



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS UNIDADE
ARAXÁ

ANA CLAUDIA DA COSTA OLIVEIRA

**LEVANTAMENTO DE DADOS DE GEOLOGIA, MÉTODOS
DE LAVRA E ROTAS DE BENEFICIAMENTO DAS
PRINCIPAIS MINERADORAS DE FERRO DE MINAS GERAIS**

ARAXÁ/MG

2018

ANA CLAUDIA DA COSTA OLIVEIRA

**LEVANTAMENTO DE DADOS DE GEOLOGIA, MÉTODOS
DE LAVRA E ROTAS DE BENEFICIAMENTO DAS
PRINCIPAIS MINERADORAS DE FERRO DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Minas, do Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Hildor José Seer

ARAXÁ/MG
2018

ANA CLAUDIA DA COSTA OLIVEIRA

**LEVANTAMENTO DE DADOS DE GEOLOGIA, MÉTODOS DE LAVRA E
ROTAS DE BENEFICIAMENTO DAS PRINCIPAIS MINERADORAS DE
FERRO DE MINAS GERAIS**

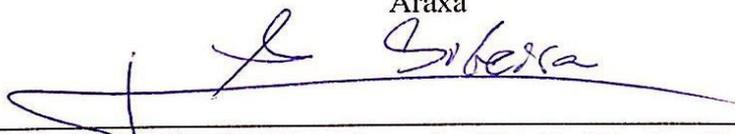
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
de Minas do Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas
Gerais - CEFET/MG, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Minas.

Araxá, 06 de dezembro de 2018.



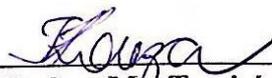
Presidente e Orientador: Dr. Hildor José Seer

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade
Araxá



Membro Titular: Dr. Alexander Martin Silveira Gimenez

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade
Araxá



Membro Titular: Msc. Tamiris Fonseca de Souza

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade
Araxá

*Dedico esse trabalho os meus pais, Denise e Cláudio,
que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos
e me apoiaram para que eu os fizesse acontecer.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, por toda a sabedoria que me concedeu e por se fazer presente nos momentos de dúvida e fraqueza, me guiando sempre por caminhos de luz e força. Agradeço a Ele por todas as pessoas maravilhosas que colocou em minha vida, tornando a caminhada mais fácil e leve.

Aos meus pais, Cláudio e Denise, por todo o amor, carinho e dedicação, por todo o sacrifício que fizeram para me proporcionar esse momento. Vocês são minha base, meu maior orgulho e sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu professor e orientador Hildor José Seer por toda a compreensão e apoio, por todo o conhecimento transmitido e por ser sempre tão acessível e atencioso nos momentos em que precisei. A você toda minha admiração e gratidão.

Ao Daniel, Laura, Morgana e Guilherme, que por muitas vezes acreditaram mais em mim do que eu mesma e estiveram presentes, me incentivando e me ajudando. A força vinda de vocês foi essencial para que esse trabalho pudesse ser concluído.

RESUMO

Na crosta terrestre o ferro é o quarto elemento mais abundante. Hematita, magnetita, goethita e siderita são os principais minerais de ferro encontrados. Os minérios de ferro explorados no estado de Minas Gerais são classificados em hematítico, com teores acima de 64% de ferro, e itabirítico, com teores entre 20 e 55%. Os minérios itabiríticos, os chamados BIF's, formam os maiores depósitos de minério de ferro. O Quadrilátero Ferrífero, área de 7000 quilômetros quadrados no centro do estado de Minas Gerais, é a região do estado que apresenta maior abundância em formações ferríferas. O Brasil se caracteriza por apresentar reservas com alto teor de ferro, gerando um minério de qualidade e garantindo ao país destaque no mercado mundial como segundo maior na produção de ferro. O conhecimento sobre a mineração de minério ferro no maior estado produtor desse bem no país é relevante. Atualizar informações a respeito da produção e reservas das minas do estado é crucial para planejamento e desenvolvimento tecnológico da área. Os destaques na produção de minério de ferro em Minas Gerais são a Vale e a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), maiores produtoras do país. As minas de Brucutu e Casa de Pedra se localizam no Quadrilátero Ferrífero e tem capacidade produtiva de 30 milhões de toneladas por ano.

Palavras-chave: Minério de ferro. Mineradoras de ferro em Minas Gerais. Produção de ferro.

ABSTRACT

In the earth's crust iron is the fourth most abundant element. Hematite, magnetite, goethite and siderite are the main iron minerals found. The iron ores exploited in the state of Minas Gerais are classified in hematítico, with contents above 64% of iron, and itabirite, commissions between 20 and 55%. Itabirite minerals, called BIF's, form the largest iron ore deposits. The Quadrilátero Ferrífero, an area of 7000 square kilometers in the center of the state of Minas Gerais, is a region of the state that presents greater abundance in iron formations. Brazil has reserves with high iron content, generating a minimum of quality and guaranteeing to the outside the world market as the highest yield in iron production. Knowledge about iron ore mining in the country's largest producing state in the country is relevant. Updating information regarding the production and reserves of the state mines is crucial for planning and technological development of the area. Highlights in the production of iron ore in Minas Gerais are Vale and Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), the largest producers in the country. The Brucutu and Casa de Pedra mines are located in the Quadrilátero Ferrífero and have a production capacity of 30 million tons per year

Keywords: Iron ore. Iron miners in Minas Gerais. Production of iron.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Minério hematítico.....	17
Figura 2.2: Formações Ferríferas Bandadas.....	18
Figura 2.3: Gráficos de distribuição de frequência e volume de BIF's conforme a idade.....	20
Figura 2.4: Mapa do Quadrilátero Ferrífero na porção meridional do Cráton São Francisco.....	21
Figura 2.5: Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	22
Figura 2.6: Participação das substâncias metálicas no valor da produção mineral comercializada em 2015.....	24
Figura 2.7: Arrecadação do CEFEM no primeiro semestre de 2017- Principais municípios.....	25
Figura 2.8 : Mapa dos Complexos da Vale.....	32
Figura 2.9 : Fluxograma de beneficiamento de minério de Vargem Grande.....	35
Figura 2.10: Mapa ilustrativo de onde ficaria localizado o mineroduto, desde a mina Viga até o porto em Presidente Kennedy.....	39
Figura 2.11: Mapa Mineroduto Minas-Rio.....	42
Figura 2.12: Sistema integrado da produção de ferro pela Anglo American em Conceição do Mato Dentro.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Participação das exportações de minério de ferro da CVRD em relação ao total nacional na década de 40..... **29**

Tabela 2.2: Participação das exportações de minério de ferro da CVRD em relação ao total nacional na década de 60..... **30**

Tabela 2.3: Desempenho do minério de ferro na Vale..... **36**

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Composição mineralógica dos diferentes tipos de minério..... **19**

Quadro 3.1: Informações relevantes sobre as empresas..... **44**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al_2O_3	Óxido de alumínio (Alumina)
BIF's	Banded Iron Formations
CEFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
EFVM	Estrada de Ferro Vitória Minas
Fe	Ferro
FeCO_3	Carbonato de ferro (Siderita)
FeO (OH)	Hidróxido de ferro (Goethita)
Fe_2O_3	Óxido de ferro (Hematita)
Fe_3O_2	Óxido de ferro (Magnetita)
MUSA	Mineração Usiminas
P	Fósforo
QF	Quadrilátero Ferrífero
SiO_2	Dióxido de Silício (Quartzo)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Minerais de ferro	14
2.2 Minérios de ferro	15
2.2.1 Minério hematítico.....	15
2.2.2 Minério itabirítico	16
2.3 Geologia dos depósitos de ferro em Minas Gerais	19
2.3.1 Quadrilátero Ferrífero	20
2.4 Aspectos econômicos da mineração de ferro	22
2.5 Histórico da mineração de ferro em Minas Gerais.....	25
2.6 Empresas.....	26
2.6.1 Vale.....	27
2.6.2 Companhia Siderúrgica Nacional	35
2.6.3 Ferrous Resources do Brasil	37
2.6.4 Mineração Usiminas	39
2.6.5 Anglo American.....	40
3. COMPARATIVO	44
4. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos da colonização, a busca por novas fontes de bens minerais metálicos, sua extração e transformação representam atividades de grande importância para a economia do Brasil. Entre os bens extraídos, o que possui maior significância no mercado brasileiro é o ferro, representando a maior parcela das exportações de bens primários realizadas pelo país.

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e é o elemento metálico de maior extração em todo o mundo, apresentando grande aplicabilidade em vários setores da indústria. No entanto, a maior parte das reservas de ferro que possuem teores economicamente exploráveis se concentra em uma quantidade limitada de países, entre eles o Brasil.

O Brasil se encontra no segundo lugar mundial na produção de ferro, perdendo apenas para a Austrália. O minério de ferro brasileiro apresenta alto teor, o que garante a posição de destaque no mercado mundial. As reservas do Brasil se encontram em três estados: Pará, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. O foco do presente trabalho está nas reservas de Minas Gerais, que se encontram, em sua maioria, no chamado Quadrilátero Ferrífero.

O Quadrilátero Ferrífero consiste em uma importante província mineral, localizada na região centro-sul de Minas Gerais, que além das grandes reservas minerais de ferro, produz também minério de manganês, bauxita, cassiterita, ouro, entre outros minerais. O desenvolvimento humano e econômico das cidades localizadas no Quadrilátero Ferrífero está diretamente ligado à atividade mineradora nelas instalada, sendo o foco desse trabalho a quantificação e estimativa das reservas dessa área.

O conhecimento sobre a mineração de minério ferro no maior estado produtor desse bem no país é relevante. Por ser uma atividade que apresenta tantos recursos financeiros envolvidos, seja na prospecção, exploração e até no comércio do produto, gerando renda para a região onde está instalada, atualizar informações a respeito da produção e reservas das minas do estado é crucial para planejamento e desenvolvimento tecnológico da área.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma breve descrição à respeito da geologia

da região do Quadrilátero Ferrífero. Além disso, visa realizar um levantamento de dados sobre as principais empresas de mineração atuantes em Minas Gerais na extração de minério de ferro, fornecendo informações sobre os métodos de lavra e rotas de beneficiamento utilizados. Os tópicos a serem abordados se apresentam na forma de uma revisão bibliográfica, envolvendo aspectos geológicos, econômicos e históricos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este item apresenta uma revisão de literatura relacionando conceitos para a melhor compreensão do tema abordado.

2.1 Minerais de ferro

O ferro é o elemento químico de número atômico 26, classificado na tabela periódica como um metal de transição, maleável e encontrado na natureza em estado sólido. Profuso no universo, o ferro é o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre, representando 4,2% da sua composição em massa, sendo superado apenas pelo oxigênio, o silício e o alumínio (JESUS, 2009).

O ferro está presente na composição química de vários minerais encontrados na crosta terrestre, embora seja economicamente viável para exploração em apenas alguns desses minerais. A concentração de ferro presente na estrutura do mineral e a sua distribuição no corpo mineral analisado são fatores que determinam a viabilidade da jazida. Os minerais fornecedores do elemento ferro podem ser classificados em: óxidos, carbonatos, sulfetos e silicatos (CARVALHO *et al.*, 2014).

Hematita, magnetita, goethita e siderita são os principais minerais que contêm ferro (QUARESMA, 2009). A goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$) é um hidróxido de ferro de aproximadamente 63% de Fe formada tipicamente em condições oxidantes do intemperismo de minerais com ferro (FALERO, 2011). A siderita é o mais raro entre os minerais de ferro, consiste em um carbonato de fórmula química FeCO_3 com teor de ferro de 48%.

A hematita (Fe_2O_3) é um mineral da classe dos óxidos e representa o principal constituinte de minério de ferro, podendo ocorrer na natureza em forma de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares. Abundante em toda a crosta, a hematita é caracterizada por sua cor avermelhada e por apresentar, aproximadamente, 70% de Fe em sua composição (FALERO, 2011).

A hematita pode se apresentar nas formas maciça, laminada ou bandada. Ao longo dos anos, com a evolução geológica, essas formações sofreram alterações mineralógicas e texturais que

permitiram que esse mineral se apresentasse em diversas formas, de acordo com o grau de metamorfismo e de deformação apresentado. Uma das formas apresentada é a hematita martítica (HENRIQUES *et al.*, 2013). A martita é um mineral que consiste na substituição de magnetita por hematita pseudomórfica octaédrica através da oxidação (CRUZ, 2016).

Assim como a hematita, a magnetita é um mineral da classe dos óxidos fonte de ferro. De fórmula química Fe_3O_4 e teor de aproximadamente 72% de Fe, a sua principal característica é ser um mineral magnético (FALERO, 2011). Os óxidos são a classe de minerais que apresentam maior vantagem econômica na obtenção do ferro devido ao maior teor desse elemento presente em seu conteúdo. Os minérios explorados para fins comerciais nas jazidas brasileiras são classificados em itabirítico ou hematítico, de acordo com sua composição mineral (QUARESMA, 2009).

2.2 Minérios de ferro

As principais regiões produtoras de minério de ferro no Brasil são a Província Mineral de Carajás, no estado do Pará, e o Quadrilátero Ferrífero, localizado no estado de Minas Gerais, o qual será foco deste estudo. Os minérios de ferro explorados no estado de Minas Gerais podem ser divididos em minérios hematíticos, conhecidos como minério de alto teor, e minérios itabiríticos (CARVALHO *et al.*, 2014).

2.2.1 Minério hematítico

Os minérios hematíticos são corpos mais homogêneos enriquecidos com o mineral hematita, fazendo referência ao nome do seu principal mineral minério constituinte (Figura 2.1). Esse minério é característico por apresentar elevados teores de ferro ($\text{Fe} > 64\%$) e baixos teores de contaminantes ($\text{SiO}_2 < 2\%$, P e $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,080$) (COSTA, 2009).



Figura 2.1: Minério hematítico. Fotos tomadas no Laboratório de Mineralogia e Petrografia do CEFET-MG/Unidade Araxá.

Devido às suas características físicas e químicas particulares, sua textura maciça e o baixo teor de sílica, o minério hematítico dispensa, em alguns casos, processos de concentração, sendo utilizado na forma granulada (*lump ore*). Assim pode ser diretamente utilizado em processos subsequentes, como em fornos de redução direta para obtenção do ferro esponja, necessitando apenas de uma etapa de preparação granulométrica (OMACHI, 2015).

2.2.2 Minério itabirítico

De acordo com James (1954 *apud* VILELA *et al.*, 2004) os maiores depósitos de minério de ferro são constituídos por Formações Ferríferas Bandadas, ou BIF's (Banded Iron Formations), sendo o itabirito um deles. BIF's é um termo utilizado internacionalmente para denominar formações de sedimentos finamente bandados constituídos por alternância entre camadas de chert (quartzo) e óxidos de ferro (hematita e magnetita) de espessura variada, com teores de ferro que variam de 20 a 55% em sua composição, formadas durante o Precambriano (Figura 2.2).



Figura 2.2: Formações Ferríferas Bandada. Fotos tomadas no Laboratório de Mineralogia e Petrografia do CEFET-MG/Unidade Araxá.

O minério itabirítico pode ser compacto ou friável, dependendo da intensidade dos processos superficiais atuantes (CARVALHO *et al.*, 2014). Os itabiritos podem ainda ser divididos em três tipos principais (ROSIÈRE *et al.*, 1993) (Quadro 2.1):

- Itabirito normal: constituído por bandas claras ricas em SiO_2 e bandas escuras ricas em óxido de Fe;
- Itabirito dolomítico: bandas claras são ricas em carbonatos e bandas escuras ricas em óxidos de Fe;
- Itabirito anfibolítico: bandas claras ricas em anfibólio e bandas escuras ricas em óxido de Fe;

Quadro 2.1: Composição mineralógica dos diferentes tipos de minério.

TIPOS DE MINÉRIOS	COMPONENTES PRINCIPAIS		ACESSÓRIOS **
Itabirito Comum	Bandas Claras	Quartzo	Hematita, clorita, sericita, dolomita, pirofilita, óxidos de Mn
	Bandas Escuras	Óxidos de Fe *	Sericita, quartzo, pirofilita
Itabirito Dolomítico	Bandas Claras	Dolomita	Quartzo, óxidos de Fe, pirofilita, talco, óxidos de Mn
	Bandas Escuras	Óxidos de Fe *	Quartzo, dolomita, óxidos de Mn *
Itabirito Anfibolítico	Bandas Claras	Tremolita/ actinolita, hornblenda grunerita	Quartzo, dolomita, óxidos de Fe *
	Bandas Escuras	Óxidos de Fe *	Quartzo, dolomita, anfibólios
Minério de alto teor	Hematita		Magnetita, quartzo, pirofilita
* Hematita é o mineral-minério dominante. Magnetita aparece subordinadamente.			
** Fosfatos de ferro podem ocorrer em todos os tipos. Sulfetos estão ocasionalmente presentes			

Fonte: Adaptado de ROSIÈRE *et al.* (1993).

A distribuição dos diferentes tipos composicionais de itabirito está associada a três fatores: composição original dos sedimentos na bacia, sendo a variedade composicional diretamente relacionada à presença do material na bacia; estruturação tectônica, sendo que a ocorrência de dobras e desenvolvimento de zonas de cisalhamento ocasiona deformações e metamorfismos que geram mudanças estruturais; metamorfismo, sendo que os efeitos do mesmo causam notórias transformações mineralógicas (ROSIÈRE & JUNIOR, 2000).

De acordo com Gross (1980) as formações ferríferas bandadas são classificadas de duas formas, baseado nas características de suas bacias e nos tipos de rochas associadas, sendo elas Tipo Lago Superior e Tipo Algoma. As formações de ferro do tipo Lago Superior estão associadas a dolomita e quartzo e são formadas por rochas proterozóicas depositadas na plataforma continental.

As formações do tipo Algoma estão associadas a unidades sedimentares formadas por arenitos argilosos e ricos em feldspatos (Grauvas) e rochas vulcânicas. Se formam ao longo de zonas de rift, falhas e fraturas profundas e nas proximidades de centros de atividade vulcânica (GROSS, 1980). O Tipo Lago Superior são as formações mais ricas em quantidade de ferro,

formam depósitos de alto teor como Quadrilátero Ferrífero e tem ocorrência no Paleoproterozoico. Já o Tipo Algoma tem ocorrência predominantemente arqueana.

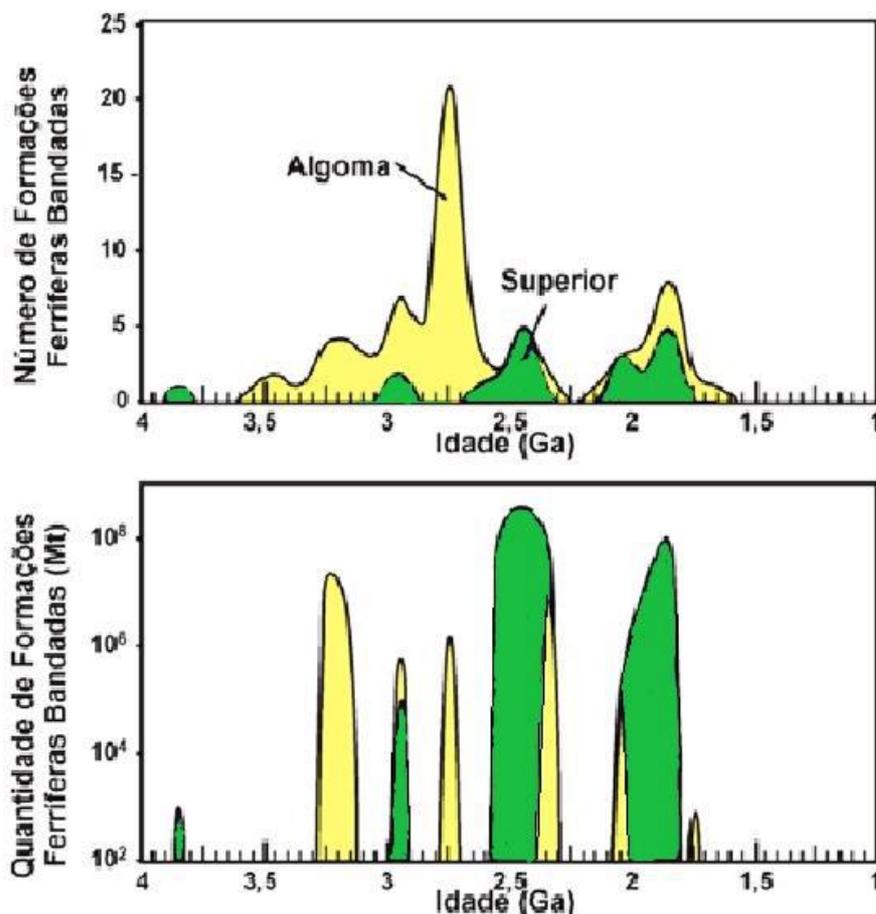


Figura 2.3: Gráficos de distribuição de frequência e volume de BIF's conforme a idade (Fonte: Adaptado de ROLIM 2016).

O minério do tipo itabirítico tem sido a principal fonte de ferro do mundo desde o século XIX. A exploração de itabirito no estado de Minas Gerais na região do Quadrilátero Ferrífero fez com que a produção de minério de ferro tomasse proporções significativas. O avanço de estudos geológicos e pesquisas científicas vem tornando possível atribuir relações entre as características físicas e químicas e os processos de beneficiamento necessários para aquele minério (JUNIOR, 2006).

2.3 Geologia dos depósitos de ferro em Minas Gerais

Os principais depósitos de minério de ferro encontrados no estado de Minas Gerais se encontram nos limites da região conhecida como Quadrilátero Ferrífero.

2.3.1 Quadrilátero Ferrífero

O Quadrilátero Ferrífero é uma área com aproximadamente 7.000 quilômetros quadrados localizada no centro do estado de Minas Gerais que recebeu esse nome devido ao formato retangular que apresenta e a abundante ocorrência de formações ferríferas. O QF se localiza na borda sul do Cráton São Francisco e é constituído por rochas arqueanas e proterozoicas (figura 2.4).

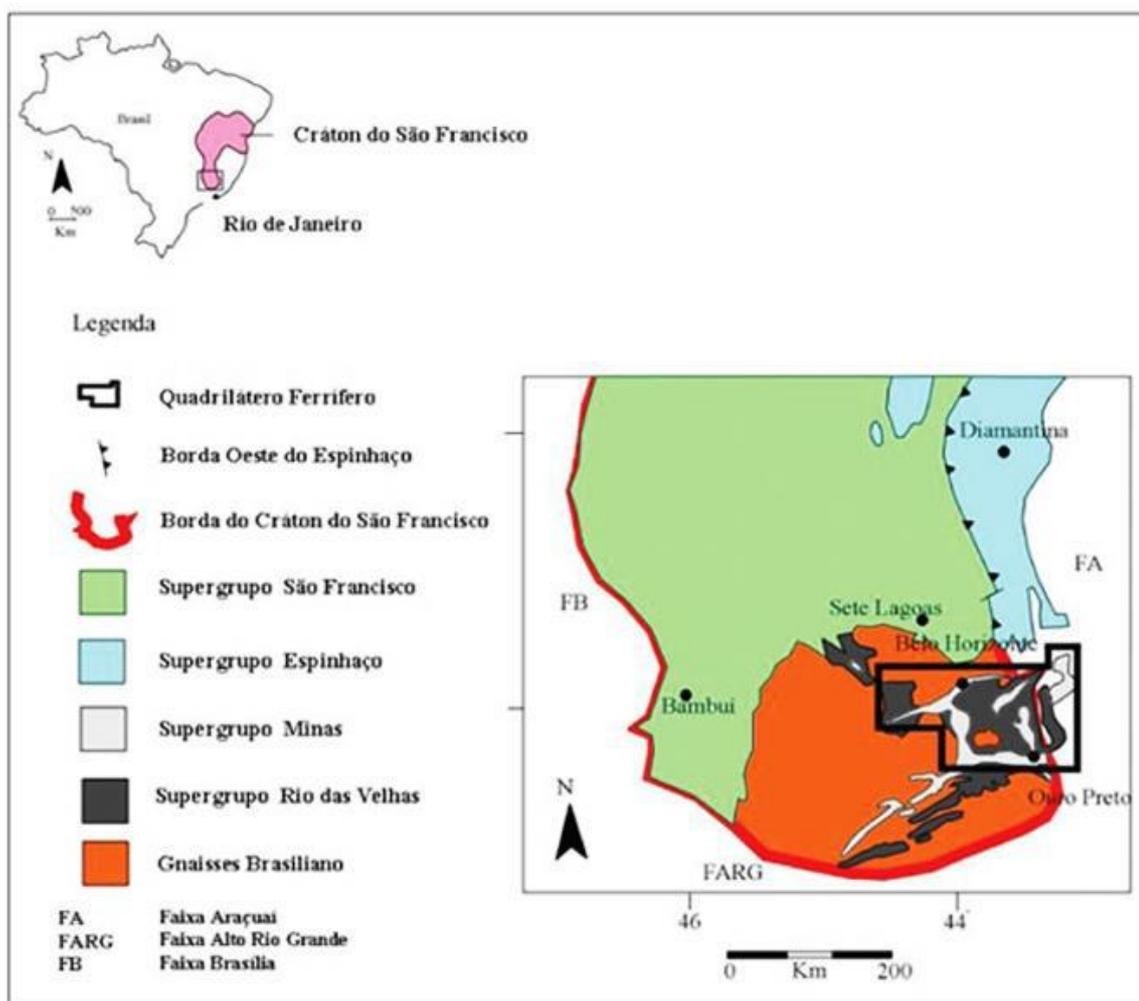


Figura 2.4: Mapa do Quadrilátero Ferrífero na porção meridional do Cráton São Francisco (Fonte: Adaptado de MARSHAK & ALKMIM, 1989 *apud* BRAGA *et al.*, 2009).

As rochas graníticas da região do QF compõe seu embasamento, ocorrendo em áreas mais baixas topograficamente, uma vez que são facilmente intemperizadas e erodidas, ao contrario dos itabiritos e quartzitos que formam serras alongadas e resistentes ao intemperismo e erosão, apresentando altitudes de aproximadamente 1000 metros. O sistema fluvial é composto pelo Rio Paraopeba a oeste e o Rio das Velhas na parte central, sendo ambos

afluentes do Rio São Francisco (DORR, 1969).

De acordo com Dorr (1969), estratigraficamente o QF se subdivide em três unidades: Supergrupo Minas, Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Espinhaço (Figura 2.5).

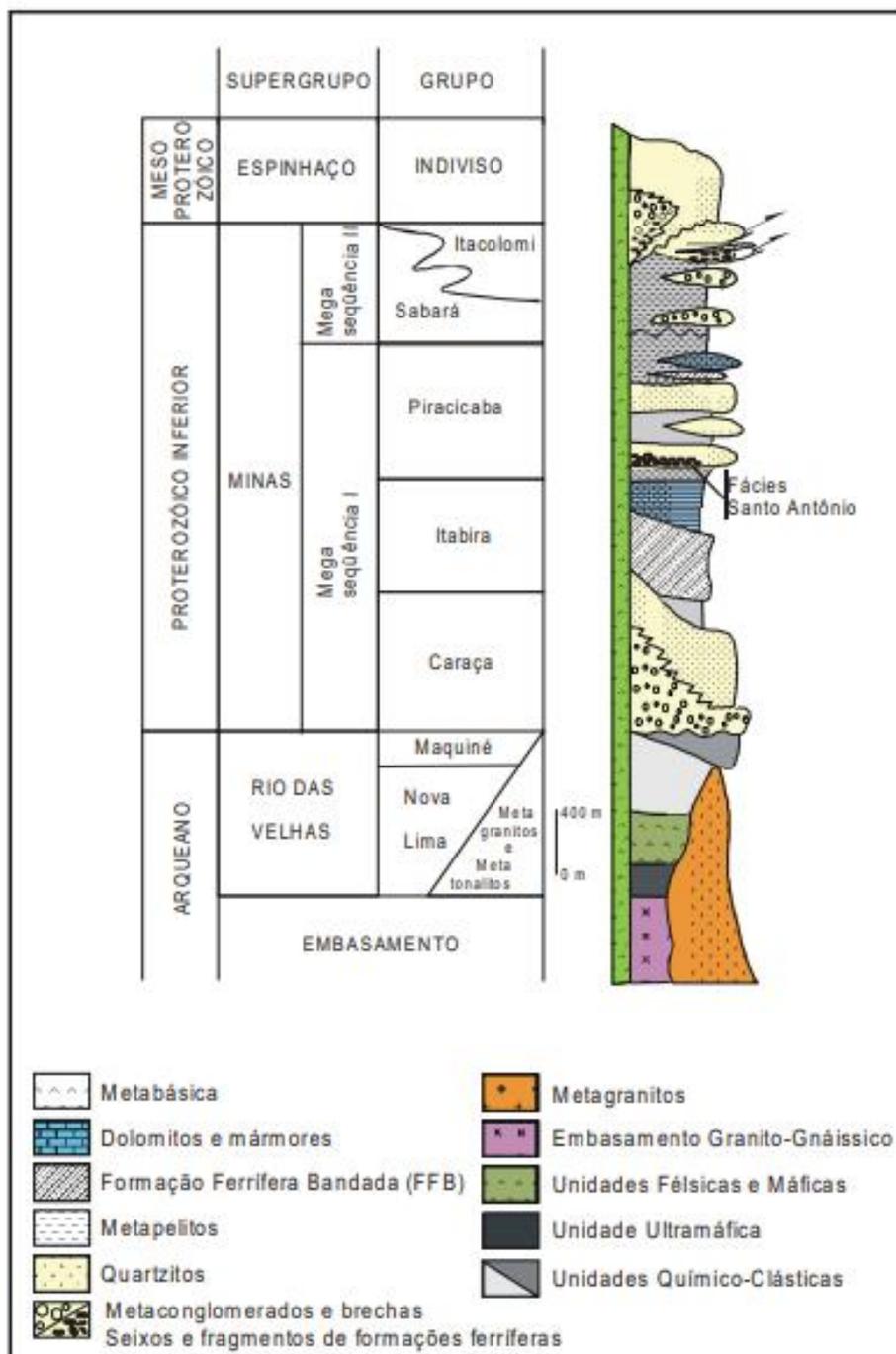


Figura 2.5: Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (Fonte: ROSIÈRE & CHEMALE JR., 2000).

O Supergrupo Rio das Velhas se encontra acima do embasamento. Foi definido como o conjunto que compreende as rochas metassedimentares e metavulcânicas xistosas no Quadrilátero Ferrífero e é considerado um cinturão de rochas verdes (*greenstone belt*). Com origem no hidrotermalismo epigenético os maiores depósitos de ouro são formados nesta unidade (ROESER & ROESER, 2010). Essas rochas foram divididas em dois grupos: o Grupo Nova Lima, o mais antigo, e o Grupo Maquine, mais jovem (ALKMIM & MARSHAK, 1998).

O Supergrupo Minas é formado por rochas metassedimentares pelíticas e quartzosas. Apresenta espessura de até 6 quilômetros e se encontra acima do *greenstone belt* do Supergrupo Rio das Velhas (ROSIÈRE & CHEMALE JR., 2000). As rochas sedimentares desse supergrupo são bem diferenciadas e o mesmo pode ser dividido em grupos: Grupo Tamanduá, Grupo Caraça, Grupo Itabira e Grupo Piracicaba. O grupo de maior importância econômica é o Grupo Itabira.

No Grupo Itabira é significativo economicamente pois é nele que está contido o minério de ferro. O grupo se divide em Formação Gandarela e Formação Cauê. A Formação Gandarela se encontra na parte superior do grupo e é constituída basicamente por dolomitos. Já a Formação Cauê situa-se na parte inferior do Grupo Itabira e nela que são encontradas formações ferríferas. De origem predominantemente marinha, pode apresentar espessura bem variada. Nessa formação são encontrados os depósitos de maior espessura, formados por itabiritos juntamente com hematita-filito (ROSIÈRE & CHEMALE JR., 2000).

O Grupo Itacolomi é considerado como constituído por duas facies, uma de quartzito e outra de filito. A facie filítica foi denominada Formação Santo Antonio e o quartzito é referido como Tipo Itacolomi. A diversidade geológica presente no QF fornece não apenas as reservas de minério de ferro, mas também minério de manganês, bauxita, cassiterita, ouro, entre outros minerais (DORR, 1969).

2.4 Aspectos econômicos da mineração de ferro

O acelerado crescimento mundial nas últimas décadas foi impulsionado pelo desenvolvimento da economia chinesa, principal país comprador do minério de ferro produzido no Brasil. Como resultado da maior demanda, ocorreu um estímulo para o mercado de minério de ferro,

que passou a ser um produto ainda mais lucrativo para seus produtores (CARVALHO *et al.*, 2014). Com o aumento do preço do minério de ferro produzido, formações ferríferas de menor teor passaram a ser fonte de interesse por empresas mineradoras (ROLIM, 2016)

De acordo com o DNPM (2018), no ano de 2016 aproximadamente 77% da produção mineral comercializada no Brasil correspondia a substâncias da classe dos metálicos, sendo a representação do ferro nesse total da ordem de 63,4% (Figura 2.6). No ano de 2016, a participação da produção mineral no PIB (Produto Interno Bruto) do país era de 3,9%, sendo o ferro o produto de maior arrecadação.

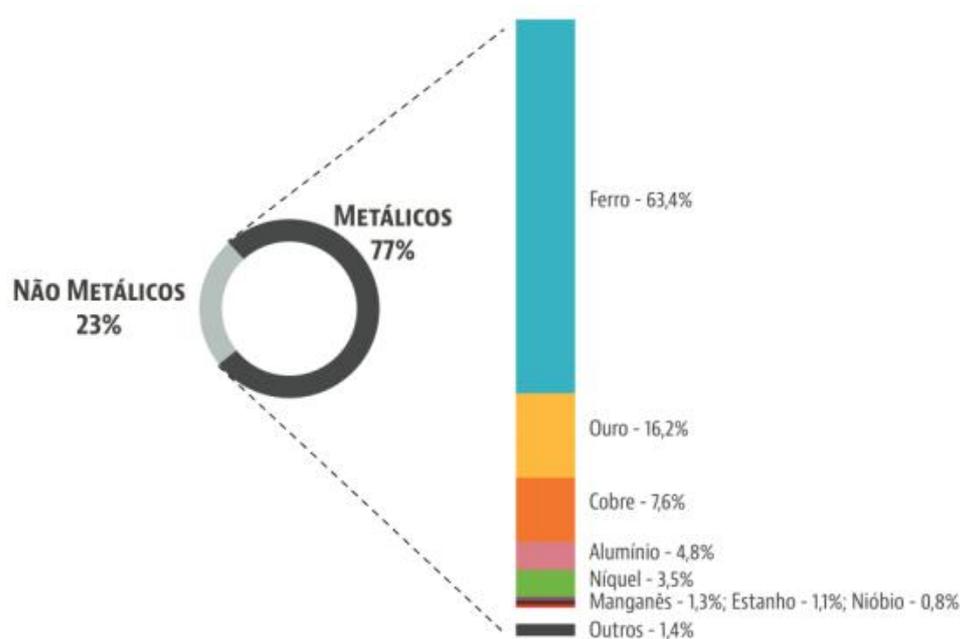


Figura 2.6: Participação das substâncias metálicas no valor da produção mineral comercializada em 2016 (Fonte: DNPM, 2018).

No ano de 2017 houve destaque para o ferro no aumento do preço dos minérios, obtendo cotação máxima de 90 dólares a tonelada, o que representa um aumento de 43% em relação o mesmo período do ano anterior. O aumento internacional no preço das *commodities* do minério de ferro incentiva a exportação nos países de maior produção, como é o caso do Brasil, além de proporcionar a entrada de unidades de operação de alto custo (DNPM, 2017).

Com o aumento dos preços das *commodities* para exportação, a cotação de minério de ferro exportado em relação à Indústria Extrativa Mineral apresentou uma elevação de 55,3% no

primeiro semestre de 2016 para 68% no mesmo período de 2017 (DNPM, 2017). Reflexo da alta exportação do minério de ferro produzido está no superávit na balança comercial brasileira, indicando que a exportação de produtos realizada pelo país é maior que a importação.

Outro destaque para o ferro é a sua participação na arrecadação do CEFEM, Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais, que no primeiro semestre do ano de 2017 era equivalente a 71,04% de todo o valor arrecadado pelo país sobre as principais substâncias metálicas extraídas. O destaque de Minas Gerais nos valores de arrecadação do CEFEM no país (55%) está associado a sua posição nacional na produção dessa substância, visto que três dos maiores municípios arrecadadores se encontram no estado (Figura 2.7) (DNPM, 2018).



Figura 2.7: Arrecadação do CEFEM no primeiro semestre de 2017- Principais municípios (Fonte: DNPM, 2017)

A extração de minério de ferro no estado de Minas Gerais foi a atividade que mais gerou novos postos de trabalho no estado devido a melhora da cotação internacional e a recuperação da economia mineral brasileira. Não apenas no setor de mineração, vagas de emprego foram abertas também no setor siderúrgico. O maior salário médio do trabalhador em 2017 também está associado à atividade de extração de minério de ferro (DNPM, 2017).

A importância da mineração de ferro no país pode ser observada não apenas na prospecção mineral para definir novas jazidas ou na comercialização do produto final obtido. Além de favorecer as comunidades formadas na região de instalação das minas e ocasionar o desenvolvimento de outras atividades ligadas à logística de escoamento do produto (marítimo, ferroviário e rodoviário), a mineração de ferro no estado de Minas Gerais atraiu a indústria siderúrgica (QUARESMA, 2009).

As indústrias de siderurgia normalmente se instalam nas proximidades das minas, no caminho de escoamento do minério ou nos portos, gerando campos de trabalho e contribuindo para o desenvolvimento financeiro do país (QUARESMA, 2009). A produção de aço representa mais de 90% da demanda pelo minério de ferro extraído. Os parâmetros obtidos no processamento do minério de ferro (granulometria, teor de ferro e teores de contaminantes) devem ser adequados às necessidades da indústria siderúrgica (CARVALHO *et al.*, 2014).

Apesar do ferro ser um dos recursos minerais de maior abundância no mundo, 77% de suas reservas se concentram em apenas cinco países, estando o Brasil entre eles (FERREIRA, 2001). As reservas mundiais de minério de ferro são da ordem de 180 bilhões de toneladas, enquanto as reservas brasileiras indicadas alcançam 29 bilhões de toneladas. No ano de 2011, os maiores produtores foram a China, a Austrália e o Brasil. No entanto, quando levado em conta o teor médio do minério chinês, a produção da China se torna menor comparativamente com o minério brasileiro e australiano (IBRAM, 2012).

As reservas do Brasil de minério de ferro estão localizadas, praticamente em sua totalidade, nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pará. Apesar de possuir uma menor reserva, o estado do Pará apresenta a segunda maior produção e detém o minério de maior teor do país. O minério brasileiro apresenta alto teor, com valores médios de 63,5% de ferro, o que garante sua posição de destaque no mercado mundial (DNPM, 2015).

2.5 Histórico da mineração de ferro em Minas Gerais

A valorização de substâncias minerais metálicas e a busca por suas fontes no território brasileiro datam desde os tempos da Colônia, onde expedições bandeirantes, entre os séculos XVI e XVII, definiram rotas para o interior do Brasil em busca de novas jazidas de ouro. Ao longo do tempo, com uma maior ocupação do território e o aperfeiçoamento do conhecimento geológico, foram descobertos depósitos de outros minerais metálicos, entre eles o ferro, que adquiriu grande importância na indústria mineral e foi um dos responsáveis por estimular a economia brasileira (DNPM, 2015).

Com o esgotamento das principais riquezas mineradas pelos colonizadores, como o ouro e outras pedras preciosas, abriram-se novas perspectivas para a exploração de outros recursos

minerais disponíveis. O avanço científico ocorrido no fim do século XIX proporcionou a descoberta de novas técnicas para a transformação do ferro em aço. A inovação na indústria siderúrgica e nas tecnologias envolvidas em seus processos ocasiona o conseqüente estímulo na extração e produção de suas principais matérias primas, entre elas o minério de ferro (TEIXEIRA, 1993).

Os primeiros trabalhos geológicos sobre o ferro no QF foram realizados no século XIX por Eschwege (1822, 1832, 1833), Gorceix (1881, 1884) e Derby (1881, 1906) e desde então a área tem sido alvo de vários estudos devido a alta complexidade de estruturação da região. No entanto, o maior desenvolvimento desses estudos ocorreu a partir do convênio estabelecido entre os governos do Brasil e dos Estados Unidos através da USGS (*United States Geological Survey*) nas décadas de cinquenta e sessenta (ROSSI, 2014).

Através do convênio entre os dois governos foi realizado o primeiro estudo geológico detalhado da região e o mapeamento geológico em escala 1:25.000 de todo o QF. Os resultados do trabalho e mapeamento de 17 geólogos brasileiros e americanos foi sintetizado e apresentado por John Van N. Dorr em 1969 (DORR, 1969). A partir desse momento vários autores realizaram trabalhos a respeito da complexa estratigrafia e estrutura da região.

As primeiras explorações direcionavam-se às BIF's e, devido às suas abundantes ocorrências, tornaram o Quadrilátero Ferrífero a maior concentração de jazidas de minério de ferro nas décadas de sessenta e setenta no Brasil (ROESER & ROESER, 2010). Com o avanço das pesquisas geológicas para reconhecimento de área foram descobertas novas ocorrências minerais. A princípio, as reservas de minério de ferro conhecidas se localizavam nos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (TEIXEIRA, 1993) e no final da década de sessenta foi descoberta a reserva na Serra dos Carajás no estado do Pará.

2.6 Empresas

No Brasil existem vários empreendimentos voltados para a mineração de ferro. Entretanto a maior parte da produção de minério de ferro está detida nas mãos de uma pequena parcela de grupos empresariais e suas minas. A seguir serão citadas as principais empresas produtoras de minério de ferro no estado de Minas Gerais, mais especificamente na região do Quadrilátero Ferrífero, além de algumas particularidades.

2.6.1 Vale

Com a escassez de ouro que já era presenciada em Minas Gerais no final do século XIX, o brilho que reluzia do Pico do Cauê, localizado na cidade de Itabira, chamou a atenção de garimpeiros que passavam pela região. Mas, ao contrário do que imaginavam, o brilho observado não era pela presença de ouro, mas sim por uma grande quantidade de ferro. Na virada do século o Pico do Cauê foi mapeado como uma grande jazida de minério de ferro, o que chamou a atenção do mundo inteiro para a região (VALE, 2012A).

A Vale, que até no ano de 2007 era conhecida como Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), é uma das maiores empresas mineradoras do mundo e também a maior produtora de minério de ferro. Sua fundação se deu no estado de Minas Gerais, na cidade de Itabira no ano de 1942. Foi criada pelo governo brasileiro da época com a finalidade de explorar as jazidas de ferro encontradas na cidade a partir da incorporação da Companhia Brasileira de Mineração e Siderurgia S. A. e da Itabira de Mineração S. A (VALE, 2012A).

Juntamente com a exploração do Pico do Cauê, que foi considerado como uma mina de alta produtividade pelas explorações feitas na área, a manutenção da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) também era de responsabilidade da recém-criada CVRD. O início da mineração da jazida do Cauê se deu dois anos após a criação da companhia e foi um marco em sua história. Em poucos anos, os números das exportações da CVRD cresceram significativamente, se tornando a principal exportadora de minério de ferro do país no início da década de 50 (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: Participação das exportações de minério de ferro da CVRD em relação ao total nacional na década de 40.

Anos	CVRD (t)	Brasil (t)	CVRD/Brasil (%)
1942	35.407	316.033	11,2
1943	62.928	322.80	19,5
1944	127.194	205.798	61,8
1945	101.694	299.994	33,9
1946	40.962	64.413	63,6
1947	174.290	196.737	88,6
1948	385.252	599.289	64,3
1949	471.947	675.574	69,9
1950	721.765	890.125	81,8

Fonte: VALE, 2012A.

O mercado do ferro estava aquecido na década de 50, em que a Europa no pós-guerra tentava se reerguer a partir do incentivo em seu parque siderúrgico. Apesar disso, a maior parte da produção brasileira de minério de ferro que era destinada à exportação era absorvida pelos Estados Unidos. A indústria bélica norte-americana aumentou a procura por sua principal matéria prima nesse momento, em que o país protagonizava a Guerra da Coreia, tornando os Estados Unidos responsáveis por consumir 80% do minério exportado pelo Brasil (VALE, 2012A).

Na década de 60, apesar do contínuo aumento no volume de minério de ferro exportado pela CVRD, houve uma diminuição na contribuição percentual da empresa para as exportações do país. Isso se deve ao aumento das exportações de empresas mineradoras de capital estrangeiro e do aumento da venda de minério pela CVRD para indústrias siderúrgicas internas das quais participava acionariamente (VALE, 2012A).

Tabela 2.2: Participação das exportações de minério de ferro da CVRD em relação ao total nacional na década de 60.

Anos	CVRD (t)	Brasil (t)	CVRD/Brasil (%)
1961	5.008.589	6.236.834	80,3
1962	6.138.902	7.527.858	81,5
1963	6.292.363	8.207.094	76,7
1964	6.369.411	9.729.630	65,5
1965	8.885.921	12.731.228	69,8
1966	9.113.692	12.910.465	70,6
1967	9.976.337	14.279.231	69,9

Fonte: VALE, 2012A.

Na mesma década a Amazônia estava sendo mapeada por grandes empresas dos Estados Unidos, no chamado “*Brazilian Exploration Program – BEP*”, em busca de novas jazidas de substâncias metálicas, incluindo o ferro. No ano de 1967 o geólogo recém formado Breno Augusto dos Santos e sua equipe, liderada pelo também geólogo norte-americano Gene Edward Tolbert, através de voos de reconhecimento encontraram clareiras na Amazônia, onde a floresta não se desenvolvia como nas outras áreas devido a grande quantidade de ferro presente no solo. Desse modo foi descoberta a Província dos Carajás (nome originado de uma tribo indígena da região), o que viria a ser a maior província mineralógica do mundo com mais de 17 bilhões de toneladas de ferro de alto teor, além do manganês, cobre, ouro, níquel e muito mais (RODRIGUES, 2017).

No ano de 1969 viu-se necessário o aproveitamento de itabiritos da Mina do Cauê, que até então não eram explorados devido ao seu menor teor de ferro. A Mina possui atividades de lavra desde a fundação da CVRD em 1942 e desde então vinha sendo a principal fonte de hematita compacta para comercialização. Frente à possibilidade de exaustão da principal jazida da Companhia, a instalação de uma usina em 1973 possibilitou o beneficiamento do itabirito, aumentando ainda mais suas capacidades e tornando a Mina do Cauê a maior mina do ocidente (VALE, 2012A).

Ainda em 1973 foram implantadas novas instalações para o tratamento integral do minério

extraído no Complexo de Conceição. O Complexo era composto pela Mina de Conceição e a Mina de Dois Córregos e tinha capacidade para processar 28 milhões de toneladas por ano de hematita e itabirito, gerando produtos de varias granulometrias. Para o reaproveitamento dos finos gerados, que até então eram considerados rejeito, a CVRD implantou duas usinas para pelotização dos finos, que foram inauguradas também em 1973 no Porto de Tubarão (VALE, 2012A).

No início da década de 80 a produção da CVRD se baseava nos Sistemas Norte e Sul. O Sistema Norte consistia no Projeto Ferro Carajás, que devido a descoberta das grandes jazidas minerais no estado do Pará deu destaque para a área na produção do minério de ferro. Com a alta demanda mundial por aço, foram feitos investimentos no Sistema Norte, que passou a ser o principal polo exportador de minério de ferro da Companhia (VALE, 2012A).

O Sistema Sul se localizava no estado de Minas Gerais, mais precisamente na área abrangida pelo Quadrilátero Ferrífero. Além das principais minas do Cauê, Conceição e Dois Córregos, também eram exploradas as minas Piçarrão e Caraça. Também foram adquiridas as minas Onça, Chacrinha, Periquito e Esmeril. Com o início das exportações de Carajás em 1986, o Sistema Sul reduziu significativamente suas exportações. O que era produzido se direcionava para o mercado siderúrgico nacional, o que também consolidou a CVRD como uma importante produtora de pelotas no Complexo Siderúrgico de Tubarão (VALE, 2012A).

No ano de 2006 a já então privatizada Vale desmembrou o Sistema Sul em duas outras estruturas chamadas de Sistema Sudeste e Sistema Sul. O Sistema Sudeste compreendia as minas localizadas nos complexos Itabira, Minas Centrais e Mariana, que tinham sua produção escoada através da Estrada de Ferro Vitória Minas até o Complexo de Tubarão no Espírito Santo. O novo Sistema Sul compreendia os complexos Vargem Grande, Itabiritos e Paraopeba e tinha a produção escoada até o Terminal da Ilha Guaíba (VALE, 2012B) (Figura 2.8).

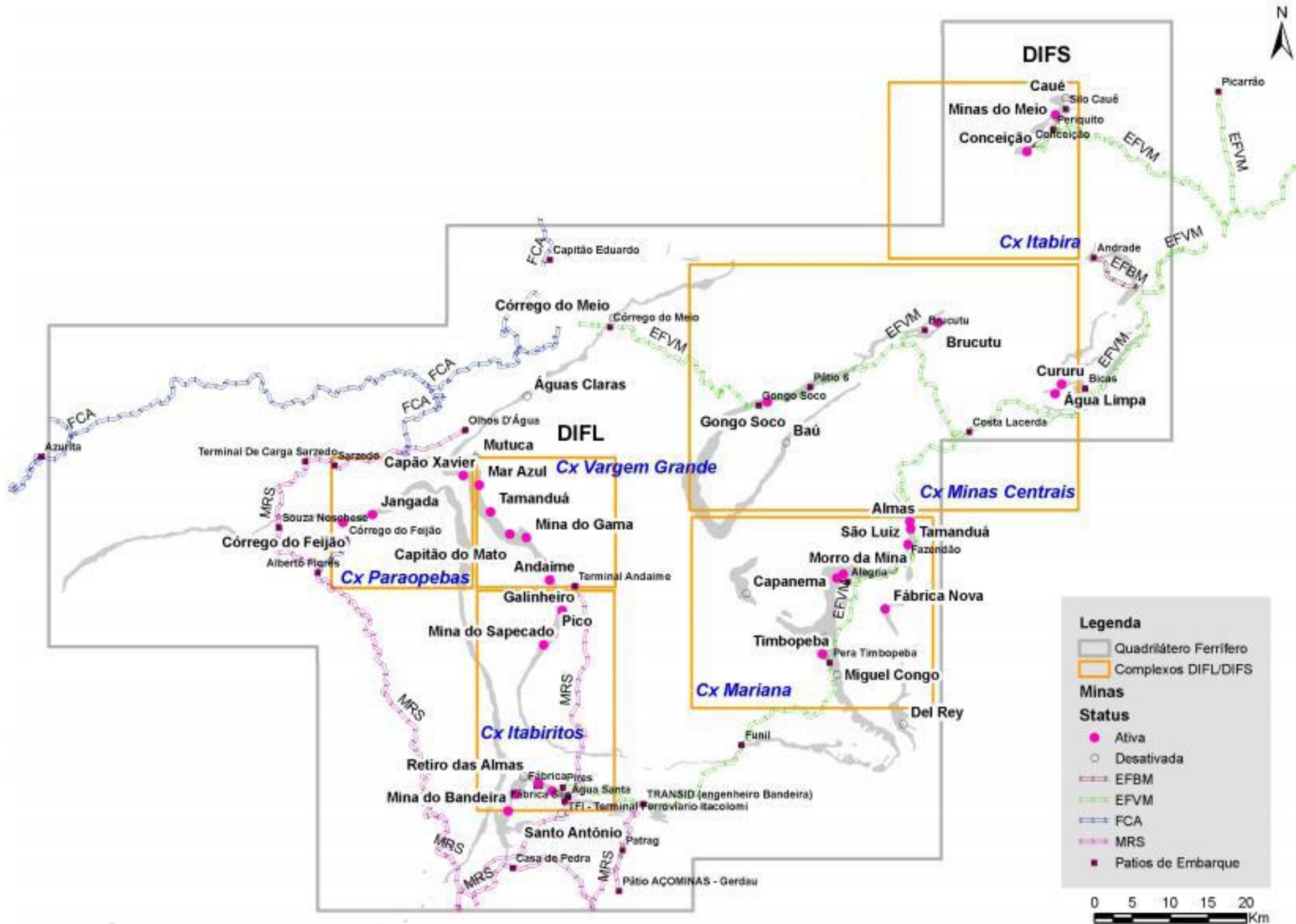


Figura 2.8 : Mapa dos Complexos da Vale (Fonte: VALE, 2012B).

O grande destaque da Vale na produção de minério de ferro é a Mina de Brucutu. Localizada na cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo, que fica a aproximadamente 100 quilômetros da capital Belo Horizonte, fazendo parte do complexo Minas Centrais. Com uma estrutura de quase nove mil quilômetros quadrados o complexo possui capacidade produtiva de 30 milhões de toneladas (VALE, 2012B).

A mina é a maior em produção de minério de ferro em Minas Gerais e segunda maior do país, perdendo apenas para Carajás, que também pertence a Vale. O complexo mina/usina de Brucutu é responsável por gerar mais de dois mil empregos, diretos e indiretos. Os índices socioeconômicos da cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo e das cidades vizinhas (Santa Barbara, Barão de Cocais, João Monlevade e Itabira) mostram o desenvolvimento da economia local desde 2006, quando as operações na mina se iniciaram (VALE, 2016).

A concessão de lavra para a área de Brucutu foi obtida pelo Grupo Caemi no ano de 1972. Alguns fatores como a pouca quantidade de minério hematítico em relação ao minério itabirítico presente na reserva e a falta de instalações próprias para o transporte do minério extraído fizeram com que o Grupo Caemi perdesse o interesse pela mina. Em 1994 a Vale assumiu as operações de lavra de Brucutu (VALE, 2012A).

O interesse pela jazida se justificou por questões logísticas que eram favoráveis à Vale. A Estrada de Ferro Vitória Minas, que é propriedade e de controle da companhia, se localizava na região de Brucutu e se tornaria um meio de escoar a produção de minério de ferro da mina. A grande quantidade de itabirito na jazida em questão também não representava um problema. Desde os anos 70 a Vale investia na instalação de usinas capazes de beneficiar o minério itabirítico (que possui menor teor de ferro) e adequá-lo às exigências do mercado, visando se adaptar ao esgotamento das reservas de hematita (VALE, 2012A).

Outra usina de beneficiamento de minério da Vale se encontra no Complexo Vargem Grande, localizado no Sistema Sul, próxima às minas Capitão do Mato e Tamanduá. O minério dessas duas minas chega à usina de beneficiamento através de correia transportadora. Antes de ser encaminhado à usina o minério passa por processos de cominuição, no caso o minério passa por britadores ainda na área da mina. A adequação da granulometria é necessária para fazer o transporte até a usina, onde processos de concentração são responsáveis por eliminar contaminantes e elevar o teor de ferro do concentrado final (VALE, 2012B).

No Complexo Itabira, onde se localizam as minas de Conceição e Cauê, e Usina de Fábrica a concentração do minério é realizada por processos de separação magnética. Nesse processo a separação ocorre pela atuação de um campo magnético, separando o material que se atrai pelo campo do material que não é atraído. Já no complexo Vargem Grande a concentração é feita por flotação (Figura 2.9). Na flotação a separação ocorre em meio aquoso, onde as partículas que tem afinidade com a água (mineral de interesse) são retiradas no fundo da célula e as partículas hidrofóbicas (ganga) saem pela superfície aderidas a bolhas formadas na polpa. O produto final obtido é o *pellet feed*, partículas com granulometria abaixo de 0,15 milímetros (VALE, 2012B).

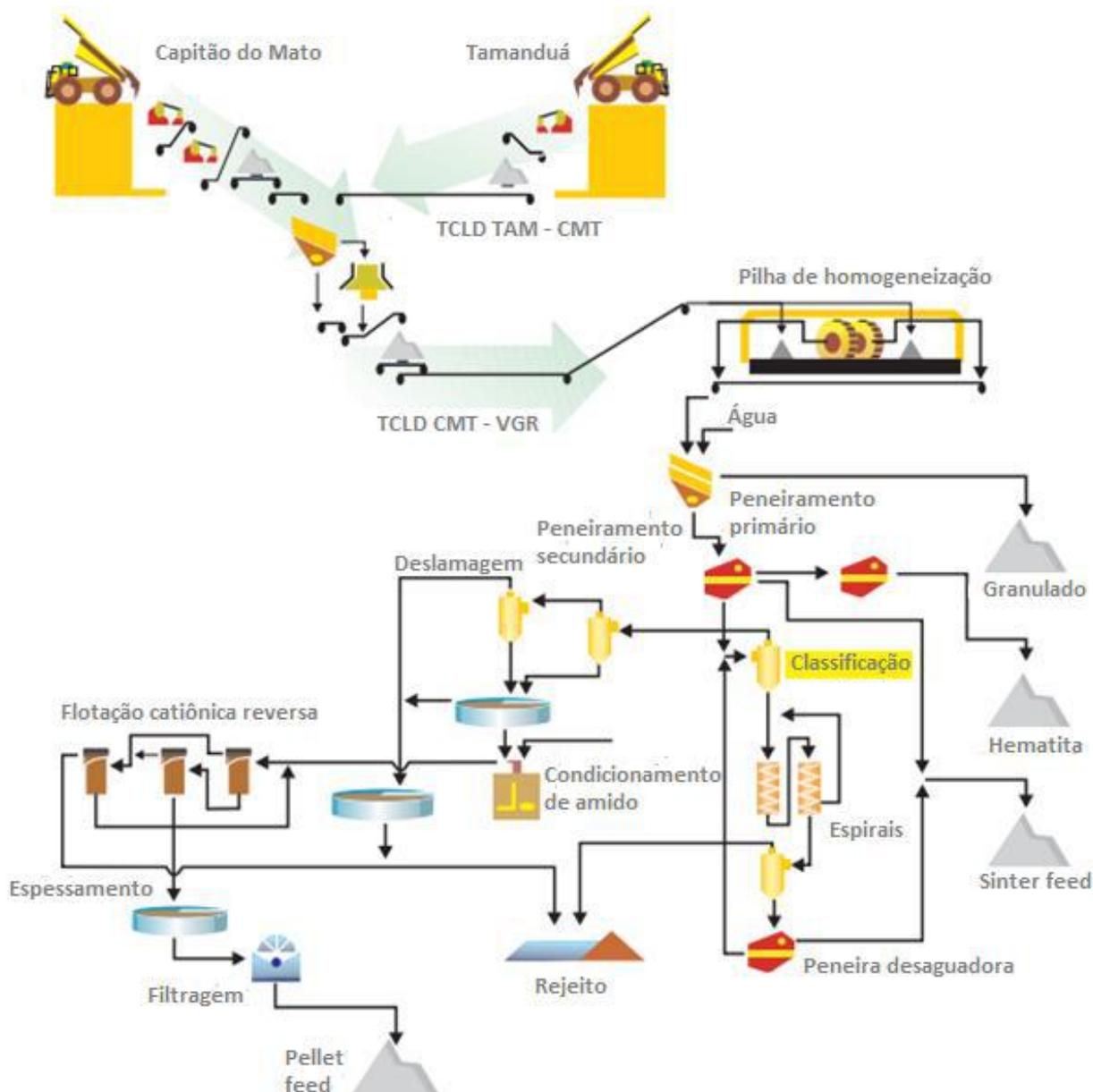


Figura 2.9 : Fluxograma de beneficiamento de minério de Vargem Grande (Fonte: VALE, 2012B).

A Vale alcançou no terceiro trimestre de 2018 o recorde de produção de finos de minério de ferro, com a marca de 104,8 milhões de toneladas, enquanto a produção do segundo semestre de 2018 foi de 96,8 milhões de toneladas (Tabela 2.3). A marca refletiu no recorde de vendas. 98,2 milhões de toneladas de minério de ferro e de pelotas foram vendidas no terceiro trimestre de 2018, o que caracterizou 4,7 milhões de toneladas a mais do que no recorde anterior, obtido no último semestre do ano de 2017 (VALE, 2018).

O Sistema Sul teve uma produção de 22,4 milhões de toneladas e o Sistema Sudeste produziu

28 milhões de toneladas, ambos no mesmo período (terceiro trimestre de 2018). O teor de ferro no minério da Vale alcançou 64%, enquanto o teor de alumina diminuiu de 1,3% para 1,2% e de sílica de 4,2% para 3,9%, comparando com o segundo semestre de 2018 (VALE,2018).

Tabela 2.3: Desempenho do minério de ferro na Vale.

Mil toneladas métricas	3º trimestre de 2018	2º trimestre de 2018	3º trimestre de 2017	% variação 3º2018/2º2018
Sistema Norte	53.919	46.210	45.001	16,7
Serras Norte e Leste	37.784	31.888	38.776	18,5
S11D	16.135	14.332	6.226	12,7
Sistema Sudeste	28.016	27.630	26.898	1,4
Itabira	10.929	10.497	9.607	4,1
Minas Centrais	9.705	9.373	9.197	3,5
Mariana	7.382	7.761	8.094	-4,9
Sistema Sul	22.378	22.244	22.571	0,6
Paraopeba	7.270	7.206	7.247	0,6
Vargem Grande	5.775	5.795	5.447	-0,3
Minas Itabirito	9.333	9.243	9.877	1,0
Sistema Centro-Oeste	632	670	632	-5,7
Corumbá	632	670	632	-5,7
PRODUÇÃO Minério de ferro	104.945	96.755	95.102	8,5
VENDAS Minério de ferro	83.976	73.290	76.794	14,6
VENDAS Minério de ferro e pelotas	98.226	86.521	89.929	13,5

Fonte: VALE, 2018.

2.6.2 Companhia Siderúrgica Nacional

Em 7 de abril de 1941 o então presidente do Brasil Getúlio Vargas assinou o decreto que definiu a criação da Companhia Siderúrgica Nacional, empresa de capital estatal fundada com a ajuda de capital estrangeiro, que foi inaugurada na cidade de Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro (CPDOC/FGV, 2017). Nesse momento já existiam algumas usinas siderúrgicas no país, sendo todas de pequeno porte.

Com a crescente demanda por produtos siderúrgicos no Brasil, a produção das pequenas siderúrgicas em operação não era suficiente, tornando o país dependente da importação desses

produtos. Com o início do governo Vargas, pós crise de 1929, o caminho do desenvolvimento apontava para a industrialização e a valorização da indústria siderúrgica indicava um caminho de independência nacional sobre o mercado internacional (MOREIRA, 2004 *apud* OLIVEIRA, 2013).

Com o passar dos anos, além do ramo da siderurgia, a CSN se tornou uma das maiores mineradoras do país, sendo a segunda empresa que mais exporta minério de ferro no Brasil, além de representar uma das mais competitivas do mundo. O minério produzido além de ser exportado abastece os fornos da siderurgia da empresa e se caracteriza por ser um minério de altos teores de ferro. Sua principal atividade é na mina Casa de Pedra e mina do Engenho, no município de Congonhas em Minas Gerais (CSN, 2018).

Localizada no extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, a cidade de Congonhas está a 78 quilômetros da capital Belo Horizonte e tem como sua principal fonte de renda a mineração, através da arrecadação do CEFEM. No início do século XX o empresário Arn Thun adquiriu o terreno da fazenda Casa de Pedra na cidade de Congonhas para buscar e, em seguida extrair minério de ferro, o que viria a ser o maior empreendimento de ferro no município. Em 1943 a empresa de Arn Thur foi desapropriada e a mina passou a ser propriedade da CSN (MILANEZ, 2011).

A mina Casa de Pedra, que recebeu o nome da fazenda onde se localizava, é a principal mina de minério de ferro da cidade de Congonhas e de acordo com a geologia local faz parte da Formação Cauê. A extração do minério na mina Casa de Pedra é feita á céu aberto. Após a fragmentação para extrair o minério, os blocos são transportados por caminhões até as plantas de beneficiamento ou até as pilhas de estéril (CSN, 2018).

O minério lavrado segue para plantas de beneficiamento na Planta Central, onde passa por rota úmida, ou em Plantas Móveis, que funcionam por rota seca. A primeira etapa do beneficiamento consiste na cominuição dos blocos e a posterior classificação, que ocorre por meio de flotação e separação magnética de alta intensidade. Após produzido, o minério é direcionado para pátios de estocagem, onde ficam até sua retomagem para o transporte ferroviário. O minério classificado é dividido em três categorias, de acordo com a granulometria que apresenta (CSN, 2018).

O granulado apresenta a maior granulometria e não passa por etapas de concentração pois seu formato permite que ele seja diretamente alimentado em altos fornos. O granulado produzido pela CSN apresenta 61% de ferro. O sinter feed (partículas entre 6,3 mm e 0,15 mm) e o pellet feed (partículas menores que 0,15 mm) são minérios de granulometrias menores, que passaram por etapas de concentração e que devem passar por processos de aglomeração de finos, como sinterização e pelletização, antes de alimentar o alto forno. O teor do sinter feed e do pellet feed da CSN é de 63% e 66% de ferro, respectivamente (CSN, 2018).

A mina do Engenho, também propriedade da CSN, se localiza nas proximidades da mina Casa de Pedra. O minério de ferro extraído na mina do Engenho é beneficiado no Complexo do Pires, onde a concentração é feita em classificadores em espiral e concentradores magnéticos de alta intensidade. A ferrovia MRS, da qual a CSN tem participação de 18,63% do grupo controlador, é o principal meio de escoamento do minério produzido até o Porto de Itaguaí no estado do Rio de Janeiro. Tanto o minério que é destinado à exportação quanto o que é direcionado ao mercado nacional são transportados pela MRS (CSN, 2018).

Atualmente a mina Casa de Pedra possui 3 bilhões de toneladas em reservas e tem uma capacidade de produção de 30 milhões de toneladas por ano. A mina do Engenho possui reservas calculadas de 300 milhões de toneladas. O terminal portuário de Itaguaí tem capacidade de exportação de 42 milhões de toneladas de minério de ferro por ano (CSN, 2018).

2.6.3 Ferrous Resources do Brasil

Empresa brasileira com sede na cidade de Belo Horizonte, a Ferrous Resources do Brasil foi fundada em 14 de maio de 2007. Mineradora de ferro, seus principais empreendimentos são as minas Viga, na cidade de Congonhas, Esperança e Serrinha em Brumadinho e Santanense em Itatiaiuçu, todas elas localizadas no Quadrilátero Ferrífero. A mina Viga Norte, em Itabirito, foi adquirida um ano após a fundação da empresa (FERROUS, 2010A).

Foram realizadas avaliações de impacto ambiental e projetos de licenciamento ambiental tanto da mina Viga quanto do porto e planta de filtragem na cidade de Presidente Kennedy no Espírito Santo. Após cumprir todas as exigências, as operações da mina Viga se iniciaram em 2011, com uma produção de 1,5 milhões de toneladas nos primeiros meses (FERROUS,

em 2014. A mina Viga possui um terminal rodoviário que liga a área da mina à ferrovia pertencente a empresa MRS Logística. Através da malha ferroviária o minério de ferro produzido é escoado até o porto de Itaguaí no estado do Rio de Janeiro (SINFERBASE, 2014).

2.6.4 Mineração Usiminas

Ainda no cenário de otimismo gerado pelo governo em relação ao avanço econômico que a instalação de indústrias siderúrgicas poderia causar, a Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (Usiminas) foi fundada. A sua fundação ocorreu no dia 25 de abril de 1956 na cidade mineira de Ipatinga e foi inaugurada em 1962. O início da mineração na história da companhia se deu no ano de 2012 com criação da Mineração Usiminas (MUSA), joint venture formada a partir da sociedade da Usiminas com o grupo japonês Sumitomo Corporation, que assumiu 30% da sociedade (USIMINAS, 2018A).

As operações de mineração da MUSA se baseiam em quatro minas na região de Serra Azul, em Minas Gerais nos limites do Quadrilátero Ferrífero. O minério de ferro extraído é destinado para a produção siderúrgica própria da Usiminas, mas também para exportação. A Instalação de Tratamento de Minério (ITM) é destino para a matéria prima extraída para que o minério seja beneficiado e ocorra seu enriquecimento (USIMINAS, 2018A).

A usina de beneficiamento conta com o processo de fragmentação por meio de britadores, ao fim do qual o produto granulado é obtido por meio de peneiramento e o restante, em menores granulometrias, segue para a concentração. A concentração é composta por jigues, concentradores em espiral, separadores magnéticos e peneiras desaguadoras e são gerados sinter feed e pellet feed. A utilização de um concentrador de 3 rotores é um diferencial na ITM da MUSA. Pouco usado no mundo, o equipamento consiste em um campo magnético de alta intensidade que separa as partículas magnéticas (produto de interesse) de partículas não magnéticas (rejeito) (USIMINAS, 2018D).

A MUSA realizou investimentos para aumentar sua capacidade de produção em 4 milhões de toneladas através da instalação do Projeto Friáveis, visando também a melhor qualidade do produto gerado, com maior teor de ferro e menor teor de contaminantes. O projeto é formado por duas usinas de beneficiamento. A primeira é a Instalação de Tratamento de Minério

Samambaia, localizada na mina Oeste. A ITM Samambaia é dotada de um circuito a seco, que envolve a cominuição, classificação e empilhamento do minério, e de um circuito a úmido, que promove a concentração e gera o produto sinter feed (USIMINAS, 2018C).

A outra instalação envolvida no Projeto Friáveis é a Instalação de Tratamento de Minério Flotação, localizada na mina Central. O processo de concentração por flotação é utilizado para beneficiar o material mais fino da produção, com granulometria abaixo de 0,15 milímetros. Após da flotação o material passa por um processo de filtragem à vácuo para que seja retirada a água adquirida no processo anterior. O produto, conhecido como pellet feed, apresenta teores de ferro superiores a 65% (USIMINAS, 2018C).

O minério de ferro produzido é transportado por caminhões da usina até os terminais de carga que se localizam nas cidades de Azurita e Sarzedo, em Minas Gerais. Desses terminais de carga o minério segue por meio de transporte ferroviário até os terminais marítimos de Praia Mole, no Espírito Santo, e Cubatão, em São Paulo. O transporte é realizado nas malhas ferroviárias da VLI e MRS, da qual a Usiminas tem participação de capital (USIMINAS, 2018D).

Desde o início das operações em Serra Azul a MUSA já produziu cerca de 52,3 milhões de toneladas de minério de ferro, com o recorde de vendas de 800 mil toneladas em um único mês. Desde o início de suas operações a MUSA já gerou de tributos o equivalente a 1,1 bilhão de reais (USIMINAS, 2018B).

2.6.5 Anglo American

A Anglo American é uma empresa inglesa fundada em 1917 por Ernest Oppenheimer. Seu primeiro empreendimento foi uma mina de ouro em Joanesburgo, na África do Sul. Com operações atualmente presentes em cerca de 30 países, a Anglo American chegou ao Brasil no ano de 1973 atraída pela riqueza mineral do país e em busca de uma maior diversificação em seus negócios minerários (ANGLO AMERICAN, 2017).

De início foi necessário que a Anglo American se associasse a empresas de capital nacional para a realização de atividades de mineração, tendo em vista que a legislação brasileira da época não permitia que empresas estrangeiras assumissem sozinhas um negócio. Alguns

desses grupos associados possuíam projetos de mineração de ouro, o que veio a se tornar o primeiro interesse da Anglo American no Brasil (ANGLO AMERICAN, 2017).

Com o tempo as operações de ouro da Anglo American foram consolidadas na empresa Anglogold, afastando seus interesses do negócio de ouro gradativamente. Em 2009 o foco da companhia no Brasil mudou, passando a interessar-se pela mineração de níquel, nióbio, fosfato e minério de ferro, apesar de não serem produtos normalmente presentes no portfólio da empresa. Atualmente as duas unidades de negócio da Anglo American no Brasil estão em Niquelândia, Goiás, na produção de níquel e em Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, na produção de minério de ferro (ANGLO AMERICAN, 2013).

O interesse pelo mercado de ferro surgiu em 2007 com a compra do Projeto Minas-Rio e de parte do Sistema Amapá nas mãos da Mineração e Metálicos S. A (MMX). Apenas o Projeto Minas-Rio continuou em posse da empresa. Com condições para tornar a Anglo American uma empresa referência mundial no mercado de minério de ferro, o projeto contava com atrativos que chamavam a atenção da empresa nova no ramo (ANGLO AMERICAN, 2013).

Reserva mineral de qualidade e de grande volume e a ideia da adoção do mineroduto como solução de transporte dos produtos tornou novamente o Brasil uma boa estratégia de negócios aos olhos da Anglo American. O grupo promoveu um investimento de 35 bilhões de reais no país, sendo 8,8 bilhões apenas na fase de implantação do Projeto Minas-Rio, maior investimento em nível global realizado pela Anglo American. O primeiro embarque no mineroduto ocorreu em 2014 (Figura 2.11) (ANGLO AMERICAN, 2015).

O Projeto possui extração e beneficiamento do minério no município de Conceição do Mato Dentro e Alvorada de Minas, Minas Gerais, a cerca de 170 quilômetros da capital Belo Horizonte. O mineroduto possui 529 quilômetros de extensão e liga a cidade mineira até São João da Barra, Rio de Janeiro, passando por 33 municípios nesse caminho. No Porto de Açú, onde a polpa bombeada chega, o minério passa por processo de filtragem. Em seguida o minério de ferro já é encaminhado para exportação (ANGLO AMERICAN, 2015).

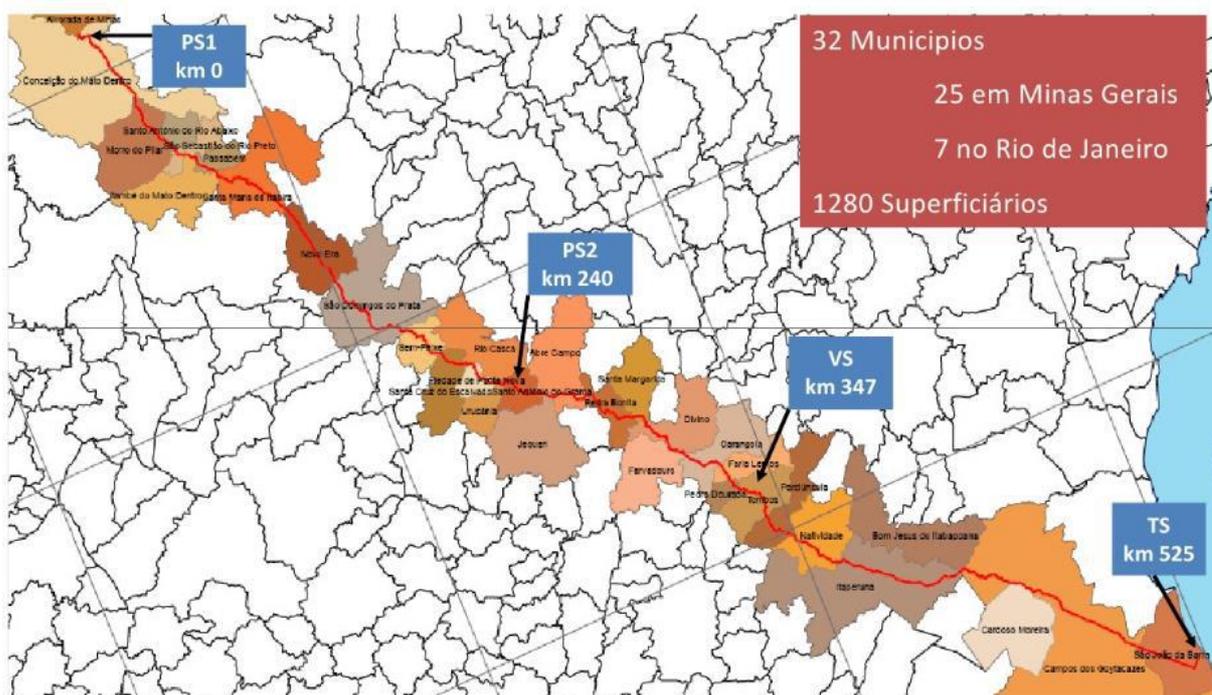


Figura 2.11: Mapa Mineroduto Minas-Rio (Fonte: ANGLO AMERICAN, 2011).

O minério produzido, do tipo pellet feed, apresenta altos teores de ferro, aproximadamente 67,5%, e poucos contaminantes. O mineroduto tem capacidade para 24,5 milhões de toneladas de concentrado, 2944 toneladas por hora de polpa bombeada com 68% de sólidos. O transporte da polpa mineral é feito com o auxílio de duas estações de bomba. A primeira está localizada em Conceição do Mato Dentro e conta com 8 bombas. A segunda se localiza na cidade de Santo Antônio do Gramma, ainda em Minas Gerais a 235 quilômetros de Conceição do Mato Dentro. Nessa estação são utilizadas 10 bombas (ANGLO AMERICAN, 2015).

Além das estações de bombeamento, uma estação de válvulas se localiza na cidade de Tombos, Minas Gerais, no quilômetro 343 do mineroduto. A estação de válvulas tem como finalidade corrigir a pressão da polpa no duto, para que desse modo ela chegue no Porto de Açú na velocidade correta. Ao chegar no porto, a polpa passa por espessadores de modo a aumentar a sua porcentagem de sólidos. Em seguida passa pelo processo de filtragem para o posterior embarque. O processo de espessamento garante o melhor funcionamento dos filtros, uma vez que retira o excesso de água que está junto ao minério (ANGLO AMERICAN, 2015) (Figura 2.12).

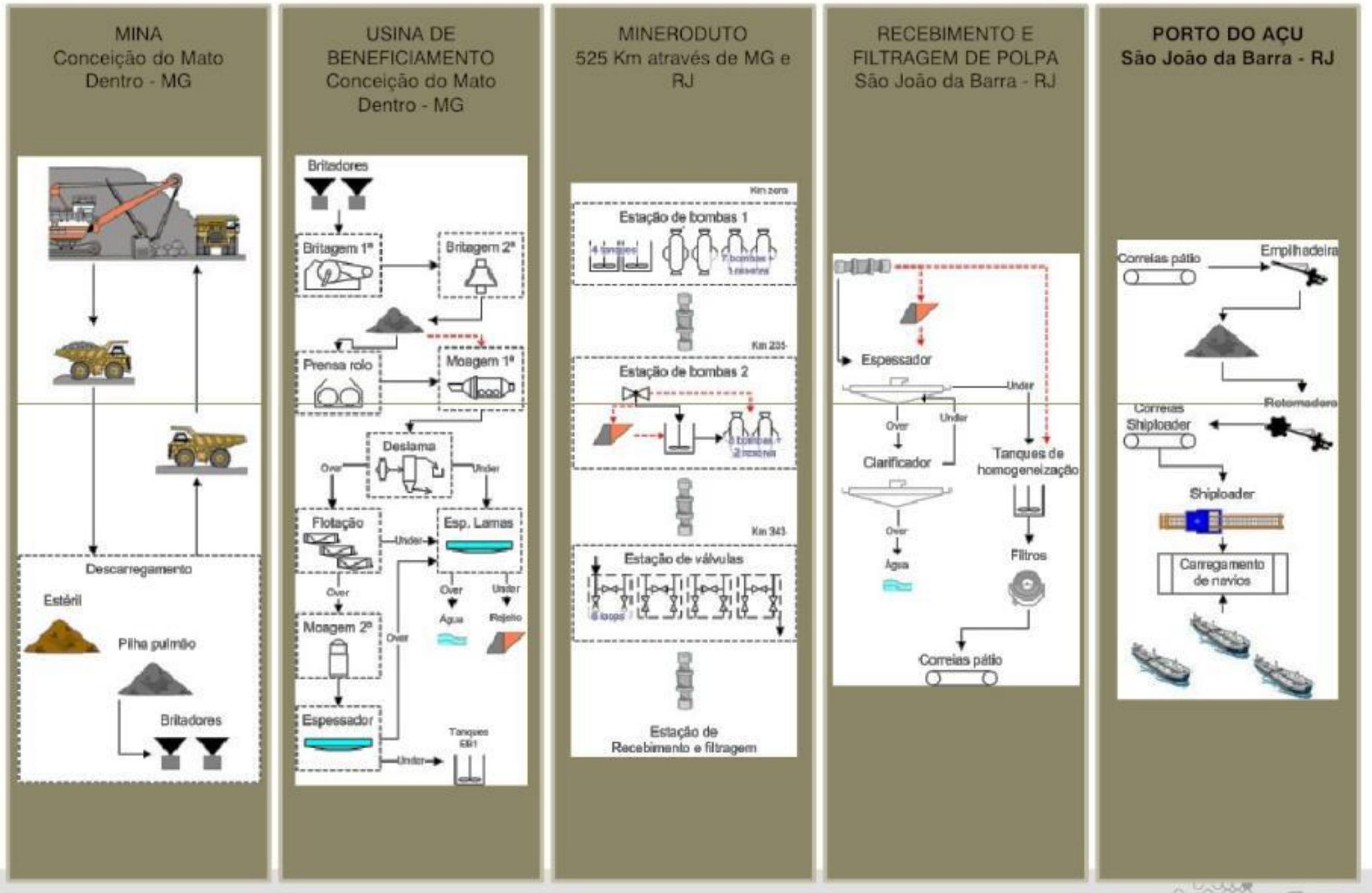


Figura 2.12: Sistema integrado da produção de ferro pela Anglo American em Conceição do Mato Dentro (Fonte: ANGLO AMERICAN, 2011)

3. COMPARATIVO

A seguir é apresentado um quadro comparativo contendo as informações de maior relevância obtidas neste estudo, afim de sintetizar os resultados da pesquisa.

Quadro 3.1: Informações relevantes sobre as empresas.

EMPRESA	VALE	COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL (CSN)	FERROUS RESOURCES DO BRASIL	MINERAÇÃO USIMINAS (MUSA)	ANGLO AMERICAN
FUNDAÇÃO	1942 em Itabira, Minas Gerais	1941 em Volta Redonda, Rio de Janeiro	2007 em Belo Horizonte, Minas Gerais	Usiminas em 1956 em Ipatinga, Minas Gerais, e MUSA em 2012	1917 em Londres, Reino Unido
ATIVIDADES	Mineração e Pelotização	Mineração e Siderurgia	Mineração	Mineração	Mineração
PRINCIPAL MINA	Mina Brucutu	Mina Casa de Pedra	Mina Viga	Minas de Serra Azul	Mina de Conceição do Mato Dentro
LAVRA	Céu aberto	Céu aberto	Céu aberto	Céu aberto	Céu aberto
BENEFICIAMENTO	Separação magnética e flotação reversa	Separação magnética de alta intensidade e flotação reversa	Flotação reversa	Jigues, concentradores espirais e separadores magnéticos	Flotação reversa
PRODUÇÃO	104,945 milhões de toneladas em todo o país	30 milhões de toneladas na Mina Casa de Pedra	5,5 milhões de toneladas nas minas Viga, Esperança e Santanese	52,3 milhões de toneladas desde 2012	Não declarada
LOGÍSTICA	Transporte ferroviário através da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM)	Transporte ferroviário através da MRS Logística	Transporte ferroviário através da MRS Logística	Transporte rodoviário até o terminal de carga e transporte ferroviário através da VLI e da MRS Logística	Mineroduto Minas-Rio

4. CONCLUSÃO

Apesar da abundância de minério de ferro no estado de Minas Gerais, maior estado produtor do país, a maior parte da produção se concentra nas mãos de apenas algumas empresas. A mina de Brucutu, pertencente à Vale, e a mina Casa de Pedra, pertencente a CSN, são as maiores minas produtoras de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero. Ambas, com capacidade produtiva de aproximadamente 30 milhões de toneladas por ano, só perdem em produção para o Complexo Carajás.

Todas as minas de ferro em Minas Gerais operam pelo método de lavra a céu aberto. A rota de beneficiamento adotada para o minério extraído tem uma relação direta com o teor de ferro em sua constituição. Minérios com elevado teor geralmente são utilizados na forma de granulados, passando apenas por adequação granulométrica. Minérios com menores teores, como os itabiritos, necessitam passar por etapas de classificação para eliminação das impurezas.

As usinas de classificação citadas utilizam processos como flotação reversa e separação magnética para separar o minério de ferro dos materiais que não são de interesse (rejeito). Para que essa separação ocorra é necessário que o material esteja em menor granulometria, gerando um produto fino. Classificados em sinter feed e pellet feed, os produtos da classificação tem alto teor de ferro e são vendidos desse modo às siderúrgicas.

O transporte do minério é feito preferencialmente por ferrovias. Saindo da região da usina, o minério é levado aos portos, onde é encaminhado à exportação. A Anglo American se destaca no transporte de minério, que é realizado através de mineroduto de Conceição do Mato Dentro (MG) até o Porto de Açu (ES). O mineroduto Minas-Rio tem capacidade para transportar 2944 toneladas de polpa a 68% de sólidos por hora.

A importância do minério de ferro para a economia brasileira é notável. Além das arrecadações em forma de tributos, sejam eles municipais, estaduais ou federais, a alta exportação do minério de ferro também reflete no superavit da balança comercial brasileira. O mercado do ferro também é responsável pelo desenvolvimento socio-econômico no entorno dos empreendimentos, gerando novos postos de trabalho e atraindo a indústria siderúrgica.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. **Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero.** *Precambrian Research*, 90. 1998. p. 29 – 58.

ANGLO AMERICAN. **Validação das estratégias operacionais do Projeto Minas-Rio usando Ferramentas de Simulação Computacional.** 2011. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/DecisionScience/case-anglo-american-9561517>>. Acesso em 06 nov. 2018.

ANGLO AMERICAN. **40 Anos De Brasil.** 2013. Disponível em <http://www.museudapessoa.net/public/editor/anglo_american_-_40_anos_de_brasil.pdf>. Acesso em 06 nov. 2018.

ANGLO AMERICAN. **Sistema Minas-Rio, unidade de negócio minério de ferro Brasil.** 2015. Disponível em <<https://brasil.angloamerican.com/~media/files/a/anglo-american-brazil-v3/reports-and-presentations/minerio-de-ferro-brasil/folder%20minas-rio%20agosto%20de%202015.pdf>>. Acesso em 06 nov. 2018.

ANGLO AMERICAN. **Grupo Anglo American completa 100 anos no mundo.** 2017 disponível em < https://brasil.angloamerican.com/imprensa/press-releases/2017/11-10-2017?sc_lang=pt-pt>. Acesso em 06 nov. 2018.

BRAGA, M. A. et al.. **Mapeamento litológico por correlação entre dados de aeromagnetometria e aerogradiometria gravimétrica 3D-FTG no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil.** *Revista Brasileira De Geofísica*. vol.27 no.2. São paulo abr/jun 2009.

CARVALHO, P. S. L. et al. **Minério de ferro.** BNDES Setorial 39, p. 197-234, 2014.

CARVALHO, P. S. L.; SILVA, M. M.; ROCIO, M. A. R.; MOSZKOWICZ, J. **Minério de ferro.** BNDES Setorial 39, p. 197-234, 2014.

COSTA, T.A.V. **Caracterização Geológico-Geotécnica e Modos de Ruptura do Minério Hematítico Friável nas Minas da Vale, Borda Oeste do Quadrilátero Ferrífero - MG.** 2009. 191 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

CPDOC/FGV – Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea no Brasil / Fundação Getúlio Vargas. **Criação da Companhia Siderúrgica Nacional**, 2017. Diretrizes do Estado Novo (1937-1945). Disponível em : <<https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/AEraVargas1/anos37-45/EstadoEconomia/CSN>>. Acesso em 12 dez 2018.

CRUZ, R. H. V., NEUMANN, R. **Maghemita como mineral intermediário da transformação magnetita-hematita em minérios de ferro brasileiros: caracterização mineralógica, tecnológica e implicações para beneficiamento.** In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 5. Rio de Janeiro. Anais. CETEM/MCTIC, 2016

CSN- Companhia Siderúrgica Nacional. 2018. **CSN Mineração**. Disponível em <http://www.csn.com.br/conteudo_pti.asp?Idioma=0&conta=45&tipo=59540>. Acesso em 01 nov. 2018

DNPM- Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2015**. Brasília, 2015. vol. 35.

DNPM. **Informe Mineral 1º/2017**. Brasília, Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração (DIPLAM). Janeiro-Junho de 2017.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro 2017 Principais substâncias metálicas**. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2018.

DORR, J. V. N., **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. USGS, Prof Paper 614-A, Washington, DC, p. 110, 1969.

FALERO, E.E.T. **Comportamento do fósforo em escórias sintéticas e no pellet feed para redução direta**. 2011. 85 p. Tese (Pós-graduação) - PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2011.

FERREIRA, G. E. **A competitividade da mineração de ferro no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. (Série Estudos e Documentos, 50).

FERROUS. **About us**, 2010A. Disponível em: <<https://www.ferrous.com.br/index.php/pagina/view/11/11>>. Acesso em 06 nov 2018.

FERROUS. **Viga**, 2010B. Disponível em: <<https://www.ferrous.com.br/index.php/operacoes/view/1>>. Acesso em 06 nov 2018.

GROSS, G. A. **A classification of iron formations based on depositional environments**. Canadian Mineralogist. vol. 18, p. 215-222, 1980.

HENRIQUES, A. B.; ANGRISANO, L. C. S.; OLIVEIRA, I. M. **Caracterização mineralógica de hematitas do Quadrilátero Ferrífero**. Revista Pensar – Revista Acadêmica das Faculdades Kennedy e Promove, Belo Horizonte, 2013.

IBRAM- Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 7ª Edição. Dez. 2012. 68p. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2018.

JAMES, H.L. **Sedimentary facies of iron formation**. Economy Geology, v. 49, p. 235-293, 1954.

JESUS, C. G. **Economia mineral do Brasil**. DNPM. Cap.3, p. 99-116, 2009.

JÚNIOR, V.T.O. **Textura e propriedades reológicas do minérios de ferro do Quadrilátero Ferrífero (MG) e sua utilização em beneficiamento**. 2006. 225 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MARSHAK, S. ; ALKMIM, F. F. **Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil**. Tectonics Washington, v. 8, n.3, p. 555-572, 1989.

MILANEZ, B. **Grandes minas em Congonhas (MG), mais do mesmo?** 2011. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/Milanez-2011-Grandes-minas-em-Congonhas-MG-mais-do-mesmo.pdf>>. Acesso em 12 dez 2018.

MOREIRA, R. L. **CSN um sonho feito de aço e ousadia**. 2ª edição revista e atualizada por Maurette Brandt. Ed. Ver. Atual, Rio De Janeiro, 2004.

OMACHI, G.Y. **Estudos para o aumento da vida útil das minas de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2015. 71 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

OLIVEIRA, J. G. I. **Responsabilidade social da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e suas externalidades negativas na saúde da população do município de Volta Redonda, no período de 2008 a 2012**. 2013. 72 p. Tese (Trabalho de Conclusão De Curso) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2013.

QUARESMA, L.F. – Relatório Técnico 18 – **Perfil da Mineração de Ferro**. MME, Ministério de Minas e Energia, Brasília, DF, 2009.

RODRIGUES, C. **A história da descoberta de Carajás**. Portal Canãa, 2017. Disponível em: <<https://portalcanaa.com.br/site/mineracao/a-historia-da-descoberta-de-carajas/>>. Acesso em 12 dez 2018.

ROESER, H.M.P. & ROESER, P.A. **O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados**. Revista Geonômos. UFMG, Belo Horizonte, MG., vol. 18 (1), p. 33-37, 2010.

ROLIM, VASSILY KHOURY. **As formações ferríferas da região de Conceição Do Mato Dentro – MG: posicionamento estratigráfico, evolução tectônica, geocronologia, características geoquímicas e gênese dos minérios**. 2016. 215 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal De Minas Gerais, Instituto De Geociências, 2016.

ROSIÈRE, C.A. & CHEMALE JR., F. **Itabiritos e minério de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero - Uma visão geral e discussão**. Revista Geonômos. UFMG, Belo Horizonte, MG. vol. 8 (2), p. 27-43, 2000.

ROSIÈRE, C.A.; CHEMALE JR., F. & GUIMARÃES, M.L.V. **Um modelo para evolução microestrutural dos minérios de ferro do Quadrilátero Ferrífero. Parte I – estruturas e recristalização**. Revista Geonômos. UFMG, Belo Horizonte, MG. vol. 1 (1), p. 65-84, 1993.

ROSSI, Q. D. **Estratigrafia e arcabouço estrutural da região de Fábrica Nova, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2014. Tese (Mestrado)- Universidade Federal De Ouro Preto. Contribuição às ciências da terra - Série D, vol. 73, 105p, 2014.

SINFERBASE – Sindicato Nacional Da Indústria De Extração Do Ferro E Metais Básicos. **Ferrous eleva capacidade de beneficiamento**. 2014. Disponível em

<<http://sinferbase.com.br/noticias/ferrous-eleva-capacidade-de-beneficiamento/>>. Acesso em 05 nov. 2018.

SOUSA, D. R. N., OLIVEIRA, M. L. R., FONSECA, B. C. **Conflitos ambientais na implantação do mineroduto da Ferrous: a percepção dos atores sociais sob suas causas e desdobramentos**. Revista do Departamento de Geografia –USP, vol. 25(2013), p. 140-163, 2013.

TEIXEIRA, I.B. **Uma pequena história da mineração brasileira. Conjuntura econômica**. 16-17 p. 1993. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rce/article/viewFile/53614/52328>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

USIMINAS. **Quem somos**, 2018A. Disponível em <<http://www.usiminas.com/mineracao/quem-somos/institucional/>>. Acesso em 06 nov. 2018.

USIMINAS. **Usiminas completa 10 anos na região de Serra Azul e traça planos para 2018**. 2018B. disponível em <<https://www.usiminas.com/mineracao/usiminas-completa-10-anos-na-regiao-de-serra-azul-e-traca-planos-para-2018/>>. acesso em 06 de nov. 2018.

USIMINAS. **Projeto Friáveis**, 2018C. Disponível em <<http://www.usiminas.com/mineracao/quem-somos/projeto-friaveis/>>. Acesso em 06 nov. 2018.

USIMINAS. **Nossos Produtos**, 2018D. Disponível em <<http://www.usiminas.com/mineracao/produtos/granulado/>>. Acesso em 06 nov. 2018.

VALE. **Nossa história**. 2012A. Disponível em <<http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/book-our-history/paginas/default.aspx>>. Acesso em 01 nov. 2018.

VALE. **Curso Básico de Mineração - Módulo 1 E 2**. 2012B. Disponível em <<http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/book-our-history/paginas/default.aspx>>. Acesso em 02 nov. 2018.

VALE. **Vale comemora 10 anos da Mina de Brucutu**. 2016. Disponível em <<http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/cale-comemora-10-anos-mina-brucutu.aspx>>. Acesso em 04 nov. 2018.

VALE. **Produção e vendas da Vale no 3T18**. 2018. Disponível em <http://www.vale.com/pt/investors/information-market/quarterly-results/resultadostrimestrais/preport3t18_p%20vfinal.pdf>. Acesso em 04 nov. 2018.

VILELA, R.A. et al. **Petrografia do minério hematita compacta da Mina do Tamanduá (Quadrilátero Ferrífero, MG)**. REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto, vol. 57(3), p. 157-164, jul. set. 2004.