



Recursos minerais do Brasil: diretrizes para o setor mineral

MINERAL RESOURCES OF BRAZIL: GUIDELINES FOR THE MINING SECTOR

CASSIO ROBERTO DA SILVA¹, RICARDO LUIZ GUIMARÃES DE AZEVEDO²

1 - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL-CPRM/RJ

2 - ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA-ESG/RJ

E-MAIL: CASSIO.SILVA@CPRM.GOV.BR, RICARDOLUIZAZEVEDO@GMAIL.COM

Abstract: The purpose of this review is to draw up some guidelines in order of arousing greater interest for investments in the Brazilian mineral industry. Started with bibliographic and documental research, plus consultations with several governmental agencies and private institutions, seeking to ascertain the mineral industry's current situation given its potential and inadequacy. The potential of the country's economic mineral deposits is addressed such those found in Native Indian reservations and along the border strip, the continental shelf and its surrounding areas, and Antarctica. Maps indicate the most favorable areas for the occurrence of economic minerals, showing the great potential for agro-minerals, ferrous and non-ferrous minerals, precious, strategic, energetic minerals and those essential to health. The conclusion emphasizes the necessary measures towards sustainable mineral exploration and use: (1) reduction of bureaucracy when dealing with legal instruments for granting exploration areas; (2) adding value to minerals; (3) offering vigorous opposition to gold mining invaders; (4) investing on the safety of dams; (5) appropriate destination of tailings.

Resumo: Esta revisão objetiva elaborar diretrizes para aumentar a atratividade de investimentos no setor mineral brasileiro. Fundamenta-se em pesquisa bibliográfica e documental, consultas a diversas órgãos de governo e instituições privadas, visando diagnosticar a situação atual, diante das potencialidades e deficiências. Aborda-se o potencial de depósitos minerais econômicos do país em áreas indígenas e faixas de fronteira, plataforma continental e adjacências e Antártica, focalizando os agrominerais, minerais estratégicos, energéticos e aqueles essenciais à saúde, bem como os usados na construção civil e rochas ornamentais. Mapas indicam áreas mais favoráveis à ocorrência de minerais econômicos, mostrando o grande potencial mineral para ferrosos, não ferrosos, metais preciosos, metais-base, estratégicos e outros. Conclui-se ser necessário, visando ao uso e à exploração sustentáveis: (1) desburocratizar os instrumentos jurídicos para outorga de exploração; (2) agregar valor aos bens minerais; (3) combater a invasão garimpeira; (4) investir na segurança de barragens; (5) redefinir as formas de destinação dos rejeitos.

Citation/Citação: Silva, C. R. da, & Azevedo, R. G. de. (2021). Recursos minerais do Brasil: diretrizes para o setor mineral. *Terraê Didática*, 17(Publ. Contínua), 1-16, e021020. doi: 10.20396/td.v17i00.8661199.

Keywords: Mineral potential of Brazil, Marine resources, Native Indians reservations, Border areas.

Palavras-chave: Potencial mineral do Brasil, Recursos marinhos, Áreas indígenas, Áreas de fronteira.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 12/09/2020

Revised/Corrigido: 09/11/2020

Accepted/Aceito: 27/04/2021



Introdução

O desenvolvimento de uma nação e o bem-estar de sua população não se tornam exequíveis sem o uso intensivo, porém racional, dos bens minerais. Qualquer um que olhe à sua volta dificilmente conseguirá identificar objetos de uso no dia a dia, que não contenham produtos oriundos da mineração. O Brasil possui enorme vocação mineral, graças a suas dimensões continentais e diversificada geologia, além de ser grande produtor de insumos básicos para a indústria, provenientes da mineração. Atualmente, figura no cenário internacional como produtor mineral, ao lado de países com tradicional atividade mineira, tais como África do Sul, Austrália, Canadá, China e Estados Unidos da América (EUA). Entretanto, o país carece de diretrizes que possam elevá-lo a uma posição de maior destaque no setor mineral internacional,

e que ao mesmo tempo acelerem o seu desenvolvimento sócio-econômico em bases sustentáveis, aliado à segurança e à defesa de sua população.

Esta revisão corresponde a parte de uma monografia (TCC) apresentada no Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia da Escola Superior de Guerra, a qual objetiva elaborar diretrizes para incrementar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis para o setor mineral do Brasil, com segurança, defesa e o desenvolvimento social, ambiental e econômico da população brasileira. Assim, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, além de consultas a diversas instituições e órgãos de governo e privados, procedeu-se a um diagnóstico da situação atual, destacando-se suas potencialidades e deficiências de produção de bens minerais essenciais ao desenvolvimento econômico do País, com abordagens sobre

a defesa de territórios onde há interesse internacional em jazidas, na Amazônia e áreas de fronteira; as questões ligadas à denominada Amazônia Azul; a plataforma continental e áreas adjacentes.

Setor mineral do Brasil

A indústria mineral brasileira é formada por segmentos do Estado (dados, informações, conhecimentos básicos de geologia, regulação, fiscalização) e empresariais na pesquisa, exploração de produtos minerais (mineração), beneficiamento e indústria de transformação mineral.

A produção mineral do Brasil gerou, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram, 2018a), US\$ 11 bilhões em 1994, chegando a US\$ 53 bilhões em 2011 e decrescendo em 2020 para US\$ 38 bilhões, o que representa perda de cerca de 29% de produtividade. Provavelmente, é reflexo do baixo investimento no setor mineral entre 2007-2011 (US\$ 29 bilhões), subindo no período de 2012-2016 para US\$ 75 bilhões e, segundo SGM/MME, ANM e IBRAM (2021) com a previsão de diminuir 49% no período de 2020-2024 para US\$ 38 bilhões.

Em 2018, com a contribuição do setor mineral, via CFEM, o Brasil arrecadou cerca de US\$ 750 milhões (Ibram, 2018a). Em 2020 a arrecadação da CFEM foi US\$ 1.100 milhões (SGM/MME, ANM e IBRAM, 2021). Verifica-se que houve um significativo aumento de 46% de arrecadação de CFEM nos dois últimos anos. Isso se deve principalmente à mudança de taxa da CFEM.

O setor mineral participou com 4% do PIB em 2020 e 17% do saldo comercial das exportações brasileiras, gerando 180 mil empregos diretos e aproximadamente dois milhões indiretos na cadeia industrial (SGM/MME, ANM e Ibram, 2021). O país destaca-se internacionalmente como *global player* exportador de nióbio, minério de ferro, bauxita, vermiculita, caulim e simples exportador de manganês, estanho, níquel, magnesita, cromo, ouro e rochas ornamentais (Ibram, 2018a). O Brasil é o terceiro país em valor da produção mineral, após Austrália e Canadá.

Segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM, 2016, apud Ibram, 2018a), o território brasileiro contém 9.415 minas em atividade, ocupando áreas que, somadas, representam 0,5% do território nacional. Além das minas retromencionadas, há ainda 1.820 lavras garimpeiras, 13.250 licenciamentos (areia, cascalho e argila) e 830 complexos de águas minerais (Tab. 1).

A mineração, infelizmente, carrega consigo uma visão negativa a partir de 1970 da sociedade brasileira, reforçada face aos recentes desastres ocorridos nos municípios de Mariana e Brumadinho, no Estado de Minas Gerais (MG), em barragem de rejeitos de mineração de ferro e ao afundamento gradual do solo nos bairros do Pinheiro, Bom Parto, Mutange e Bebedouro, em Maceió, no Estado de Alagoas (AL), devido à extração de salgema em torno de 800 m de profundidade. Considerada atividade poluidora, há impedimentos de toda ordem à sua expansão, limitando, consequentemente, os resultados extremamente positivos para a sociedade brasileira.

Entretanto, nas últimas décadas a adoção de novas tecnologias por parte das empresas responsáveis melhorará, sensivelmente, o monitoramento e as disposições de rejeitos e resíduos dos processos minerais. Certamente a visão negativa do setor mineral será revertida.

O Plano Nacional de Mineração 2030 (Brasil, 2010) prevê investimentos de cerca de R\$ 350 bilhões em 20 anos. Caso o investimento se efetive, estima-se que a produção mineral tende a aumentar em até cinco vezes, tanto para atender ao consumo interno como à exportação. Para o período de 2018-2022, as mineradoras deverão investir aproximadamente R\$ 19,5 bilhões. No PNM-2030 não constam os investimentos das mineradoras australianas que operam no país.

Segundo a consultoria internacional S&P Global, de um total mundial, em 2019, de US\$ 9,8 bilhões investidos pela iniciativa privada em projetos de pesquisa mineral de não-ferrosos, apenas 3% (três por cento) foram carreados para o Brasil (US\$ 294 milhões), ao passo que outros países possuem

Tabela 1. Minas em regime de concessão de lavra. Fonte: modificado de ANM 2016, apud Ibram, 2018a

Nº de Minas em Atividade	Dimensão	Quantidade (t/ano)	Percentual (%)
154	Grandes	> 1 milhão	2
1037	Médias	≤ 1 milhão > 100 mil	11
2809	Pequenas	≤ 100 mil > 10 mil	30
5415	Micro	< 10 mil	57

melhor atratividade de investimentos, como Canadá e Austrália (> US\$ 1 bilhão). De acordo com o Fraser Institute, o Brasil possui *ranking* mediano nos principais requisitos. No comparativo com Austrália e Canadá, nota-se que o Brasil possui menor atratividade de investimentos, menor percepção política para o setor e ainda fica atrás nos quesitos de melhores práticas para aproveitamento do seu potencial mineral (Ibram, 2020).

Para inverter a diferença, a Febrageo (2018) propôs uma reforma tributária que estimule a verticalização industrial de conteúdo local e nacional da mineração. O sistema tributário, com graves distorções entre os estados, inibe a chegada de novos investimentos e estimula uma produção mineral direcionada à demanda externa de minérios, resultando, ainda, no baixo desembolso em pesquisa mineral de novos depósitos [menos de 2% do valor da Produção Mineral Brasileira (PMB), muito abaixo de 10 a 20% em outras nações comparáveis.

Agrominerais e saúde

Com a publicação “A indústria da mineração: para o desenvolvimento do Brasil e a promoção da qualidade de vida do brasileiro”, o Ibram (2014) fortalece seu compromisso com o desenvolvimento do setor mineral, trazendo a público dados e informações representativas de quanto os minérios são essenciais para a sociedade. No que se refere a fertilizantes, a entidade afirma que a descoberta de novas jazidas minerais é uma necessidade sob o ponto de vista de sobrevivência, especialmente, quando se trata da produção de alimentos. A insuficiência em pesquisa mineral no Brasil tem como uma de suas consequências enormes gastos na importação de minérios utilizados na fabricação de fertilizantes. Além disso, a alta carga tributária não permite redução dos custos de produção de alimentos de origem vegetal e animal.

Substâncias remineralizadoras de solos

Considerando a grande dependência externa de nutrientes para a agricultura, pesquisadores brasileiros da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o atual Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), anteriormente denominado Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), e outros têm buscado fontes alternativas por meio de resíduos e rejeitos da mineração e, mais recentemente, em rochas contendo K, P, N,

Ca, Mg. Em 2013, as substâncias remineralizadoras (rochagem) foram incluídas como uma categoria de insumo destinado à agricultura, por meio da Lei nº 12.890, que alterou a denominada Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894, de 16.12.1980).

As iniciativas ganham força com o surgimento de um novo campo de pesquisa e aplicação do produto, denominado agrogeologia, uma ciência emergente, transdisciplinar, que

(...) estuda processos geológicos que influenciam a distribuição e formação dos solos, bem como a aplicação de materiais geológicos em sistemas agrícolas e florestais como forma de manter e melhorar a produtividade do solo para o aumento dos benefícios sociais, econômicos e ambientais (CPRM & Embrapa, 2018).

O uso de agrominerais que ocorrem naturalmente em rochas, rejeitos da mineração e produtos de erosão, com teores e formas facilmente biodisponíveis, constitui alternativa sustentável para fornecimento de nutrientes essenciais às plantas. Esses materiais minerais passam por um processo de moagem, cujo objetivo é a redução de tamanho, para facilitar a solubilização dos nutrientes. A consequência é a melhoria do nível de nutrientes no solo, servindo assim como fertilizante alternativo para o produtor. Segundo Moreira (2016, p. 443-5), as rochas vulcânicas alcalinas máficas são as mais indicadas para o uso dessa técnica, pelas características geoquímicas e por possuírem maiores quantidades de nutrientes, especialmente fósforo, cálcio e magnésio e baixo conteúdo de sílica. Outros tipos de rochas também passíveis de uso como remineralizadores de solos são as rochas metamórficas que tenham sofrido processos hidrotermais com acúmulo de fósforo e cálcio.

A fertilização pode ser feita uma única vez, dado que depende do tamanho dos grãos: os finos têm dissolução imediata, nos mais grossos a dissolução é mais lenta para disponibilizar no solo os nutrientes, assegurando níveis de produtividade e de fertilidade do solo por períodos mais longos. A transição agrícola é de extrema importância para o futuro da soberania do Brasil, preservando o solo fértil e assegurando o patrimônio brasileiro pela melhoria ambiental. Existe grande potencial, mas a pesquisa ainda está no começo para compreender o que acontecerá no longo prazo. Com a rochagem o produtor diminuirá cada vez mais o uso excessi-

vo de fertilizantes químicos e tornará o solo mais produtivo. Reconstruir o solo com o uso de pó de rocha está sendo implementado no Brasil, já que o pó de rocha fica na terra e se transforma no solo do futuro. Considerando-se a grande demanda mundial de alimentos para os próximos dez anos, a remineralização é atividade de elevada importância, em vista da geração de empregos e divisas, diminuição do custo de importação, melhoria do meio ambiente agrícola e contribuição para a segurança alimentar dos brasileiros.

Rochas, minerais e elementos benéficos à saúde

A porção superficial do planeta Terra é constituída pela crosta terrestre, onde predominam rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, em geral cobertas por solos. Estes são oriundos das rochas após o intemperismo (decomposição), representados por minerais constituídos por elementos de toda a tabela periódica.

Deficiências locais de certas substâncias minerais nos solos podem produzir, por sua vez, deficiências nos sistemas alimentares, afetando clinicamente as pessoas que, por anos, se alimentarem somente desses sistemas. No passado, muitas endemias ocorriam devido à ingestão da população de alimentos procedentes de uma única região. Nos dias atuais, devido à globalização, os alimentos provêm de regiões diferentes, favorecendo a diversidade de nutrientes. Atualmente, foi estabelecido que a disponibilização ao organismo humano de 16 elementos químicos é essencial para uma boa saúde. Coletivamente, têm cinco funções fisiológicas gerais:

- Estrutura óssea e de membrana: cálcio, flúor, fósforo, magnésio.
- Balanço hídrico e eletrolítico: cloreto, potássio, sódio.
- Catálise metabólica: cobre, magnésio, molibdênio, selênio, zinco.
- Ligação de oxigênio: ferro.
- Efeitos hormonais: cromo, iodo.

Os alimentos e a água contêm nutrientes essenciais como resultado da capacidade de as plantas e, em alguns casos, os animais, sintetizá-los e/ou armazená-los. O corpo humano consiste de quantidades substanciais de “elementos minerais” obtidos, principalmente, de vários alimentos (Tab. 2).

Tabela 2. Importantes fontes de elementos minerais essenciais na alimentação. Fonte: Selinus et al. (2005)

Elemento	Fontes
Ca	Laticínios, sucos fortificados, couve, couve-galega, mostarda, brócolis, sardinha, ostras, mexilhão, salmão enlatado.
P	Carnes, peixes, ovos, laticínios, nozes, feijões, ervilha, lentilha, grãos.
Mg	Sementes, nozes, feijões, ervilha, lentilha, grãos integrais, vegetal verde-escuro.
Na	Sal comum, frutos do mar, laticínios, carnes, ovos.
K	Frutas, laticínios, carnes, cereais, legumes, feijões, ervilha, lentilha.
Cl	Sal comum, frutos do mar, laticínios, carnes, ovos.
Fe	Carnes, frutos do mar.
Cu	Feijões, ervilha, lentilha, grãos integrais, nozes, vísceras, frutos do mar, produtos de amendoim, chocolate, cogumelos.
Zn	Carnes, vísceras, mariscos, nozes, grãos integrais, feijões, ervilha, lentilha, cereais matinais fortificados.
Se	Carne de gado alimentado com Se, peixes do mar, produtos de grãos, nozes, alho, brócolis cultivados em solos ricos em Se.
I	Sal iodado, peixe do mar, alga marinha.
Mn	Grãos integrais, feijões, ervilha, lentilha, vegetais de folhas verde-escuras, vísceras.
F	Água fluoretada.

Apresentam-se, a seguir, exemplos de elementos, compostos químicos, minerais e rochas usados em fármacos aplicados na saúde: alcatrão de carvão: produtos para a pele; arsênio: produtos farmacêuticos; bário: edemas; bauxita (Al): antitranspirante, creme dental; bismuto: problemas estomacais; boro: ácido bórico; cálcio: osteoporose, antiácidos; dolomita: articulações, músculo, osteoporose; enxofre: drogas; fluorita: fluoretação, osteoporose; gesso: gesso de Paris; halita: preservativo; magnesita: leite de magnésia; mercúrio: amálgama dentário, mercurocromo; óxido de zinco: pomadas para a pele; pedra-pomes: abrasivo; rutilo: creme dental; selênio: antioxidante, doenças vasculares, tratamento da pele; talco: talco; zeólitas: antioxidante e imunoestimulante e vários elementos: em suplementos vitamínicos.

A água é um nutriente essencial para a vida e saúde, na medida em que capta do solo e das rochas os elementos químicos, os quais após a sua ingestão ocorre o transporte de nutrientes em nosso organismo e as reações químicas celulares. No ciclo hidrológico natural, após as chuvas, em geral, as águas penetram no solo e nas fraturas das rochas, deslocando-se para os rios e carreando os elementos químicos solúveis. Dessa forma, as águas refletem o conteúdo mineral das rochas intemperizadas da região e, praticamente, podem conter quase todos os elementos da tabela periódica. Ressalta-se que a qualidade da água depende do tipo de rocha/solo no qual percola, podendo ser nociva ou benéfica à saúde.

A crenologia, segundo Silva Júnior & Caetano (2010), é a ciência que estuda os efeitos medicamentosos das águas minerais e diz respeito a tratamentos que podem ser preventivos ou curativos, ao se fazer uso de águas minerais com comprovação medicamentosa.

Minerais estratégicos

A definição de mineral estratégico, conforme consta no PNM-2030 (Brasil, 2010), está associada a três condições referenciais: (i) bem mineral do qual o Brasil depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais de sua economia; (ii) minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia; (iii) determinados recursos minerais em que o País apresenta vantagens comparativas essenciais para sua economia pela geração de divisas. Cada vez mais se reconhece que os minerais são essenciais tanto à vida moderna como à segurança, defesa e desenvolvimento do País, necessitando-se avaliar constantemente as vulnerabilidades e as vantagens no suprimento de minerais estratégicos. Deve-se ter em mente que um mineral atualmente considerado estratégico pode não o ser nos anos seguintes; da mesma forma, aquele que hoje não é visto como importante, no futuro poderá sê-lo.

Os compostos de tungstênio, por exemplo, devido à sua dureza, equivalente à do diamante, e ao seu alto ponto de fusão, é comumente utilizado em pás de turbinas, cones de mísseis e outras aplicações que exigem resistência ao calor. Outros minerais estratégicos são os elementos terras-raras (ETR), alguns dos quais usados para fabricar ímãs permanentes, que mantêm o campo magnético

mesmo em altas temperaturas, na orientação de mísseis e em quase todos os pequenos motores. Outro exemplo é o paládio, um dos Metais do Grupo Platina (MGP), usado em conversores catalíticos. Destacam-se também o potássio (nutriente), fosforo (nutriente), nitrogênio (nutriente), antimônio (semicondutor, bateria), berílio (ligas leves, reator nuclear), cobalto (ligas, catalizador, medicina), germânio (ligas, células solares, semicondutor), lítio (bateria, medicina), molibdênio (blindagem, componente de mísseis), níquel (aço inoxidável, catalizador), tântalo (carboneto, capacitor), vanádio (reatores, ligas, bateria) e zeólitas (multiuso, na agricultura, no meio ambiente e na saúde), dentre outros.

Esses minerais podem alavancar as indústrias de transformação e colaborar com a melhoria da economia, atendendo à demanda nacional, aumentando a exportação e conseqüentemente diminuindo a importação. Para tanto, o País necessita de diretrizes para reduzir a dependência de minerais críticos (estratégicos); melhorar os dados de mapeamento geológico, geofísico e geoquímico; desenvolver novas tecnologias para o aproveitamento de rejeitos; aumentar o comércio com aliados; simplificar licenciamentos/arrendamentos (outorga) e aumentar a descoberta de novos depósitos.

Minerais energéticos

As maiores jazidas de carvão mineral situam-se no sul do Brasil, nos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Nove dessas jazidas concentram o maior volume de carvão: Sul-Catarinense (SC); Santa Terezinha, Morungava-Chico-Lomã, Charqueadas, Leão, Iruí, Capané e Candiota (RS); Figueira-Sapopema (PR).

As reservas de carvão somam 32 bilhões de toneladas, o que se constitui em uma situação estratégica em relação ao Bloco Mercosul, sendo garantia de energia abundante e barata para toda a região (Bizzi et al., 2003). A exploração de carvão mineral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nos séculos XIX e XX, deixou um grande passivo ambiental, principalmente nas regiões em que a lavra se processou a céu aberto. Grandes áreas foram ocupadas por rejeitos de carvão, formando uma paisagem lunar, totalmente degradada e sem qualquer aproveitamento. As águas tornaram-se ácidas, tanto superficial como subterrânea, devido ao enxofre contido na pirita, afetando enormemente os biosistemas e danificando a flora e a fauna

regionais. Atualmente, parte desse passivo está sendo recuperado pelo governo federal por meio do SGB/CPRM.

Os dados ora apresentados foram obtidos de Orlandi & Marques (2008), os quais definem que mineral nuclear é aquele que contém em sua composição um ou mais elementos nucleares (urânio e tório). Os principais minerais de urânio são: autunita, betafita, carnotita, cofinita, esamarsquita, euxenita, pechblenda, pirocloro, uraninita, torbenita. Já os de tório são: euxenita, monazita, torianita e torita.

A principal aplicação do urânio é na geração de energia, como combustível nuclear, sendo também utilizado em diversas indústrias, por exemplo: bélica, sob a forma de explosivos; fotográfica, sob a forma de nitratos; química, sob a forma de acetatos; produção de vidros, sob a forma de sal; na medicina, para tratamento de câncer.

O Brasil possui uma reserva de urânio que totaliza 309.370 t de U_3O_8 contido. O Complexo Mínero-Industrial de Caetité, no centro-sul da Bahia, é, atualmente, a única área produtora de urânio do país.

Pires (2013) apresenta o “estado da arte” da situação dos depósitos de urânio no Brasil e as perspectivas de cada província, distrito e ocorrência, considerando trabalhos e contribuições efetuados no passado, principalmente pela Nuclebrás/CNEN, e fornece subsídios para a exploração de urânio no Brasil, considerando o potencial de novos alvos e daqueles em que está confirmada a presença do mineral. Jazimentos (Sn, Au) nos quais o urânio pode ser extraído como subproduto (Itaia, Pitinga, Jacobina), por meio de reprocessamento de rejeitos com teor inferior de urânio, porém com elevada tonelagem, requerem maior atenção. O referido autor utiliza os depósitos conhecidos de urânio como subproduto, anomalias geoquímicas e geofísicas (aeromagnetometria, aerocintilometria) e alvos com base na Geologia. As informações são especulativas, para estimar que o Brasil pode ter reservas de 1.110.000 t de urânio em seu território.

A energia nuclear enfrenta um futuro incerto em muitos países. O mundo corre o risco de declínio acentuado desse uso nas economias avançadas, o que poderia resultar em bilhões de toneladas de emissões adicionais de carbono. Alguns países optaram por abandonar a energia nuclear devido a preocupações com segurança e outras questões. Muitos outros, no entanto, ainda veem um papel para a energia nuclear em fase de transição, mas não fazem o suficiente para alcançar seus objetivos.

Agregados para a construção civil

Agregados para a construção civil são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidos para uso em obras de engenharia civil, tais como pedra britada, cascalho e areias naturais, ou obtidos por moagem de rocha, além de argilas e substitutivos, como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros. Os agregados são abundantes no Brasil e no mundo e podem ser naturais ou artificiais; naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza (areia, cascalho ou pedregulho); artificiais são aqueles produzidos por algum processo industrial, como pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expansivas, entre outros.

O setor exportou, em 2017, 420 milhões de toneladas, no valor de US\$ 1,1 bilhão, representando 4% das exportações do setor mineral. Em contrapartida, importou 63.141 t, correspondendo a 0,14% do total importado pelo referido setor (Ibram, 2018b). Entretanto, em 2019 a produção total de agregados foi de 532 Mt (Ibram, 2020).

Qualquer programa que almeje a melhoria das condições de vida da população pressupõe a criação de moradias e infraestrutura. Assim, transporte, energia elétrica, saneamento básico, educação, saúde e habitação, ou seja, todos os quesitos fundamentais para o desenvolvimento econômico-social requerem areia e brita. Devido ao processo de urbanização descontrolada, importantes depósitos minerais acabam sendo esterilizados. Em consequência, as novas áreas de extração situam-se cada vez mais longe dos pontos de consumo, encarecendo o preço final dos produtos. Decorre daí a necessidade de o governo (nas três esferas) criar mecanismos para a garantia de suprimento dos agregados para a construção civil com a inclusão da atividade extrativa dessas substâncias minerais dentro de um ordenamento territorial com os demais tipos de uso de solo (Ibram, 2014).

Rochas ornamentais e de revestimento

As informações apresentadas por Chiodi Filho (2018) apontam que a produção mundial noticiada de rochas ornamentais e de revestimento evoluiu de 1,8 milhões de toneladas por ano (Mt/ano), na década de 1920, para um patamar atual de 145 Mt/ano. Cerca de 53,5 Mt de rochas brutas e beneficiadas foram comercializados no mercado internacional em 2016, representando 790 milhões de

metros quadrados equivalentes de chapas com 2 cm de espessura.

A produção mundial em 2019 foi de 154 Mt, totalizando cerca de US\$ 19 bilhões. Os principais produtores mundiais em 2019 foram: China: 60,0 Mt; Índia: 26,5 Mt; Turquia: 11,8 Mt; Brasil: 9,2 Mt (Abirochas, 2020).

Em 2020 a produção do Brasil foi de 9,0 Mt, incluindo granitos, pegmatitos e várias outras rochas silicáticas, além de mármore, travertinos, ardósias, quartzitos maciços e foliados, pedra Miracema, entre outros. É destaque no setor, o crescimento dos porcelanatos e materiais rochosos artificiais no mercado internacional as grandes chapas, mercado este que representa a principal área de atuação brasileira com rochas ornamentais. Por tais razões, deve-se considerar e incentivar maior participação brasileira no segmento de produtos acabados, para atendimento direto de obras no exterior e particularmente nos EUA e Oriente Médio (Abirochas, 2020).

Chiodi Filho (2018) informa que os números consolidados para as importações brasileiras de materiais rochosos naturais e artificiais sugerem um início de recuperação no mercado interno da construção civil. O sentimento não foi corroborado por alguns dos marmoristas consultados sobre o andamento do setor de rochas no Brasil.

Gemas

Define-se **gema** como toda matéria mineral, ou mais raramente rochosa ou orgânica, que é trabalhada de alguma forma para uso de ornamentação pessoal. Esse termo veio substituir a antiga denominação de pedra preciosa, por esta guardar muita imprecisão. No âmbito da gemologia, os diamantes e as pedras coradas (todas as gemas que não o diamante) são separados em dois grupos distintos, estudados de modo independente. A unidade de peso padrão utilizada na gemologia é o quilate, que é equivalente a 0,2 g.

A obra de Cornejo & Bartorelli (2010) retrata algumas das mais belas, notáveis e valiosas amostras brasileiras de água-marinha, ametista, diamante, esmeralda, euclásio, granada, heliodoro, morganita, topázio, turmalina e, muitas vezes únicas no mundo, que tornam o Brasil um dos maiores produtores mundiais de gemas. No campo dos minerais de coleção e gemológicos, o Brasil é o maior produtor mundial de turmalina (de todas as cores), de quartzo (incolor, rutilado, ametista e ágata), de

berilos (água-marinha, morganita e heliodoro) e segundo maior produtor mundial de esmeralda, de topázio (imperial, azul e incolor), alexandrita, euclásio, fenaquita e muitos outros.

Considerando-se as pedras brutas (sem diferenciar as pedras coradas dos diamantes), o valor das exportações em 2013 somou US\$ 52.299.000, com aumento de 9% em relação ao ano anterior. Já a exportação de pedras lapidadas rendeu US\$ 155.890.000, 31% a mais que em 2012. O estado de Minas Gerais foi responsável por US\$ 20.066.000 das exportações de pedras brutas de 2013, e US\$ 88.869.000 para pedras lapidadas no ano (Chaves & Dias, 2018). Em 2019 a produção comercializada no Brasil de diamantes foi de 160,9 mil ct (quilates) no valor de R\$ 120,6 M (Ibram, 2020).

Plataforma continental e adjacências

A Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Souza, 2010), com uma área de 4,5 milhões de quilômetros quadrados, é o espaço geográfico marinho sobre o qual o Brasil exerce direito de soberania para efeitos de exploração e aproveitamento de seus recursos naturais. É constituída pelo Mar Territorial Brasileiro, a Zona Econômica Exclusiva e a área de extensão da plataforma continental, além das 200 milhas náuticas pleiteadas junto à Organização das Nações Unidas (ONU).

As atividades relacionadas ao desenvolvimento dos recursos minerais nessas regiões e em áreas oceânicas adjacentes são guiadas pela Política Nacional para os Recursos do Mar e pelo Plano Setorial para os Recursos do Mar. Os instrumentos legais visam a promover o uso sustentável dos recursos minerais e biológicos no que diz respeito ao desenvolvimento econômico-social do país. Para fins de atividade econômica, o Brasil divide as regiões em Áreas de Relevante Interesse Mineral (ARIM), que indicam territórios de importância estratégica quanto ao potencial mineral, integrados por tipologia de substância de interesse econômico e estratégico para a União, o que leva também em conta a sustentabilidade ambiental da atividade. As ARIM podem ser instrumentos eficazes para elaboração de diretrizes públicas, no sentido de evitar conflitos quando da criação de Unidades de Conservação (UC), fundamentadas nas Áreas de Prioridade para Preservação da Biodiversidade (Fig. 1). É muito importante para o setor mineral delimitar as ARIM nas regiões emersas e submersas, para que elas sejam consideradas para usos futuros e não sejam esterilizadas.

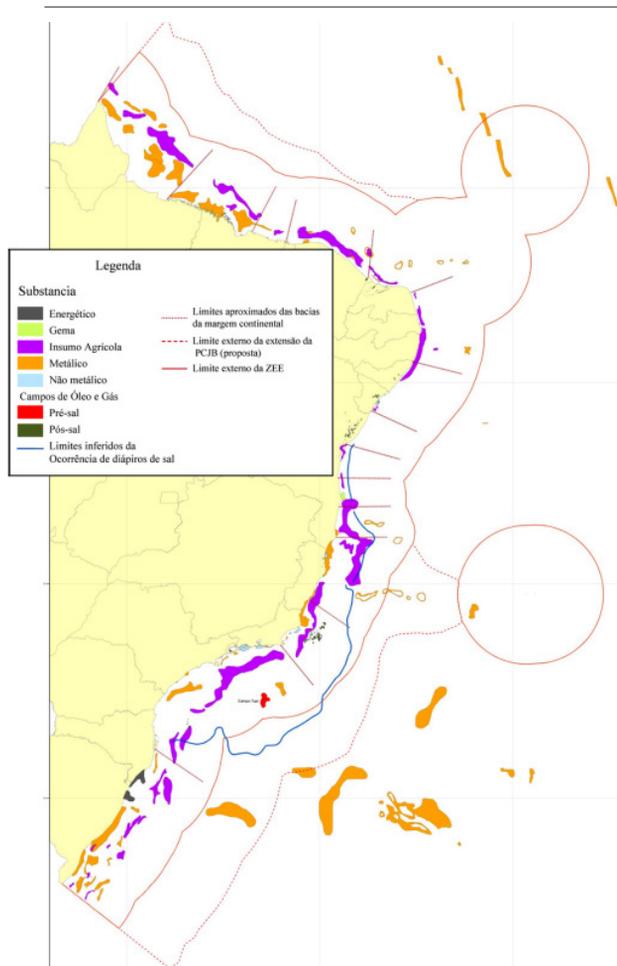


Figura 1. Áreas de relevante interesse mineral na Plataforma Continental Jurídica Brasileira. Fonte: Souza et al. (2009)

Mineração em Terras Indígenas

A mineração em Terras Indígenas (TI), sobretudo na Amazônia, é uma questão complexa, que motivou milhares de solicitações formais de pesquisa, antigas e mais recentes, à ANM, em virtude dos interesses envolvidos e da vulnerável condição dos povos indígenas da região. Em Terras Indígenas, o SGB/CPRM (Andriotti, 2019) cadastrou 799 ocorrências de diversos bens minerais, variando de materiais utilizados na (i) construção civil, como areia, cascalho e brita, (ii) indústria, como calcário, caulim e feldspato; (iii) metais industriais, como ferro, manganês, níquel, estanho, titânio, alumínio, cobre, cromo; molibdênio, nióbio, tântalo, terras-raras e zinco; (iv) pedras preciosas, gemas e metais preciosos, como ágata, água-marinha, ametista, cristal de rocha, diamante, ouro e turmalina. As ocorrências aparecem como simples indícios, garimpos e depósitos, sendo que 74 deles estão catalogados como minas. A reserva de potássio do

Amazonas é grandiosa, considerada a maior do planeta. Entretanto, a maior parte do potencial mineral encontra-se em áreas indígenas, o que é um entrave.

Um dos problemas mais emblemáticos no Brasil, segundo Fernandes & Araújo (2016), é o da mineração em Terras Indígenas (TI). Apesar de a Constituição de 1988 (art. 231, § 3, e art. 49, XVI) impor autorização específica do Congresso Nacional, a mineração ilegal e os garimpos em TI têm gerado muitos conflitos, especialmente na Região Amazônica. O Instituto Socioambiental (ISA) registra a ocorrência de 52 conflitos em TI, indicando que, apesar dos recentes esforços de monitoramento das terras indígenas por parte de organizações indígenas, em parceria com a Fundação Nacional do Índio (Funai), e, muitas vezes, com a intervenção positiva do Exército e da Força Nacional, as terras continuam extremamente vulneráveis.

Parte considerável dos terrenos da Amazônia Legal potencialmente férteis em minérios está esterilizada – cerca de 2.197.485 km² ou 43,9% –, vedada à exploração mineral. Como as Terras Indígenas (reservas nacional ou estadual) ocupam área de 1.100.000 km² ou 21,7%, as demais totalizam 22%: Especiais (florestas nacionais, áreas militares, de relevante interesse ecológico, proteção ambiental), Parques (nacional ou estadual), Reservas (estações ecológicas, biológicas, extrativistas) e Reserva Nacional do Cobre (Renca). Ressalta-se que os principais agrupamentos minerais (províncias) coincidem com as Terras Indígenas (Ianomâni, Raposa Serra do Sol, Cinta Larga), lembrando que estas foram demarcadas após a descoberta dos recursos. Os vazios de ocorrências minerais são predominantemente constituídos por coberturas sedimentares, com pouca favorabilidade a conter minerais, principalmente metais (Fig. 2).

Face à alta potencialidade mineral na região, faz-se necessária a elaboração de uma lei que regulamente a mineração nessas áreas de forma sustentável, com cuidados sociais, antropológicos e ambientais que beneficiem não só os povos indígenas, pois essa imensa riqueza deve contribuir, também, para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

Mineração em áreas de fronteira

A faixa de fronteira continental brasileira é de 15,7 mil km de extensão, tendo limites com 10 dos 12 países sul americanos, exceção do Chile e Equador.

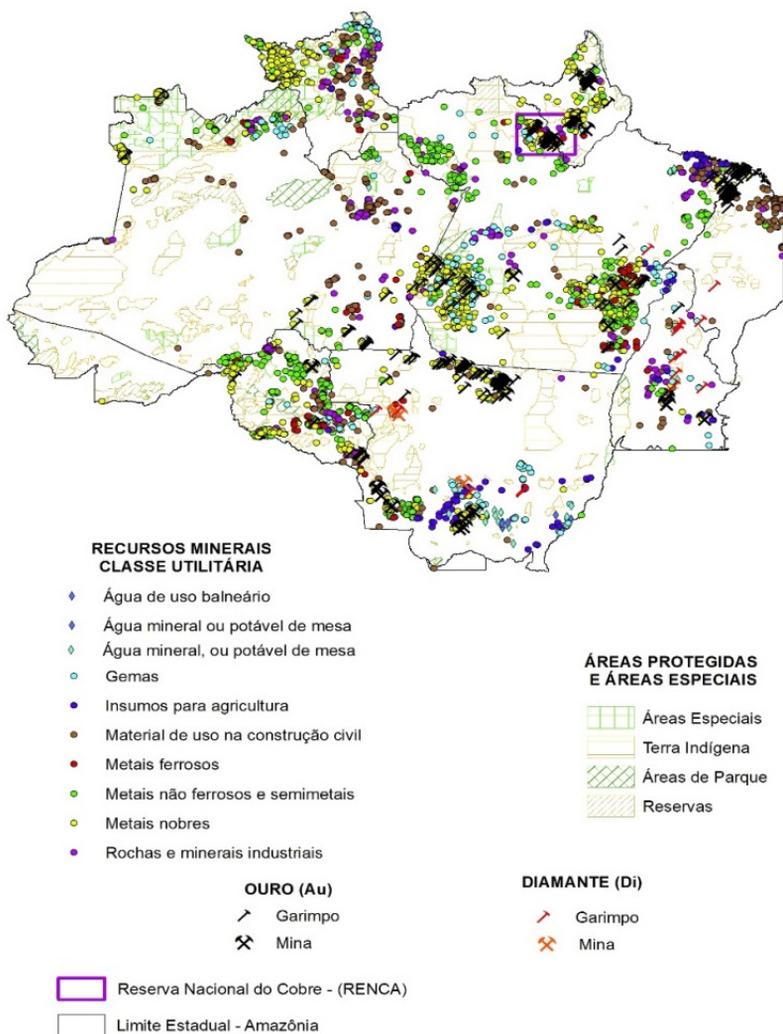


Figura 2. Distribuição dos recursos minerais cadastrados na região Amazônica e nas áreas protegidas e especiais

dor. Zanotta & Bernaldo (2018) discorrem que, por questões de segurança nacional e soberania, a Lei nº 6.634, de 2 de maio de 1979, prevê que, dentre outras atividades, a prática de pesquisa, lavra, exploração e aproveitamento de recursos minerais em uma faixa interna de 150 km, a partir das fronteiras do Brasil, somente poderia ser exercida por empresas brasileiras e mediante prévio assentimento do Conselho de Defesa Nacional (CDN). A lei foi regulamentada pelo Decreto nº 85.064, de 26 de agosto de 1980.

O Parecer nº 71/2002, da Consultoria Jurídica do Ministério de Minas e Energia (MME), e o Parecer nº 3/2003, da Advocacia Geral da União (AGU), que vincula toda a administração, entenderam que as restrições da época do regime militar foram recepcionadas pela Constituição Federal de 1988. Dessa forma, as restrições da Lei nº 6.634

permaneceram válidas, sendo mantidas até hoje, apesar de algumas iniciativas para a sua mudança. De fato, não há qualquer razão, seja de segurança nacional, de soberania ou qualquer outra, que justifique a restrição. Há um potencial enorme a ser explorado nas regiões de fronteira e, sem dúvida, o capital estrangeiro seria importante para participar dessa “ocupação” empresarial, impulsionando o desenvolvimento em diversas áreas do país. Belther (2017) descreve que a Faixa de Fronteira abrange 18% do território brasileiro, com 10 milhões de habitantes, compreendendo 11 estados e 588 municípios, com os seguintes destaques:

- 37% da Faixa de Fronteira são constituídos por embasamento cristalino fértil para metálicos, dos quais 56% estão bloqueados por Terras Indígenas e/ou Unidades de Conservação. Ou seja, apenas 16% da Faixa de Fronteira

têm potencial disponível para a pesquisa de metálicos = $240\text{k km}^2 = 3\%$ do território nacional (Figs. 3a, 3b, 3c e 3d).

- 39% do total de Direitos Minerários em Faixa de Fronteira estão em fase de requerimento de pesquisa (4.655 processos), sendo que 45% possuem interferência com Terras Indígenas e/ou Unidades de Conservação (Fig. 4). No restante do país, a porcentagem de requerimentos de pesquisa é de 13% (sem desconsiderar as restrições).

O tempo gasto para obtenção de assentimento prévio do CDN é muito superior ao tempo gasto para publicação da autorização de pesquisa pela ANM, chegando a ser até 15 vezes superior. Comparativamente, o tempo gasto para publicação de autorizações de pesquisa em Faixa de Fronteira é

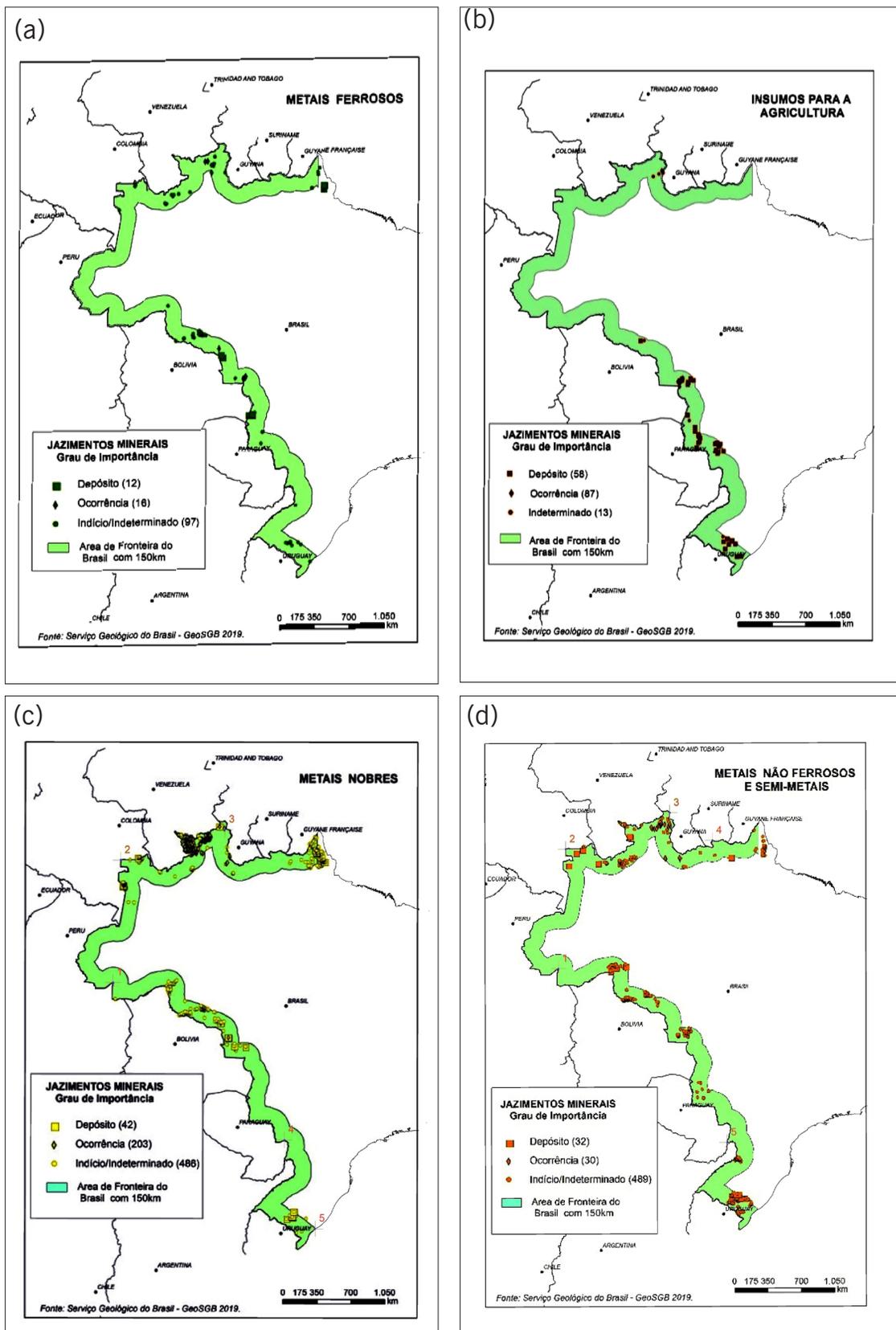


Figura 3. Áreas com potencial de (a) metais ferrosos e (b) insumos para a agricultura; distribuição dos (c) metais nobres e metais não ferrosos e (d) semimetais. Fonte: modificado de Belther (2017)

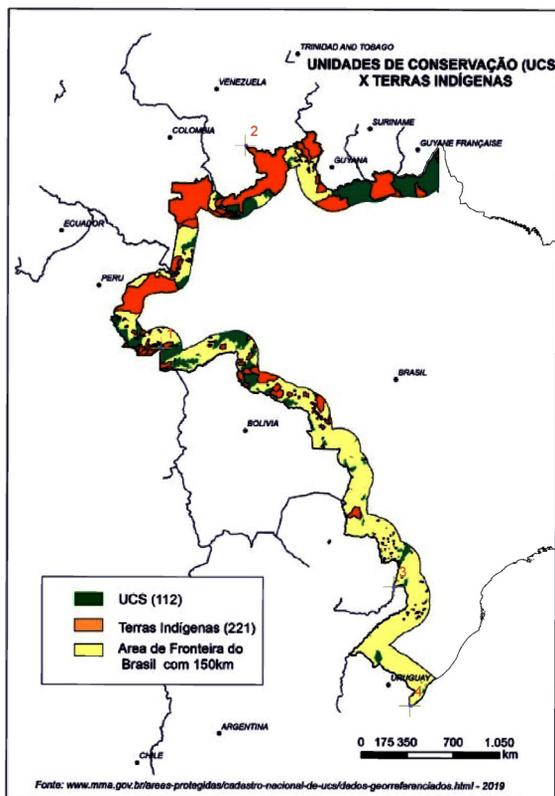


Figura 4. Terras indígenas e unidades de conservação. Fonte: modificado de Belther (2017)

muito superior ao gasto para publicação fora de Faixa de Fronteira, chegando a ser sete vezes superior.

Belther (2017) sugere, ainda, a desburocratização do CDN e da ANM; flexibilização das regras e simplificação de processos; banco de dados integrado entre CDN e ANM, aproveitando o cadastro de titulares de direitos minerários; investimento em tecnologia da informação; eliminação de restrições ao capital estrangeiro. Mais de 1,5 milhão de quilômetros quadrados, correspondentes a 150 km das fronteiras continentais brasileiras, possui restrições à atividade mineral, somando, com as Unidades de Conservação, 1,1 milhão de quilômetros quadrados. Nesse contexto, até a anacrônica “Reserva Nacional do Cobre” esteriliza uma vasta área situada nos estados de Amapá e Pará. Com o uso crescente de recursos minerários pela sociedade, a Faixa de Fronteira, com suas dimensões e a possibilidade de incremento no conhecimento geológico, emerge com grande potencial para novas descobertas.

Potencial mineral do Brasil

Os investimentos em mineração se caracterizam por apresentar alto risco financeiro, pois são

necessárias diversas etapas, de modo a se alcançar a viabilidade econômica para a exploração de algum tipo de minério. Segundo Ibram (2018a), 1.000 anomalias geoquímicas, geofísicas e ocorrências minerárias geram 100 alvos com bom potencial; em seguida, procede-se à execução de sondagens, o que propicia a descoberta de 15 depósitos minerários; no prosseguimento da pesquisa, são geradas quatro jazidas, que originam dois bons projetos. Entretanto, a partir destes, viabiliza-se somente uma mina.

No Brasil, as províncias metalogenéticas e os distritos mineiros ocorrem, preferencialmente, em rochas antigas e de origem metamórfica (maior incidência) e ígnea. Em menor quantidade, têm-se depósitos em rochas sedimentares. Destacam-se, a seguir, os principais ambientes e épocas que caracterizam a metalogênese do território brasileiro, de idade de 3,7 bilhões de anos até os dias de hoje (Melfi et al., 2016):

- *Greenstone belts* arqueanos e paleoproterozoicos e seqüências vulcanossedimentares arqueanas.
- Formações ferríferas bandadas (BIF) proterozoicas e neoarqueanas.
- Maciços máfico-ultramáficos arqueanos e proterozoicos.
- Complexos vulcano-plutônicos félsicos proterozoicos.
- Plataformas clásticas diamantíferas e auríferas proterozoicas.
- Faixas orogenéticas e coberturas neoproterozoicas.
- Bacias sedimentares paleozoico-mesozoicas;
- Chaminés alcalinas carbonatíticas cretácicas.
- Mantos de intemperismo e aluviões pós-cretáceos.
- Outros ambientes metalogenéticos e distritos mineiros de menor significado.

Os resultados alcançados nos últimos anos pelo SGB/CPRM (Andriotti, 2019) são fundamentais para promover avanços significativos no conhecimento geológico da Região Amazônica, para atrair investimentos do setor mineral, assim como forneceram importantes ferramentas de gestão e planejamento da ocupação do meio físico. Mesmo assim, o nível de conhecimento geológico da região permanece incompatível com sua importância estratégica para o país. Na Amazônia, localizam-se grandes províncias minerárias, como as de Carajás,

no Pará (Fe, Cu, Zn, Au, Ni, Mn), Vila Nova, no Amapá (Fe, Au), Pitinga, no Amazonas (Sn, Nb, Ta), Tapajós, no rio Juruena-Teles Pires; Pará-Mato Grosso (Au, Cu) e outras.

A seguir, apresenta-se a distribuição das principais províncias e distritos mineiros atualmente em atividade, o grande potencial do território brasileiro para ferrosos (Fe, Mn), não ferrosos (Al, Cr, grafita, talco, Sn, W), metais preciosos (Au), metais-base (Pb, Cu, Zn) e especiais (Co, Li, Ta, ETR, Pt, Pl, Ti, Nb, Ni, V) (Fig. 5).

Os depósitos de cálcio e magnésio não são citados nesta pesquisa, face à sua abundância na maioria dos estados brasileiros, à exceção do Acre, que carece de material rochoso para a construção civil, predominando a ocorrência de sedimentos arenosos e argilosos. O SGB/CPRM vem, desde 2015, realizando pesquisas em todo o território nacional para potássio, fosfato, agrominerais (remineralizadores de solos), tendo selecionado 35 áreas com elevado potencial para insumos para a agricultura e saúde, bem como de minerais estratégicos, como lítio, cobalto e grafita.

Marini (2016), mediante estudos sobre o potencial mineral do Brasil para investimento internacional, elaborou um mapa nacional com a localização das ambiências geológicas (províncias e distritos mineiros) com potencial a conter depósitos minerais do tipo *World Class* (Classe Mundial), com produção de >1.000.000 t/ano de minério. Nesse cenário, faz-se necessário adensar os programas de levantamentos geológicos básicos (PLGB), principalmente, na Amazônia, em escala 1:100.000, própria para a detecção de novos alvos minerais, lembrando que até 2020 o conhecimento geológico do território brasileiro é de aproximadamente 69% na escala 1:250.000, 23% na escala 1:100.000 e 3% na escala 1:50.000.

Potencial mineral do fundo marinho

O Governo Federal (MME, MRE, MD), por meio do SGB/CPRM, segundo Andriotti (2019), tem efetuado pesquisas marinhas com o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMPLAC), que abrange os projetos de água rasa situados na Pla-

taforma Continental e o Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (PROAREA), que engloba os projetos de águas profundas, fora da jurisdição nacional.

No Projeto Plataforma Rasa do Brasil, os estudos estão concentrados na caracterização dos granulados bioclásticos marinhos, os quais são formados, principalmente, por algas calcárias. Estas são compostas, basicamente, por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos (nutrientes), presentes em quantidades variáveis, principal-

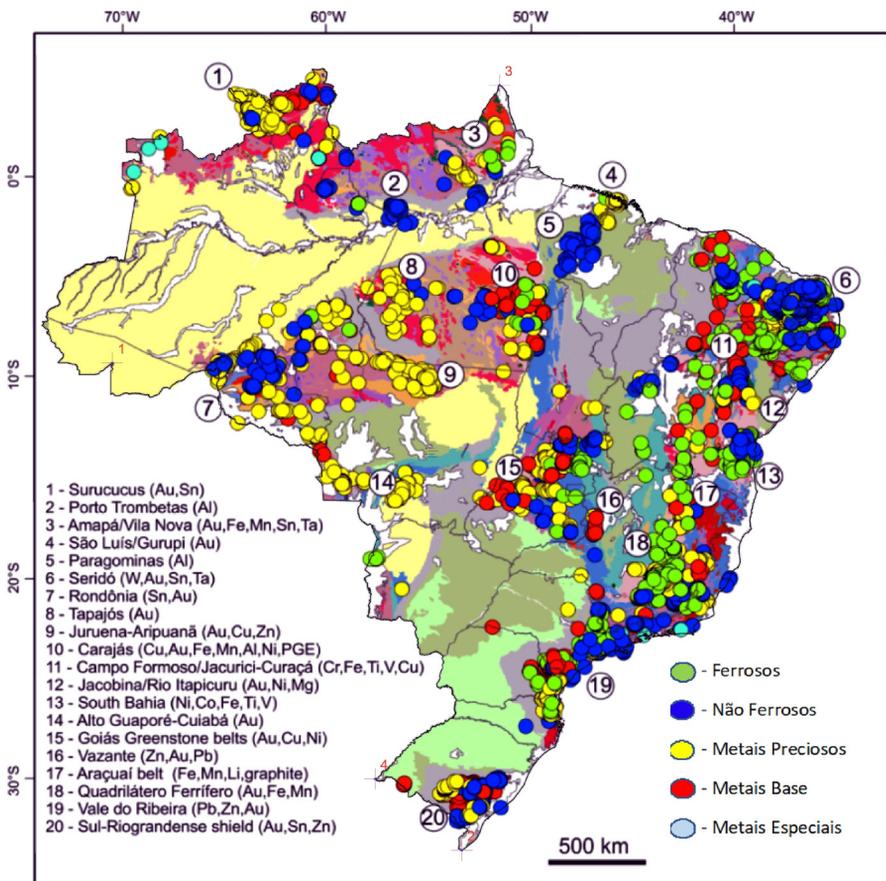


Figura 5. Províncias metalogenéticas e distritos mineiros do Brasil. Fonte: Andriotti (2019)

mente Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr.

Já as pesquisas sobre diamante envolvem o mapeamento e a identificação da potencialidade dos rios Jequitinhonha e Pardo-Salobro, na plataforma continental adjacente à desembocadura desses rios no sul da Bahia, bem como a contribuição para a formação de depósitos potencialmente favoráveis à ocorrência de diamantes.

Os projetos desenvolvidos no mar profundo de importância econômica e político-estratégicas para o Brasil visam à coleta de dados para subsidiar futuras requisições brasileiras de áreas de prospecção e exploração mineral junto à *International SeaBed Authority* (ISA)/Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (AIFM) e à obtenção de informações técnicas, econômicas e ambientais necessárias para que empresas públicas ou privadas e órgãos governamentais possam desenvolver atividades de exploração mineral e gestão ambiental na área internacional do Atlântico Sul e Equatorial.

Com base nos estudos realizados, conclui-se que na Elevação do Rio Grande (ERG) há, pelo menos, dois tipos de minérios: as crostas com altos teores cobalto, ocorrem aderidas no substrato carbonático-fosfático, e as crostas concrecionais, que ocorrem soltas sobre o assoalho marinho e possuem núcleo comprovadamente rico em fosfato.

A principal importância dos estudos das crostas de Fe-Mn reside em investigá-las como minério e analisar os seus principais componentes, como os designados maiores (Co, Mn e Ni), os menores (Fe, Cu, Pt, ETR, Mo, V, Bi, Tl etc.) e os detríticos (P, S e As). As crostas possuem alto conteúdo de Co, Ni e Pt, além de elevado conteúdo de ETR (Ce e ETR leves), Mo e Tl.

O Projeto Prospecção e Exploração de Sulfetos Polimetálicos da Cordilheira Mesoatlântica (PROCOR), voltado ao estudo de sulfetos polimetálicos, objetiva identificar locais de ocorrência de fontes hidrotermais próximas às regiões de espalhamento da crosta oceânica, notadamente sobre o eixo da dorsal meso-atlântica equatorial e as falhas transformantes associadas.

As fontes hidrotermais são conhecidas por expelirem fluidos enriquecidos em sulfetos polimetálicos, os quais, ao interagirem com a água fria, precipitam no entorno das fumarolas. Esses dados ressaltam a importância estratégica da continuidade de pesquisas como incremento ao desenvolvimento econômico do nosso país. Há, entretanto, um custo elevado que precisa ser garantido para que não haja descontinuidade das pesquisas.

Potencial mineral da Antártica

O continente antártico situa-se no polo Sul e ocupa uma área de 13.661.000 km², 1,6 vezes a área do Brasil, 10% da área do planeta, tendo 98% de seu território cobertos por gelo. Contém 80% da água doce do planeta, apresenta precipitação de 150 mm/ano (menor que a do deserto do Saara), temperatura média inferior à do Ártico (-30°C no verão e -60°C no inverno), maior intensidade de vento (327 km/h, registrada em 1972), maior altitude média (2.160 m) e não possui população autóctone (Grupo 10, 2019).

O conhecimento adquirido nas últimas décadas pelos geólogos que têm atuado no continente polar sugere que os cinturões de dobramento de África, Índia, Austrália e América do Sul têm continuidades na Antártica, baseados em conceitos gerais de placas tectônicas.

Embora muitas evidências sejam circunstanciais, existe uma base razoável para projetar várias áreas de alta probabilidade de ocorrência de minérios na Antártica. Alguns plutões contendo cobre na península antártica têm semelhanças com os corpos de cobre pórfiros andinos.

O maciço de Dufek, uma grande intrusão perto do extremo africano das montanhas Transantárticas, tem alguma semelhança e é potencialmente maior que o Complexo Bushveld na África do Sul. Embora a geologia dos dois complexos seja comparável, eles são diferentes na idade geológica. Com base na estrutura geológica e nas evidências geofísicas, existe possibilidade de que reservas de petróleo estejam presentes. A descoberta de hidrocarbonetos ao longo das costas atlânticas da África e da América do Sul, da costa leste da Índia e da costa sul da Austrália ressalta a evidência de acumulações semelhantes ao longo da costa da Antártica, que, antes, estavam próximas a essas margens petrolíferas dos outros continentes.

A estimativa de reservas de petróleo e gás natural de 45 bilhões de barris – equivalente a 50% das reservas do Kuwait – representa abundância mineral, como ouro, prata, cobre, titânio e urânio e presença de minerais raros e novos para a ciência, como borolsilite, stornisite, shopinite, tassieite, prismatina, granidierita e wagnesita. Há grande diversidade de fauna (*krill*) e flora, incluindo algas e fungos (Fig. 6).

O Brasil aderiu ao Tratado da Antártica em 1975, sendo, atualmente, membro consultivo com poder de voto. O continente antártico apresenta

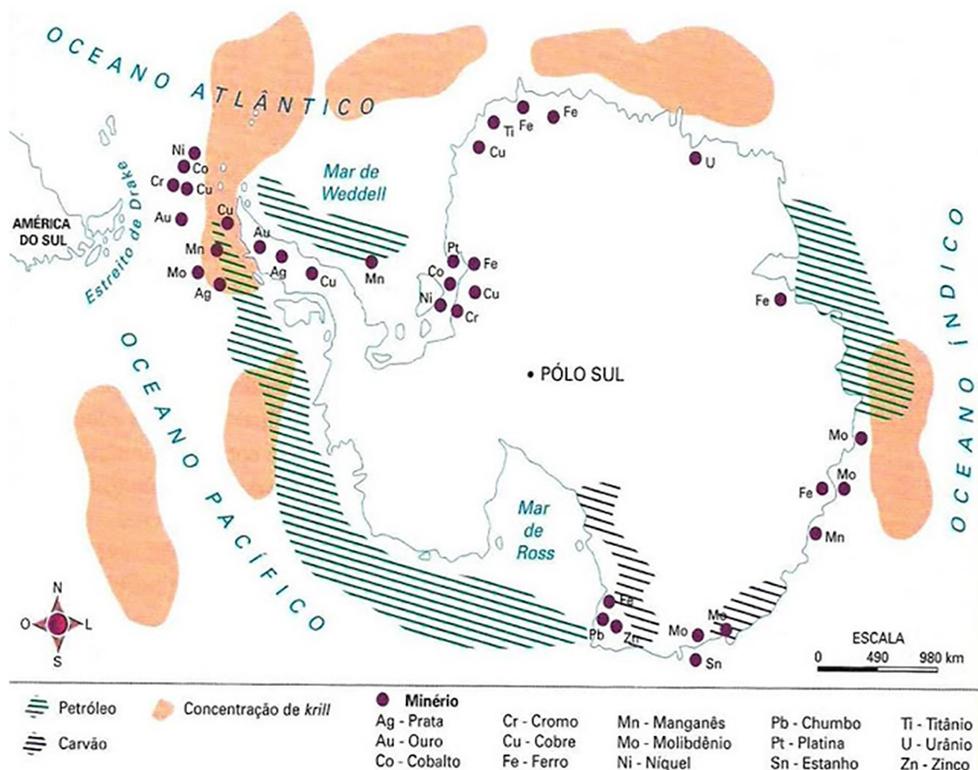


Figura 6. Distribuição de ocorrências minerais, óleo, carvão e krill na Antártica. Fonte: Grupo 10 (2019)

abundância de recursos naturais e há possibilidade de, no futuro, haver autorização para extração mineral. Tal situação poderá ameaçar as exportações brasileiras de minerais; assim, sugere-se que o Brasil, juntamente com outros países produtores de minérios, manifeste-se contrariamente à extração. Além do ganho econômico também haverá o ambiental, da mesma forma que se busca preservar a floresta amazônica.

Para futuras pesquisas no continente antártico, é importante a participação do SGB/CPRM, considerando a sua *expertise* no continente e nas pesquisas do substrato marinho, bem como no relacionamento ambiental entre a geodiversidade e a biodiversidade. Destaca-se que a maioria dos países signatários do Tratado da Antártica tem os seus serviços geológicos na liderança das pesquisas das riquezas naturais no referido continente.

Conclusões: algumas diretrizes para o setor mineral

Com base na análise da pesquisa bibliográfica realizada e em discussões com atores dos setores de mineração e das Geociências, elaborou-se uma proposta que visa a melhorar a atratividade de investimentos econômicos ambientalmente sustentáveis.

Espera-se que a adoção das medidas ora sugeridas venha a contribuir para reverter a tendência negativa atual da produção mineral nacional, com a consequente melhoria do Produto Interno Bruto (PIB) mineral.

- Valorizar a Agência Nacional de Mineração (ANM), principal ator para a credibilidade do setor mineral, aumentando a agilidade nos processos de autorização e concessão de outorgas à mineração, bem como prover uma fiscalização eficiente. Entretanto, a concretização da proposta só será possível com a contratação e capacitação de centenas de novos funcionários, alocação de recursos financeiros e compra de equipamentos para enfrentamento do desafio de execução das atividades relacionadas ao grande passivo de processos existentes e dos que virão, em vista do grande desenvolvimento esperado para o setor mineral nos próximos anos.
- Priorizar os Levantamentos Geológicos Básicos (LGB) – mapeamento, geofísica, geoquímica, geodinâmica, metalogenia e análises laboratoriais –, essenciais para alavancar os investimentos ao apontar áreas/regiões favoráveis a conter depósitos minerais econômicos

com menos riscos, iniciando, assim, a cadeia produtiva do setor mineral.

- Inserir o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) como responsável pelas pesquisas de recursos minerais e hídricos e de riscos geológicos nos programas de pesquisas na Antártica.
- Agregar valor aos minerais de minérios extraídos no Brasil, principalmente os agrominerais e estratégicos. É necessária uma atenção especial do Governo Federal a esse item, que deverá aumentar, significativamente, o valor da produção mineral brasileira.
- Implantar, via Governo Federal, em conjunto com governos estaduais e municipais, políticas públicas que incentivem a exploração de diferentes depósitos minerais que atualmente encontram-se paralisados ou cancelados no país – áreas de fronteira, terras indígenas e unidades de conservação, por falta de um claro arcabouço jurídico, administrativo e tributário que incentive o investimento no país.
- Incentivar o reaproveitamento de resíduos (estéreis e rejeitos) e subprodutos da lavra por meio de regulamentação federal, além de fiscalizar a segurança de barragens e incentivar novas tecnologias para abrigar rejeitos de mineração.
- Apoiar e desenvolver os remineralizadores de solo, face a sua importância para a segurança, defesa e desenvolvimento do país ao minimizar o uso de fertilizantes importados e agrotóxicos, diminuindo o custo de insumos e consequentemente dos alimentos, visando, também, à melhoria do meio ambiente.
- Fomentar as pesquisas e o aproveitamento dos recursos minerais no continente e marinhos, relacionados a águas minerais, agrominerais (K, P, Ca, Mg); estratégicos (Co, Li, Ta, ETR, Pt, Pl, Tl, Nb, Ni, V); metais-base (Cu, Pb, Zn), Au, diamante e outros.
- Coibir a garimpagem ilegal, principalmente na Amazônia, e ordenar, quando ocorrer, a elaboração de EIA-RIMA, pagamento de CFEM e a recuperação de áreas degradadas, de forma a assumir um conjunto de deveres similares aos das empresas.
- Estabelecer uma norma, à semelhança das áreas de proteção ambiental, para as Áreas de

Relevante Interesse Mineral (ARIM) do território brasileiro, para evitar sua esterilização, valorizar a sua importância e proteger essa riqueza patrimonial do povo brasileiro para as futuras gerações.

- Disponibilizar para investidores nacionais e internacionais (em português e inglês) uma plataforma com dados, informações, mapas e relatórios sobre o setor mineral e a potencialidade econômica de minerais do território brasileiro.
- Implementar uma política de Defesa do patrimônio mineral, em especial na Amazônia e na Plataforma Continental, incluindo a extensão solicitada à ONU.

Referências

- Agência Nacional de Mineração (ANM). (2019). *Arrecadação CFEM*. Brasília. URL: https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx. Acesso 20.03.2021.
- Andriotti, J. A. (2019). *O Serviço Geológico do Brasil e o setor mineral brasileiro*. Rio de Janeiro: CPRM, Informe interno. (inédito).
- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (Abirochas). (2020). *Produção brasileira de rochas ornamentais*. <https://abirocha.com.br>. Acesso 03.04.2021.
- Belther, J. (2017). *Alterações na legislação sobre mineração em faixa de fronteira: visão empresarial*. In: Encontro de executivos de exploração mineral, 7. Brasília, DF. URL: http://www.adimb.com.br/site/VII/palestras/08_Jones_Belther.pdf. Acesso 24.04.2021.
- Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., & Vidotti, R. M. (Orgs.). (2003). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG*. Brasília, DF: CPRM, 692 p.
- Brasil. (2013). *Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências*. Brasília, DF, Diário Oficial [da] União, 11.dez.2013. URL: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm. Acesso 05.04.2021.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia (MME). (2010). *Plano Nacional de Mineração 2030: geologia, mineração e transformação mineral*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia-MME. 178 p. URL: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/plano-nacional-de-mineracao-2030-1>. Acesso 05.04.2021.
- Chaves, M. L. S. C. & Dias, C. H. (2018). Gemas e minerais de coleção. In: Pedrosa-Soares, A. C., Voll, E. & Cunha, E. C. (Coord.). *Recursos minerais de Minas Gerais: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge).
- Chioldi Filho, C. (2018). *O setor brasileiro de rochas or-*

- namerais. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (Abirochas).
- Cornejo, C. & Bartorelli, A. (2010). *Minerais e pedras preciosas do Brasil*. São Paulo: Solaris. 701p.
- Federação Brasileira de Geólogos (Febrageo). (2018). *Propostas da Febrageo aos candidatos à eleição de 2018*. Belo Horizonte, 25.set.2018. 31p. URL: <http://portalclubedeengenharia.org.br/2018/09/25/propostas-da-febrageo-aos-candidatos-da-eleicao-2018>.
- Fernandes, F. R. C., & Araujo, E. R. (2016). Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. In: Guimarães, P. E., & Cebada, J. D. P. (2016). *Conflitos ambientais na indústria mineira e metalúrgica: o passado e o presente*. Rio de Janeiro: Cem/CICP. p. 65-88.
- Grupo 10 (2019). *Continente Antártico 2048: Ameaças e Oportunidades para a Defesa Nacional. Palestra da disciplina Análise de Temas de Interesse da Defesa (ATIDE)*. Escola Superior de Guerra, Curso Altos Estudos de Política e Estratégia, 2019. (inédito).
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2014). Fertilizantes: contexto no Bra (2019) sil. In: *A indústria da mineração: para o desenvolvimento do Brasil e a promoção da qualidade de vida do brasileiro*. Brasília, DF: Ibram. p. 20-23. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2018a). *Economia mineral do Brasil. Março 2018*. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2018b). *Relatório anual de atividades: julho de 2017-junho de 2018*. Brasília, DF: Ibram. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2019). *Guia de boas práticas de gestão de barragens e estruturas de disposição de rejeitos. Versão revisada em 14.jul.2019*. Belo Horizonte: Ibram. 71p. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2020). *Relatório de atividades: janeiro a dezembro de 2020*. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração. 101p. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). (2020). *Informações sobre a economia mineral Brasileira 2020, Ano base 2019*. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração. 80p. URL: <http://www.ibram.org.br>.
- Marini, O. J. (2016). Potencial mineral do Brasil. In: Melfi, A. J., Misi A., Campos, D. A., & Cordani, U. G. (Org.). (2016). *Recursos minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. p. 18-31. URL: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>.
- Melfi, A.J., Misi A., Campos, D. A. & Cordani U. G. (Orgs.). (2016). *Recursos minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 420p. URL: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>.
- Ministério de Minas e Energia (MME) & Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). (2019). *Seminário subprodutos da mineração como potenciais remineralizadores de solos e fertilizantes naturais, 16-17 jun*. Brasília, DF: MME.
- Moreira, D. T. (2016). Remineralize a terra. In: Bamberg, A. L. Silveira, C. A. P., Martins, E. S., Bergmann, M., Martinazzo, R. & Theodoro, S. H. (Eds.). *Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráf. e Ed. p. 443-446. URL: https://www.researchgate.net/publication/319550032_Anais_do_III_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem.
- Orlandi, V., & Marques, V. J. (2008). Riquezas minerais. In: Silva, C. R. da (Ed.). *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). p. 99-121.
- Pires, F. R. M. (2013). *Urânio no Brasil: geologia, jazidas e ocorrências*. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Eletronuclear. 299p.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U. & Smedley, P. (Eds.). (2005). *Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health*. Burlington-MA: Elsevier Academic Press.
- Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) & Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (2018). *Zoneamento agrogeológico do Brasil: escala 1:1.000.000. Resumo Executivo*. CPRM & Embrapa. URL: <http://www.cprm.gov.br/impressa/pdf/zag181205.pdf>. Acesso 20.10.2020.
- Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia (SGM/MME), Agência Nacional de Mineração (ANM) e Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) (2021). *Dados da Mineração 2020, tabela divulgada por SGM/MME, ANM e Ibram*. Brasília, DF.
- Silva Júnior, L. O. & Caetano. L.C. (2010). *Crenologia: a água como auxiliar terapêutico*. URL: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Crenologia%3A-a-agua-como-auxiliar-terapeutico-1405.html>. Acesso 22.07.2019.
- Souza, K. G., Matins, I. R., Cavalcanti, V.M., Pereira, C.V. & Borges, L.F. (2009). *Recursos não-vivos da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes*. Porto Alegre, Gravel UFRGS. 77p. URL: http://www.ufrgs.br/gravel/SI/2009/Gravel_EE.pdf.
- Souza, K. G. (2010). O futuro da exploração mineral em águas brasileiras e internacionais. São Paulo, *Ciência e Cultura*, 62(3), 23-25. URL: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v62n3/a10v62n3.pdf> http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000300010.
- Zanotta, P. & Bernaldo, S. H. (2019). *Exploração mineral em faixa de fronteira*. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. São Paulo, Anepac. URL: <https://www.anepac.org.br/agregados/artigos/item/358-exploracao-mineral-em-faixa-de-fronteira>.