

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Especialização em**  
**Engenharia de Recursos Minerais - CEERMIN**

**Mateus Vieira**

**RECUPERAÇÃO DO REJEITO DA MINA DA FÁBRICA**

**Belo Horizonte**  
**2012**

Mateus Vieira

## **RECUPERAÇÃO DO REJEITO DA MINA DA FÁBRICA**

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Minerais.

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Denise Ferreira Rocha.

Belo Horizonte  
2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Departamento de Engenharia de Minas  
Escola de Engenharia  
Av. Antônio Carlos, 6627, sala 4236 – Bloco 02 - 31270-901 - Belo Horizonte – BRASIL  
Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais  
Tel. (31) 3409-11860 – Fax (31) 3409-1966  
E-mail [especial@demin.ufmg.br](mailto:especial@demin.ufmg.br)

**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS**

ATA DE DEFESA DO TRABALHO FINAL DE: **Mateus Henrique Vieira Torres**

**ORIENTADOR: Prof. Sônia Denise Ferreira Rocha**

NÚMERO DE REGISTRO: 0023

No dia 17 de julho de 2012, reuniu-se no Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Engenharia da UFMG a Comissão Examinadora da Monografia, indicada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais, para julgar, em exame final, a Monografia intitulada

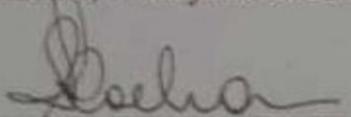
**“ RECUPERAÇÃO DO REJEITO DA MINA DE FÁBRICA ”**

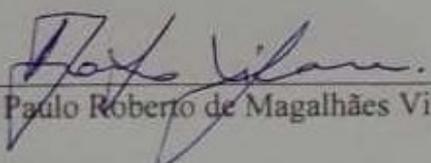
requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Recursos Minerais. Abrindo a sessão a Presidente da Comissão Examinadora, Prof. Sônia Denise Ferreira Rocha, após dar a conhecer aos presentes a conduta a ser seguida durante a defesa da Monografia, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do aluno. Logo após, a Comissão se reuniu a portas fechadas, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes notas de (0 a 100):

Notas e Comissão Examinadora			Título	Trab. Escrito (0-70)	Apres. Oral (0-30)	<b>Total</b> (0-100)
Prof.	Sônia Denise Ferreira Rocha	USP	Doutor	60	30	90
Prof.	Paulo Roberto de Magalhães Viana	UFMG	Doutor	60	30	90
	Elbert Muller Nigri	UFMG	Mestre	60	30	90
MÉDIA						90

Pelas indicações, o aluno deve proceder às alterações sugeridas no trabalho, para a sua edição definitiva, a ser entregue no prazo de 30 dias. O resultado final foi comunicado publicamente ao interessado pelo Presidente da Comissão que, nada mais havendo a tratar, encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, assinada por todos os membros participantes da Comissão.

Belo Horizonte, 17 de julho de 2012.

  
Prof.ª Sônia Denise Ferreira Rocha

  
Prof. Paulo Roberto de Magalhães Viana

  
Elbert Muller Nigri

*Dedico esse trabalho a todos os meus familiares e amigos que me acompanharam durante mais esse trajeto em minha vida, dedicando a mim carinho e me fortalecendo com suas presenças em minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, aos meus familiares, ao meu orientador e a todos os professores que contribuíram para o enriquecimento de meus conhecimentos durante esse período de formação acadêmica.

## RESUMO

O estudo realizado em relação à recuperação do rejeito da Mina da Fábrica objetivou analisar a viabilidade da recuperação do rejeito da Mina de Fábrica, por meio de testes por amostragem em relação ao teor de Fe. Os objetivos específicos buscaram apresentar o breve contexto histórico relacionado à mineração no Brasil; demonstrar as etapas de produção de minério; definir os rejeitos da mineração; analisar sobre a disposição dos rejeitos da mineração; e, demonstrar a importância da barragem de rejeito para a redução dos impactos ambientais. A pesquisa caracterizou-se como sendo de cunho exploratório quantitativo, desencadeando um estudo de caso, tendo como base a análise por amostragem do Teor de Fe no rejeito da Mina da Fábrica. Em relação ao referencial teórico, foram utilizados referências bibliográficas, artigos e teses que buscando fundamentar o estudo proposto, tratou-se de uma reflexão sob a luz de diferentes estudiosos que dissertam sobre o tema proposto. Em relação à localização da planta próxima a Planta Atual, as vantagens apresentadas referiram-se a utilização dos espessadores existentes; maior flexibilidade para o balanço de água; facilidade operacional. No entanto, como desvantagens, foram salientadas a interferência com a operação atual; projeto sem sinergia com o projeto de barragem; e, interferência no pátio de produção atual. Dessa maneira, concluiu-se que as desvantagens são consideráveis, o que remete a maiores estudos em relação a viabilidade da recuperação do rejeito em relação a locação da planta próximo a Planta Atual. Também foram analisadas estratégias referentes a locação da planta próximo a Barragem Forquilha III, onde as vantagens foram apresentadas como sendo a sinergia com o projeto de recuperação de barragens; baixa interferência com a operação atual; e, sinergia operacional com a lavra das barragens. As desvantagens apresentadas nessa localização foram consideradas menores do que a da primeira análise de locação da planta, apresentando apenas dificuldade de balanço de água; e, dificuldade logística para operação e manutenção. Nesse sentido, concluiu-se que, a viabilidade da recuperação do rejeito da Mina da Fábrica se apresenta mais viável em relação às simulações, rotas e testes realizados, se a locação da planta se apresentar próximo a Barragem Forquilha III, devido as suas vantagens serem atrativas, em relação as desvantagens, as quais podem ser executadas estratégias para a sua viabilização sanando as dificuldades apresentadas.

Palavras-chave: Rejeito. Teor de Fe. Barragem. Recuperação. Mineração.

## ABSTRACT

The study compared the recovery of the mine tailings Factory, has as main objective to analyze the feasibility of recovery of the mine tailings Factory, by testing a sample in relation to the content of Fe. The specific objectives were to present the brief historical context related to mining in Brazil, demonstrating the stages of production of ore, mining tailings define, analyze on the disposal of mining tailings, and demonstrate the importance of the tailings dam to reduce environmental impacts. The research was characterized as being exploratory quantitative, triggering a case study, based on analysis by sampling the Fe content in the waste of Mine Plant. Regarding the theoretical framework, we used references, articles and theses that seeking support of the proposed study, it was a reflection in the light of various scholars who hold forth on the proposed topic. Regarding the lease of the plant near the plant now, the advantages presented reported the use of existing spacers; greater flexibility for water balance, ease of operation. However, the disadvantages were highlighted interference with the current operation; project without synergy with the dam project, and interference in the courtyard of current production. Thus, it was found that the disadvantages are significant, which leads to further studies on the feasibility of the recovery of the residue in relation to location of the plant close to the current plan. We also analyzed strategies concerning the lease of the plant near the Dam III fork, where the benefits were presented as the synergy with the recovery project dams, low interference with the current operation, and synergy with the mining of the dams. The disadvantages presented at that location were considered lower than the first analysis of the location of the plant, with only the difficulty of water balance, and logistical difficulties for operation and maintenance. In this sense, it was concluded that the viability of recovery of the mine tailings Factory presents more viable over the simulations, routes and tests, if the lease of the plant is present near the Dam III fork, due to its advantages attractive in relation to the disadvantages which can be performed strategies for their viability remedying the problems presented.

Keywords: Denial. Content of Fe. Dam. Recovery. Mining.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma típico de tratamento de minério.....	20
Figura 2 - Rejeito em pasta, transportado por caminhão.....	23
Figura 3 - Perfil de uma barragem de rejeitos e seus elementos.....	30
Figura 4 - Localização da Mina da Fábrica.....	33
Figura 5 - Teor de Fe no Rejeito, 2007 a 2010.....	34
Figura 6 - Testes 1 e 2 de concentração magnética piloto.....	35
Figura 7 - Testes em escala piloto – simulação de 3 rotas de processo.....	37
Figura 8 - Comparação de Rotas.....	37

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Rejeitos e produtos do beneficiamento de 1 tonelada de minério.....	26
Tabela 2 - Amostragem 17-11-2012.....	34
Tabela 3 - Amostragem 05-12-2011.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 A mineração no Brasil: contexto histórico</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Etapas de produção de minério</b> .....	<b>16</b>
3.2.1 Jazida, Mina e Lavra .....	16
3.2.2 Transporte.....	17
3.2.3 Estéril .....	17
3.2.4 Britagem primária .....	17
3.2.5 Britagem secundária.....	17
3.2.6 Britagem terciária.....	18
3.2.7 Classificação ou Separação por Tamanho .....	18
3.2.8 Concentração.....	18
<b>3.3 Os rejeitos da mineração</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4 Disposição dos rejeitos da mineração</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5. Barragem de rejeito</b> .....	<b>28</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>31</b>
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1 Mina da Fábrica</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2 Análise</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3. Estratégias de implantação da recuperação dos rejeitos da Mina da Fábrica</b> .....	<b>38</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>41</b>
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas de mineração para a realização de suas atividades executam diferentes processos que são essenciais para que se alcance o produto final com qualidade necessária para ser comercializado no mercado nacional e internacional, atendendo as especificações exigidas que garantam a permanência das organizações no mercado competitivo.

Reportando ao cenário competitivo globalizado, é fato que as empresas investem cada vez mais em diferentes equipamentos com alta tecnologia que evidenciam o desenvolvimento de ações que visam à melhoria da qualidade, buscando como resultados o aumento da produtividade e lucratividade da organização.

Em se tratando do minério de ferro, salienta-se que, a sua comercialização resultante do processo de beneficiamento no qual a matéria-prima passa por diferentes etapas até a sua finalização como produto destinado aos diferentes clientes, o que se evidencia o fato de ser, a extração mineral, uma das responsáveis pelo aquecimento econômico nacional, em decorrência das negociações realizadas.

O minério de ferro possui grande importância na economia mundial, pois é o principal insumo para a indústria siderúrgica. Devido aos grandes volumes exportados e consumidos pelo mercado nacional, ocupa posição de destaque no panorama da mineração brasileira. A produção mundial de minério de ferro em 2006 chegou a 1,7 bilhão de toneladas (15,4% pelo Brasil). Em 2007, as exportações brasileiras de minério e pelotas atingiram 243,4 milhões de toneladas (TURRER, 2007, p. 1).

No entanto, salienta-se que, para o alcance dos objetivos relacionados ao aumento da produtividade e, conseqüentemente da lucratividade, as empresas mineradoras necessitam expandir e adquirir recursos tecnológicos que as possibilitem o desenvolvimento com eficiência de seus processos para a melhoria do produto final, o que, de acordo com Turrer (2007) configura-se na reformulação do fluxograma e na otimização que leva a eficiência das atividades desenvolvidas na mineração.

Sendo assim, em se tratando da melhoria das atividades desenvolvidas nas empresas mineradoras, o estudo procura desencadear discussões em relação à recuperação do rejeito da Mina da Fábrica, do complexo de Empresas Mineradoras Vale.

Dentro desse contexto, surge a seguinte indagação: Quais as vantagens e desvantagens das estratégias relacionadas à recuperação do rejeito da Mina da Fábrica em relação ao Teor de Fe?

Justifica a escolha do tema de estudo devido ao fato de que, os rejeitos produzidos pelas empresas de mineração necessitam ser recuperados para evitar possíveis consequências ambientais, o que salienta a adoção de tecnologias que possibilite a utilização das barragens de maneira mais eficiente.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa embasou-se na realização de testes referentes ao teor de Fe, cujos resultados são apresentados por meio de gráficos e tabelas, além de rotas simuladas sobre a sua eficiência em relação a proposta de recuperação do rejeito da mina.

Por isso, salienta-se o fato de que, por meio das novas tecnologias, as empresas mineradoras podem ampliar e otimizar os seus processos de beneficiamento gerando a redução de gastos com a manutenção de equipamentos, os quais se apresentam cada vez mais eficientes em decorrência de sua evolução.

## 2 OBJETIVOS

- Analisar a viabilidade da recuperação Fe contido no rejeito da Mina de Fábrica;
- Apresentar o breve contexto histórico relacionado à mineração no Brasil;
- Demonstrar as etapas de produção de minério;
- Definir os rejeitos da mineração;
- Analisar sobre a disposição dos rejeitos da mineração;
- Demonstrar a importância da barragem de rejeito para a redução dos impactos ambientais.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 A mineração no Brasil: contexto histórico**

A mineração no Brasil iniciou no século XVII, por meio da extração de ouro nas regiões de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, no período conhecido como ciclo do ouro.

Durante o período do metalismo, a busca por metais preciosos, ouro, prata e cobre, impulsionou a colonização da América, principalmente em decorrência do encontro desses metais na região da América Central, o que estimulou a cobiça dos europeus em busca de novas terras, ocorrendo assim, a colonização portuguesa no território brasileiro.

A história da mineração no Brasil inicia-se no período colonial, por meio da extração de ouro desenvolvida através da busca dos bandeirantes pelo metal precioso, o qual era cobiçado pelos europeus, principalmente pelo fato de estarem vivenciando no velho mundo, ou seja, na Europa, o período conhecido como metalismo.

Os primeiros indícios da existência do ouro no Brasil foram descobertos pelos bandeirantes, que por meio de expedições de apresamento iniciou a colonização do interior do Brasil, chegando até Minas Gerais, onde se concentrava as maiores jazidas auríferas do país (SCHIMIDT, 2009).

Porém, faz-se necessário comentar que, os métodos utilizados para a realização da mineração no período colonial brasileiro eram rudimentares, nenhuma tecnologia existia que possibilitasse a extração em grande escala, já que, as minas eram abertas através do trabalho escravo.

O ciclo do ouro impulsionou a economia brasileira, enriquecendo a coroa portuguesa por meio da cobrança de impostos, que buscavam através das atividades realizadas pelos mineradores, garantir a parte que cabia ao rei, devido a sua posse das terras brasileiras.

A extração do minério no Brasil foi desde o começo a descoberta de uma riqueza que garantiria o desenvolvimento econômico do país. As etapas relacionadas à extração do ouro se

caracterizavam pelo trabalho intenso e na maioria das vezes, desumano, pois obrigavam os escravos a trabalharem incessantemente nas minas, dia e noite, em busca do metal.

Os veios que penetravam nas encostas eram perseguidos por galerias perfuradas com ponteiros e malhos e, quando necessário, eram detonados também com pólvoras caseiras. O minério era em seguida carregado igualmente por pás em carrinhos de mão. Os poços verticais ou inclinados, que se faziam necessários para acompanhar as camadas ou veios, eram perfurados da mesma forma, sendo o minério içado em baldes de madeira por sarilhos manuais. O transporte mais longo era feito em carroções por tração animal. As aberturas eram sempre de seções acanhadas, pouco iluminadas, dificultando o trabalho e causando danos à saúde dos operários (a maioria escravos) que nelas trabalhavam. A falta de conhecimento geológico dificultava sobremaneira o trabalho (GERMANI, 2002, p. 7).

As evoluções tecnológicas, principalmente em decorrência da Revolução Industrial, na Inglaterra, não chegaram durante o período aurífero no Brasil, por isso, toda a extração de ouro foi realizada de maneira artesanal, onde as máquinas eram os braços e as ferramentas utilizadas pelos escravos para cavarem as galerias de onde se extraía o minério.

Devido à forma de extração existente, o que se relata é o fato de que, as primeiras minas não eram tão profundas como as da atualidade, devido a falta de recursos, principalmente tecnológicos que possibilitasse o avanço dos trabalhadores para longas distâncias.

Com a introdução das tecnologias e maquinários no país, a extração do ouro passou a ser realizada com a utilização de equipamentos, garantindo maior produção e permitindo o aprofundamento das minas, devido às ferramentas utilizadas.

As primeiras lavras mais sofisticadas foram as de ouro, que apareceram com a abertura da Mina da Passagem, em Mariana, em 1819, pelo Barão de Echewege, seguida por várias outras; a principal delas foi a Mina Velha da Saint John Del Rey Mining Co., em Nova Lima, em 1834, em Minas Gerais. Essas duas minas citadas, mas principalmente a Mina Velha de Morro Velho, era considerada na época como exemplos no emprego de tecnologia e serviam de referências mundiais, no que dizia respeito a lavras subterrâneas. Supõe-se que essas minas tenham sido implantadas com a melhor técnica existente na época, trazida pelos engenheiros, seus capitães de mina e mineradores ingleses (provavelmente de Cornwall) e de alemães, treinados nos seus países de origem (GERMANI, 2002, p. 8).

A vinda de vários profissionais ligados à mineração possibilitou o avanço da forma de extração de minérios no Brasil, o que favoreceu, após a escassez do ouro, a extração do ferro, o qual, até os dias atuais se apresenta como sendo um dos minerais de maior exportação das empresas que atuam no país.

A chegada da família real ao Brasil foi fundamental para o desenvolvimento da siderurgia. D. Rodrigo de Souza Coutinho assumiu seu segundo mandato de ministro, agora no Brasil, no Ministério dos Negócios Estrangeiros e da Guerra, foi nas suas administrações que a indústria siderúrgica brasileira recebeu o apoio e financiamentos que permitiram a instalação das três primeiras unidades no País: Real Fábrica de Ferro do Morro do Pilar (MG); Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema – Araçoiaba (SP); Fábrica de Ferro Patriótica em Congonhas (MG) (AZEVEDO, 2007, p. 64).

Ainda, de acordo com o autor acima citado Azevedo (2007) na região de Itabira do Campo (atual Itabirito), em 1891, a lavra de minério de ferro, ainda primitiva, foi impulsionada pela construção de um alto forno de dimensões reduzidas, construído de blocos de granito entalhados manualmente e revestido com tijolos refratários.

Com o desenvolvimento das primeiras siderurgias, a gama de profissionais vindos da Inglaterra, especializados em mineração, foi significativa para que fossem introduzidos nas atividades já existentes no país em relação a extração de minério, os equipamentos sofisticados, os quais se apresentaram em um primeiro momento os pilões e rodas hidráulicas.

A exportação do minério de ferro é significativa, principalmente devido as grandes jazidas que se concentram principalmente na região de Minas Gerais, conhecida como Quadrilátero Ferrífero.

Porém, há de se comentar que, em relação à extração de minério de ferro no Brasil, um dos principais determinantes para a sua evolução foi à fundação da Escola de Minas de Ouro Preto, a qual foi responsável pela formação dos primeiros profissionais voltados para o trabalho nas minas de minério de ferro, que possuíam a missão de contribuir para a instalação das primeiras usinas do país.

A utilização de novas tecnologias desenvolveu as atividades de mineração no Estado de Minas Gerais, propiciando a ampliação dos empreendimentos relacionados às empresas de extração de minério e siderurgia.

O subsolo brasileiro possui importantes depósitos minerais. Parte dessas reservas é considerada expressiva quando relacionadas mundialmente. O Brasil produz cerca de 70 substâncias, sendo 21 do grupo de minerais metálicos, 45 dos não-metálicos e quatro energéticos (FARIAS, 2002).

De acordo com Bitar (1990), o intuito principal da mineração está na apropriação do recurso mineral, sem ter em conta o papel de desempenhar ou não alguma função social. A finalidade está ligada ao modo pelo qual as atividades de mineração são desenvolvidas, desencadeando a percepção de que a lógica de seu funcionamento incluindo o ritmo de lavra e beneficiamento, bem como o descarte dos rejeitos provenientes do beneficiamento do minério.

De acordo com o IBRAM, o perfil do setor mineral brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias minerações. Segundo a Revista Minérios & Minerales, 1999, os dados obtidos nas concessões de lavra demonstram que as minas no Brasil estão distribuídas regionalmente com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste. Estima-se que em 1992 existiam em torno de 16.528 pequenas empresas, com produção mineral de US\$ 1,98 bilhões, em geral atuando em regiões metropolitanas na extração de material para construção civil (FARIAS, 2002, p. 5).

Percebe-se que sua importância, se apresenta em foco, principalmente no estudo relacionado à exploração do minério, onde a necessidade de seguir as normas de preservação ambiental é significativa para que os seus objetivos possam ser atingidos, de maneira a propiciar a extração sem o abalo do equilíbrio ambiental.

Outro fator significativo da atividade é a característica individual de cada jazida, onde as feições (teor, tamanho, forma, etc.) de cada jazida exigem, concomitantemente, uma diferenciação e combinação de técnicas e meios para sua pesquisa, lavra, beneficiamento e utilização industrial.

## **3.2 Etapas de produção de minério**

### **3.2.1 Jazida, Mina e Lavra**

O depósito mineral é chamado de jazida. Quando passa a ser explorado é conhecido como mina e a exploração desta é chamada lavra. A primeira etapa da mineração é a extração propriamente dita, e é feita normalmente por escavadeiras e, tratores, que raspam a rocha e/ou explosivos quando o minério se encontra longe da superfície. As grandes escavadeiras podem chegar a extrair cerca de cinco mil toneladas de material bruto por hora das lavras.

### 3.2.2 Transporte

No transporte do minério extraído das lavras, para as usinas onde o minério é preparado para a venda, são usados caminhões de 38 toneladas e caminhões fora de estrada, que recebem esse nome pelas suas dimensões, por serem muito altos e ultrapassarem de 6 metros de largura, podendo carregar em torno de 200 a 360 toneladas de material com velocidade em torno de 60 Km/h. Isso equivale a 36 caminhões convencionais.

### 3.2.3 Estéril

Nas lavras, o minério de ferro está escondido entre outros tipos de minérios que não tem valor no mercado. Essa parte do minério extraído sem valor econômico é chamado de estéril e é empilhada em algum lugar próximo a área de mina com os devidos cuidados para que não haja nenhum impacto ambiental, e muitas vezes são plantadas árvores nessas pilhas para que não tenha nenhum deslizamento de terra, evitando qualquer risco de acidentes.

### 3.2.4 Britagem primária

O minério bruto chega ao britador primário em grandes blocos que são triturados e reduzidos a blocos menores com aproximadamente dois centímetros de diâmetro, onde começa a primeira separação do material.

### 3.2.5 Britagem secundária

A escolha ficará entre cones ou secundários giratórios. Em instalações com britador primário giratório, o caminho do escolhido conduzirá ao cone; no caso do primário ser de mandíbulas, o uso de um giratório secundário apresenta a vantagem de eliminar as limitações de abertura de saída do estágio anterior. Por outro lado, o cone, devido à sua maior capacidade de redução permite diminuir o número de estágio de britagem.

### 3.2.6 Britagem terciária

A britagem terciária é dominada quase que exclusivamente por britadores cônicos. As características desejáveis que este equipamento possui são: ajuste à distância de abertura; eficiente sistema de proteção contra entradas de corpos não britáveis; dispositivos de esvaziamento da câmara quando há queda de energia e para o britador com a câmara cheia de material; capacidade de operar com aberturas pequenas, flexibilidade a distribuição de produtos e produto bruto com um formato mais arredondado. Estas características são fundamentais para otimizar o desempenho de toda a instalação, possibilitando a automatização parcial ou total.

### 3.2.7 Classificação ou Separação por Tamanho

É o processo que faz a separação de partículas por tamanho e adequadas para o processo de concentração.

As peneiras são utilizadas apenas para a classificação de partículas mais grosseiras, usualmente trabalham com os produtos da britagem e podem operar a seco ou úmido.

Os classificadores mecânicos operam com tamanho de partículas menores que as peneiras, mas são ineficientes para trabalhar com partículas muito finas (em média menores que 0,105 milímetros), trabalham quase sempre a úmido. Exemplo típico: classificador espiral ou parafuso sem fim.

Os ciclones são utilizados na faixa de tamanhos onde os classificadores mecânicos atuam, com a diferença que são muito eficientes para separarem partículas muito finas. Podem também operar com material seco ou úmido.

### 3.2.8 Concentração

A concentração de minerais é feita para separá-los em os que interessam e os que não interessam para a empresa. Para que essa separação ocorra com sucesso é necessário que as etapas de fragmentação e classificação magnéticas sejam eficazes.

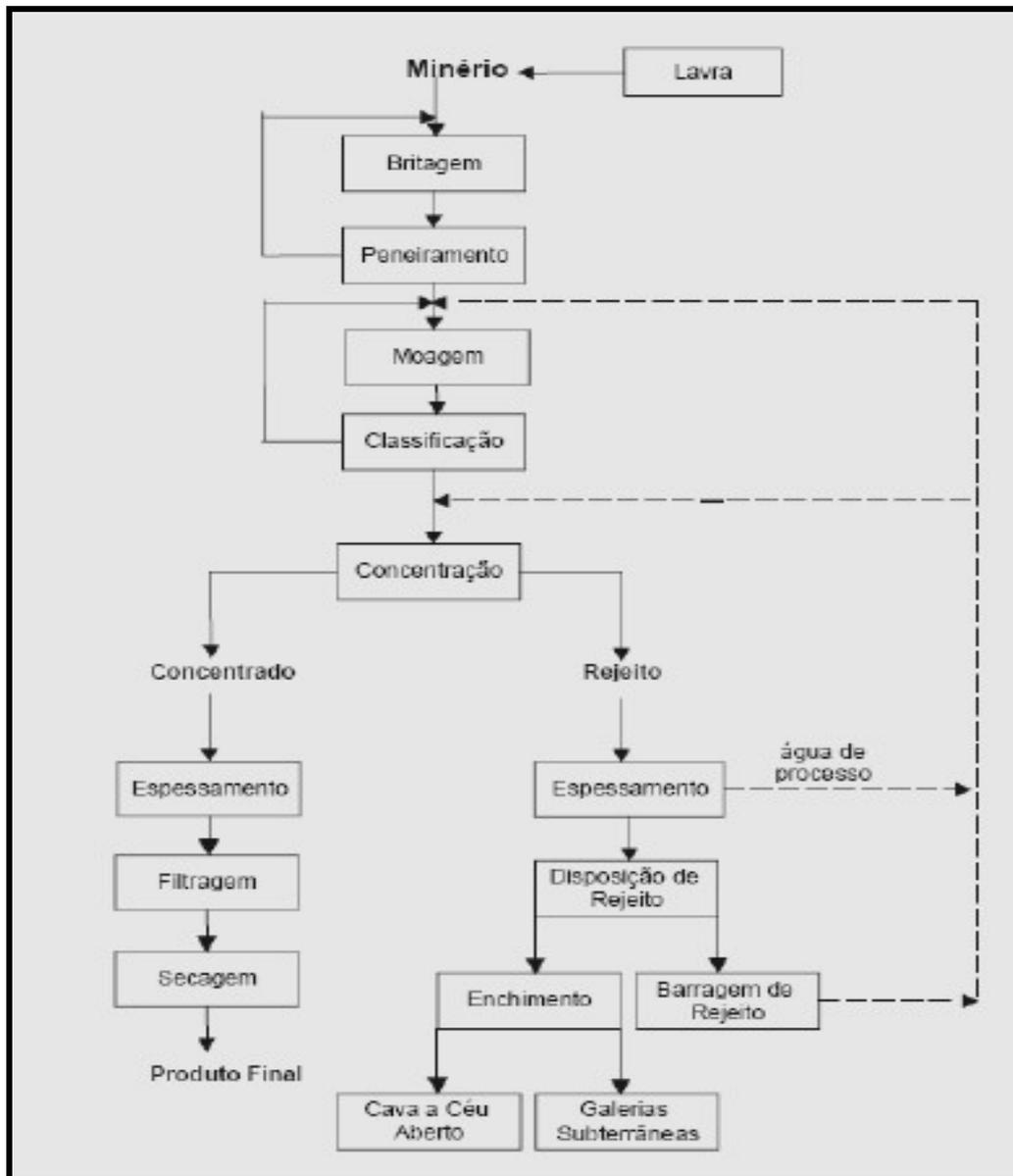
Para a concentração exige-se que os minerais de interesse tenham diferenças físicas ou físico-químicas. São duas as propriedades físicas mais utilizadas para concentração: diferença de densidade e diferença de susceptibilidade magnética. E no caso de físico-químicas a mais utilizada é a flotação.

O tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais com o objetivo de modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presente ou a forma, sem, contudo modificar a identidade química ou física dos minerais (MACHADO, 2007, p. 37).

Ainda, segundo o autor acima citado, salienta-se que a obtenção do concentrado e do rejeito é conseguida através de operações que envolvem cominuição inicial e final (britagem e moagem), classificação (peneiramento e separação por tamanhos), concentração (gravítica, flotação, etc.) e desaguamento (sedimentação, filtragem, centrifugação e secagem).

Nesse sentido, apresenta-se o fluxograma relacionado ao tratamento de minérios, o qual é apresentado através da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma típico de tratamento de minério



Fonte: MACHADO, 2007.

Através do Fluxograma apresentado, pode ser percebido que, o beneficiamento pode ser entendido como sendo um processo essencial para que se possa separar os minerais que não são desejáveis, onde os mesmos são depositados em barragens de rejeitos, deixando para a comercialização, somente o minério sem impurezas após o processo de beneficiamento.

No entanto, faz-se necessário que se compreenda o que são os rejeitos da mineração e qual a necessidade da criação das barragens para o meio ambiente e segurança das atividades realizadas pelas empresas mineradoras.

### 3.3 Os rejeitos da mineração

Os rejeitos da atividade mineradora podem ser compreendidos como sendo os materiais que são descartados após o beneficiamento do minério que é comercializado, o qual é produzido após a realização de todas as etapas referentes ao beneficiamento de minério, desde a retirada da mina, a separação das partículas que são comercializadas.

São considerados rejeitos os materiais separados por processos de beneficiamento para obtenção do mineral de interesse. A produção dos mesmos depende das reservas minerais de cada jazida, das características do minério, e do processo de exploração e beneficiamento empregados (ASSIS; ESPÓSITO, 1995, p. 262).

Sendo assim, a compreensão a cerca da formação dos rejeitos, permeia a não utilização de partículas que não são comercializáveis, o que pode acarretar prejuízos ao meio ambiente.

De acordo com Araújo (2006, p. 5) “[...] os rejeitos são partículas resultantes de processos de beneficiamento de minérios. Sua constituição é caracterizada por uma fração líquida e sólida, com concentração de 30% a 50% em peso.”

Segundo Machado (2007, p. 42) “[...] o termo rejeito *tailings* é derivado do processo de beneficiamento que gera um condensado no topo ou *head* e refugo chamado de rejeito no final ou *tail*.”

Em função do tipo de minério e do tratamento utilizado, os rejeitos podem variar de materiais arenosos não plásticos (rejeitos granulares) até solos de granulometria fina e alta plasticidade (lamas). Os rejeitos granulares, constituídos de partículas de granulometria de areias finas a médias, não plásticas, possuem alta permeabilidade e resistência ao cisalhamento e baixa compressibilidade. Já as lamas, constituídas por partículas de granulometria de siltes e argilas, possuem alta plasticidade, difícil sedimentação e alta compressibilidade (ARAÚJO, 2006, p. 5).

Em se tratando dos rejeitos referentes às empresas mineradoras, salienta-se que se trata do resultado do processo de beneficiamento do produto comercializado, o qual é realizado em diferentes etapas para que se consiga alcançar os padrões de qualidade exigidos pelo mercado nacional e internacional.

Sendo assim, o minério após a sua extração é submetido a cinco fases referentes ao beneficiamento, sendo elas, o peneiramento, a britagem, a moagem, deslamagem e flotação

em colunas, para que, ao fim do processo, se obtenha o ferro livre de impurezas que compromete a sua qualidade.

As empresas mineradoras apresentam duas formas de descarte dos rejeitos resultantes do beneficiamento do minério, podendo ser feito de maneira sólida ou líquida. Quando os rejeitos se encontram na forma sólida, eles são transportados por caminhões ou correias transportadoras, onde são descarregados em espaços a céu aberto, destinado a essa fim. Quando os rejeitos se encontram na forma líquida, os mesmos são transportados por meio de tubulações.

As características dos rejeitos da mineração em termos de granulometria estão diretamente ligadas ao tipo de minério bruto lavrado e do processo industrial de beneficiamento utilizado. Desta feita, sua composição pode abranger uma ampla faixa de materiais, variando desde solos com características arenosas, não plásticos (rejeitos granulares) até solos de granulometria muito fina e alta plasticidade (lamas) (MACHADO, 2007, p. 42).

Nesse sentido, o autor ainda salienta que, o rejeito de mineração, apesar de ser muito arenoso, apresenta condutividade hidráulica relativamente baixa, provavelmente em razão da presença de muita areia fina, onde o tamanho das partículas de rejeito se encontra tipicamente na faixa granulométrica de partículas de areias finas e siltes.

Os principais problemas estão associados à alta variabilidade dos rejeitos depositados, tendo em vista que os mesmos são produtos decorrentes das necessidades da mineradora em obter o minério com as características comerciais desejadas. Associado a este fato, ainda pode-se citar a falta de metodologias de controle (MACHADO, 2007, p. 44).

A Figura 2, demonstra o rejeito em sua forma sólida, o qual é transportado por caminhões a espaços destinados para o descarte.

**Figura 2 - Rejeito em pasta, transportado por caminhão**



Fonte: ARAÚJO, 2006.

Mesmo havendo a forma sólida de transporte de rejeitos, a maioria das empresas mineradoras brasileiras prefere realizar o transporte do rejeito através da forma líquida, utilizando o sistema de tubulação.

De acordo com Chammas (1989, p. 29) a polpa transportada de maneira líquida deve ser realizada tendo em foco três tipos de comportamento: “[...] comportamento de líquido sobrenadante, ocorrendo à floculação das partículas de menor tamanho; rejeito em processo de sedimentação, apresentando comportamento semi-líquido e semi-viscoso; rejeito em processo de adensamento, comportando-se como um solo.”

### 3.4 Disposição dos rejeitos da mineração

A disposição de rejeitos está relacionada à análise da natureza física da fase sólida do rejeito e as características químicas relacionadas a fase líquida, é a partir das propriedades combinadas que se estabelece o planejamento para realização da deposição de rejeito, de acordo com as necessidades de seu armazenamento, visando eliminar os riscos de degradação ambiental.

A deposição dos rejeitos pode ser feita em superfície, em cavidades subterrâneas ou em ambientes subaquáticos. Na superfície dos terrenos podem ser formadas pilhas de rejeitos, no caso de descarte na forma sólida, ou efetuar-se a deposição em reservatórios contidos por diques ou barragens, ou na própria mina (ASSIS; ESPÓSITO, 1995, p. 270).

Segundo o autor acima citado, a segregação sedimentar é um processo de classificação dos minerais presentes no rejeito, ao serem lançados nos reservatórios, em função de granulometria, forma das partículas e densidade das mesmas. A sedimentação e clarificação da água são importantes na definição ao impacto ambiental e dimensionamento e projeto do sistema de tratamento de efluentes.

Como foi mencionado, a deposição de rejeitos pode ser realizada em cavidades subterrâneas ou subaquáticas, o que evidencia técnicas diferenciadas durante o processo de deposição.

Sendo assim, faz-se necessário esclarecer que, a deposição de rejeitos da maneira subterrânea pode ser realizada, de acordo com Assis e Espósito (1995) em locais que são identificados como minas em operação ou abandonadas, onde a sua função é identificada como sendo de suporte das paredes, além de contribuir para a formação de plataforma de trabalho, favorecendo o desenvolvimento do trabalho das minas, as quais ampliam o seu espaço de atuação, devido as estruturas que são criadas por meio da deposição de rejeitos.

Em relação aos rejeitos depositados subaquaticamente, ou seja, nos mares, lagos e reservatórios, a composição do material é transportada em forma de polpa, sendo utilizados tubos para o transporte que deposita diretamente no fundo o material de rejeito.

A deposição subaquática não é considerada uma forma eficiente e satisfatória pelos órgãos ambientais, principalmente devido as suas consequências para o meio ambiente que são detectadas como negativas, acarretando riscos eminentes a flora e a fauna.

Os fatores relacionados ao controle dos órgãos ambientais em relação a deposição de rejeitos são apresentados devido as consequências negativas que essa atividade promove ao meio ambiente, bem como a população que reside próximo às áreas de mineração.

É sabido que, da retirada do minério até a sua entrega ao cliente final, é realizado o processo de beneficiamento que durante as suas fases, promovem diversos prejuízos ambientais, como a poluição por meio do alto índice de poeira produzido, além da utilização de metais pesados para o beneficiamento do minério que deve atender as normas internacionais de qualidade para ser comercializado.

Os rejeitos decorrentes do processo de beneficiamento produzem a degradação do meio ambiente, acarretando, quando lançados principalmente nos lagos, mares e rios, a poluição físico-química, devido as diferentes substâncias que se encontram nos materiais que são eliminados pelas empresas.

Todos os rejeitos, sejam eles ativos ou inertes, constituem uma das fontes de poluição mais perigosas, por contaminarem diretamente o meio físico tais como rochas, materiais inconsolidados, águas e relevo, que é a base de sustentação da biosfera e atmosfera. A contaminação é cumulativa, após iniciar não há condições de cessar imediatamente, e varia não só em função da quantidade de rejeito, mas principalmente do seu tipo (ASSIS; ESPÓSITO, 1995, p. 261).

Salienta-se que a contaminação físico-química é um fator preocupante para os órgãos ambientais, principalmente devido as perdas confirmadas relacionadas a flora, a fauna e a própria paisagem natural, uma vez que, a quantidade de rejeitos produzidos pelas empresas mineradoras é alarmante, devido ao seu alto volume de produção para o atendimento da demanda das empresas mineradoras, a qual atende clientes tanto do mercado nacional, quanto do mercado internacional.

A busca pela lucratividade é um fator que impulsiona a produtividade das empresas mineradoras, onde a questão ambiental, relacionada as consequências do processo de beneficiamento do minério, na maioria das vezes, não se encontra como prioridade das empresas, sendo necessário complementar que, somente a partir da década de 80, que foram criadas as primeiras leis ambientais voltadas para as atividades mineradoras, por meio da criação dos planos de recuperação de área degradada.

A preocupação em relação à contaminação do meio físico e da biosfera embasa-se devido as possíveis consequências que podem ser verificadas em decorrência da falta de monitoramento e planejamento das empresas em relação ao depósito de seus rejeitos. Nesse sentido, Espósito (1995), as citam da seguinte maneira:

- Contato direto entre os rejeitos e os componentes do meio físico;
- Produção de gases pelos rejeitos que podem contaminar com maior rapidez o meio físico, a biosfera e atmosfera;
- Infiltração da água pluvial no local de disposição, pela sua cobertura ou lateralmente;
- Radiação devido à desintegração de materiais radioativos;
- Problemas com a natureza e condições dos materiais que constituem o local de disposição, como recalques, fendas na cobertura, alta permeabilidade, etc.;
- Problemas decorrentes de erros construtivos;
- Deficiência das barreiras protetoras, naturais e artificiais.

Nesse sentido, a importância de analisar a quantitativamente a produção de rejeitos provenientes da mineração se faz em esclarecer que a necessidade de criação de estratégias e ações em relação à deposição desse material de maneira correta, se faz fundamental para que se cumpram as normas ambientais, bem como promova a eficiência das atividades desenvolvidas visando a conservação do meio ambiente.

A Tabela 1, apresenta a quantidade de rejeito produzida na mineração para cada 1 tonelada de minério extraído.

**Tabela 1 - Rejeitos e produtos do beneficiamento de 1 tonelada de minério**

<b>SUBSTÂNCIA MINERAL</b>	<b>PRODUTO (T)</b>	<b>REJEITO (T)</b>
<b>FERRO</b>	0,61	0,39
<b>CARVÃO</b>	0,25	0,75
<b>FOSFATO</b>	0,17	0,83
<b>COBRE</b>	0,03	0,97
<b>OURO</b>	0,00001	0,99999

Fonte: ASSIS; ESPÓSITO, 1995.

Por meio dos dados apresentados acima, verifica-se que o nível de poluição provocado pelas atividades das empresas mineradoras se faz alarmante, o que chama a atenção dos órgãos ambientais, como meio de proteção do meio ambiente.

É sabido que, quando as empresas se apresentam dispostas a incorporar políticas ambientais, de acordo com o princípio de desenvolvimento e sustentabilidade, favorece a adoção de estratégias e ações que possibilitam a promoção de atividades que visam o monitoramento e a redução da poluição ambiental.

As estratégias relacionadas ao planejamento de ações relacionadas à disposição dos rejeitos da mineração contribuem significativamente para a redução da degradação ambiental, possibilitando incorporar desenvolvimento com responsabilidade com o meio ambiente.

Apesar das desvantagens referentes à degradação do meio ambiente, principalmente pela ação físico-química, salienta-se o fato de que o depósito desses rejeitos também pode apresentar vantagens, principalmente no que se refere a construção de barragens.

No entanto, segundo Chammas (1989) algumas providências necessitam ser tomadas para que os rejeitos possam ser utilizados na construção de barragens, onde se destacam:

- Separação dos rejeitos em fração grossa e lamas, utilizando apenas a fração areia na construção das barragens;
- Controle dos procedimentos de separação para obter os materiais com as granulometrias requeridas;
- Instalação de um eficiente sistema de drenagem interna para o adequado abaixamento da superfície freática e redução do potencial de *piping*;
- Compactação dos rejeitos com aumento da densidade e sua resistência ao *piping*; e,
- Proteção superficial.

Por meio das medidas apresentadas, salienta-se que o aproveitamento dos resíduos para a construção de barragens se apresenta como sendo um fator positivo em relação a sua finalidade que pode ser aproveitado pelas empresas mineradoras, promovendo a redução dos impactos ambientais.

### 3.5. Barragem de rejeito

A barragem de rejeito pode ser compreendida como sendo uma estrutura destinada para a decantação e manutenção de rejeitos, a qual é utilizada pelas empresas mineradoras para o descarte de seus materiais após o processo de beneficiamento de minério.

De acordo com Machado (2007, p. 53) “[...] por não possuir valor comercial, o rejeito necessita ser descartado da forma mais econômica, minimizando porém, os impactos ambientais resultantes.”

A disposição dos rejeitos tem tornado um grande problema ambiental das atividades de mineração em função da exploração crescente de jazidas de baixos teores, tendo como consequência o aumento do volume de rejeitos gerados e a exigências de áreas maiores para sua deposição. Convém ressaltar que, fora do impacto visual na paisagem, com a destinação dos resíduos gerados pela mineração, o principal efeito ecológico normalmente é a poluição das águas (ARAÚJO, 2006, p. 14).

Salienta-se o fato de que, os métodos de disposição de rejeitos quando foram desenvolvidos propiciaram transformações nas atividades desenvolvidas no setor de mineração, principalmente em decorrência da forma de descarte dos rejeitos, os quais eram descarregados diretamente nos rios e cursos de água, comprometendo o ambiente aquático, além de promover a contaminação da água que era consumida pela população que circunda as áreas de mineração.

Os projetos que são elaborados nos dias atuais referentes à operação e manutenção das barragens vêm sendo construídos tendo como base a preocupação com os prejuízos ambientais, que por muito tempo, foram ocasionados pela descarga indevida dos rejeitos das empresas mineradoras, devido a falta de planejamento, fiscalização e iniciativas de projetos ambientais visando a proteção dos recursos naturais.

As barragens são apresentadas como sendo uma iniciativa economicamente viável para as empresas do setor de mineração, devido a diferentes aspectos que são apresentados e que possibilitam o desenvolvimento de ações mais efetivas, como a construção próxima as minas de extração, a limitação de seu espaço ocupado, o planejamento da área utilizada, buscando manter uma estrutura que suporte a descarga dos rejeitos, sem que haja os riscos de rompimentos que podem ocasionar consequências graves ao meio ambiente.

Para que um projeto de uma barragem de rejeito seja executado de maneira adequada, atendendo as necessidades do minerador e os requisitos mínimos de segurança, é necessário que o projetista não somente possua um conhecimento teórico e prática profunda sobre barragens, como também sobre a própria mineração. O processo de beneficiamento do minério, a vida útil da mina, o plano de lavra, os custos de operação, as características dos produtos e rejeitos oriundos do processo, os equipamentos de terraplanagem disponíveis na mina e os tipos de sistemas de transporte do rejeito são fatores que influenciam na própria concepção do projeto da barragem (ASSIS: ESPÓSITO, 1995, p. 260).

Nesse sentido, se torna necessário comentar que existem procedimentos que devem ser realizados para que a construção da barragem de rejeitos seja efetuada de forma a promover a segurança de seu propósito, ou seja, a redução da poluição ambiental, por meio da criação de espaço próprio para o depósito dos materiais descartados pelas empresas de mineração após o processo de beneficiamento.

Sendo assim, Klohn (1982) *apud* Assis e Espósito (1995, p. 163) apresenta os principais procedimentos necessários para a construção das barragens de rejeito:

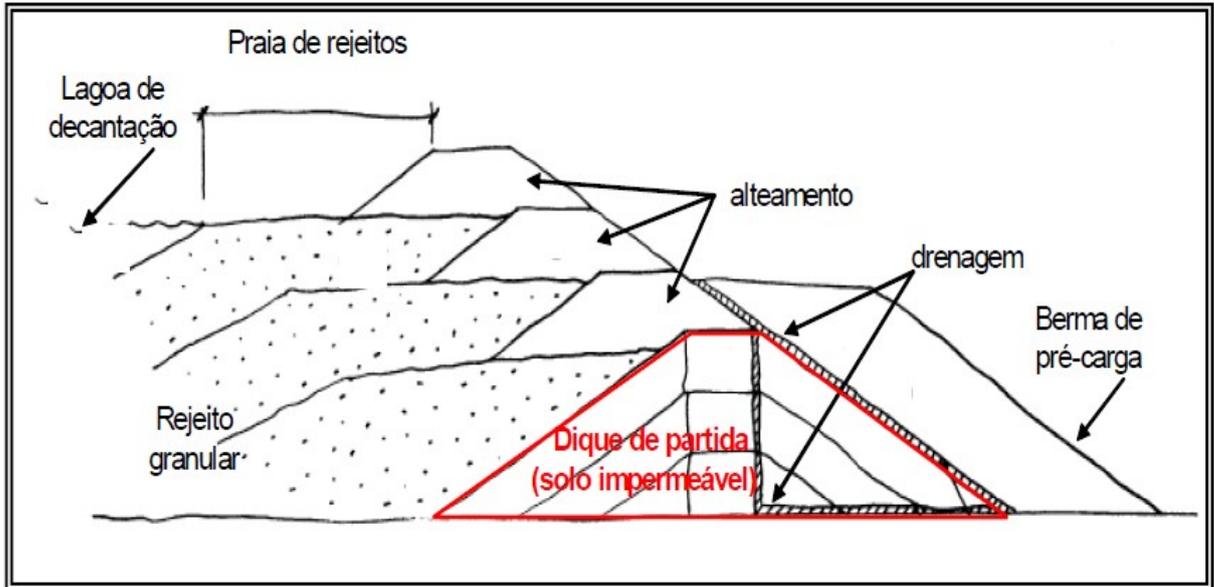
Seleção do local, através dos conhecimentos referentes à topografia, clima, hidrogeologia, sismicidade, estratigrafia do terreno e propriedades do solo (permeabilidades, resistência, deformabilidade); investigações preliminares, através de mapas topográficos, fotografia aérea e reconhecimento do clima; investigações detalhadas acerca da topografia, clima, hidrogeologia e investigações geotécnicas.

A importância dos estudos relacionados à construção das barragens de rejeitos, propicia o controle das ações evidenciando a otimização dessa atividade, promovendo o alcance dos objetivos da empresa, bem como em concordância com as normas ambientais nacionais e internacionais.

Segundo Machado (2007, p. 54) “[...] a estrutura de uma barragem é construída seguindo critérios técnicos e geotécnicos com o objetivo de confinar o rejeito gerado durante o processo de beneficiamento do minério.”

Nesse sentido, a Figura 3, apresenta o perfil de uma barragem de rejeitos e seus elementos, buscando a visualização detalhada de sua construção e eficiência em relação à redução dos impactos ambientais.

**Figura 3 - Perfil de uma barragem de rejeitos e seus elementos**



Fonte: MACHADO, 2007.

De acordo com Machado (2007) para a construção das barragens é necessária a avaliação dos instrumentos que são instalados como meio de monitorar com eficiência a estrutura da barragem promovendo assim, a segurança ambiental devido às atividades realizadas.

Esses instrumentos estão relacionados aos estudos constantes em relação à capacidade e nível de contenção da barragem, para que os rejeitos possam estar seguramente depositados.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa caracterizou-se como sendo de cunho exploratório quantitativo, desencadeando um estudo de caso, tendo como base a análise por amostragem do Teor de Fe no rejeito da Mina da Fábrica.

Em relação ao referencial teórico, foram utilizadas referências bibliográficas, artigos e teses que buscando fundamentar o estudo proposto, tratou-se de uma reflexão sob a luz de diferentes estudiosos que dissertam sobre o tema proposto.

Os trabalhos de amostragem apresentaram testes relacionados a diferentes datas, sendo:

Simulação 01 - 2007 a 2010 – Teor de Fe no Rejeito

Simulação 02 - 2012-2018 – Teor de Fe no Rejeito

Simulação de Rotas

Amostragem 01: 17-11-2012 – Teor de Fe no Rejeito

Amostragem 02: 05-12-2012 – Teor de Fe no Rejeito

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 5.1 Mina da Fábrica

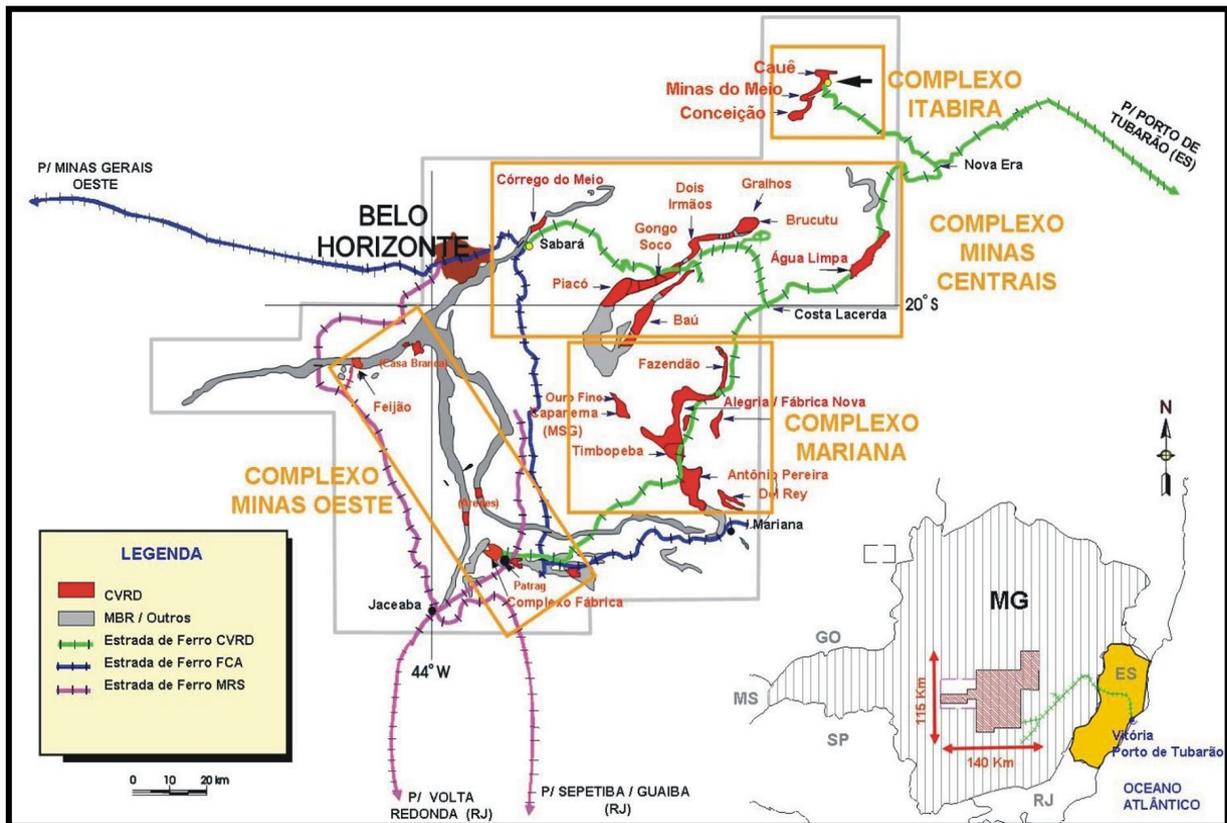
As empresas do grupo Ferteco foram incorporadas em 1913 e 1923. A ligação da Mineração de Fábrica ao sistema ferroviário da VALE e ao Porto de Tubarão (ES), aliada à construção das usinas de concentração e pelotização em meados dos anos 70, criou a base para um aumento da capacidade de produção para aproximadamente 16 milhões de toneladas de minério de ferro, dos quais 4,5 milhões de toneladas são de pelotas.

O patrimônio da Mineração de Fábrica inclui o sítio histórico de uma das primeiras usinas de fundição de ferro no Brasil, estabelecida por ordem do Rei de Portugal e construída em 1812 pelo Barão Von Eschwege, engenheiro alemão de minas e metalurgia. As ruínas desta usina são conservadas até hoje.

A ex-Ferteco, hoje VALE Fábrica, opera duas unidades com uma capacidade total de 16 milhões de toneladas de produtos originários de hematita e itabirito. Desse volume, 9,7 milhões de toneladas são finos/concentrados de minério de ferro, 4,5 milhões são pelotas e 3,3 milhões são bitolados.

A Unidade Operacional de Fábrica está localizado às margens da BR-040 que liga a cidade de Belo Horizonte ao Rio de Janeiro, na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais, conforme mostra a Figura 4. As concessões e terrenos estão distribuídos pelos municípios de Ouro Preto, Congonhas, Belo Vale, Moeda e Itabirito. O acesso ao Complexo Fábrica é feito a partir do centro da capital mineira percorrendo-se 75 km na direção Sul.

Figura 4 - Localização da Mina da Fábrica



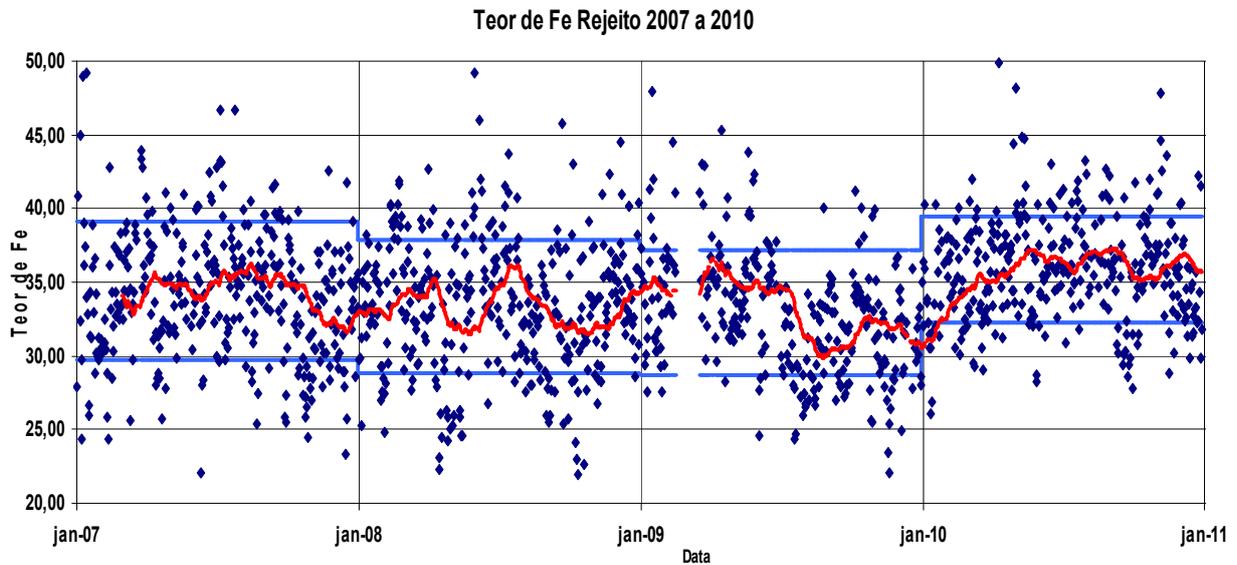
Fonte: AMORIM, 2010.

A unidade de Fábrica tem a logística privilegiada por ter malhas das ferrovias MRS e Vitória Minas, além de estar próxima de grandes usinas siderúrgicas como Gerdau Açominas e V&M Tubos.

## 5.2 Análise

Em um primeiro momento foram realizados os testes referentes ao teor de Fe e rejeito com periodização entre os anos de 2007 a 2010, como é demonstrado por meio da Figura 5.

**Figura 5 - Teor de Fe no Rejeito, 2007 a 2010**



**Simulação 2012 -2018**

Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Teor Fe Rejeito	36,41	36,88	39,59	32,42	34,66	27,10	42,83
Massa Rejeito (kta)	4.766	5.403	5.295	5.691	5.782	5.782	3.574

Varição no teor de Fe do rejeito e na recuperação devido a alterações no ROM (Mais pobre em 2017 e mais rico em 2018)

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir dos testes realizados, foi comprovada a porcentagem de teor de ferro no rejeito da usina próximo ao teor de material das barragens de Forquilha I e II.

Em decorrência dos resultados obtidos, constatou-se que a massa de rejeito detectada com projeção de simulação para o período de 2012 a 2018, apresentou-se acima de 5Mta entre 2014 e 2017 e 3,5Mta em 2018.

Para a verificação do teor de Ferro no Rejeito, outros testes por amostragem foram realizados, como é demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Amostragem 17-11-2012**

**Teor de Fe no Rejeito**

Ano	2007	2008	2009	2010	Amostra 17/11	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Limite Sup	39,10	37,91	37,13	39,50	<b>34,9</b>	36,41	36,88	39,59	32,42	34,66	27,10	42,83
Média	34,40	33,37	32,92	35,87								
Limite Inf	29,71	28,83	28,71	32,25								

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em decorrência dos resultados apresentados, em relação a amostra pontual coletada dentro da usina, foi constatado que o teor de Ferro da amostra está próximo à média de 2011, a qual se

estabelece em 34,9, se apresenta abaixo dos valores simulados para o período de 2012, o qual estabeleceu a média de 36, 41, para o período de 2013 a média estabelecida corresponde a 36, 88 e para 2014, a média programada se apresenta como sendo de 39,59.

Em relação às outras projeções realizadas por amostragem verificou-se que, a maior projeção em relação a média de teor de Fe no rejeito, se apresenta no ano de 2018, cuja média pretendida é de 42,83.

Em se tratando da recuperação de rejeitos da Mina da Fábrica, foram ainda realizados dois testes de concentração magnética piloto (Minimag), na empresa Gaustec, simulando o equipamento G3600. Como demonstram a Figura 6.

**Figura 6 - Testes 1 e 2 de concentração magnética piloto**

<b>Teste 1</b>		<b>Teste 2</b>	
<b>Campo (Gauss)</b>	<b>11000</b>	<b>Campo (Gauss)</b>	<b>13000</b>
GAP (mm)	1,5	GAP (mm)	1,5
<b>Fe Conc</b>	<b>64,58</b>	<b>Fe Conc</b>	<b>64,30</b>
SiO <sub>2</sub> Conc	5,11	SiO <sub>2</sub> Conc	5,14
P Conc	0,04	P Conc	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Conc	0,61	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Conc	0,72
Mn Conc	0,25	Mn Conc	0,30
<b>Rec. Mass</b>	<b>31,36</b>	<b>Rec. Mass</b>	<b>32,72</b>
Fe Rej	20,06	Fe Rej	18,83

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação aos testes realizados, foi constatado que a variação do campo magnético não apresentou alteração significativa na recuperação mássica e no teor de Fe do concentrado.

Além disso, salienta-se que, nos dois testes, as configurações apresentadas em relação ao concentrado os dados obtidos apresentam-se satisfatórios, atendendo aos requisitos de produto para os projetos de aumento da produção, sendo identificado que em relação à análise realizada, estabeleceu-se que, o teor de Fe apresentou-se maior com 63% (Fe>63%).

No entanto, os resultados apresentados mediante os testes realizados demonstraram-se insatisfatório em relação à pelotização da Fábrica (SiO<sub>2</sub><3%).

No entanto, em se tratando de um estudo realizado por meio de testes em relação ao teor de Fe, ressalta-se que foram realizados outros testes de amostragem para a verificação mais precisa do teor do minério, onde os resultados foram apresentados através da Tabela 3:

**Tabela 3 - Amostragem 05-12-2011**

**Teor de Fe no Rejeito**

Ano	2007	2008	2009	2010	Amostra 05/01	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Limite Sup	39,10	37,91	37,13	39,50	<b>34,79</b>	36,41	36,88	39,59	32,42	34,66	27,10	42,83
Média	34,40	33,37	32,92	35,87								
Limite Inf	29,71	28,83	28,71	32,25								

Fonte: Elaborada pelo autor.

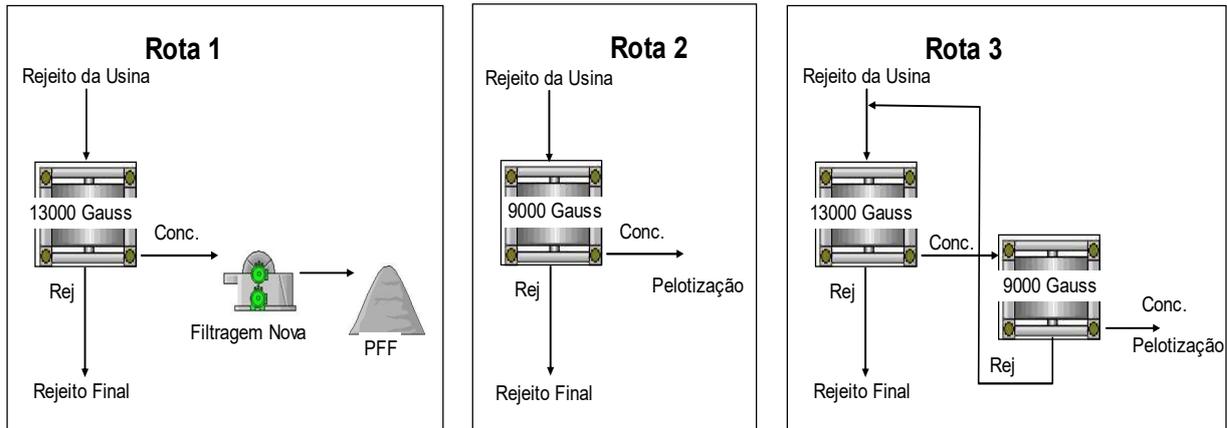
Analisando os dados apresentados referentes ao teor de Fe no rejeito, foi verificado que a amostra composta durante um turno, e, coletada na canaleta de rejeito onde se concentra maior representatividade granulométrica, foi constatado que, o teor de Fe da amostra se apresentou muito próximo em relação a amostra realizada em 17 – 11 – 2011, cujos resultados foram apresentados na Tabela 2.

A pilha do dia 05 – 12 – 2011 foi validada pelo planejamento em curto prazo (GACIL) como representativa da lavra futura da Fábrica.

Nesse sentido foram realizados testes em escala piloto, desenvolvendo a simulação de três rotas de processo para o material.

As rotas são apresentadas na Figura 7, para que compreenda o processo realizado como projeção da lavra futura da mina.

Figura 7 - Testes em escala piloto – simulação de 3 rotas de processo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 - Comparação de Rotas

### Rota 1

1 Estágio G 3600

**Qualidade**

Fe	SiO <sub>2</sub>	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
64,82	6,54	0,046	0,95	0,276

**RM** 35,28      **Produção Mta** 1,76

**Granulometria**

	-0,15	-0,075	-0,045	-0,010
<b>Alim.</b>	90,52	77,91	62,92	16,07
<b>Rejeito</b>	-0,15	-0,075	-0,045	-0,010
	94,01	77,07	60,46	17,52

**Pré Dimensionamento**

N° Sep Mag.	N° Filtros	CAPEX (MUS\$)
6	3	91,11

**VPL** 213,80      **TIR** 82,00

### Rota 2

1 Estágio G 3600

**Qualidade**

Fe	SiO <sub>2</sub>	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
63,04	7,29	0,043	0,94	0,259

**RM** 27,00      **Produção Mta** 1,35

**Qualidade não atende a pelotização.**

**Rota desconsiderada**

### Rota 3

1 Estágio GX 3600  
2 Estágio G 3600

**Qualidade**

Fe	SiO <sub>2</sub>	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn
67,03	2,18	0,03	0,49	0,15

**RM** 25,88      **Produção Mta** 1,29

**Granulometria**

	-0,15	-0,075	-0,045	-0,010
<b>Alim.</b>	90,52	77,91	62,92	16,07
<b>Rejeito</b>	-0,15	-0,075	-0,045	-0,010
	94,45	79,68	64,85	17,11

**Pré Dimensionamento**

N° Sep Mag.	N° Filtros	CAPEX (MUS\$)
5 (3GX3600 e 2G3600)	0	75,78

**VPL** 173,40      **TIR** 83,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a comparação apresentada pela Figura 8, referente as três rotas simuladas para o processo, pode ser percebida que a segunda rota foi desconsiderada devido a insuficiência de atendimento da qualidade da pelletização, o que não se apresentou como satisfatória em relação as atividades programadas pela empresa em decorrência da recuperação de seu rejeito, tendo como foco o teor de Fe.

Além disso, as demais considerações realizadas podem ser verificadas da seguinte maneira:

1- CAPEX estimado baseado em índices – Planilha interna GADMF

2 - Análise de VPL: 1US\$ = 1,8R\$; WACC 12%; Produção 2014 a 2018; Referência de preços: ME 2010, VIU 4,28.

Nesse sentido, após as comparações realizadas entre os testes e rotas simuladas, as estratégias de recuperação de rejeitos da Mina da Fábrica, foram desenvolvidas tendo como melhor opção a utilização da Rota 1.

### **5.3. Estratégias de implantação da recuperação dos rejeitos da Mina da Fábrica**

Após os resultados foi considerado que a utilização da Rota 1 se apresenta como a mais favorável, devido aos seguintes fatores:

- Maior produção;
- Maior VPL;
- Menor interferência no processo atual (Usina e Pelotização);
- Utilização do conceito de modularização (Projeto de Barragens): nesse sentido, serão considerados a criação de 3 Módulos de Separação Magnética, composto por 06 máquinas; e, 01 Módulo de Filtragem.

Através dessas estratégias apresentadas, o projeto de recuperação se encontra dentro do contexto de aumento de produção para o ano de 2014, onde para tanto, se faz a validação junto a geotecnia das características do novo rejeito.

Inicialmente a granulometria, como foi apresentado nos testes e rotas realizadas atendem as necessidades de Forquilha IV.

Por isso, será coletada uma amostra de grande volume para testes geotécnicos para a definição da Locação da planta. Desencadeando as locações em dois pontos: a planta próximo a planta atual; e a planta próxima a Barragem Forquilha III (recuperação de barragens).

Em relação à locação da Planta, sugere-se que o processo de recuperação deva ser realizado próximo a planta atual, com alimentação com rejeito do 2 Estágio de SM, adensamento através de Ciclones, onde o produto se encontra empilhado próximo ao pátio da Fábrica.

As vantagens em relação à locação da planta próximo a Planta Atual, são apresentadas como sendo:

- Utilização dos espessadores existentes;
- Maior flexibilidade para o balanço de água (este deverá ser avaliado devido ao aumento do consumo);
- Facilidade operacional.

Em relação às desvantagens da locação da planta próximo a Planta Atual, as mesmas são apresentadas como sendo:

- Interferência com a operação atual;
- Projeto sem sinergia com o projeto de barragem; e,
- Interferência no pátio de produção atual.

Analisando a locação da planta próximo a Barragem Forquilha III, foi considerado que a sua implantação possibilita a alimentação com UF do Espessador de Rejeito; bombeamento do concentrado para transposição de linha férrea e produto empilhado próximo ao pátio de Pires.

As vantagens em relação a locação da planta próximo a Barragem Forquilha III são apresentadas como sendo:

- Sinergia com projeto de Recuperação de Barragens (alguns equipamentos comuns);
- Baixa interferência com a operação atual; e,
- Sinergia operacional com a lavra das barragens.

No entanto, como todo processo de recuperação de rejeitos, a locação da planta próximo a Barragem Forquilha III, apresenta duas desvantagens:

- Dificuldade de balanço de água; e,
- Dificuldade logística para operação e manutenção (planta remota).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo realizado, considerou-se que a importância das atividades mineradoras para a economia do país se apresenta consideravelmente relevante, destacando o aspecto de que, a produção mineral é comercializada no mercado nacional e internacional.

As etapas referentes ao processo de beneficiamento do minério foram apresentadas como meio de promover a compreensão de que, o minério enquanto matéria-prima, passa por diferentes processos até o alcance de sua qualidade de acordo com as normas internacionais para a comercialização.

No entanto, foi constatado que, todo o material que não serve para a comercialização é considerado como rejeito da mineração, onde a sua deposição pode ser realizada na forma líquida ou em pasta, depositada em barragens conhecidas como barragens de rejeitos.

Em relação a proposta do objetivo geral do estudo, foram realizados testes de amostragem e simulação em diferentes datas, buscando a constatação da viabilidade da recuperação do rejeito da Mina da Fábrica, onde para tanto, foram analisado o teor de Fe no rejeito.

Portanto, foi considerado que a importância da recuperação do rejeito da Mina da Fábrica apresentou-se como sendo positivo em relação as propostas da empresa de redução dos impactos ambientais e dos custos referentes as atividades a serem desenvolvidas visando o alcance dos objetivos da organização.

## 7 CONCLUSÕES

Após a realização dos testes e a simulação de rotas de recuperação, foi concluído a viabilidade das estratégias a serem implementadas, de acordo com a rota 1 apresentada, onde se detectou maior produção, maior VPL, menor interferência no processo atual.

Em relação à locação da planta próxima a Planta Atual, as vantagens apresentadas referiram-se a utilização dos espessadores existentes; maior flexibilidade para o balanço de água; facilidade operacional. No entanto, como desvantagens, foram salientadas a interferência com a operação atual; projeto sem sinergia com o projeto de barragem; e, interferência no pátio de produção atual.

Dessa maneira, concluiu-se que as desvantagens são consideráveis, o que remete a maiores estudos em relação à viabilidade da recuperação do rejeito em relação a locação da planta próximo a Planta Atual.

Também foram analisadas estratégias referentes a locação da planta próximo a Barragem Forquilha III, onde as vantagens foram apresentadas como sendo a sinergia com o projeto de recuperação de barragens; baixa interferência com a operação atual; e, sinergia operacional com a lavra das barragens.

As desvantagens apresentadas nessa localização foram consideradas menores do que a da primeira análise de locação da planta, apresentando apenas dificuldade de balanço de água; e, dificuldade logística para operação e manutenção.

Nesse sentido, concluiu-se que, a viabilidade da recuperação do rejeito da Mina da Fábrica se apresenta mais viável em relação às simulações, rotas e testes realizados, se a locação da planta se apresentar próximo a Barragem Forquilha III, devido as suas vantagens serem atrativas, em relação às desvantagens, as quais podem ser executadas estratégias para a sua viabilização sanando as dificuldades apresentadas.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. L. C. **Definição da melhor liga metálica para os corpos moedores da usina de pelotização de Fábrica.** 2010. 25 p. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010. Disponível em:  
[http://www.ufop.br/demin/arquivos/beneficiamento\\_mineral/DEFINICAO%20DA%20MELHOR%20LIGA%20METALICA%20PARA%20OS%20CORPOS%20MOEDORES%20DA%20USINA%20DE%20PELOTIZACAO%20DE%20FABRICA.pdf](http://www.ufop.br/demin/arquivos/beneficiamento_mineral/DEFINICAO%20DA%20MELHOR%20LIGA%20METALICA%20PARA%20OS%20CORPOS%20MOEDORES%20DA%20USINA%20DE%20PELOTIZACAO%20DE%20FABRICA.pdf). Acesso em: 10 abr. 2012.
- ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro.** 2006. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:  
[http://teses.ufrj.br/COPPE\\_M/CeciliaBheringDeAraujo.pdf](http://teses.ufrj.br/COPPE_M/CeciliaBheringDeAraujo.pdf). Acesso em: 10 abr. 2012.
- ASSIS, A.; ESPÓSITO, T. Construção de barragens de rejeito sob uma visão geotécnica. *In: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS – REGEO, 3., 1995. Ouro Preto. Anais [...].* Ouro Preto: ABMS/ABGE/CBGB, 1995. p. 259-273.
- AZEVEDO, U. R. **Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais:** potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. 2007. 90 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em:  
<http://www.geoturismobrasil.com/artigos/tese%20ursula%20cap1-6.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- BITAR, O. Y. **Mineração e usos do solo no litoral paulista:** estudo sobre conflitos, alterações ambientais e riscos. 1990. 162 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, 1990 Disponível em:  
<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000029084>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- CHAMMAS, R. **Barragens de contenção de rejeitos.** Curso de Especialização em Engenharia de Barragens (CEEB), Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1989.
- FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil.** PNUD – contrato 2002/001604. Rio de Janeiro: CGEE, 2002. Disponível em:  
[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost\\_files/miner\\_c3\\_a7\\_c3\\_a3o\\_20e\\_20meio\\_20ambiente.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/miner_c3_a7_c3_a3o_20e_20meio_20ambiente.pdf). Acesso em: 30 mar. 2012.
- GERMANI, D. J. **A Mineração no Brasil.** Relatório Final. Rio de Janeiro: CGEE, 2002. Disponível em: [http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo007\\_02.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo007_02.pdf). Acesso em: 15 fev. 2012.
- Klohn, E. J. Design and construction of tailings dams. **CIM Transactions**, Edmonton, v. 75, 1982.
- MACHADO, W. G. F. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração.** 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-31032008-154124/pt-br.php>. Acesso em: 10 abr. 2012.

SCHIMIDT, M. **Revolução Industrial e o desenvolvimento tecnológico**. São Paulo: Ática, 2009. 235p.

TURRER, H. D. G. **Polímeros depressores na flotação de minério de ferro**. 2007. 203 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: [http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/MAPO7REKBC/1/henrique\\_gatti.pdf](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/MAPO7REKBC/1/henrique_gatti.pdf). Acesso em: 15 mar. 2012.