

Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas

Relatório de Pesquisa

Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas

Relatório de Pesquisa

ipea

Governo Federal

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da
Presidência da República**
Ministro Wellington Moreira Franco



Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta Interina

Vanessa Petrelli Corrêa

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Geová Parente Farias

Diretora de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Luciana Acioly da Silva

Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Alexandre de Ávila Gomide

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas, Substituto

Claudio Roberto Amitrano

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Francisco de Assis Costa

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Carlos Eduardo Fernandez da Silveira

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

Jorge Abrahão de Castro

Chefe de Gabinete

Fabio de Sá e Silva

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação, Substituto

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas

Relatório de Pesquisa

ipea

Brasília, 2012

FICHA TÉCNICA

Este relatório de pesquisa foi produzido no âmbito dos estudos que subsidiaram a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, coordenados no Ipea por José Aroudo Mota e Albino Rodrigues Alvarez.

Autores

Ana Paula Moreira da Silva

João Paulo Viana

André Luís Brasil Cavalcante

Este material foi elaborado pelo Ipea como subsídio ao processo de discussão e elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, conduzido pelo Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente. Dado seu caráter preliminar, o conteúdo dos textos e demais dados contidos nesta publicação poderão sofrer alterações em edições posteriores.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE GRÁFICOS	7
LISTA DE QUADROS	7
LISTA DE TABELAS	7
1 INTRODUÇÃO	9
2 MÉTODO	10
3 UMA BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS NÃO ENERGÉTICAS SELECIONADAS	10
4 A GERAÇÃO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO NO DECÊNIO 1996-2005 E UM CENÁRIO FUTURO	16
5 A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO	20
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26
APÊNDICES	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método de montante

Figura 2 – Método de jusante

Figura 3 – Método da linha de centro

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Contribuição percentual média de cada substância na geração de rejeitos da atividade de mineração (1996-2005)

Gráfico 2 – Contribuição média de cada substância (2010-2030)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Posição mundial do Brasil com relação à produção de alguns minérios

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção bruta e produção beneficiada das substâncias minerais selecionadas para o diagnóstico (2005)

Tabela 2 – Quantidade de rejeitos de mineração gerados pelas quatorze substâncias selecionadas (1996-2005)

Tabela 3 – Contribuição anual das substâncias selecionadas, na geração de rejeitos da mineração (1996-2005)

Tabela 4 – Principais resultados dos inventários de resíduos sólidos de mineração de Minas Gerais (2008-2009)

Tabela 5 – Quantidade projetada de rejeitos de mineração gerados pelas quatorze substâncias selecionadas (2010-2030)

Tabela 6 – Contribuição anual projetada das substâncias selecionadas, para a geração de rejeitos da mineração (2010-2030)

1 INTRODUÇÃO

O setor mineral tem grande importância social e econômica para o país. Atualmente, o setor responde por 4,2% do PIB e 20% das exportações brasileiras. Além disso, o setor é responsável por 1 milhão de empregos diretos – 8% dos empregos da indústria – e também está ligado à base de várias cadeias produtivas (Brasil, 2010). O Brasil produz cerca de 80 substâncias minerais não energéticas, destacando-se, entre outras, as produções de nióbio, minério de ferro, bauxita, e manganês (quadro 1). Embora seja um importante produtor mundial de várias substâncias, o país depende da importação de minerais que são essenciais para a economia. Por exemplo, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes, mas contribui com apenas 2% da produção mundial, importando 91% do potássio e 51% do fosfato utilizados na produção destes insumos agrícolas (Ibram, 2011).

QUADRO 1
Posição mundial do Brasil com relação à produção de alguns minérios

Exportador importante	Exportador	Autossuficiente	Importador e produtor	Importador
Nióbio (1 ^o) Minério de ferro (1 ^o) Manganês (2 ^o) Tantalita (2 ^o) Grafite (3 ^o) Bauxita (2 ^o) Rochas ornamentais (4 ^o)	Níquel Magnésio Caulim Estanho Vermiculita Cromo Ouro	Calcário Diamante industrial Titânio Cobre Tungstênio Talco	Fosfato Diatomito Zinco	Carvão metalúrgico Potássio Enxofre Terras raras

Fonte: Ibram (2011).

Na atividade de mineração, grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados. A quantidade de resíduos gerada pela atividade depende do processo utilizado para extração do minério, da concentração da substância mineral estocada na rocha matriz e da localização da jazida em relação à superfície. Na atividade de mineração, existem dois tipos principais de resíduos sólidos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados, gerados pelas atividades de extração (ou lavra) no decapeamento da mina, não têm valor econômico e ficam geralmente dispostos em pilhas. Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento a que são submetidas às substâncias minerais. Estes processos têm a finalidade de padronizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final. Existem ainda outros resíduos, constituídos por um conjunto bastante diverso de materiais, tais como efluentes do tratamento de esgoto gerado nas plantas de mineração, carcaças de baterias e pneus utilizados pela frota de veículos, provenientes da operação das plantas de extração e de beneficiamento das substâncias minerais.

A quantificação do volume de resíduos sólidos gerados pela atividade de mineração é difícil devido à complexidade e à diversidade das operações e das tecnologias utilizadas nos processos de extração e beneficiamento das substâncias minerais. Além disso, as informações estão dispersas entre várias agências governamentais, tanto no âmbito federal quanto nos estados. Não existe, por exemplo, um controle sistemático e em escala nacional sobre a quantidade de estéreis gerados pela atividade de mineração. A partir da iniciativa do estado de Minas Gerais, de elaborar inventários da geração de resíduos sólidos das atividades industriais e minerárias, sabe-se que estes constituem entre 70% e 80% da massa de resíduos sólidos gerada pela atividade de mineração no estado (Feam, 2010a; 2010b). O foco deste diagnóstico será, portanto, nos *rejeitos* da mineração, por ser o dado acessível a partir das estatísticas oficiais da atividade de mineração no país.¹

1. Serão tratados apenas os rejeitos de mineração da atividade não energética.

2 MÉTODO

Para o levantamento de informações sobre a geração de *rejeitos* da mineração, foram selecionadas quatorze substâncias minerais, entre as cerca de 80 mineradas no país. Para a seleção, foram realizadas consultas junto a técnicos do Ministério do Meio Ambiente (MMA), do Ministério de Minas e Energia (MME), e do Ipea, sendo ainda adotados os critérios: *i*) quantidade da produção bruta; *ii*) quantidade e toxicidade dos rejeitos; e *iii*) disponibilidade de informações para o diagnóstico.

As substâncias selecionadas correspondem a aproximadamente 90% da produção total bruta de minerais no país – em massa –, segundo o Anuário Mineral do Brasil de 2006 (DNPM, 2006) (tabela 1).

TABELA 1
Produção bruta e produção beneficiada das substâncias minerais selecionadas para o diagnóstico (2005)
(Em t)

Substância	Produção bruta	Produção beneficiada
Ferro	376.195.336	280.553.913
Calcário	80.379.623	71.321.864
Titânio	36.253.585	179.297
Fosfato/rocha fosfática	34.533.549	5.450.058
Alumínio (bauxita)	31.194.142	20.307.425
Ouro	28.369.266	38
Estanho	24.041.692	23.510
Cobre	18.190.048	440.133
Zircônio	13.439.387	25.451
Nióbio	12.633.102	107.344
Caulim	6.621.824	2.318.515
Manganês	6.429.393	3.862.012
Níquel	4.849.504	87.586
Zinco	2.207.857	387.152
Outras 30 substâncias	92.605.069	19.694.769

Fonte: DNPM (2006).

Este diagnóstico terá foco em duas perspectivas distintas e complementares com relação à geração de *rejeitos* na atividade de mineração: *i*) a produção de rejeitos da mineração no decênio 1996-2005, que corresponde ao período mais recente com dados disponíveis no Anuário Mineral; e *ii*) um cenário futuro (2010 a 2030) da produção de rejeitos pela atividade de mineração. Para mais detalhes sobre os métodos, ver o apêndice A. A legislação relacionada a resíduos sólidos na atividade de mineração é apresentada no apêndice B.

3 UMA BREVE CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS NÃO ENERGÉTICAS SELECIONADAS

3.1 Ferro

A mineração do ferro tem grande importância para a economia mineral brasileira, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, atrás apenas da Austrália (Quaresma, 2009b). Em 2007, o valor da produção atingiu R\$ 19,2 bilhões (US\$ 9,8 bilhões) *in situ* mina, representando 50% do valor da produção mineral brasileira – excluindo petróleo e gás.

A mineração do ferro se dá principalmente nos estados de Minas Gerais e Pará (Neves e Silva, 2007). A exploração das jazidas favoreceu o desenvolvimento de outras atividades econômicas associadas ao aproveitamento do minério, como as siderúrgicas Vale do Aço mineiro e a formação do distrito mineiro de Carajás. O minério de ferro, em virtude de suas propriedades químicas e físicas, é, na sua quase totalidade (98%), utilizado na indústria siderúrgica (Quaresma, 2009b).

A produção, em 2010, foi estimada em 370 milhões de toneladas, representando 16% do total mundial (2,3 bilhões de toneladas) (Ibram, 2011). A indústria de mineração do ferro absorve 13% do pessoal ocupado diretamente na indústria extrativa mineral, com um contingente de 13 mil trabalhadores, e detém 296 concessões de lavra das 6.017 existentes no país (Quaresma, 2009b).

3.2 Calcário

O calcário é usado como matéria-prima na construção civil, na fabricação de cal e cimento, e tem grande importância na agricultura, como corretivo para solos ácidos. Além disso, é empregado na indústria de papel, plástico, química, siderúrgica, de vidro e refratários (Silva, 2009).

Os Estados Unidos e a Índia são os dois principais produtores mundiais. No Brasil, as reservas de calcário localizam-se de forma difusa e ocorrem em quase todos os estados, mas o beneficiamento do mineral se concentra em três estados: Minas Gerais, São Paulo e Paraná (Neves e Silva, 2007). Com a atual demanda de calcário, a produção estaria assegurada por mais de 400 anos (Silva, 2009).

A produção tem crescido nos últimos anos, registrando-se um aumento de 22% no período 2003-2008, atingindo um total de 107 milhões de toneladas, em 2008, e possivelmente esta tendência de crescimento será mantida no futuro. Em 2007, o valor da produção ultrapassou US\$ 1,35 bilhão – pouco mais de 80% na forma de calcário beneficiado –, empregando quase 12 mil trabalhadores em 2005 (Silva, 2009).

3.3 Titânio

Segundo Santos (2009b), o titânio encontra-se em associação com outros elementos, sendo que os utilizados comercialmente com maior frequência para a obtenção da substância são a ilmenita e o rutilo. O composto mais utilizado é o dióxido de titânio, empregado especialmente na fabricação de tintas, na siderurgia e na produção de ferros-liga.

O Brasil possui a quinta maior reserva mundial de ilmenita, e a principal mina de extração de titânio localiza-se em Mataraca, litoral paraibano (Brasil, 2010). Esta mina é responsável por 75% da produção nacional dos concentrados de ilmenita e rutilo, e possui 64% das reservas nacionais do minério. O restante da produção é praticamente todo concentrado na mina de Santa Bárbara, em Goiás (Santos, 2009b).

A produção de titânio no país variou entre 52,5 mil toneladas, em 1988, e 89,2 mil toneladas, em 2007, tendo seu pico em 1999, com 132 mil toneladas produzidas. Em 2008, o preço médio para o concentrado de titânio era de US\$ 110,00/t, e o valor da produção nacional teria sido da ordem de US\$ 14,3 milhões (Santos, 2009b).

3.4 Fosfato

O fosfato é usado principalmente na produção de fertilizantes (Kulaif, 2009). O Brasil ocupa a sexta colocação na produção mundial e é o quarto consumidor do minério. Porém, a produção de rocha fosfática atende apenas 80% da demanda interna para a produção de fertilizantes. Em 2009, a produção alcançou 158 milhões de toneladas de rocha fosfática, correspondente a 4% da produção mundial. As reservas brasileiras de fosfato equivalem a 337 milhões de toneladas de óxido de fósforo (P_2O_5), o que representa 0,7% das reservas mundiais (Brasil, 2010). Estima-se que no período de 2010-2030 a produção passe de cerca de 9 milhões de toneladas para aproximadamente 18 milhões de toneladas (Kulaif, 2009).

As reservas do mineral se concentram em minas de grande porte nos estados de Minas Gerais (nos municípios de Araxá e Tapira, que é a principal jazida), Goiás (Ouidor e Catalão) e São Paulo (Cajati) (Neves e Silva, 2007). Além destas, ainda existem minas de médio porte localizadas na Bahia (Irecê) e em Minas Gerais (Lagamar), e minas de pequeno porte na Bahia (Campo Alegre de Lourdes), São Paulo (Registro) e Tocantins (Arraias). A concentração do minério na rocha em cada mina é variável. Em Tapira (MG), a principal mina de extração de fosfato existente no Brasil, acredita-se que para cada 1,6 milhão de t/ano de concentrado de fosfato seriam gerados 9 milhões t/ano de rejeitos (Dias e Lajolo, 2010).

3.5 Alumínio (bauxita)

O alumínio é um dos metais mais utilizados no mundo, possui uso crescente e supera o consumo mundial dos demais metais não ferrosos. O alumínio tem 50% da sua produção localizada em países que compõem o grupo dos BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), sendo que o Brasil ocupa o sexto lugar em produção de alumínio primário e é responsável por 5% da produção mundial, correspondente a 38 milhões de toneladas em 2007 (Brasil, 2010). A matéria-prima para a produção do metal é a bauxita e, no país, sua extração se concentra, como no caso do ferro, nos estados de Minas Gerais e Pará (Neves e Silva, 2007).

A produção bruta do minério duplicou entre 1996 e 2008, passando de 16,6 milhões de toneladas para 35,4 milhões de toneladas segundo os registros do Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008). Esta tendência também se refletiu no aumento do consumo nacional *per capita* nos últimos 10 anos. Considerando um cenário conservador, acredita-se que o uso do metal dobre até 2030, passando de 5 kg por habitante, em 2007, para 10 kg (Quaresma, 2009a).

Praticamente toda a bauxita produzida no país (98%) é utilizada na fabricação de alumina, e o restante é destinado às indústrias de refratários e de produtos químicos. Apenas na cadeia produtiva primária, o alumínio emprega diretamente 18 mil pessoas, mas o número de trabalhadores pode chegar a 300 mil, se considerada toda a cadeia, incluindo a de reciclagem do minério (Quaresma, 2009a).

3.6 Ouro

Os principais usos do ouro relacionam-se à fabricação de joias e ao seu emprego como reserva monetária. No contexto mundial, a África do Sul detém 40% das reservas, enquanto o Brasil contribui com a proporção de aproximadamente 2% (Neto, 2009). A produção nacional de ouro distribui-se pelos estados de Minas Gerais, Pará, Goiás, Mato Grosso e Bahia, responsáveis por 90% da produção (Neves e Silva, 2007). São ao todo quatorze minas, sendo cinco

pequenas, sete médias e duas de grande porte. Uma tendência que tem sido observada ao longo dos anos é que a produção nas minas vem aumentando em detrimento daquela oriunda dos garimpos (Neves e Silva, 2007).

As reservas lavráveis no Brasil chegam a quase 2 mil toneladas. Devido à baixa concentração do minério nas rochas portadoras, ocorre uma grande produção de rejeitos no processo de mineração. Para extrair o metal precioso, as rochas que contém ouro passam pelos processos de britagem, moagem, gravimetria, flotação e cianetação. Os impactos ambientais causados pela mineração não são permanentes, e quando comparados com outros segmentos econômicos, como agricultura e pecuária, podem ser considerados pontuais (Neto, 2009). A água que vai das barragens de rejeito, por exemplo, sofre tratamento prévio, com testes diários de sua qualidade para o consumo humano. Por sua vez, o emprego do mercúrio nos garimpos é preocupante, pois não existe um controle satisfatório das perdas deste metal pesado para o meio ambiente durante o processo de extração do ouro (Lacerda, 1997 e Neto, 2009).

O preço do ouro é um dos principais fatores que influenciam o aumento ou declínio da produção e varia principalmente nos países em situações de crise. Em 2009, o preço chegou a US\$ 972/oz e o valor da produção brasileira foi, em 2007, de R\$ 1,1 bilhão, correspondente a 59,6 toneladas. Em 2005, foram aproximadamente 7 mil empregos formais envolvidos no processo de extração em minas e outros 10 mil informais dispersos nos garimpos (Neto, 2009).

3.7 Estanho

Em 2010, o Brasil ocupava a sexta posição na produção mundial de estanho, com 11 mil toneladas de estanho contido, obtido a partir da cassiterita (óxido de estanho). Os principais produtores do minério são a China, a Indonésia e o Peru (Lima, 2009 e Ibram, 2010). No país, os principais estados produtores são Amazonas e Rondônia, que também respondem, por 90% das reservas nacionais (Neves e Silva, 2007).

O uso do metal aumentou significativamente a partir de 2003, em função do rápido desenvolvimento da China, da popularização dos eletroeletrônicos e do estabelecimento de normas de restrição às substâncias perigosas na União Europeia, mais especificamente ao banimento do chumbo na composição das soldas (Rodrigues, 2009). O preço da cassiterita variou de US\$ 4,8 mil/t a US\$ 16,6 mil/t no período 1999-2008 (Lima, 2009).

3.8 Cobre

O cobre é o terceiro metal mais usado nos dias de hoje em função de suas propriedades metálicas, as quais geram uma liga de alta durabilidade, resistência e condutividade. O cobre possui diversos usos, com destaque para a construção civil, que corresponde a 40% do consumo do metal no país (Farias, 2009b).

O mais importante produtor mundial é o Chile, ficando o Brasil na 15ª colocação (Ibram, 2011). A produção bruta do minério aumentou mais de quatro vezes no país no período 1996-2005, passando de 4 milhões de toneladas para 18 milhões de toneladas (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006). A produção de cobre contido que, em 2010, era de 230 mil toneladas, deve alcançar 475 mil toneladas até 2014, quando, acredita-se que o país atingirá a autossuficiência na produção do metal (Ibram, 2011).

As reservas nacionais de cobre estão localizadas nos estados da Bahia, Pará, Goiás, Alagoas e Ceará, com destaque para o Pará, com 83% do total (Neves e Silva, 2007). A empresa Caraíba, na Bahia, produz, por refino eletrolítico, quase 98% do cobre primário produzido no país (DNPM, 2010). Segundo Farias (2009b), em 2008, a produção de cobre primário correspondeu a 220 mil toneladas, enquanto os empregos ligados à indústria tem decrescido, passando de 1.370 em 1990 para 800 em 2009.

3.9 Zircônio

Segundo Lobato (2009), o zircônio é empregado na fabricação de ligas usadas para acondicionar combustível nuclear, em equipamentos resistentes à corrosão, na indústria eletrônica e ainda em pisos e revestimentos de cerâmica. A Austrália possui 43% das reservas de zircônio, enquanto o Brasil é o quarto produtor mundial do minério, que no país é encontrado na forma de zirconita e caldasito.

As reservas estimadas no país somam 5.363 mil toneladas de zircônio e estão distribuídas nos estados do Amazonas, da Bahia, de Minas Gerais, da Paraíba, do Rio de Janeiro e do Tocantins (Lobato, 2009; Neves e Silva, 2007). A maior parte das reservas (93%) encontra-se no estado do Amazonas e de Minas Gerais; porém, a produção brasileira de concentrado de zirconita é feita, em sua maioria, na Paraíba (Bertolino *et al.*, 2008). A produção de zircônio vem se mantendo na faixa de 27 mil toneladas a 29 mil toneladas por ano desde o final dos anos 1980, empregando em torno de 1.700 trabalhadores (Lobato, 2009).

3.10 Nióbio

O nióbio é usado na fabricação de ligas de metais não ferrosos, sendo que tais ligas são resistentes e usadas em tubulações para o transporte de água, petróleo e gás a longas distâncias. Assim, o consumo destas ligas está altamente associado a projetos de oleodutos e gasodutos (Lima, 2010).

O Brasil é o principal produtor mundial do minério, respondendo por 98% da produção de nióbio na forma bruta e também na forma de concentrado e liga de ferro-nióbio (DNPM, 2010). A produção é, em grande parte, comercializada na forma de ferro-nióbio. Do total das reservas mundiais, 86,7% estão localizadas no território nacional, sendo que a principal em Minas Gerais, no município de Araxá (Neves e Silva, 2007).

A demanda mundial por nióbio varia entre 90 mil toneladas e 100 mil toneladas (Lima, 2010). A produção brasileira de 2008 foi de 86 mil toneladas de concentrado, sendo que esta quantidade representa mais que o dobro da produção no início da década, e quase que a totalidade da demanda mundial do minério (DNPM, 2010). Este aumento reflete o crescimento de países industrializados e em industrialização, em especial a China. No período 2000-2007, os preços na produção de nióbio variaram de US\$ 13.33/tonelada a US\$ 22.633/tonelada. Em 2008, o valor da produção brasileira foi de US\$ 1,6 bilhão, correspondente a 70,7 mil toneladas (Lima, 2010).

3.11 Caulim

Segundo Farias (2009a), o caulim é utilizado na fabricação de cerâmica, fibra de vidro, e papel, sendo que para este último é destinado 45% da produção. Os Estados Unidos são o principal produtor mundial, respondendo por 17% do total mundial que, em 2010, foi de 31 milhões de toneladas. O Brasil é o sexto produtor, responsável por 7,8% do total, ou 2,4 milhões de toneladas em 2010 (Ibram, 2011). As principais reservas encontram-se no Pará, no Amapá, no Amazonas, no Paraná, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e em São Paulo (Neves e Silva, 2007). O estado do Amazonas possui 68% das reservas, seguido do Pará (com 17%) e do Amapá (com 8%). Entretanto, embora possuindo as maiores reservas, não existe atividade de mineração de grande porte no Amazonas, a qual está concentrada nos estados do Pará e do Amapá (Farias, 2009a).

Ainda segundo Farias (2009a), a produção brasileira de caulim destina-se em mais de 90% ao mercado externo. Em 2005, 1.879 pessoas estavam sendo empregadas na mineração desta substância. Para 2030, em um cenário conservador, a produção deve alcançar 6 milhões de toneladas, demandando por volta de 2 mil empregos.

3.12 Manganês

O manganês é o quarto metal mais usado no mundo, sendo empregado na indústria siderúrgica para a produção de ligas de aço. O principal produtor mundial é a China, com uma fração de 24% do total mundial, correspondente a 10 milhões de toneladas em 2010. O Brasil é o segundo produtor mundial, sendo que em 2010 a produção nacional foi de 1,7 milhão de toneladas de concentrado, ou 18% do total. As reservas de manganês se localizam nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, entre outros, sendo que Minas Gerais concentra 87% do total, atualmente estimado em 235 milhões de toneladas (Ibram, 2011). Apesar de existirem várias empresas envolvidas na mineração de manganês, a empresa Vale responde por 80% do total da produção brasileira (DNPM, 2010).

A produção bruta de manganês aumentou 1,7 vezes entre 1996 e 2005 (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006), sendo metade destinada à exportação (Quaresma, 2009c). No período 2010-2030, estima-se que a produção bruta passe de 4,8 milhões de toneladas para 9,7 milhões de toneladas por ano, enquanto que a mão de obra empregada deve sair dos 2.400 postos efetivos registrados em 2005 para algo em torno de 4 mil em 2030 (Quaresma, 2009c).

3.13 Níquel

O níquel é destinado à fabricação de aço inoxidável e outros tipos de ligas, e na galvanoplastia (Ibram, 2009). A Rússia é a principal produtora mundial de níquel primário, responsável por 19% do total mundial. O Brasil ocupou o 13º lugar em 2008 (DNPM, 2010). As reservas do Brasil estão, em sua maioria (97%), localizadas nos estados de Goiás e Pará (Neves e Silva, 2007). O níquel geralmente é comercializado na forma de ligas, aço inox, outros aços e produtos beneficiados em razão do seu baixo valor, liberando para o mercado apenas 10% do mineral produzido na forma de concentrado (Farias, 2009c).

A produção bruta do minério aumentou de 2,1 milhões de toneladas, em 1996, para 4,8 milhões de toneladas, em 2005 (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003;

2004; 2005; 2006). Até 2003, o preço do níquel permaneceu abaixo dos US\$ 10 mil por tonelada, aumentando, em 2004, com a ampliação da demanda chinesa. Porém, os preços do minério se mostraram muito voláteis, oscilando entre US\$ 52 mil e US\$ 20 mil a tonelada. Em 2008, o valor da produção de níquel contido no país atingiu R\$ 1,6 bilhão. O total de empregos gerados na mineração de níquel gira em torno de 2 mil, embora tendo alcançado 2.500 nas décadas de 1980 e 1990 (Farias, 2009c).

3.14 Zinco

O principal uso do zinco é na indústria de galvanização, pois suas características oferecem proteção contra a corrosão. Tal uso responde por mais de 50% da demanda mundial pela substância, que é a terceira mais consumida no mundo entre os metais não ferrosos, só perdendo para o alumínio e o cobre. A China é o principal produtor e consumidor mundial, respondendo por 25% da produção e 30% do consumo. Isto faz que o mercado de zinco mantenha estreita correlação com o desempenho econômico chinês (Santos, 2009a). O Brasil responde por 1,5% da produção mundial, distribuída nos estados de Minas Gerais (municípios de Vazante e Paracatu) e Mato Grosso (Rio Branco), sendo que Minas Gerais possui 88% do total de reservas do país (DNPM, 2010; Neves e Silva, 2007).

Segundo Santos (2009a), o mercado de zinco apresenta atualmente oferta maior do que a demanda. Em relação ao consumo, este se encontra em torno de 240 mil toneladas ao ano, podendo ultrapassar as 500 mil toneladas em 2030. A produção nacional, que era, em 1978, de 78 mil toneladas de zinco eletrolítico, passou, em 2007, para 265 mil toneladas, um aumento de mais de 3,4 vezes, com valor da ordem de US\$ 350 milhões. Em 2007, a mineração do zinco empregava 1.368 funcionários.

4 A GERAÇÃO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO NO DECÊNIO 1996-2005 E UM CENÁRIO FUTURO

Diferentemente de outros setores econômicos, o setor da mineração tem um equacionamento diferenciado em relação à questão ambiental, em função das substâncias minerais serem recursos não renováveis e incorporados no processo produtivo (Barreto, 2001). Como a incorporação dos recursos minerais não é perfeita, a geração dos resíduos no decorrer do processo de mineração emerge como uma externalidade.

Conforme mencionado, existem os resíduos de extração (o estéril) e os de beneficiamento (os rejeitos), além de outros resultantes da operação das plantas de mineração, como os esgotos das estações de tratamento, e os pneus e as baterias utilizadas nos veículos. Neste diagnóstico, foram quantificados somente os *rejeitos* da mineração.

No decênio 1996-2005, a geração de rejeitos aumentou 1,4 vezes, passando de 202 milhões de toneladas em 1996 para 290 milhões de toneladas em 2005 (tabela 2). Os minérios que mais contribuíram para a geração de rejeitos no período foram o ferro (35,08%), o ouro (13,82%), o titânio (12,55%) e o fosfato (11,33%). Em conjunto, estas substâncias contribuíram com pouco mais de 70% da massa total de rejeitos gerada ao longo destes 10 anos (tabela 3 e gráfico 1). O estado de Minas Gerais passou a realizar, recentemente, inventários anuais da geração de resíduos sólidos na atividade de mineração. A tabela 4 apresenta os principais resultados dos dois inventários existentes, referentes a 2008 e 2009 (Feam, 2010a; 2010b). As quantidades de rejeitos gerados, no caso de Minas Gerais, corresponderam a 101 milhões de toneladas e 123 milhões de toneladas para 2008 e 2009,

respectivamente. Observa-se, portanto, que os valores de rejeitos registrados nos inventários de Minas Gerais correspondem a cerca de 30% da quantidade registrada para 2005 neste diagnóstico – 290 milhões de toneladas (tabela 2). Cabe destacar, entretanto, que os inventários de Minas Gerais incluem apenas empreendimentos de mineração de médio ou grande potencial poluidor e porte,² enquanto o levantamento aqui realizado, a partir dos dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), considera parte significativa da produção mineral do país, embora não tenham sido incluídas todas as substâncias. É o caso, por exemplo, das rochas ornamentais, que geraram rejeitos acima de 3 milhões de toneladas em 2010 (Abirochas, 2011), quantidade superior àquela estimada para o zinco e o manganês (tabela 2), com a ressalva do baixo grau de toxicidade.

Com relação ao cenário futuro da geração de rejeitos, estima-se que a quantidade anual irá praticamente dobrar, passando de 348 milhões de toneladas em 2010 para 684 milhões de toneladas em 2030 (tabela 5). De acordo com o cenário trabalhado, as quatro substâncias identificadas no decênio 1996-2005 permanecem como as mais importantes na geração de rejeitos (tabela 6). O ferro continua também como a principal substância geradora de rejeitos, inclusive com um aumento de seis pontos percentuais em sua contribuição relativa (gráficos 1 e 2 e tabelas 3 e 6). O fosfato, entretanto, passa a ter maior importância relativa (9,89%), ultrapassando o ouro (9,74%) e o titânio (8,93%) (gráfico 2). Percebe-se ainda, neste cenário, um aumento da contribuição relativa do cobre e do zinco para a geração de rejeitos, e redução na participação relativa do zircônio, alumínio, calcário e estanho (gráficos 1 e 2, tabelas 3 e 6).

TABELA 2
Quantidade de rejeitos de mineração gerados pelas quatorze substâncias selecionadas (1996-2005)
(Em 1 mil t)

	Ferro	Ouro	Titânio ¹	Fosfato	Estanho ²	Zircônio ³	Calcário	Alumínio	Cobre	Níquel	Nióbio	Caulim	Zinco	Manganês	Total
1996	86.288	26.649	18.184	20.632	17.361	7.410	9.439	5.398	4.516	2.059	1.634	1.139	1.003	1.240	202.952
1997	72.954	39.014	26.693	21.584	16.559	9.168	12.115	5.301	3.179	2.740	1.681	1.599	1.126	841	214.553
1998	57.986	25.304	17.056	21.269	13.604	10.230	12.758	5.656	2.509	2.863	1.959	1.668	1.059	855	174.777
1999	67.432	25.484	33.942	21.990	12.867	12.880	9.872	5.776	1.150	3.464	2.496	1.910	1.068	520	200.850
2000	61.619	32.810	41.160	25.243	12.883	13.493	8.151	5.154	1.084	3.685	2.281	2.101	1.079	1.065	211.809
2001	66.335	35.250	18.365	24.974	15.309	12.439	10.617	5.880	3.983	3.840	2.056	2.348	1.098	940	203.433
2002	71.425	31.629	15.200	26.410	8.815	13.972	12.596	6.455	4.052	3.802	2.155	2.167	1.216	1.391	201.285
2003	81.760	26.058	31.431	29.108	6.652	10.358	2.042	9.424	4.396	3.752	6.617	3.354	1.509	1.146	217.606
2004	104.536	24.729	38.118	24.162	21.302	12.873	2.750	9.852	10.879	4.109	2.284	3.758	1.583	1.500	262.436
2005	95.641	28.369	36.074	29.083	24.018	13.414	9.058	10.887	17.750	4.762	12.526	4.303	1.821	2.567	290.274
Total	765.977	295.295	276.224	244.456	149.369	116.236	89.398	69.783	53.498	35.076	35.690	24.346	12.562	12.064	2.179.975

Elaboração dos autores.

Notas: ¹ A produção bruta de titânio apresentou variação inconsistente em relação à produção beneficiada no período 1996-2000. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2001-2005.

² A produção bruta de estanho no período 1996-2000 foi apresentada originalmente em metros cúbicos. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2001-2005.

³ A produção bruta de zircônio apresentou variação inconsistente em relação à produção beneficiada no período 1996-2002. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2003-2005.

2. Ver Deliberação Normativa nº 74, de 9 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) de Minas Gerais, que estabelece, entre outras normas, critérios para classificação, segundo o porte e o potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadores do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5532>>.

TABELA 3
Contribuição anual das substâncias selecionadas, na geração de rejeitos da mineração (1996-2005)
 (Em %)

	Ferro	Ouro	Titânio ¹	Fosfato	Estanho ²	Zircônio ³	Calcário	Alumínio	Cobre	Níquel	Nióbio	Caulim	Zinco	Manganês
1996	42,52	13,13	8,96	10,17	8,55	3,65	4,65	2,66	2,23	1,01	0,81	0,56	0,49	0,61
1997	34,00	18,18	12,44	10,06	7,72	4,27	5,65	2,47	1,48	1,28	0,78	0,75	0,52	0,39
1998	33,18	14,48	9,76	12,17	7,78	5,85	7,30	3,24	1,44	1,64	1,12	0,95	0,61	0,49
1999	33,57	12,69	16,90	10,95	6,41	6,41	4,92	2,88	0,57	1,72	1,24	0,95	0,53	0,26
2000	29,09	15,49	19,43	11,92	6,08	6,37	3,85	2,43	0,51	1,74	1,08	0,99	0,51	0,50
2001	32,61	17,33	9,03	12,28	7,53	6,11	5,22	2,89	1,96	1,89	1,01	1,15	0,54	0,46
2002	35,48	15,71	7,55	13,12	4,38	6,94	6,26	3,21	2,01	1,89	1,07	1,08	0,60	0,69
2003	37,57	11,97	14,44	13,38	3,06	4,76	0,94	4,33	2,02	1,72	3,04	1,54	0,69	0,53
2004	39,83	9,42	14,52	9,21	8,12	4,91	1,05	3,75	4,15	1,57	0,87	1,43	0,60	0,57
2005	32,95	9,77	12,43	10,02	8,27	4,62	3,12	3,75	6,11	1,64	4,32	1,48	0,63	0,88

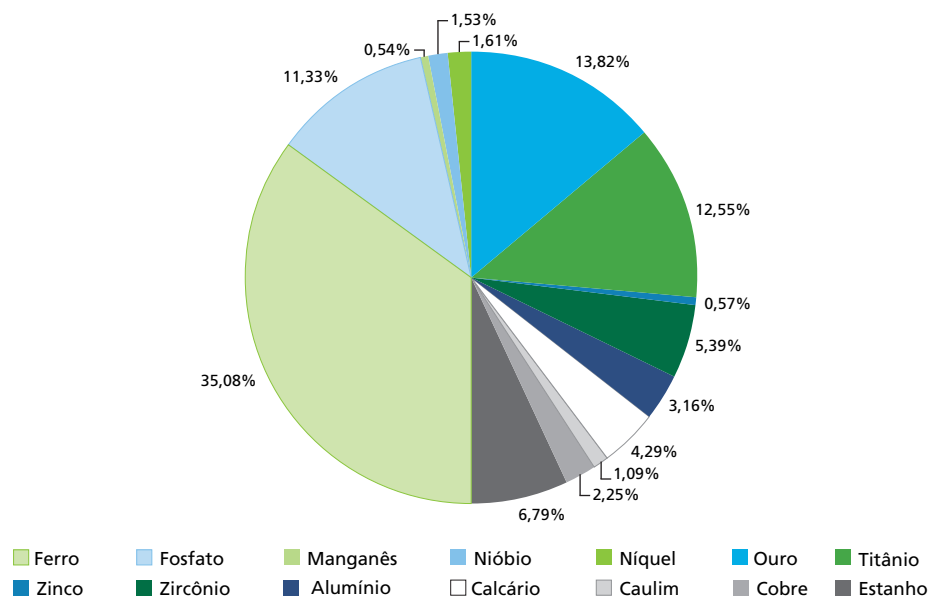
Elaboração dos autores.

Notas:¹ A produção bruta de titânio apresentou variação inconsistente em relação à produção beneficiada no período 1996-2000. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2001-2005.

² A produção bruta de estanho no período 1996-2000 foi apresentada originalmente em metros cúbicos. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2001-2005.

³ A produção bruta de zircônio apresentou variação inconsistente em relação à produção beneficiada no período 1996-2002. Os valores da produção bruta para esse período foram estimados a partir dos valores disponíveis para o período 2003-2005.

GRÁFICO 1
Contribuição percentual média de cada substância na geração de rejeitos da atividade de mineração (1996-2005)



Elaboração dos autores.

TABELA 4
Principais resultados dos inventários de resíduos sólidos de mineração de Minas Gerais (2008-2009)

Categoria	2008		2009		Total (t)	%
	Quantidade (t)	%	Quantidade (t)	%		
Estéril	375.377.784	78,59	286.546.806	69,66	661.924.590	74,46
Rejeito	101.452.987	21,24	123.058.761	29,92	224.511.748	25,25
Resíduo	805.230	0,17	1.744.437	0,42	2.549.667	0,29
Total	477.636.001	100,00	411.350.005	100,0	888.986.006	100,00

Fonte: Feam (2010a, 2010b).

TABELA 5
Quantidade projetada de rejeitos de mineração gerados pelas quatorze substâncias selecionadas (2010-2030)
(Em 1 mil t)

	Ferro	Fosfato	Ouro	Titânio	Cobre	Níquel	Alumínio	Zircônio	Estanho	Calcário	Nióbio	Caulim	Zinco	Manganes	Total
2010	127.233	36.464	38.177	32.114	35.636	12.180	12.487	15.535	15.022	12.883	4.438	3.452	1.389	1.118	348.129
2011	138.329	36.464	39.369	33.398	35.636	26.280	13.224	16.316	15.518	13.154	4.450	3.452	1.450	1.164	378.204
2012	149.425	43.952	40.598	33.398	35.636	33.600	14.004	17.097	15.821	13.430	4.490	3.452	1.450	1.212	407.566
2013	180.493	43.952	41.868	33.398	35.636	33.150	14.831	17.877	16.029	13.713	4.554	3.452	1.450	1.261	441.664
2014	213.411	43.952	43.178	33.398	35.636	32.520	15.706	18.658	16.192	14.001	4.636	3.452	1.450	1.313	477.503
2015	220.068	43.952	44.530	39.071	40.091	32.400	16.632	19.439	16.334	14.296	4.733	4.005	1.691	1.367	498.608
2016	224.877	51.247	45.925	39.071	40.091	32.400	17.613	20.219	16.474	14.620	4.848	4.005	1.691	1.423	514.504
2017	229.315	51.247	47.366	39.071	40.091	32.400	18.653	21.000	16.613	14.953	4.978	4.005	1.691	1.481	522.863
2018	231.534	51.247	48.853	39.071	40.091	32.400	19.753	21.781	16.754	15.292	5.120	4.005	1.691	1.542	529.134
2019	235.233	51.247	50.388	46.593	40.091	32.400	20.919	22.561	16.896	15.640	5.275	4.005	2.016	1.605	544.868
2020	237.452	56.009	51.973	46.593	40.091	32.400	22.153	23.342	17.038	15.995	5.440	4.557	2.016	1.671	556.731
2021	241.890	56.009	53.609	46.593	40.091	32.400	23.460	24.123	17.190	16.385	5.620	4.557	2.016	1.739	565.684
2022	244.479	56.009	55.298	46.593	40.091	32.400	24.844	24.903	17.347	16.785	5.814	4.557	2.016	1.811	572.950
2023	246.699	56.009	57.043	56.365	40.091	32.400	26.310	25.684	17.508	17.195	6.021	4.557	2.439	1.886	590.207
2024	248.918	58.890	58.843	56.365	40.091	32.400	27.862	26.465	17.671	17.614	6.241	4.557	2.439	1.963	600.318
2025	251.877	58.890	60.703	56.365	40.091	32.400	29.506	27.245	17.835	18.044	6.472	5.110	2.439	2.043	609.019
2026	254.466	58.890	62.623	56.365	40.091	29.850	31.247	28.026	18.002	18.485	6.715	5.110	2.439	2.127	614.433
2027	257.055	58.890	64.605	68.512	40.091	28.350	33.090	28.807	18.170	18.936	6.970	5.110	2.964	2.213	633.762
2028	260.014	71.626	66.653	68.512	40.091	28.350	35.043	29.587	18.340	19.398	7.236	5.110	2.964	2.304	655.228
2029	262.973	71.626	68.768	68.512	40.091	28.350	37.110	30.368	18.512	19.871	7.515	5.110	2.964	2.399	664.168
2030	265.562	71.626	70.951	79.311	40.091	28.350	39.478	31.149	18.685	20.356	7.806	5.110	3.432	2.429	684.334
Total	4.721.301	1.128.198	1.111.320	1.018.668	819.636	637.380	493.925	490.183	357.952	341.045	119.372	90.729	44.097	36.071	11.409.877

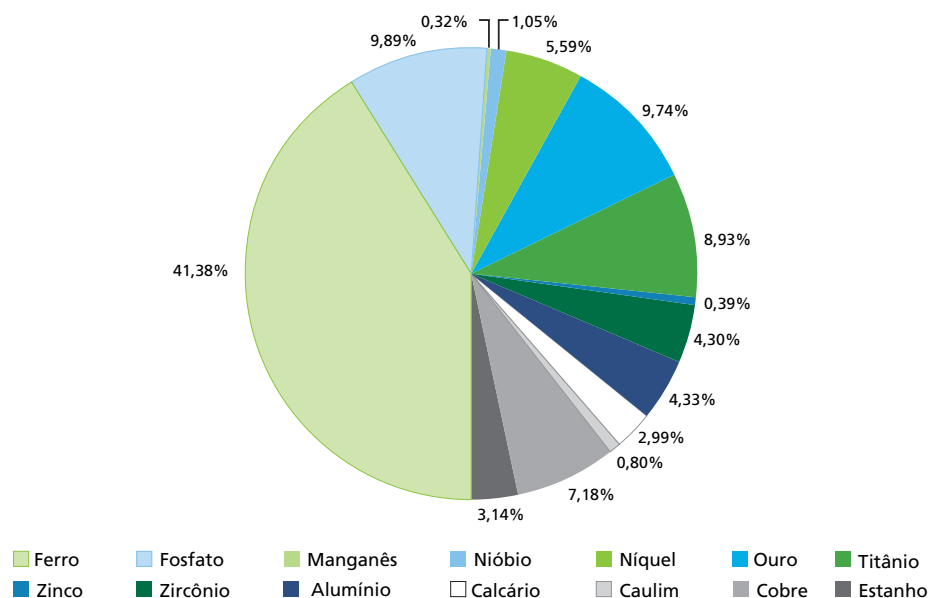
Elaboração dos autores.

TABELA 6
Contribuição anual projetada das substâncias selecionadas, para a geração de rejeitos da mineração (2010-2030)
 (Em %)

	Ferro	Fosfato	Ouro	Titânio	Cobre	Níquel	Alumínio	Zircônio	Estanho	Calcário	Nióbio	Caulim	Zinco	Manganês
2010	36,55	10,47	10,97	9,22	10,24	3,50	3,59	4,46	4,32	3,70	1,27	0,99	0,40	0,32
2011	36,58	9,64	10,41	8,83	9,42	6,95	3,50	4,31	4,10	3,48	1,18	0,91	0,38	0,31
2012	36,66	10,78	9,96	8,19	8,74	8,24	3,44	4,19	3,88	3,30	1,10	0,85	0,36	0,30
2013	40,87	9,95	9,48	7,56	8,07	7,51	3,36	4,05	3,63	3,10	1,03	0,78	0,33	0,29
2014	44,69	9,20	9,04	6,99	7,46	6,81	3,29	3,91	3,39	2,93	0,97	0,72	0,30	0,27
2015	44,14	8,81	8,93	7,84	8,04	6,50	3,34	3,90	3,28	2,87	0,95	0,80	0,34	0,27
2016	43,71	9,96	8,93	7,59	7,79	6,30	3,42	3,93	3,20	2,84	0,94	0,78	0,33	0,28
2017	43,86	9,80	9,06	7,47	7,67	6,20	3,57	4,02	3,18	2,86	0,95	0,77	0,32	0,28
2018	43,76	9,69	9,23	7,38	7,58	6,12	3,73	4,12	3,17	2,89	0,97	0,76	0,32	0,29
2019	43,17	9,41	9,25	8,55	7,36	5,95	3,84	4,14	3,10	2,87	0,97	0,73	0,37	0,29
2020	42,65	10,06	9,34	8,37	7,20	5,82	3,98	4,19	3,06	2,87	0,98	0,82	0,36	0,30
2021	42,76	9,90	9,48	8,24	7,09	5,73	4,15	4,26	3,04	2,90	0,99	0,81	0,36	0,31
2022	42,67	9,78	9,65	8,13	7,00	5,65	4,34	4,35	3,03	2,93	1,01	0,80	0,35	0,32
2023	41,80	9,49	9,66	9,55	6,79	5,49	4,46	4,35	2,97	2,91	1,02	0,77	0,41	0,32
2024	41,46	9,81	9,80	9,39	6,68	5,40	4,64	4,41	2,94	2,93	1,04	0,76	0,41	0,33
2025	41,36	9,67	9,97	9,26	6,58	5,32	4,84	4,47	2,93	2,96	1,06	0,84	0,40	0,34
2026	41,41	9,58	10,19	9,17	6,52	4,86	5,09	4,56	2,93	3,01	1,09	0,83	0,40	0,35
2027	40,56	9,29	10,19	10,81	6,33	4,47	5,22	4,55	2,87	2,99	1,10	0,81	0,47	0,35
2028	39,68	10,93	10,17	10,46	6,12	4,33	5,35	4,52	2,80	2,96	1,10	0,78	0,45	0,35
2029	39,59	10,78	10,35	10,32	6,04	4,27	5,59	4,57	2,79	2,99	1,13	0,77	0,45	0,36
2030	38,81	10,47	10,37	11,59	5,86	4,14	5,77	4,55	2,73	2,97	1,14	0,75	0,50	0,35

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 2
Contribuição média de cada substância (2010-2030)



Elaboração dos autores.

5 A DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO

As principais fontes de degradação nas atividades de mineração são a disposição inadequada de rejeitos decorrentes do processo de beneficiamento e a disposição de materiais do estéril, ou inertes, não aproveitável, provenientes do decapeamento superficial da lavra. No caso do estéril, o sistema de disposição deve funcionar como uma estrutura projetada e implantada

para acumular materiais, em caráter temporário ou definitivo, dispostos de modo planejado e controlado em condições de estabilidade geotécnica e protegidos de ações erosivas. O sistema de disposição dos rejeitos deve ser projetado como uma estrutura de engenharia para contenção e deposição de resíduos originados de beneficiamento de minérios, captação de água e tratamento de efluentes.

Os resíduos podem ser pilhas de rejeitos sólidos (minérios pobres, estéreis, rochas, sedimentos de cursos d'água e solos), as lamas das serrarias de mármore e granito, as lamas de decantação de efluentes, o lodo resultante do processo de tratamento do efluente da galvanoplastia no tratamento de joias e folheados, os resíduos/rejeitos da mineração artesanal de pedras preciosas e semipreciosas, o mercúrio proveniente do processo de amalgamação do ouro, principalmente em região de garimpos, rejeitos finos e ultrafinos não aproveitados no beneficiamento, a geração de drenagem ácida de mina de carvão e minérios sulfetados. Além dos resíduos resultantes da atividade de mineração, que devem ser adequadamente dispostos, inclusive considerando a previsão de aumento futuro da geração, existe também um passivo não totalmente conhecido, e que deve ser também considerado.

Um dos maiores passivos ambientais da mineração brasileira está localizado em Santa Catarina e é decorrente da mineração de carvão (Brasil, 2010). Diversos rios na região sul do estado receberam, ao longo de mais de um século, rejeitos ricos em pirita, produzindo a acidificação das águas (Barreto, 2001). O Ministério Público Federal (MPF) promoveu ação civil pública, no início dos anos 1990, contra as mineradoras e o poder público, buscando a recuperação dos danos ambientais. A sentença do Superior Tribunal de Justiça (STJ), de 2007, obrigou a União e as mineradoras a recuperar as áreas degradadas, o que vem ocorrendo desde então.

5.1 Sistemas de disposição de rejeitos

Na disposição dos rejeitos, além dos aspectos intrínsecos da construção e segurança, pode ser requerido que o reservatório formado para conter o material seja estanque, para impedir a infiltração dos efluentes danosos à qualidade das águas, como soluções contendo cianetos, metais pesados ou com pH muito ácido. Nestes casos, a investigação geológico-geotécnica é de grande importância.

O método no qual os rejeitos são dispostos embaixo da água é conhecido como disposição subaquática. Rejeitos com alto teor de finos são dispostos subaquaticamente, ativando uma baixa densidade, uma baixíssima resistência ao cisalhamento e conseqüentemente tornando-se muito compressíveis. O método no qual os rejeitos são descartados diretamente em praia e deixados secar naturalmente expostos ao ar é conhecido como disposição em superfície.

A disposição de rejeitos em reservatórios criados por diques ou barragens é o método mais comumente usado no país. Estas barragens ou diques podem ser de solo natural ou construídos com os próprios rejeitos, sendo classificadas, neste caso, como barragens de contenção alteadas com rejeitos e no outro caso como barragens convencionais. Muitos rejeitos são transportados para a área de disposição com um alto teor de água – 10% a 25% de sólidos –, por meio de tubulações, com ou sem a utilização de bombas e descartados nos pontos de descargas – canhões ou *spiggotings*. Quando um único ponto fixo de descarga é usado obtém-se menor flexibilidade no controle das qualidades geotécnicas dos rejeitos. A água que acompanha os rejeitos frequentemente contém sais dissolvidos, metais pesados e outros resíduos químicos do processo mineralógico, podendo causar impactantes implicações ambientais nas áreas de disposição de rejeito do empreendimento.

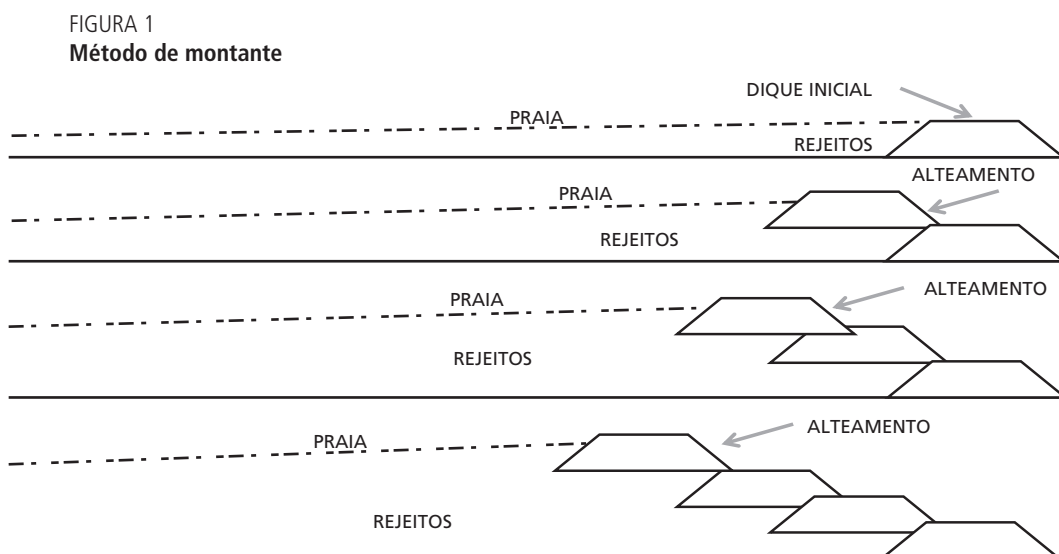
A engenharia de barragens alteadas com rejeitos deve otimizar as pilhas de rejeitos para que sejam armazenadas em áreas particulares, controlar as condições piezométricas de forma a obter resistência adequada e estabilidade, e conter os impactos ambientais. A construção por alteamentos sucessivos torna-se atraente e viável, uma vez que, além de diluir os custos envolvidos, dá maior flexibilidade de operação, pois possibilita adaptar a construção da barragem às necessidades de alterar taxas de produção devido às flutuações do mercado de minérios, o que resulta em maiores ou menores volumes de rejeitos a serem armazenados.

Vick (1983) e Ferraz (1992) destacam os três métodos mais comuns de alteamento de barragens de rejeitos: o de montante, o de jusante e o da linha de centro. Vale ressaltar que uma barragem pode ser alteada com mais de um método – iniciando-se com alteamentos pelo método da linha de centro e sendo alteada para montante nos últimos alteamentos, por exemplo –, o que confere maior flexibilidade ainda às obras.

Com o método de montante (figura 1), busca-se principalmente reduzir o custo de barramento, aproveitando-se os rejeitos depositados como parte da estrutura de contenção. A estrutura do barramento é iniciada a partir de uma barragem piloto ou dique de partida. O dique de partida é essencialmente um aterro e um suporte para a linha de rejeitos descartados. Ele é construído com materiais permeáveis para assegurar a drenagem do fluxo de água e controlar a erosão. Contudo, pode ser construído com materiais impermeáveis.

Após a conclusão deste dique de partida, o rejeito é lançado à montante da periferia da crista, formando uma praia, a qual será a fonte de material de construção do próximo alteamento. Durante o lançamento, ocorrem segregações granulométricas, ficando a fração grossa depositada próximo ao maciço para servir de suporte ao próximo alteamento. A descarga do rejeito é, geralmente, controlada pelos *spiggotings* (canhões) para assegurar que o rejeito arenoso seja depositado próximo ao dique de partida.

Quando o nível dos rejeitos no reservatório estiver próximo ao máximo, um novo dique é executado – sobre os rejeitos – para a montante do dique do alteamento anterior. Este processo é repetido com alteamentos sucessivos até a elevação final prevista, sendo que o eixo da crista sempre se desloca para montante (figura 1).



Fonte: Vick (1983), modificado.

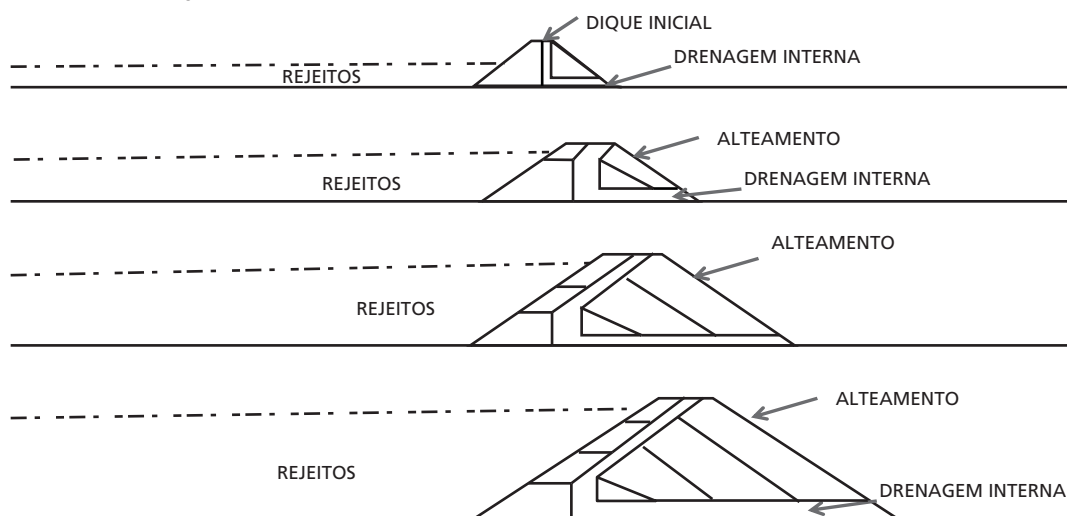
Chammas (1989) apresenta algumas vantagens e desvantagens desse método. As vantagens são o baixo custo, a menor quantidade de materiais e a rapidez dos alteamentos; e as desvantagens são a baixa segurança, a susceptibilidade à liquefação, a limitada altura de alteamentos, as dificuldades na implantação de drenagem interna e a interferência do lançamento de rejeitos com a construção.

O método de jusante (figura 2) consiste no alteamento da barragem para jusante do dique de partida, inicialmente construído, de tal forma que o eixo da crista se mova para jusante. A construção pode ser feita empregando o próprio rejeito, solos de empréstimo ou estéril proveniente da lavra. Quando a barragem é executada com rejeito, ele pode ser separado com emprego de ciclones, de forma que no maciço da barragem seja utilizada apenas a fração grossa.

Esse método representa uma solução mais segura, visto que se pode controlar a qualidade do maciço e a posição da linha freática pela construção de um sistema contínuo de drenagem interna. O risco de ruptura por liquefação e *piping* é bem reduzido.

Chammas (1989) apresenta também algumas vantagens e desvantagens desse método. As vantagens são: resiste a efeitos dinâmicos, escalona a construção sem interferência na segurança, não interfere na operação dos rejeitos, facilita a execução da drenagem interna, aproveita integralmente as técnicas de barragens convencionais e a construção pode obedecer a todas as hipóteses de projeto. A principal desvantagem é o alto custo, relacionado ao grande volume de maciço.

FIGURA 2
Método de jusante

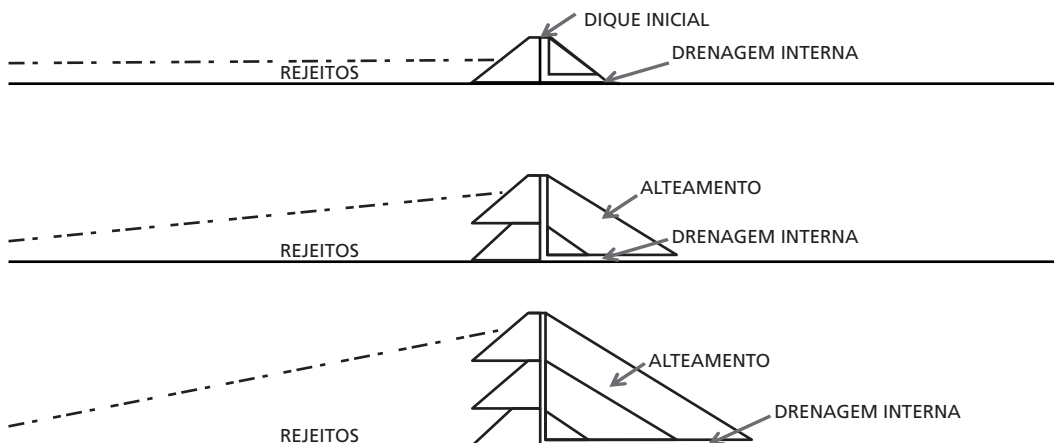


Fonte: Vick (1983), modificado.

Outras vantagens desse método são a possibilidade de controle do nível de água interno e a possibilidade de armazenar grandes volumes de água. Assim, as condições de segurança são boas, e o fato de o material da barragem, nas proximidades do talude, não estar saturado, diminui os riscos de liquefação. As desvantagens ficam por conta de sua viabilidade técnica e econômica. Devido ao grande volume de material que deve ser depositado mecanicamente, e também ao fato de estruturas drenantes serem incorporadas, o custo da execução dos alteamentos é alto.

O método da linha de centro (figura 3) é geometricamente uma solução intermediária entre o método de jusante e o de montante, embora seu comportamento estrutural se aproxime mais do método de jusante. A princípio é construído um dique de partida e o rejeito é lançado perifericamente a montante dele, formando uma praia. O alteamento subsequente é construído lançando aterro sobre o limite da praia e no talude de jusante do maciço de partida, sendo o eixo da crista do dique de partida e dos alteamentos subsequentes coincidentes.

FIGURA 3
Método da linha de centro



Fonte: Vick (1983), modificado.

O material para alteamento do maciço pode vir de empréstimo, decape da mina, estéril, ou *underflow* de ciclones. Este método torna possível um controle da linha freática no talude de jusante do maciço, não sendo crítica a localização do nível de água de montante como no método de montante. Chammas (1989) cita algumas vantagens e desvantagens do método. As vantagens são facilidade construtiva e eixo constante, enquanto as desvantagens são baixa economia e escorregamentos potenciais. É muito importante que o rejeito não fique fofo e saturado de forma a comprometer a estabilidade de todo o maciço da barragem. Na realidade, este método apresenta vantagens dos dois métodos anteriores e tenta minimizar suas desvantagens.

Como exposto, barragens de rejeitos representam um sério risco se não forem adequadamente planejadas, operadas e mantidas. Em 2009, o estado de Minas Gerais possuía 600 barragens sendo 500 do setor de mineração. Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), existiam nesta época 62 barragens de rejeitos e resíduos em empreendimentos industriais e minerários que apresentavam risco e necessitavam de intervenções para melhorar a estabilidade (Ibram, 2009). A importância do tema é de tal ordem que, em 2010, foi sancionada a Lei nº 12.334, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. A lei se aplica tanto às barragens destinadas à acumulação de água quanto para a disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. A lei criou, ainda, o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). De acordo com a lei, cabe à Agência Nacional de Águas (ANA) a tarefa de organizar, implantar e gerir o SNISB. Além disso, a ANA deve promover a articulação entre órgãos fiscalizadores das barragens e coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens, a ser encaminhado anualmente ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030 (Brasil, 2010), os bens minerais formam a base de importantes cadeias produtivas que contribuem para o desenvolvimento do país. Por sua vez, o aproveitamento desta riqueza deve acontecer considerando os princípios da sustentabilidade ambiental, ou seja, levando em conta as necessidades da atual e das futuras gerações. Nesse sentido, o PNM 2030 identifica como um de seus onze objetivos estratégicos, o da *Produção Sustentável*, com importantes ações, entre as quais se destacam, pela relevância, a questão dos resíduos sólidos e suas implicações para o meio ambiente e a saúde humana:

- articulação interministerial entre MME, Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), Ministério da Saúde (MS) e entidades empresariais e dos trabalhadores do setor mineral para aprimorar os programas de saúde e segurança ocupacional;
- apoio a medidas de acompanhamento, fiscalização e controle de barragens da mineração;
- promoção de inventário sobre minas abandonadas ou órfãs em todo o território nacional, objetivando criar um programa nacional para as áreas impactadas; e
- desenvolvimento de programas de incentivo a reciclagem, reúso e reaproveitamento dos materiais provenientes de recursos minerais.

Além dessas, outras ações importantes com vistas a promover a sustentabilidade do setor de mineração são identificadas:

- medidas de apoio e incentivo à utilização mais eficiente dos recursos hídricos nos processos produtivos, incluindo o tratamento de efluentes e o aumento da recirculação da água, com levantamentos periódicos sobre o uso de água na indústria mineral;
- apoio e incentivo à produção mais eficiente, com uso das melhores técnicas disponíveis, na lavra, no beneficiamento e na transformação mineral; e
- apoio e incentivo ao uso de biomassa oriunda de produção sustentável na fabricação, por exemplo, de ferro gusa, ferro-ligas, cerâmicas e cimento.

No caso do desenvolvimento de programas de incentivo a reciclagem, reúso e reaproveitamento dos materiais provenientes de recursos minerais, o Plano Nacional de Mineração 2030 explicita:

o setor mineral deve estabelecer uma clara diretriz quanto à reciclagem de metais e de outros minérios, considerando-se a entrada em vigor da Lei nº 12.305 de 12 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta lei responsabiliza todos os elos das cadeias produtivas de grandes, médias e pequenas empresas sobre o processo de coleta, destino, reciclagem e restituição dos descartes sólidos, incluídos aí os eletroeletrônicos. A lei, quando regulamentada, intensificará a logística reversa, também chamada de logística “verde”, e ampliará as atividades de reciclagem no país.

Como se verifica, existe uma forte relação entre as ações previstas no objetivo estratégico *Produção sustentável* do PNM 2030, os preceitos da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e outras normativas, como a supracitada Lei nº 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (apêndice B). Esta articulação entre as normas deve, então, materializar-se nas ações, nos programas, nos projetos e nas metas previstas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos para o setor de mineração. Com relação aos rejeitos da mineração de substâncias não energéticas, tema deste diagnóstico, destacam-se, entre os instrumentos previstos na PNRS, e que devem ser implementados, aqueles que estabelecem a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos e a realização de inventários.

Conforme a PNRS, o plano de gerenciamento de resíduos sólidos deve conter, entre outras informações: *i*) descrição do empreendimento ou atividade; *ii*) diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados; *iii*) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos; *iv*) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador; *v*) ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes; *vi*) metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos; *vii*) medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos; e *viii*) periodicidade de sua revisão. Destaca-se, por fim, a necessidade de organização das informações relacionadas à geração e à disposição de resíduos sólidos nas atividades de mineração, o que implica, entre outras medidas, busca de integração entre os órgãos responsáveis pela gestão ambiental e os responsáveis pela gestão dos recursos minerais.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Síntese das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento em 2010**: informe 01/2011. São Paulo: Abirochas, 2011. 14 p. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/9576/Exporta_2010.pdf>.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável**: desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: Cetem/MCT, 2001. Disponível em: <<http://pubs.iied.org/pdfs/G00580.pdf>>.

BERTOLINO, L. C. *et al.* **Zirconita**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2008. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-192-00.pdf>>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM – 2030)**: geologia, mineração e transformação mineral. 2010. 157p. (Texto para consulta pública). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/Plano_Nacional_de_Minerao_2030___Consulta_Publica_10_NOV.pdf>.

CHAMMAS, R. **Notas de aula do curso de barragens de contenção de rejeitos**. Minas Gerais: Departamento de Engenharia Civil; Escola de Minas; UFOP, 1989.

D'AGOSTINHO, L. F. **Praias de barragens de rejeitos de mineração**: características e análise de sedimentação. 2008. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008. 374 p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-13082008132420/publico/Tese_LuizFernandoDAgostino_Praias_de_barragens_de_rejeitos_de_mineracao.pdf>.

DIAS, E. G.; LAJOLO, R. D. O meio ambiente na produção de fertilizantes fosfatados no Brasil. *In*: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2010. p. 105-124. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/agrominerais/novolivro/cap6.pdf>>.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1997. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1998. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1999. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2002. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2003. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2004. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2005. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2006. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2007. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

FARIAS, J. O. G. **Perfil da mineração de caulim**. Relatório técnico nº 39 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 61 p. Disponível em <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P28_RT39_Perfil_do_Caulim.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de cobre**. Relatório técnico nº 23 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 80 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P14_RT23_Perfil_da_Minerao_de_Cobre.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de níquel**. Relatório técnico nº 24 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009c. 55 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P15_RT24_Perfil_da_Minerao_de_Niquel.pdf>.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário de resíduos sólidos industriais e minerários** – Minas Gerais, ano-base 2008. Belo Horizonte, Minas Gerais: Feam, 2010. 104 p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/INVENTARIO/inventarioindustrial2009/inventario%202009_versao2.pdf>.

FERRAZ, F. **Aperfeiçoamento técnico dos serviços de engenharia em atividades de mineração**: 2º trabalho, 3º relatório, disposição de rejeitos. Belo Horizonte, 1992. 62 p.

_____. **Inventário de resíduos sólidos industriais e minerários** – Minas Gerais, ano-base 2009. Belo Horizonte: Feam, 2010. 105p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/Flavia/inventrio_2010_ano_base_2009_verso_final_1.pdf>.

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Indústria da mineração** – Informativo do Instituto Brasileiro de Mineração, ano 4, n. 25, maio/jun. 2009. Brasília: Ibram, 2009. 20 p. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000229.pdf>>.

_____. **Informações e análises da econômica mineral brasileira** – 2010. 5. ed. Brasília: Ibram, 2011. 28 p. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001157.pdf>>.

KULAIF, Y. **Perfil da mineração do fosfato**. Relatório técnico nº 53 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 55 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P29_RT53_Perfil_do_Fosfato.pdf>.

LIMA, J. M. G. **Perfil da mineração de estanho**. Relatório técnico nº 27 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 30 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P18_RT27_Perfil_da_Minerao_do_Estanho.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de nióbio**. Relatório técnico nº 20 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2010. 49 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT20_Perfil_da_Minerao_do_Nixbio.pdf>.

LOBATO, E. **Perfil da mineração de zirconita**. Relatório técnico nº 49 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 33 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P28_RT49_Perfil_da_Zirconita.pdf>.

NETO, H. A. **Perfil da mineração de ouro**. Relatório técnico nº 28 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 50 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P19_RT28_Perfil_do_Ouro.pdf>.

NEVES, C. A. R.; SILVA, L. R. **Universo da mineração brasileira**. Brasília: DNPM/MME, 2007. 83 p. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=2102>.

QUARESMA, L. F. **Perfil da mineração de bauxita**. Relatório técnico nº 22 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 40 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT22_Perfil_da_Minerao_de_Bauxita.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de ferro**. Relatório técnico nº 18 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 63 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P09_RT18_Perfil_da_Minerao_de_Ferro.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de manganês**. Relatório técnico nº 19 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto ESTAL. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009c. 40 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT19_Perfil_da_minerao_de_manganxs.pdf>.

SANTOS, J. F. **Perfil da mineração de zinco**. Relatório técnico nº 25 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 33 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P16_RT25_Perfil_do_Minxrio_de_Zinco.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de titânio**. Relatório técnico nº 36 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 29 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P16_RT36Perfil_do_Titxnio.pdf>.

SILVA, J. O. **Perfil da mineração do calcário**. Relatório técnico nº 38 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 56 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P27_RT38_Perfil_do_Calcxrio.pdf>.

VICK, S. G. **Planning, design and analysis of tailings dams**. New York: Wiley International, 1983.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

LACERDA, L. D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais versus garimpo de ouro. **Química Nova**, v. 20, n. 2, p. 196-199, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v20n2/4934.pdf>>.

RODRIGUES, A. F. S. Estanho. *In*: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Economia mineral do Brasil de 2009**. Brasília, 2009. p. 236-257. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3983>.

APÊNDICE A

1 INTRODUÇÃO

1.1 Métodos

Os dados e as informações utilizados para estimar a geração de rejeitos foram aqueles disponibilizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), órgão responsável pela gestão dos recursos minerais no país. Para o cálculo da produção de rejeitos no decênio 1996-2005, foram utilizadas as informações contidas nos anuários minerais (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006), complementadas, quando necessário, com dados do Sumário Mineral Brasileiro. Esta abordagem metodológica é a mesma adotada por D'Agostinho (2008), e considera a produção de rejeitos (em toneladas) como a diferença entre a produção bruta¹ (em toneladas) e a produção beneficiada² (em toneladas) das substâncias minerais:

$$\text{Quantidade de rejeitos (t)} = \text{Produção bruta (t)} - \text{Produção beneficiada (t)}$$

Conforme D'Agostinho (2008) menciona, embora a informação gerada sobre a quantidade de rejeitos seja generalista, uma vez que contabiliza o volume de rejeitos sem considerar as características locais das lavras e seus depósitos, esta serve como referência dos volumes totais de rejeitos produzidos por cada substância. A partir da mesma abordagem, é possível calcular, também, a proporção de rejeitos gerados para cada substância:

$$\text{Proporção de rejeitos} = \frac{\text{Produção bruta} - \text{Produção beneficiada}}{\text{Produção bruta}}$$

A tabela A.1 apresenta a proporção média de rejeitos calculada, com base no Anuário Mineral Brasileiro para o decênio 1996-2005, das quatorze substâncias minerais utilizadas neste diagnóstico. Por meio das proporções, verifica-se que para várias substâncias, praticamente toda a massa da produção se constitui em rejeito, por exemplo, ouro, estanho, zircônio, titânio, níquel, cobre e nióbio.

TABELA A.1
Proporção média de rejeitos das substâncias minerais utilizadas no diagnóstico

Substância	Proporção de rejeito
Ferro	0,271
Calcário	0,112
Titânio	0,993
Fosfato/rocha fosfática	0,834
Alumínio (bauxita)	0,330
Ouro	1,000

(Continua)

1. Quantidade de minério bruto produzido no ano, obtido diretamente da mina, sem sofrer qualquer tipo de beneficiamento (DNPM, 2006).

2. Produção anual das usinas de beneficiamento ou tratamento, que são instalações que realizam os seguintes processos aos minérios: i) de beneficiamento, por meio de fragmentação, pulverização, classificação, concentração – inclusive por separação magnética e flotação –, homogeneização, desaguamento – inclusive secagem, desidratação e filtragem – e levigação; ii) de aglomeração, por meio de briquetagem, nodulação, sinterização e pelotização; e iii) de beneficiamento, ainda que exijam adição de outras substâncias, desde que não resulte modificação essencial na identidade das substâncias minerais processadas (DNPM, 2006).

(Continuação)

Substância	Proporção de rejeito
Estanho	0,998
Cobre	0,977
Zircônio	0,998
Nióbio	0,972
Caulim	0,580
Manganês	0,327
Níquel	0,984
Zinco	0,798

Fonte: Anuário Mineral do Brasil (DNPM, 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006).
Elaboração própria.

Com relação à elaboração do cenário da produção de rejeitos para o período 2010-2030, foram utilizados, como principal fonte de informações, relatórios produzidos pelo Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia (Projeto Estal), do Ministério de Minas e Energia (MTE). Tais relatórios subsidiaram a elaboração do Plano Nacional de Mineração 2030.³ Entre outras informações, tais relatórios fornecem cenários, no período 2010-2030, da produção – bruta, beneficiada ou comercializada –, consumo e/ou demanda das substâncias selecionadas, permitindo, portanto, estimar a geração de rejeitos (Farias, 2009a; 2009b; 2009c; Kulaif, 2009; Lima, 2009; 2010; Lobato, 2009; Neto, 2009; Quaresma, 2009a; 2009b; 2009c; Santos, 2009a; 2009b; e Silva, 2009). Devido às abordagens diferenciadas entre os relatórios com relação às variáveis projetadas nos cenários elaborados para as substâncias minerais foi necessário converter os dados projetados, de maneira a permitir o cálculo da quantidade de rejeitos (tabela A.2). De modo geral, foram calculadas a partir das informações contidas nos relatórios, a produção bruta e a beneficiada para o período 2010-2030, e da subtração das duas variáveis, a quantidade de rejeitos gerados.

Quatro dos relatórios, Lobato (2009) para o zircônio; Quaresma (2009a), para a bauxita; Quaresma (2009b), para o ferro; e Quaresma (2009c), para o manganês, apresentaram apenas um cenário para as substâncias, considerando, por exemplo, o aumento da produção prevista pelas empresas mineradoras (Quaresma, 2009b) ou o crescimento da produção a partir dos dados disponíveis (Lobato, 2009). Para as demais substâncias os autores elaboraram três cenários, um de caráter pessimista, um de caráter intermediário e o último de caráter otimista, considerando um conjunto de parâmetros econômicos. Por exemplo, no caso do caulim, os cenários macroeconômicos foram: *i*) cenário frágil – produto interno bruto (PIB) crescendo a uma taxa correspondente a 75% do crescimento médio histórico; *ii*) cenário vigoroso – PIB crescendo a uma taxa correspondente a 100% da taxa de crescimento médio histórico; e *iii*) cenário inovador – PIB crescendo a uma taxa equivalente a 125% do crescimento médio histórico (Farias, 2009a). Nestes casos, os valores utilizados para o cálculo da geração de rejeitos foram aqueles correspondentes ao cenário intermediário apresentado nos relatórios.

3. Para mais detalhes sobre o Plano Nacional de Mineração 2030 e os relatórios que o subsidiaram, ver: <http://www.mme.gov.br/sgm/menu/relatorios_plano_nacional_mineral.html>.

TABELA A.2
Cenários propostos para as quatorze substâncias que compõem este diagnóstico

Ano	Substâncias													
	Ferro ¹	Calcário ³	Titânio ⁷	Fosfato ⁷	Bauxita ⁴	Ouro ²	Estanho ⁵	Cobre ⁶	Zircônio ⁷	Nióbio ⁶	Caulim ¹	Manganês ⁴	Níquel ⁷	Zinco ⁷
2010	344.000	122.626	97	8.998	37.840	67	14	240	47	77	2.500	4.472	81	232
2011	374.000	125.206	101	8.998	40.073	69	14	240	50	77	2.500	4.656	175	242
2012	404.000	127.839	101	10.846	42.437	72	14	240	52	78	2.500	4.847	224	242
2013	488.000	130.528	101	10.846	44.941	74	14	240	55	79	2.500	5.045	221	242
2014	577.000	133.273	101	10.846	47.593	76	15	240	57	80	2.500	5.252	217	242
2015	595.000	136.076	118	10.846	50.401	78	15	270	59	82	2.900	5.468	216	282
2016	608.000	139.168	118	12.646	53.374	81	15	270	62	84	2.900	5.692	216	282
2017	620.000	142.330	118	12.646	56.523	83	15	270	64	86	2.900	5.925	216	282
2018	626.000	145.564	118	12.646	59.858	86	15	270	66	89	2.900	6.168	216	282
2019	636.000	148.871	141	12.646	63.390	89	15	270	69	91	2.900	6.421	216	336
2020	642.000	152.253	141	13.821	67.130	92	15	270	71	94	3.300	6.684	216	336
2021	654.000	155.968	141	13.821	71.091	94	16	270	74	97	3.300	6.958	216	336
2022	661.000	159.774	141	13.821	75.285	97	16	270	76	101	3.300	7.244	216	336
2023	667.000	163.673	171	13.821	79.727	100	16	270	78	104	3.300	7.541	216	407
2024	673.000	167.667	171	14.532	84.431	104	16	270	81	108	3.300	7.850	216	407
2025	681.000	171.758	171	14.532	89.412	107	16	270	83	112	3.700	8.172	216	407
2026	688.000	175.949	171	14.532	94.687	110	16	270	85	116	3.700	8.507	199	407
2027	695.000	180.243	208	14.532	100.274	114	16	270	88	121	3.700	8.855	189	494
2028	703.000	184.641	208	17.675	106.190	117	17	270	90	125	3.700	9.218	189	494
2029	711.000	189.146	208	17.675	112.455	121	17	270	93	130	3.700	9.596	189	494
2030	718.000	193.762	240	17.675	119.630	125	17	270	95	135	3.700	9.714	189	572

Fonte: Farias (2009a; 2009b; 2009c), Kulaif (2009), Lima (2009; 2010), Lobato (2009), Neto (2009), Quaresma (2009a; 2009b; 2009c), Santos (2009a; 2009b) e Silva (2009).

Notas:¹ Ferro e caulim: produção beneficiada (em 1 mil t).

² Ouro: produção beneficiada (em t).

³ Calcário: produção comercializada (em 1 mil t).

⁴ Bauxita e manganês: produção bruta (em 1 mil t).

⁵ Estanho: demanda (em 1 mil t).

⁶ Cobre e nióbio: produção beneficiada comercializada (em 1 mil t).

⁷ Fosfato, níquel, zinco, titânio e zircônio: consumo aparente (em 1 mil t).

Obs.: as unidades variam entre as substâncias.

APÊNDICE B

LEGISLAÇÃO RELACIONADA A RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR DE MINERAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a mineração, de um modo geral, está submetida a um conjunto de regulamentações, em que cada nível de poder possui atribuições no que diz respeito à mineração e ao meio ambiente. Em instância máxima, ou seja, no nível federal, os órgãos que têm a responsabilidade de definir as diretrizes, os objetivos e as regulamentações, bem como atuar na concessão, na fiscalização e no cumprimento da legislação mineral e ambiental para o aproveitamento dos recursos minerais são os seguintes: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Agência Nacional de Águas (ANA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

2 ASPECTOS CONSTITUCIONAIS

A seguir, são apresentados os principais artigos que constituem o arcabouço legal contido na Constituição Federal de 1988. Estes artigos fazem menção tanto a questões relativas ao meio ambiente quanto ao arcabouço relativo ao setor mineral no Brasil (quadro B.1).

QUADRO B.1

Aspectos constitucionais relacionados à questão ambiental no setor mineral

Artigo	Inciso	Ementa
20	IX	Define que são bens da União “os recursos minerais, inclusive os do subsolo”. Parágrafo 1º – É assegurada, nos termos da lei, aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por esta exploração.
21	XXV	Estabelece áreas e condições para o exercício da atividade de garimpagem, em forma associativa.
22	XII	Estabelece que compete privativamente à União legislar sobre “jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia”.
24	VI	Compete à União, aos estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição.
49	XVI	Compete exclusivamente ao Congresso Nacional autorizar, em terras indígenas, a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos e a pesquisa e lavra de riquezas minerais.
153	-	Compete à União instituir impostos sobre: Parágrafo 5º – O ouro, quando definido em lei como ativo financeiro ou instrumento cambial, se sujeita exclusivamente à incidência do imposto de que trata o inciso V do caput deste Artigo, devido na operação de origem; a alíquota mínima será de um por cento, assegurada a transferência do montante da arrecadação nos seguintes termos: I - trinta por cento para o estado, o Distrito Federal ou o território, conforme a origem; II - setenta por cento para o município de origem.
155	-	Compete aos estados e ao Distrito Federal instituir impostos sobre: Parágrafo 3º – À exceção dos impostos de que trata o inciso II, do caput deste Artigo e o Artigo 153, incisos I e II nenhum outro tributo poderá incidir sobre operações relativas à energia elétrica, aos serviços de telecomunicações, aos derivados de petróleo, aos combustíveis e aos minerais do país.
171	-	Revogado pelo Artigo 3º da Emenda Constitucional (EC) nº 6, de 15 de agosto de 1995, DOU de 16 de agosto de 1995.
174	-	Como agente normativo e regulador da atividade econômica, o Estado exercerá, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, sendo este determinante para o setor público e indicativo para o setor privado. Parágrafo 3º – O Estado favorecerá a organização da atividade garimpeira em cooperativas, levando em conta a proteção do meio ambiente e a promoção econômico-social dos garimpeiros. Parágrafo 4º – As cooperativas a que se refere o parágrafo anterior terão prioridade na autorização ou concessão para pesquisa e lavra dos recursos e das jazidas de minerais garimpáveis, nas áreas onde estejam atuando, e naquelas fixadas de acordo com o Artigo 21, inciso XXV, na forma da lei.

(Continua)

(Continuação)

Artigo	Inciso	Ementa
176	-	As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra. Parágrafo 1º – A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o caput deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenha sua sede e administração no país, na forma da lei, que estabelecerá as condições específicas quando estas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas. Parágrafo 2º – É assegurada participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que dispuser a lei. Parágrafo 3º – A autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado, e as autorizações e concessões previstas neste artigo não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem prévia anuência do poder concedente.
177	I, II, III, IV, V	Constituem monopólio da União: I – a pesquisa e a lavra das jazidas de petróleo e gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos; II – a importação do petróleo nacional ou estrangeiro; III – a importação e a exportação dos produtos e derivados básicos resultantes das atividades previstas nos incisos anteriores; IV – o transporte marítimo do petróleo bruto de origem nacional ou de derivados de petróleo produzidos no país, bem como o transporte, por meio de conduto, de petróleo bruto, seus derivados e gás natural de qualquer origem; V – a pesquisa, a lavra, o enriquecimento, o reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios e minerais nucleares e seus derivados. Parágrafo 1º – O monopólio previsto neste artigo inclui os riscos e os resultados decorrentes das atividades nele mencionadas, sendo vedado à União ceder ou conceder qualquer tipo de participação, em espécie ou em valor, na exploração de jazidas de petróleo ou gás natural, ressalvado o disposto no Artigo 20, parágrafo 1º. Parágrafo 2º – A lei disporá sobre o transporte e a utilização de materiais radioativos no território nacional.
225	-	Capítulo do Meio Ambiente: Estabelece que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e as futuras gerações”. No parágrafo 1º, inciso IV, este artigo incumbe ao poder público “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”. No parágrafo 2º, determina-se que “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. Com relação às sanções penais, o parágrafo 3º estabeleceu que “as condutas e as atividades lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar o dano”. O parágrafo 4º estabeleceu que “A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional”.
231	III	Estabelece que “a pesquisa e a lavra de riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivadas com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei”.

Elaboração dos autores.

2.1 Leis e decretos federais

No quadro B.2, é apresentada a legislação federal relacionada ao meio ambiente no setor mineral.

QUADRO B.2

Legislação federal relacionada ao meio ambiente no setor mineral

Lei/decreto	Data	Ementa
Decreto-Lei nº 3.365	21/6/1941	Dispõe sobre desapropriação por utilidade pública –define mineração como de “utilidade pública”.
Decreto-Lei nº 7841	8/8/1945	Estabelece o Código de Águas Minerais.
Lei nº 3.824	13/11/1960	Torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas e lagos artificiais.
Lei nº 4.717	29/06/1965	Regula a ação popular.
Lei nº 227	28/02/1967	Estabelece o Código de Mineração.
Decreto nº 62.934	2/4/1968	Aprova o Regulamento do Código de Mineração.
Decreto nº 66.404	1º/4/1970	Acrescenta item ao Artigo 49 do Regulamento do Código de Mineração.
Decreto nº 69.885	31/12/1971	Dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao ativo das empresas de mineração e dá outras providências.
Lei nº 6.403	15/12/1976	Modifica dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28/2/1967.
Lei nº 6.567	24/9/1978	Dispõe sobre o regime especial para a exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências (Regime de licenciamento).
Lei nº 6.634	2/5/1979	Dispõe sobre a faixa de fronteira (Artigo 2, item a).
Lei nº 6.726	21/11/1979	Modifica o parágrafo único, do Artigo 27 do Decreto-lei nº 7.841, de 8/8/1945 (Código de Águas Minerais).
Decreto nº 85.064	26/8/1980	Regulamenta a Lei nº 6.634, de 2 de maio de 1979, que dispõe sobre a faixa de fronteira.
Lei nº 6.938	31/8/1981	Estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente.
Lei nº 7.085	21/12/1982	Modifica dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 fevereiro de 1967 – Código de Mineração, com alterações posteriores.
Decreto nº 88.351	1º/6/1983	Estabelece o Sistema Nacional de Meio Ambiente.
Decreto nº 88.814	4/10/1983	Altera Dispositivos do Regulamento do Código de Mineração aprovado pelo Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968.

(Continua)

(Continuação)

Lei/decreto	Data	Ementa
Decreto nº 89.404	24/2/1984	Constitui reserva nacional de cobre e seus associados para a área que menciona, no estado do Pará e no território federal do Amapá, e dá outras providências.
Lei nº 7.194	11/6/1984	Autoriza a inclusão de recursos nos orçamentos da União e dá outras providências (Garimpo de Serra Pelada).
Lei nº 7.347	24/7/1985	Disciplina as ações civis públicas por danos ao meio ambiente
Decreto nº 92.107	10/12/1985	Altera o Decreto nº 89.904, de 24 de fevereiro de 1985, que constitui reserva nacional de cobre e seus associados à área que menciona, no estado do Pará e no território federal do Amapá.
Decreto nº 95.002	5/10/1987	Modifica dispositivos do Regulamento do Código de Mineração, aprovado pelo Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968.
Decreto nº 95.733	12/2/1988	Estabelece que, identificados os efeitos negativos de natureza ambiental, cultural e social, serão incluídos no orçamento dos projetos e das obras federais a destinação de no mínimo 1% deste para a prevenção ou correção desses efeitos.
Decreto nº 96.044	18/5/1988	Aprova o regulamento para transporte rodoviário de produtos perigosos.
Decreto nº 97.507	13/2/1989	Dispõe sobre o licenciamento de atividade mineral, o uso do mercúrio metálico e do cianeto em áreas de extração de ouro, e dá outras providências.
Lei nº 7.735	22/2/1989	Cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).
Decreto nº 97.632	10/4/1989	Dispõe sobre Plano de recuperação de área degradada pela mineração.
Lei nº 7.804	18/7/1989	Estabelece competências do Conama para apreciação de EIA/RIMA de atividades de significativa degradação ambiental nas áreas consideradas patrimônio nacional pela Constituição Federal e do Ibama para o licenciamento de obras ou atividades com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional.
Lei nº 7.805	18/7/1989	Estabelece o regime de permissão de lavra garimpeira.
Decreto nº 98.812	9/1/1990	Regulamenta a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e dá outras providências.
Decreto nº 98.830	15/01/90	Dispõe sobre a coleta, por estrangeiros de dados e materiais científicos no Brasil, e dá outras providências.
Decreto nº 98.973	21/2/1990	Aprova o regulamento para transporte ferroviário de produtos perigosos.
Decreto nº 99.274	6/6/1990	Reformula o Decreto nº 88.351 de 1/6/1983, regulamenta a Lei nº 6.938/1981 que estabelece o Sistema Nacional de Meio Ambiente e o Sistema de Licenciamento Ambiental.
Decreto nº 99.556	1º/10/1990	Dispõe sobre a proteção de cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.
Decreto nº 78	5/4/1991	Aprova a estrutura regimental do Ibama.
Decreto nº 1.205	1º/8/1994	Aprova a estrutura regimental do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal.
Decreto nº 1.324	2/12/1994	Institui como Autarquia o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), aprova sua estrutura regimental e dá outras providências.
Decreto de 26/12/1994	26/12/1994	Constitui a Comissão Nacional de Recursos Minerais (CNRM).
Lei nº 9.055	1º/6/1995	Disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte de asbesto/amiante e dos produtos que o contenham.
Lei nº 9.314	14/11/1996	Reformula o Código de Mineração (Lei 227, de 28/02/67).
Decreto nº 2.350	15/10/1997	Regulamenta a lei nº 9.055, de 1º de junho de 1995 e dá outras providências.
Decreto nº 64	5/11/1997	Aprova o texto do Acordo Constitutivo da Associação dos Países produtores de Estanho (ATPC).
Lei nº 9.605	12/2/1998	Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente ("Lei de crimes ambientais").
Decreto nº 2.783	17/9/1998	Dispõe sobre a proibição de aquisição de produtos ou equipamentos que contenham ou façam uso de substâncias que destruam a camada de ozônio.
Decreto nº 182	15/12/1999	Aprova o texto do Acordo de Sede celebrado entre o governo da República Federativa do Brasil e a Associação dos Países Produtores de Estanho, em Brasília, em 27 de maio de 1999.
Decreto nº 3.358	2/2/2000	Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999.
Decreto nº 3.866	16/7/2001	Regulamenta o inciso II-A, do parágrafo 2º, do Artigo 2º, da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, e a Lei nº 9.993, de 24 de julho de 2000, no que destina recursos da compensação financeira pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia.
Decreto nº 4.356	2/9/2002	Dispõe sobre o remanejamento de Funções Comissionadas Técnicas (FCT) para o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).
Decreto nº 207	11/9/2002	Dispõe sobre o garimpo de Serra Pelada.
Decreto nº 4.640	21/3/2003	Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão e das funções gratificadas do DNPM e dá outras providências.
Decreto 17/9/2004	17/9/2004	Cria grupo operacional para coibir a exploração mineral em terras indígenas, e dá outras providências.
Decreto nº 5.267	9/11/2004	Aprova a estrutura regimental e quadro demonstrativo dos cargos em comissão e das funções gratificadas do Ministério e Minas e Energia, e dá outras providências.
Decreto nº 5.616	13/12/2005	Regulamenta a Gratificação de Desempenho de Atividade de Recursos Minerais (GDARM) e a Gratificação de Desempenho de Atividades de Produção Mineral (GDAPM) de que trata a Lei nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004.
Decreto nº 30	22/2/2006	Aprova o texto dos termos de referência e regras de procedimento do Grupo Internacional de Estudos do Níquel (Gien).

(Continua)

(Continuação)

Lei/decreto	Data	Ementa
Decreto 19/4/2007	19/4/2007	Cria grupo de trabalho interministerial com o objetivo de promover a regularização da atividade de extração de ouro e sua sustentabilidade ambiental, social e econômica na região do garimpo de Eldorado do Juma, no município de Novo Aripuanã, estado do Amazonas, e dá outras providências.
Decreto nº 6.270	22/11/2007	Promulga a Convenção nº 176 e a Recomendação nº 183 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre segurança e saúde nas minas, adotadas em Genebra, em 22 de junho de 1995, pela 85ª Sessão da Conferência Internacional do Trabalho.
Decreto nº 282	23/10/2007	Aprova o texto dos termos de referência e regras de procedimento do Grupo Internacional de Estudos do Chumbo e Zinco (GIECZ).
Lei nº 11.685	2/6/2008	Institui o Estatuto do Garimpeiro e dá outras providências.
Decreto nº 650	25/9/2009	Aprova o texto dos termos de referência e regras de procedimento do Grupo Internacional de Estudos sobre o Cobre (GIEC).
Lei nº 12.087	11/11/2009	Aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios, no exercício de 2009, com o objetivo de fomentar as exportações do país, e sobre a participação da União em fundos garantidores de risco de crédito para micro, pequenas e médias empresas e para produtores rurais e suas cooperativas; e altera as Leis nºs 11.491, de 20 de junho de 2007, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 8.001, de 13 de março de 1990.
Decreto nº 7.092	2/2/2010	Aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão, das funções gratificadas e das funções comissionadas do DNPM, e dá outras providências.
Decreto nº 7.117	23/2/2010	Dá nova redação ao parágrafo único do Artigo 4º do Decreto nº 7.092, de 2 de fevereiro de 2010, que aprova a estrutura regimental e o quadro demonstrativo dos cargos em comissão, das funções gratificadas e das funções comissionadas do DNPM.
Lei nº 12.269	21/6/2010	Dispõe sobre a tabela de valor do ponto da Gratificação de Desempenho de Atividades Administrativas do DNPM (GDADNPM), e da Gratificação de Desempenho de Atividades Administrativas do Plano Especial de Cargos do DNPM (GDAPDNPM), de que trata a Lei nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004.
Lei nº 12.305	2/8/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Lei nº 12.334	20/9/2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do Artigo 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do Artigo 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

Elaboração dos autores.

2.2 Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos

No quadro B.3, são apresentadas as resoluções do Conama e do CNRH relacionadas ao meio ambiente no setor mineral.

QUADRO B.3

Resoluções do Conama relacionadas ao meio ambiente no setor mineral

Resolução	Ementa
Nº 01/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para os relatórios de impacto ambiental.
Nº 1A/1986	Dispõe sobre transporte de produtos perigosos.
Nº 06/1986	Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento.
Nº 09/1987	Dispõe sobre a realização de audiência pública.
Nº 01/1988	Estabelece critérios e procedimentos básicos para implementação do Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental, previsto na Lei nº 6.938/1981.
Nº 02/1988	Proíbe qualquer atividade que possa pôr em risco a integridade de áreas de relevante interesse ecológico (Aries).
Nº 10/1988	Estabelece as normas para Áreas de Proteção Ambiental (APAs).
Nº 05/1989	Institui Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (Pronar).
Nº 01/1990	Estabelece critérios e padrões para emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais.
Nº 03/1990	Estabelece padrões primários e secundários de qualidade do ar.
Nº 08/1990	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar, previstos no Pronar.
Nº 09/1990	Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral das classes I a IX, exceto a classe II.
Nº 10/1990	Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral da classe II.
Nº 10/1993	Dispõe sobre os Artigos 3º, 6º e 7º do Decreto nº 750/1993 sobre parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica.

(Continua)

(Continuação)

Resolução	Ementa
Nº 02/1996	Dispõe sobre a compensação ambiental, à razão de 0,5% do valor do investimento total.
Nº 237/1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente, inclusive estabelecendo as competências de licenciamento do Ibama e dos órgãos estaduais de meio ambiente.
Nº 29/2002 CNRH	Define diretrizes para a outorga de uso dos recursos hídricos para o aproveitamento dos recursos minerais.
Nº 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
Nº 396/2008	Dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Nº 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por estas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Elaboração dos autores.

2.3 Outras portarias e resoluções federais

No quadro B.4, são apresentadas portarias e resoluções dos órgãos federais, Ministério dos Transportes, DNPM e Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), relacionadas ao meio ambiente no setor mineral.

QUADRO B.4

Portarias e resoluções de outros órgãos federais relacionadas ao meio ambiente no setor mineral

Portaria	Ementa
Nº 204/1997 Ministério dos Transportes	Estabelece normas para transporte de produtos perigosos e o sistema de classificação de produtos perigosos.
Nº 10/1991 DNPM	Estabelece normas para outorga de permissão de lavra garimpeira.
IN nº 01/2000 DNPM	Estabelece critérios para concessão de guia de utilização para extração mineral na etapa de pesquisa mineral.
Nº 07/1988 IPHAN	Regulamenta os pedidos de permissão e autorização e a comunicação prévia quando do desenvolvimento de pesquisas de campo e escavações arqueológicas.

Elaboração dos autores.

2.4 Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas

No quadro B.5, são apresentadas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas ao meio ambiente no setor mineral.

QUADRO B.5

Normas da ABNT relacionadas ao meio ambiente no setor mineral

Norma	Ementa
17.505-1	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 1: Disposições gerais.
17.505-2	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 2: Armazenamento em tanques e vasos.
17.505-3	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 3: Sistemas de tubulações.
17.505-4	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 4: Armazenamento em recipientes e tanques portáteis.
17.505-5	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 5: Operações.
17.505-6	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 6: Instalações e equipamentos elétricos.
17.505-7	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – Parte 7: Proteção contra incêndio para parques de armazenamento com tanques estacionários.
11.174	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
7.229	Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos (alterada por NBR 13.969).
7.505	Armazenamento de petróleo, seus derivados líquidos e álcool carburante.
9.653 (orig. 1.036)	Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.
9.547	Material particulado em suspensão no ar ambiente. Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume.

(Continua)

(Continuação)

Norma	Ementa
10.004	Classificação de resíduos sólidos.
10.005	Testes de lixiviação em resíduos.
10.006	Testes de solubilização em resíduos.
10.007	Amostragem de resíduos sólidos.
10.151	Acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade Procedimento.
10.152	Nível de ruído para conforto acústico.
11.563 (orig.1.312)	Radioproteção ocupacional nas áreas de pesquisa, mineração e beneficiamento de urânio e tório.
12.020	Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem.
12.649	Caracterização de cargas poluidoras na mineração (parâmetros de monitoramento).
13.028	Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água.
13.029	Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha.
13.030	Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas em mineração.
13.221	Transporte terrestre de resíduos.
13.744	Cianetos – Processo de destruição em efluentes de mineração.
15.495	Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 1: Projeto e construção.
13.896	Aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação.
13.969	Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação (altera NBR 7.229).
Série 14.000	Sistemas de gestão ambiental.
14.062	Arsênio – Processos de remoção em efluentes de mineração.
14.063	Óleos e graxas – Processo de tratamento em efluentes de mineração.
14.247	Sulfetos – Processos de tratamento em efluentes de mineração.
14.343	Bário solúvel – Processo de remoção em efluentes de mineração.
14.569	Zinco – Processo de tratamento em efluentes líquidos.
14.571	Cádmio – Processo de tratamento em efluentes líquidos.
14.572	Chumbo – Processo de tratamento em efluentes líquidos.

Elaboração dos autores.

REFERÊNCIAS

D'AGOSTINHO, L. F. **Praias de barragens de rejeitos de mineração**: características e análise de sedimentação. 2008. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008. 374p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-13082008132420/publico/Tese_LuizFernandoDAgostino_Praias_de_barragens_de_rejeitos_de_mineracao.pdf>.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1997. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1998. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1999. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2000. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2002. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2003. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2004. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2005. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

_____. **Anuário mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 2006. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=66>>.

FARIAS, J. O. G. **Perfil da mineração de caulim**. Relatório técnico nº 39 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 61 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P28_RT39_Perfil_do_Caulim.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de cobre**. Relatório técnico nº 23 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 80 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P14_RT23_Perfil_da_Minerao_de_Cobre.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de níquel**. Relatório técnico nº 24 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009c. 55 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P15_RT24_Perfil_da_Minerao_de_Niquel.pdf>.

KULAIF, Y. **Perfil da mineração do fosfato**. Relatório técnico nº 53 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 55 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P29_RT53_Perfil_do_Fosfato.pdf>.

LIMA, J. M. G. **Perfil da mineração de estanho**. Relatório técnico nº 27 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 30 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P18_RT27_Perfil_da_Minerao_do_Estanho.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de nióbio**. Relatório técnico nº 20 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2010. 49 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT20_Perfil_da_Minerao_do_Nixbio.pdf>.

LOBATO, E. **Perfil da mineração de zirconita**. Relatório técnico nº 49 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 33 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P28_RT49_Perfil_da_Zirconita.pdf>.

NETO, H. A. **Perfil da mineração de ouro**. Relatório técnico nº 28 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 50 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P19_RT28_Perfil_do_Ouro.pdf>.

QUARESMA, L. F. **Perfil da mineração de bauxita**. Relatório técnico nº 22 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 40 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT22_Perfil_da_Minerao_de_Bauxita.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de ferro.** Relatório técnico nº 18 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 63 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P09_RT18_Perfil_da_Minerao_de_Ferro.pdf>.

SANTOS, J. F. **Perfil da mineração de zinco.** Relatório técnico nº 25 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009a. 33 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P16_RT25_Perfil_do_Minxrio_de_Zinco.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de titânio.** Relatório técnico nº 36 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009b. 29 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P16_RT36Perfil_do_Titxnio.pdf>.

SILVA, J. O. **Perfil da mineração do calcário.** Relatório técnico nº 38 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto Estal. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009. 56 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P27_RT38_Perfil_do_Calcxrio.pdf>.

_____. **Perfil da mineração de manganês.** Relatório técnico nº 19 do Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia – Projeto ESTAL. Brasília: SGM/MME; BIRD, 2009c. 40 p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/portalmme/opencms/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P11_RT19_Perfil_da_mineraxo_de_manganxs.pdf>.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

Supervisão

Everson da Silva Moura

Marco Aurélio Dias Pires

Revisão

Andressa Vieira Bueno

Clícia Silveira Rodrigues

Hebert Rocha de Jesus

Idalina Barbara de Castro

Laeticia Jensen Eble

Leonardo Moreira de Souza

Luciana Dias

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Celma Tavares de Oliveira (estagiária)

Patrícia Firmina de Oliveira Figueiredo (estagiária)

Editoração eletrônica

Aline Rodrigues Lima

Andrey Tomimatsu

Danilo Leite de Macedo Tavares

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Leonardo Hideki Higa

Daniella Silva Nogueira (estagiária)

Capa

Andrey Tomimatsu

Livraria

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo

70076-900 – Brasília – DF

Tel.: (61) 3315 5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Composto em Adobe Garamond Pro 11,5/13,8 (texto)
Frutiger 67 Bold Condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Impresso em Offset 90g/m²
Cartão Supremo 250g/m² (capa)
Brasília-DF

Missão do Ipea

Produzir, articular e disseminar conhecimento para aperfeiçoar as políticas públicas e contribuir para o planejamento do desenvolvimento brasileiro.

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

SAE

SECRETARIA DE
ASSUNTOS ESTRATÉGICOS
DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

G O V E R N O F E D E R A L
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA