

## **3**

### **Mineração**

O presente capítulo apresenta uma breve abordagem da mineração, sua origem, a mineração no Brasil, a mineração de ferro e sua importância na economia.

#### **3.1.**

##### **Origem da mineração**

A história da civilização humana está estreitamente associada à exploração dos recursos naturais, atividade exercida pelo homem desde a pré-história, que usava a argila para preparo de artefatos de cerâmica, as rochas duras para a preparação de armas e objetos de corte, bem como ocres minerais para a confecção de pigmentos para utilização, sobretudo em pinturas e inscrições rupestres. Assim, o início da evolução da civilização humana é observado pela necessidade de extração de recursos minerais e sua transformação em um bem útil à sua sobrevivência.

Na antiguidade, os minerais serviam apenas para a fabricação de ferramentas, armas e utensílios, bem como para a realização de obras arquitetônicas, como aquedutos, edificações, etc. A medida e o grau de uma civilização eram dados pelo seu conhecimento e a capacidade de trabalhar os metais.

Um dos antigos métodos de mineração, primeiramente documentado pelos romanos, consistia em acender fogo sobre as rochas que, com o calor intenso, se expandiam e rachavam. Outras técnicas incluem instrumentos como picaretas e marretas, sistemas de bombeamento e ventilação, além de carros de mão.

Somente a partir do século XVIII, com a descoberta da máquina a vapor, ocorreram inovações mais significativas na área de tratamento de minérios. Pela metade do século XIX, em 1864, iniciou-se o emprego do tratamento de minérios como o ouro, cobre e chumbo (LUZ, 1998). Nesta época, a mineração, especialmente do carvão, foi o eixo central para o progresso da tecnologia industrial.

O progresso da técnica da mineração é marcado pelo uso da pólvora e mais pela dinamite, em meados do século XIX, aperfeiçoada com suplementos produzidos no século XX. A evolução das técnicas de perfuração também ampliou a capacidade da atividade de mineração.

O final do século XIX e início do século XX são caracterizados na atividade de mineração como o marco dos grandes desenvolvimentos na área de beneficiamento, tendo a utilização industrial da flotação, na Austrália, em 1905, como a inovação mais importante. Os avanços seguintes foram mais do ponto de vista tecnológicos direcionados ao *design* de equipamentos maiores e mais produtivos (1940 – 1970), à otimização dos processos pela automação e computação (1970 – 1990) e à racionalização do uso de energia (a partir de 1970).

Desde a pré-história os minerais têm fortes relações com a civilização humana, constituindo um grande desafio na sua exploração e beneficiamento. Iniciando pela necessidade de ferramentas, pelos movimentos migratórios na busca fascinante exercida pelo ouro, prata e diamantes, pelo início das primeiras estruturas industriais modernas no mundo ocidental, na Inglaterra e Alemanha, seguindo-se aos Estados Unidos, com a exploração do petróleo e fabricação do aço.

Desta evolução, os bens de capital, sob a forma de grandes equipamentos de mina, materiais ferroviários, dentre outros, para exploração mineral tornaram-se mais expressivos, necessitando assim, de grandes investimentos para a exploração das riquezas minerais e conseqüentemente, a análise da viabilidade econômica das jazidas descobertas.

### **3.2. Mineração no Brasil**

A história do Brasil e a da mineração estão intimamente relacionadas com a busca e o aproveitamento dos seus recursos minerais, que sempre contribuíram para a economia nacional, fazendo parte da ocupação territorial e da história nacional. Souza (2001) afirma que o início da atividade mineral no Brasil se confunde com o próprio processo de colonização do país, pela exploração de riquezas minerais, baseada na escravidão e visando o mercado externo.

No início de nossa colonização, são lavradas ocorrências das diversas substâncias minerais encontradas na superfície do solo, porém, as massas retiradas eram sempre muito pequenas e adotavam-se métodos rudimentares na sua extração. A necessidade de produtos de origem mineral nessa época, ainda era muito pequena. A principal demanda mineral constituía principalmente, de argilas, areia e cascalho para construções.

A mineração no Brasil remonta à época colonial, com a chegada dos portugueses em solo brasileiro no século XVII. No século XVIII ocorreu o primeiro grande incremento mineral ocasionado pela descoberta do ouro, iniciando-se assim, ao surgimento das bases para a constituição do setor mineral brasileiro e colocando o Brasil como o primeiro grande produtor mundial de ouro (BARRETO, 2001).

De acordo com Barreto (2001), o processo de declínio do primeiro ciclo do ouro ocorrido no Século XIX, foi motivado por se acreditar que as jazidas superficiais tinham-se esgotado. Durante este século, inicia-se, sem muito sucesso, um novo ciclo a procura de jazidas primárias de ouro.

A abertura da Mina da Passagem em 1819, em Mariana – MG pelo Barão de Echevege foi motivada para abastecer o Lavador de Capivari em Tubarão, para a produção de carvão metalúrgico e para alimentar os modernos fornos da CSN e também, foi motivo para o surgimento das primeiras minas mais sofisticadas do país, as de ouro como a de Morro Velho.

O segundo ciclo mineral do Brasil inicia-se a partir dos anos 1950, concretizando-se no final da década de 1960. Barreto (2001) afirma que grande parte do atual parque mineral brasileiro foi construída recentemente durante as décadas de 1970 e 1980.

De acordo com Germani (2002), na década de 1950, foi implantada a mina de manganês, no Amapá, e iniciada também a nova fase de modernização das minas de Itabira, já com técnicos brasileiros e americanos, tendo-se introduzido novas técnicas de perfuração e desmonte, o uso de escavadeiras elétricas e caminhões fora de estrada.

O fato marcante na década de 1940 foi a criação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em 1942, sendo considerada pioneira nas décadas de 1960 e seguintes introduzindo novas técnicas de perfuração, escavadeiras e caminhões fora de estrada com capacidades cada vez maiores. A CVRD, hoje intitulada Vale, com seu corpo técnico brasileiro foi pioneira, também, na aplicação de planejamento informatizado, controle de qualidade na lavra, com aplicação de geoestatística, mecânica de rochas aplicadas à estabilidade de taludes, deposição controlada de rejeitos, rebaixamento de lençol freático em minas, transporte de minério e estéril por correias em ambos os sentidos e aproveitamento de minérios de baixo teor.

A primeira experiência de aplicação de método de lavra subterrâneo de alta produtividade com abatimento por subníveis foi feita pela Ferbasa no Oeste Baiano no final dos anos 1970, recebendo a contribuição dos engenheiros de minas finlandeses. Outro exemplo de moderna mina subterrânea, aplicando o método de câmaras e pilares, é a mina de Taquari-Vassouras, implantada pela Petrobrás e assistida por técnicos franceses no início dos anos 1980, estando presentemente arrendada para a CVRD, que a modernizou colocando-a em níveis de produtividade internacional (GERMANI, 2002).

O Brasil está entre as nações com o maior potencial mineral, detém uma posição privilegiada no quadro das reservas mundiais. Dados do Ibram (2012) revelam que em 2012 o Brasil ostentou uma posição expressiva como detentor de grandes reservas minerais, com destaque para o nióbio (98%) como líder mundial e seguido pela tantalita (50%) que ocupa a segunda posição no ranking internacional. Outros minerais, também merecem destaques como o alumínio (bauxita), o estanho, o ferro e o manganês. A tabela 2 apresenta a produção brasileira em 2012 e a posição no ranking de cada mineral mundialmente.

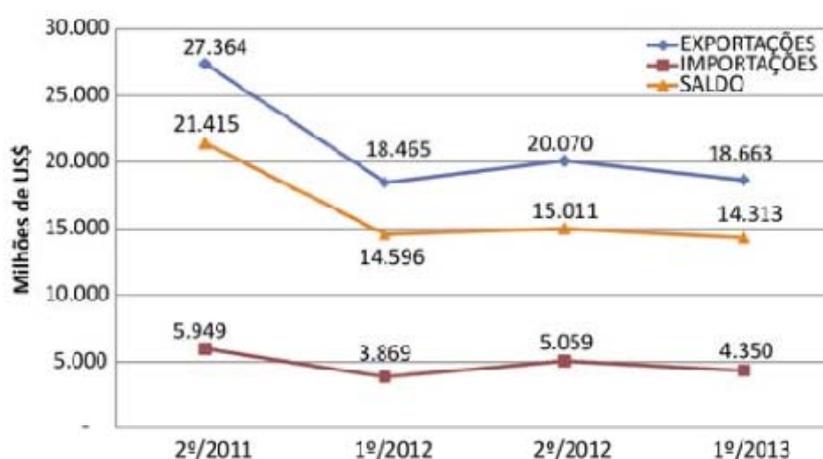
## CLASSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO E DAS RESERVAS MINERAIS BRASILEIRAS NO MUNDO

Minerais	Produção Brasileira	Posição no Ranking	Reservas Brasileiras	Posição no Ranking
Bauxita	14%	3º	6,8%	5º
Cobre	2%	5º	2%	13º
Rochas Ornamentais	7,7%	3º	5,6%	6º
Ouro	2,3%	12º	3,3%	9º
Minério de Ferro	17%	2º	11%	5º
Caulim	6,8%	5º	28%	2º
Manganês	20%	2º	1,1%	6º
Nióbio	98%	1º	98%	1º
Tantalita	28%	2º	50%	1º
Estanho	4,1%	5º	13%	3º
Zinco	2,4%	12º	0,85%	6º

Fonte: PNM 2030/IBRAM – 2012

Tabela 2 – Classificação da produção e das reservas minerais brasileiras no mundo  
Fonte: PNM 2030/IBRAM - 2012

Conforme os dados do Informe Mineral (edição do primeiro semestre de 2013) do DNPM, a análise dos valores referentes ao comércio exterior da indústria extrativa mineral (IEM) não deixa dúvida quanto à importância da mesma no comércio exterior brasileiro. Enquanto as exportações brasileiras da IEM representaram 16,3% das exportações nacionais totais no 1o/2013, as importações da IEM representaram somente 3,7% das importações totais no mesmo semestre. Esses valores evidenciam a importância do comércio exterior da IEM para o saldo comercial brasileiro.



Fonte: DNPM/MDIC

Figura 4 – Evolução do comércio exterior de bens minerais  
Fonte: DNPM/MDIC

A vantagem competitiva que têm a indústria de mineração no Brasil frente às concorrentes internacionais é proporcionada por fatores tais como: a principais minas apresentam elevados teores metálicos, a boa infraestrutura de transporte, a atualização tecnológica, o custo de produção competitivo e a capacitação empresarial.

Na economia atual, temas como energia e matéria-prima, construção e habitação, mobilidade e transporte, agricultura e resíduos, são assuntos que envolvem a utilização de crescentes quantidades de materiais e minerais. Assim, mais do que nunca, a mineração está e estará ligada a qualquer opção que esta economia venha oferecer à sociedade (SOUZA, 2001).

### **3.3. A indústria extrativista**

A mineração pode ser definida como a extração de minerais valiosos existentes nas rochas e/ou no subsolo. É uma atividade econômica denominada indústria extrativista mineral ou indústria de produtos minerais.

A Organização das Nações Unidas (ONU) define mineração como sendo a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural: sólido, como carvão e outros; líquido, como petróleo bruto; e gasoso, como o gás natural.

Mineral é todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas definidas, encontrado na crosta terrestre. Quando se tem um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, possíveis de serem apresentados industrialmente temos um minério (LUZ, 1998).

De acordo com Luz (1998) os minerais dependem das concentrações e das quantidades para que possam ser aproveitados economicamente. E o preço de mercado de um mineral depende de um conjunto elevado de variáveis das quais podemos destacar: frequência em que ocorrem na crosta terrestre, complexidade na lavra e beneficiamento, distância do mercado consumidor, dentre outras.

A Tabela 3 apresenta um exemplo que caracteriza a diversidade existente na mineração em termos de valores exportados (US\$) e a Figura 5 mostra a participação na exportação.

EXPORTAÇÕES		IMPORTAÇÕES	
SUBSTÂNCIA	VALOR US\$	SUBSTÂNCIA	VALOR US\$
FERRO	14.962.383.12	POTÁSSIO	1.646.546.72
OURO	1.383.767.670	CARVÃO	1.500.737.35
NIÓBIO (FERRONIÓBIO)	802.614.907	COBRE <sup>(1)</sup>	643.530.629
COBRE <sup>(1)</sup>	731.806.814	ENXOFRE	166.146.319
ALUMÍNIO <sup>(2)</sup>	150.367.381	ZINCO	138.766.355
MANGANÊS	139.404.919	ROCHA FOSFÁTICA	74.346.830
PEDRAS NAT./ REVEST. ORNAM.	134.827.006	OURO	2.034.292
CAULIM	114.268.766	OUTROS	177.633.802
OUTROS	243.095.253	<b>TOTAL</b>	<b>4.349.742.30</b>
<b>TOTAL</b>	<b>18.662.535.84</b>		

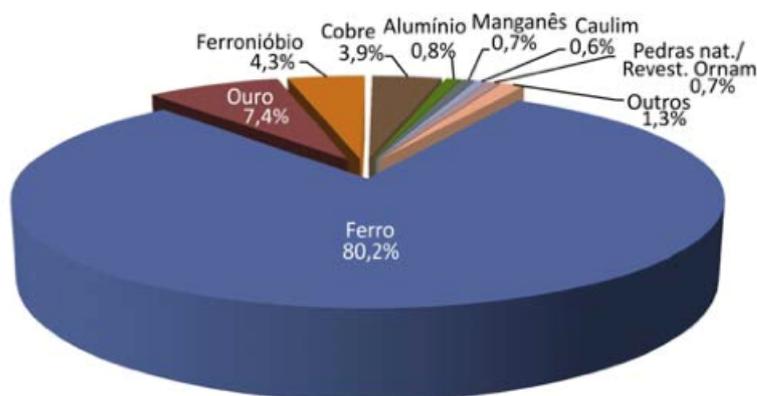
(1) Concentrado e sulfeto de cobre;

(2) Bauxita calcinada e não calcinada

Fonte: DNPM, MDIC

Tabela 3 – Resumo do comercio exterior por substancias (1º semestre/2013)

Fonte: DNPM, MDIC



Fonte: DNPM/MDIC

Figura 5 – Distribuição das exportações por produto (1º semestre de 2013)

Fonte: DNPM, MDIC

A mineração é uma conhecida em suas etapas iniciais de levantamento básico, prospecção e exploração como uma atividade de alto risco, que exige um longo tempo de maturação e envolve grandes investimentos. Esse tipo de empreendimento não busca apenas locais geologicamente favoráveis, busca, igualmente, a segurança necessária para decidir por um investimento financeiro que chega, frequentemente, à cifra de centenas de milhões de dólares (SOUZA, 2001).

Barboza(2005) reforça a afirmativa acima quando cita que os riscos e incertezas na mineração residem não somente na volatilidade de preços, mas, sobretudo, à primeira etapa da cadeia produtiva, a pesquisa mineral. Daí a escassez de fontes de financiamentos devido ao grau de risco envolvidos nessa atividade.

### **3.4. A importância econômica da mineração**

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribui para a geração de empregos e rendas bem como nas exportações totais de uma nação. Como exemplo da dependência da mineração no que se refere à exportação, temos os países africanos, asiáticos e sul-americanos.

O setor mineral está inserido no contexto do desenvolvimento sustentável e pode contribuir para tal. Muitos países e comunidades dependem da produção mineral como fonte de renda e meio de desenvolvimento. Com o crescimento do livre comércio e das privatizações, muitos investimentos em exploração e produção mineral migraram para países em desenvolvimento.

O desenvolvimento da indústria extrativista mineral pode criar muitas oportunidades de trabalhos incluindo, uma transferência de habilidades e tecnologia, e o desenvolvimento da infraestrutura local e serviços, porém, às vezes incentivos para os investimentos neste setor.

De acordo com as informações do DNPM (2013), constata-se atualmente, um incremento nos fluxos de capitais voltados para exploração mineral dirigidos a vários países em função da manutenção dos preços das *commodities* em níveis elevados, tornando o setor mais atrativo. Na rota destes fluxos de capitais, é um dos principais países de interesse dos investidores.

### **3.5. Mineração de ferro**

O ferro é o quarto elemento químico em abundância na crosta terrestre, ou seja, cerca de 4,2% da litosfera são constituídos de ferro. Os principais minerais que contém ferro são: hematita, magnetita, goethita e siderita. As formações ferríferas bandadas, denominadas itabirito, compostas de hematita e sílica, constituem-se nos maiores depósitos de minério de ferro (DNPM, 2013). O minério de ferro é um componente fundamental no processo de industrialização de qualquer país (LAMOSO, 2001).

No estágio atual de desenvolvimento da humanidade, é impossível imaginar o mundo sem o uso de ferro. Ele é, entre todos os metais, o que mais está presente na nossa vida. Fundido, forjado, transformado em aço e até em remédios. Está e esteve sempre presente no nosso dia-a-dia como componente essencial para inúmeras aplicações. Ele está presente tanto num simples alfinete, por exemplo, quanto num imenso petroleiro; tanto numa panela quanto num automóvel; tanto numa construção quanto numa ferrovia.

### **3.5.1. Origem da mineração de ferro**

No decorrer do tempo, desde a pré-história o ferro chegou a ser mais valioso que ouro, e só se tornou acessível para o uso em tantas aplicações quando novas tecnologias de extração do minério e de transformação foram sendo descobertas (PESSOA, 2006).

Neste século tivemos vários fatos importantes para a indústria de minério de ferro, dos quais destacamos: o avanço da siderurgia brasileira com a criação da Siderúrgica Mineira, da Companhia Belgo-Mineira, da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN); a descoberta das jazidas ferríferas do vale do Paraopeba, o Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, a criação da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD – hoje intitulada Vale) e das Minerações Brasileiras Reunidas (MBR) e o grande projeto Carajás.

### **3.5.2. Reservas**

A indústria da mineração de ferro tem grande importância na economia mineral de um país. Com relação aos recursos econômicos de ferro, após o período pós-guerra, têm aumentado significativamente no âmbito mundial, seja impulsionado por pesquisas geológicas, seja por medidas que alteraram o perfil de aproveitamento dos minérios finos por aglomeração, que passaram para a categoria de econômicos (DNPM, 2013).

#### a) Reservas mundiais

As reservas mundiais de minério de ferro (medidas e indicadas) estão estimadas em cerca de 310 bilhões de toneladas (BNDES, 2003). As maiores reservas estão localizadas na Rússia, Ucrânia e China, que conjuntamente detêm mais da metade do total mundial (DNPM, 2013). O Brasil detém 6,1% das reservas mundiais, situando-se em 4º lugar no ranking mundial, após a CEI (Comunidade dos Estados Independentes), China e Austrália. Porém, considerando o alto teor do minério de ferro brasileiro de 64% em média, o país apresenta uma posição diferenciada tendo em vista o teor médio de 59% obtido na Austrália e de menos de 40%, na China.

#### b) Reservas brasileiras

O Brasil se destaca tanto pelas grandes reservas de minério de ferro quanto pelo elevado teor contido nas hematitas (~60%) e nos itabiritos (~50%) (Ibram, 2012). De acordo com dados do Ibram (2012), as reservas brasileiras estão fortemente concentradas nos estados de Minas Gerais (67%), do Pará (29,3%) e outros (3,7%).

### 3.5.3. Produção

#### a) Produção mundial

De acordo com dados do Ibram 2012, a produção mundial de minério de ferro atingiu 1,92 bilhões de toneladas em 2011. O Brasil é o segundo maior produtor de Minério de Ferro, conforme o U.S. Geological Survey e a UNCTAD (Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento). De acordo com essas fontes, em 2011 os três maiores produtores foram a China com 1,33 bilhão de toneladas, a Austrália com 480 milhões de toneladas e o Brasil com 390 milhões de toneladas. No entanto, quando se leva em conta o teor médio do Minério de Ferro chinês, a produção daquele país pode ser considerada de 380 milhões de toneladas, comparativamente com o Minério de Ferro de Austrália e do Brasil.

### b) Produção brasileira

Dados do Ibram (2012), a produção brasileira de minério de ferro em 2011 foi de 390 milhões de toneladas. Sendo esta produção concentrada nas mãos das grandes empresas, em particular a Vale. O gráfico 9 apresenta a evolução da produção mundial de minério de ferro no período de 2000 a 2011.

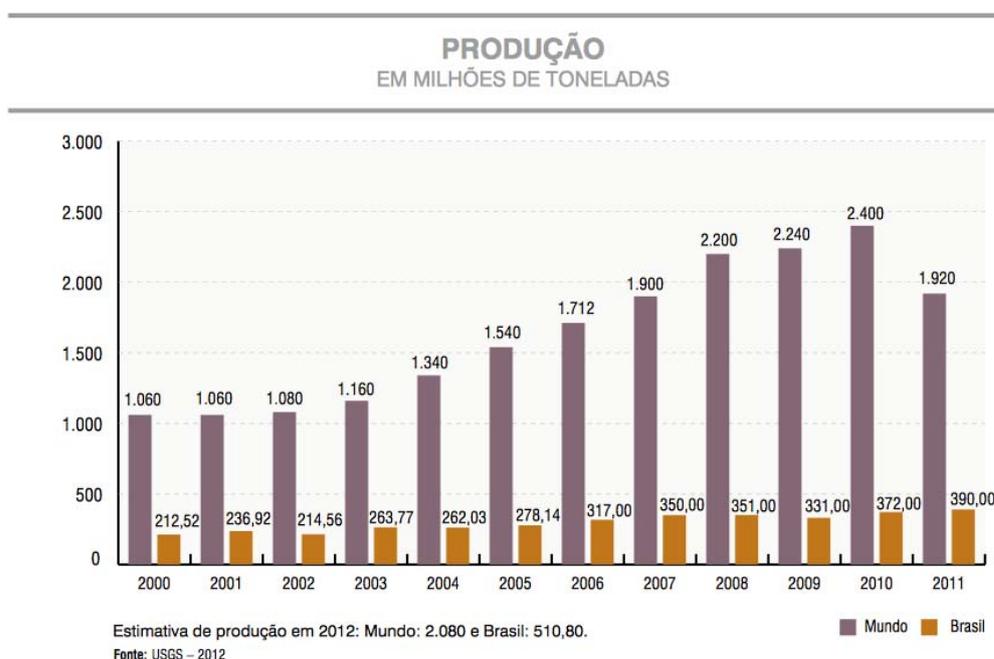


Figura 6 – Produção mundial e brasileira de minério de ferro 2000 – 2011  
Fonte: USGS - 2012

As maiores empresas produtoras no Brasil são: Vale com 84,52%, CSN com 5,45%, Samarco com 6,29%, MMX com 2,03% e Usiminas com 1,71%. A Vale se destaca com um crescimento na produção ao longo dos anos.

### 3.5.4. Preço

Desde 2009, os preços de minério de ferro de quaisquer tipos são determinados em negociações trimestrais entre as siderúrgicas e as mineradoras. Geralmente, o preço é fixado para um determinado teor de ferro (base 65% Fe) por unidade metálica (1%) em centavos de dólar (US\$ cents) em base seca, e em função do beneficiamento a que o minério foi submetido (DNPM, 2013; PAULA, 2002). Pela forma de definição dos preços acima, o minério de ferro não pode ser considerado uma *commodity*. A Figura 7 mostra a evolução de preços. A referência é preço CIF porto Tianjin, 62% de ferro,



Figura 7 – Preço do minério de ferro nos últimos 10 anos

### 3.5.5. Investimentos

O mercado mundial tende a manter dependência das exportações de minério de ferro australianas e brasileiras pelo menos até final de 2015. Estes dois países possuem um *marketshare* de 70-72%. Além disso, há uma contribuição acentuada de novos projetos no médio prazo, o que irá influenciar a curva de oferta e de demanda do minério entregue à China. Segundo estudos do banco CreditSuisse, neste médio prazo, estaremos diante de desafios técnicos e logísticos, uma vez que a qualidade do minério estaria em declínio.

As Figuras 8 e 9 mostram o crescimento no volume dos investimentos do setor mineral brasileiro. Os valores apurados pelo IBRAM são projetados para períodos de 5 anos. O Instituto registrou, com base nos dados coletados junto às mineradoras, aplicação expressiva de US\$ 75 bilhões para o período 2012/2016, o que representa um novo recorde para a indústria da mineração. É um dos setores privados que mais investem no País, afinal são US\$ 15 bilhões por ano. Esse valor é reavaliado pelo IBRAM periodicamente e atualizado em seu site. Estes investimentos contemplam um grande número de minérios, sendo o minério de ferro o principal deles, alvo de 63% do total.

## INVESTIMENTOS NO SETOR MINERAL – 2012 A 2016 EM BILHÕES DE DÓLARES

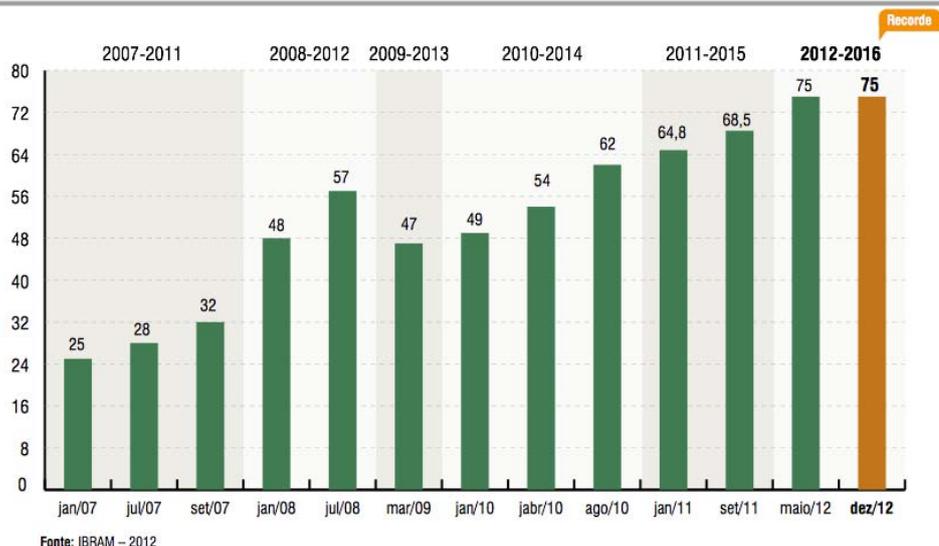


Figura 8 – Histórico de investimentos no período de 2007 – 2012  
Fonte: IBRAM - 2012

## INVESTIMENTOS NO SETOR MINERAL – 2012 A 2016 EM BILHÕES DE DÓLARES

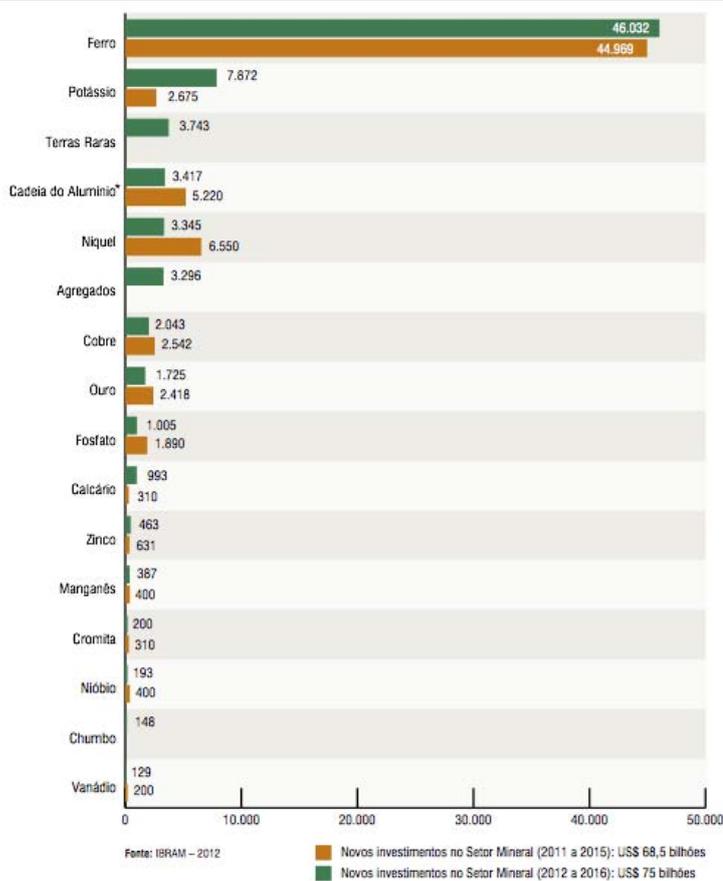


Figura 9 - Investimentos por tipo de minério no Brasil  
Fonte: IBRAM - 2012