Setor de Rochas Ornamentais – Ardósia em Papagaios.* Belo Horizonte, v. 1. Relatório Técnico apresentado à Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.

Dalla Costa M.M., Fernandes L., Duarte J.E.C., Recuero J.C. (coords.). 2017. *Anuário mineral estadual Minas Gerais. Anos base 2010 a 2014.* Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 133 p.

Fonseca G.M. 2011. *Petrogênese de rochas ultramáficas do Quadrilátero Ferrífero e adjacências e sua relação genética com rochas metaultramáficas do tipo serpentinito e esteatito.* Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 142 p.

Perez B.C. 2001. *As rochas e os minerais industriais como elementos de desenvolvimento sustentável.* Centro de Tecnologia Mineral/MCT. Rio de Janeiro. 37 p. ISSN: 15189155

Pinto C.P. & Silva M.A. 2014. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000.* Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.