

DESAFIOS TECNOLÓGICOS DO APROVEITAMENTO DO MINÉRIO DE FERRO DE GRÃO MOGOL/MG

Data de submissão: 09/03/2023

Data de aceite: 02/05/2023

Ana Carolina Lisboa Bastos

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/3590233893743696>

André Luiz Alves da Silva

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/8461611200274998>

Marcos Júnio Alves dos Santos

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/6291234901087347>

Maria Cecília Nogueira Teles Oliveira

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/2141642009390555>

Raíssa Lóren de Oliveira Fernandes

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/3434047142552305>

Sergio Eduardo Rodrigues Costa

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/1497142140248337>

Jônatas Franco Campos da Mata

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/8385118400138330>

RESUMO: Na crosta terrestre o ferro é o quarto elemento mais abundante, e o Brasil se caracteriza por apresentar reservas com alto teor de ferro, gerando um minério de qualidade, garantindo ao país destaque no mercado mundial como segundo maior na produção de ferro. Atualizar as informações a respeito da produção e reservas minerais é crucial para o melhor planejamento, aproveitamento e desenvolvimento tecnológico das reservas, ainda mais considerando o contexto atual, onde as reservas de elevados teores estão se esgotando. O Projeto Bloco 8, de responsabilidade da Sul Americana de Metais S/A (SAM), se localiza na região de norte do estado de Minas Gerais, e estima

uma capacidade produtiva de 27,5 milhões de toneladas por ano de *pellet feed*. Para tal feito o projeto busca trabalhar com inovações nos setores de beneficiamento, barragens e recirculação de água para que o minério de baixo teor seja aproveitado de maneira satisfatória.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de ferro; Bloco 8; Baixo teor; Barragens; Beneficiamento.

TECHNOLOGICAL CHALLENGES OF USING IRON ORE FROM GRÃO MOGOL/ MG

ABSTRACT: In the earth's crust, iron is the fourth most abundant element, and Brazil is characterized by having reserves with a high iron content, generating a quality ore, ensuring the country stands out in the world market as the second largest in iron production. Updating information about production and mineral reserves is crucial for better planning, use and technological development of reserves, especially considering the current context, where reserves of high grades are running out. Project Bloco 8, under the responsibility of Sul Americana de Metais S/A (SAM), is located in the northern region of the state of Minas Gerais, and estimates a production capacity of 27.5 million tons per year of pellet feed. To this end, the project seeks to work with innovations in the sectors of beneficiation, dams and water recirculation so that low-grade mining is used satisfactorily.

KEYWORDS: Iron ore; Bloco 8; Low content; Dams; Beneficiation.

1 | INTRODUÇÃO

O aproveitamento econômico de depósitos de minério de ferro de teor baixo é um desafio importante e necessário, considerando o empobrecimento progressivo das jazidas a nível nacional e mundial. O presente artigo traz luz ao Projeto Bloco 8, situado no município de Grão Mogol, no Norte de Minas Gerais, e que objetiva lavar e beneficiar minérios de ferro de teores abaixo de 20% Fe.

1.1 O Ferro e suas aplicações

Segundo Medeiros (2010), o ferro (Fe), é um elemento químico de número atômico 26, massa atômica 56 u e é considerado o quarto elemento mais abundante na terra.

Conforme Caxito e Dias (2018), o ferro nativo é raro na natureza, entretanto, existem aproximadamente 300 minerais que detêm do ferro como componente essencial. Eles classificam-se em: óxidos, carbonatos, sulfetos e silicatos. Apenas os óxidos apresentam concentrações econômicas para obtenção do ferro e para serem tratados como minério (CARVALHO *et al.*, 2014).

O minério de ferro constitui-se de óxidos de ferro, das quais tem-se as formas primárias que são a magnetita (Fe_3O_4) e a hematita (Fe_2O_3), essas substâncias liberam ferro em sua forma metálica, quando as mesmas são aquecidas na presença de um agente redutor. O ferro também ocorre na forma de hidróxidos, como a goethita e limonita. Pode ocorrer também em sulfetos, como a pirita, calcopirita e pirrotita. Além de ocorrer nos carbonatos, como a siderita e ankerita, e em silicatos (CAXITO e DIAS, 2018).

Segundo Caxito e Dias (2018), o minério de ferro é extremamente importante para o desenvolvimento do país, visto que cerca de 98% do minério de ferro extraído é utilizado na indústria do aço e o restante é usado nas indústrias de ferro-liga e cimentos. A principal aplicação do minério de ferro é na indústria de aço, que é, essencialmente, uma liga de ferro e carbono. O aço por sua vez está inserido como matéria prima que é utilizada em diversos produtos e áreas, como na engenharia civil, na produção de aparelhos eletrônicos, além de outros setores de produção, e é utilizado também na indústria automobilística (CAXITO e DIAS, 2018).

1.2 Depósitos de minério de ferro

Os depósitos de minério de ferro podem ser divididos em cinco tipos, sendo eles: (i) formação ferrífera bandada; (ii) lateríticos, que são formados pelo intemperismo e alteração da superfície das rochas; (iii) Kiruna/Lahn-Dill, são depósitos associados à atividades vulcânicas; (iv) skarn, são relacionados à processos de metamorfismo de contato e/ou deformação; e (v) clinton-minette, formados por pequenos oólitos e depositados em ambientes marinhos rasos de plataforma continental. Os maiores e mais importantes depósitos são os de formação ferrífera bandada. (CAXITO e DIAS, 2018).

1.3 Formações ferríferas bandadas (FFB)

Essas FFBs, segundo Carvalho *et al* (2014), são constituídas por rochas sedimentares químicas, finamente bandadas ou laminadas e compostas, majoritariamente, por minerais de ferro e sílica. E, de acordo com o mineral de ferro prevaiente, as FFBs são divididas em quatro faces principais: óxido, carbonato, silicato e sulfeto (JAMES, 1954).

Para que ocorra a formação dos depósitos das FFBs, o Fe^{2+} precisa oxidar em Fe^{3+} , que é insolúvel em água, assim, esses íons precipitam-se no fundo dos oceanos, formando camadas ricas em ferro (CLOUD, 1973). Após a formação do depósito, as rochas podem tornar-se mais ricas em ferro, por processos de diagênese e metamorfismo, como o hidrotermalismo. Promovendo, dessa forma, um aumento na viabilidade econômica do depósito (CAXITO e DIAS, 2018; CARVALHO *et al.* 2014).

1.4 Principais depósitos de minério de ferro

Os principais depósitos de ferro do mundo ocorrem na Austrália, Brasil e Rússia. Os dois primeiros representam cerca de 2/3 de toda a exportação mundial. No Brasil, as principais regiões produtoras de minério de ferro são: Quadrilátero Ferrífero (MG), a Província Mineral de Carajás (PA) e a região de Corumbá (MS), na qual, seus depósitos são associados às FFBs, chamadas de itabirito (CARVALHO *et al.* 2014).

1.5 Distrito ferrífero Nova Aurora

É um dos principais depósitos de ferro em Minas Gerais. Ocorre na província ferrífera de Nova Aurora, ao norte do estado, e está inserida no Grupo Macaúbas (VILELA,

2010). Possuindo uma área de 575 km² e com cerca de 3,5 bilhões de toneladas de minério com teor de 35%, o Grupos Macaúbas foi subdividido em duas unidades litoestratigráficas: a formação Rio Peixe Bravo, e a formação Nova Aurora. Nessa última formação, foi especificado o Membro Riacho Poções, constituído por metadiamicrito hematítico com intercalações de quartzitos e filitos hematíticos, no qual se situam os principais depósitos de minério de ferro (VIVEIROS *et al.*, 1978). Nessa formação se situa o projeto Bloco 8, alvo do presente trabalho.

1.6 A escassez dos minérios de alto teor

Segundo Carvalho (2012), historicamente o minério de ferro têm sofrido, comparativamente a outras commodities minerais, pouca evolução nos processos de beneficiamento. Além disso, tem havido a diminuição dos teores relacionados a minérios itabiríticos disseminados, trazendo assim o aumento de demanda por processos de beneficiamento adaptados a minérios de baixo teor.

Diante do cenário iminente da escassez do minério de ferro de alto teor, torna-se necessário que as empresas de mineração desenvolvam estudos e técnicas para viabilizar novas reservas minerais a partir de teores de ferro médios mais baixos, bem como adaptar seus processos de beneficiamento mineral a essa nova realidade. O beneficiamento de minérios mais pobres permitirá a ampliação da vida útil das minas, e irá gerar um adicional de aproximadamente, 50% na produção anual para a mineradora (CARVALHO, 2012).

O projeto Bloco 8 é um empreendimento de grandes dimensões, que visa trazer benefícios importantes às comunidades do entorno da cidade de Grão Mogol, bem como para outras cidades influenciadas pelo projeto mineração que aproveitará minérios de baixo teor (SANTOS, 2021). De acordo com Santos (2021), o Bloco 8 tem como finalidade extrair e tratar minérios de ferro de baixo teor, ou seja, 20% de ferro em média, e obter um concentrado de alta qualidade. Sua produção estimada é de 27,5 toneladas de *pellet feed* (base úmida) por ano.

2 | METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica. Os dados coletados foram organizados e sistematizados, facilitando a análise e a interpretação dos resultados. O tema da pesquisa foi direcionado para o aproveitamento do minério de ferro de baixo teor da Sul Americana de Metais S/A (SAM) inserido na formação Nova Aurora, de forma a obter as informações específicas sobre o conteúdo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos grandes desafios enfrentados pela SAM é o aumento do teor de ferro de 20% (ROM) para 66,7% (produto). É necessário a definição da rota de beneficiamento

desse minério, que seja viável e aproveite de maneira eficiente o seu recurso mineral. Os diferentes minérios de ferro do referido depósito foram testados em planta piloto, garantindo assim o ajuste de todos os parâmetros importantes para a definição da planta de beneficiamento mineral. A Figura 1 apresenta o fluxograma previsto (BRANDT, 2019).

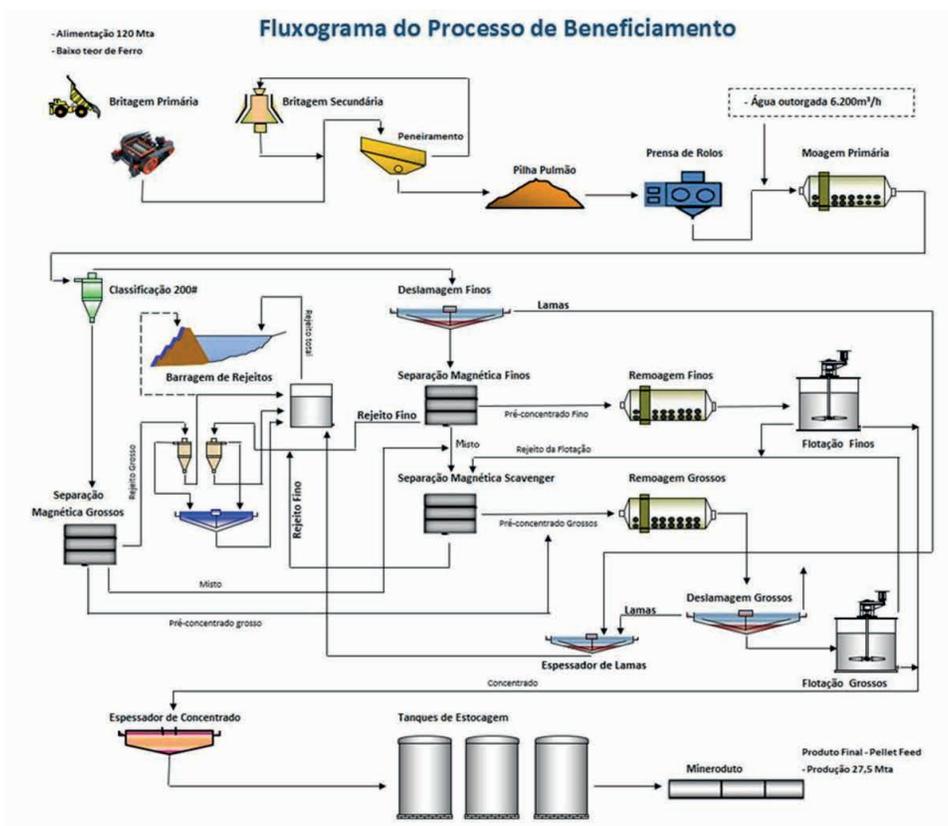


Figura 1: Fluxograma do Processo de Beneficiamento.

Fonte: EIA - SAM (2019).

A empresa BRANDT Meio Ambiente (2019) foi contratada pela Sul Americana de Metais (SAM) para realizar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), sendo a rota do processo de beneficiamento uma parte importante deste documento.

3.1 Britagem e Moagem

O minério irá chegar no britador através do transporte de caminhões, vão ser alimentadas duas instalações de britagem semimóvel, onde terá extração por meio dos alimentadores de sapatas com destino a grelha vibratória, o material retido passará pelo britador de rolos. Posteriormente o passante na grelha e no britador serão encaminhados

para o transportador de correias, juntando-se ao transportador principal que se eleva no decurso do acesso principal da cava. Ao sair da cava, por meio de dois transportadores do tipo “shuttle”, o minério é levado para o silo, que possui saídas com alimentadores de correia e peneiras vibratórias do tipo banana.

O material passante prosseguirá através de transportadores de correia para as pilhas alongadas de alimentação concentradora. O que ficou retido será destinado a britagem secundária. O material retido no peneiramento, será carregado por dois transportadores do tipo “shuttle” para o silo, que possui saídas com alimentadores de correia e britadores cônicos. Posteriormente esse produto britado, se juntará ao transportador e alimentará o peneiramento. O passante, com granulometria menor que 65 mm, será carregado pelo transportador de correia, que por meio de um divisor de fluxo irá dividir o material pelas duas correias que alimentarão o pátio da pilha pulmão e, alternativamente a correia de bypass da pilha pulmão.

O minério que se encontra na pilha pulmão, por meio de sistema de transportadores, será levado até um divisor de fluxo e transportado para até três silos de pré-moagem, com auxílio do transportador do tipo “shuttle”. A partir dessas estruturas alimentadores de correia equipados com detectores de metal, alimentarão três prensas de rolo da alta pressão (HPGR), esse produto será recolhido por transportadores de correia e levados a peneiras horizontais a úmido. O material retido nas peneiras voltará à alimentação das prensas de rolos e o passante bombeado para a moagem primária, para a pré-classificação do material, para essa etapa serão empregadas baterias de ciclones e moinhos de bolas.

3.2 Classificação

A classificação possui como objetivo a separação do produto da moagem primária em fluxos: grossos e finos. Ainda, o produto da moagem primária será classificado com o auxílio do ciclone, o overflow será direcionado por gravidade ao processo de deslamagem e o underflow, depois de peneirado horizontalmente, será recolhido e bombeado para a alimentação do circuito de pré-concentração magnética de grossos.

3.3 Pré-Concentração Magnética de Grossos

Para iniciar o processo, serão empregados separadores magnéticos a úmido de tambor de terras raras (WDRE), com objetivo de remover a magnetita. O material concentrado será posteriormente recolhido por bombas e bombeado para a remoagem e o rejeito abastecerá os separadores magnéticos de alto campo.

Após a retirada da hematita, a pré concentração magnética de grossos será constituída por separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS) do tipo carrossel. O rejeito desta etapa possuirá teor de ferro baixo e será bombeado com destino aos ciclones de desaguamento de rejeitos. Por sua vez os mistos serão bombeados para o circuito scavenger e o concentrado prosseguirá para a remoagem de grossos.

3.4 Deslamagem de finos

A deslamagem será feita pelo processo de floculação seletiva, onde serão geradas condições dispersantes para a polpa e adicionado floculantes, que em relação aos minerais de minério de ferro, são seletivos. O material ultrafino que é indesejável ficará retido em suspensão e em seguida serão removidos no overflow do espessadores, logo os minerais de ferro que são os desejáveis dos processos serão recolhidos no underflow.

Para a deslamagem serão empregados espessadores. A floculação seletiva emprega reagentes escolhidos com o propósito de flocular os grãos de minerais de ferro e remover, no fluxo, partículas finas indesejáveis, como a muscovita e quartzo fino. O overflow é direcionado, através da gravidade, com destino aos espessadores de lama e o underflow bombeado em direção a pré-concentração magnética de finos.

3.5 Pré-Concentração Magnética de Finos

Essa etapa ocorre com o campo magnético alto, a recuperação é elevada e o produto pode chegar a mais de 62% de ferro. Inicialmente a pré-concentração magnética de finos será realizada por meio de separadores magnéticos a úmido de tambor de terras raras (WDRE), para a retirada da magnetita. O concentrado será acondicionado em caixas de bombas e bombeado, com destino a remoagem e o rejeito abastecerá os separadores magnéticos de alto campo. E o rejeito dos WDRE será recolhido em caixas equipadas com uma bomba de polpa cada.

Em seguida a pré-concentração magnética de finos será formada por separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS). O rejeito desse processo possuirá baixo teor de ferro e será destinado para os ciclones de desaguamento de rejeitos. Os mistos vão para o espessador do circuito scavenger, por meio da gravidade. E o concentrado vai para a remoagem de finos bombeado.

3.6 Pré-Concentração Magnética Scavenger

Os mistos das concentrações anteriores (grossos e finos) são encaminhados para a pré-concentração magnética scavenger, como também o rejeito das flotações dos finos e grossos remoidos. Esse material passará por ciclones e, por gravidade, o overflow irá para o espessador, que receberá os fluxos scavenger da pré-concentração magnética de grossos, finos e o rejeito de ambas as flotações. O underflow do ciclone se juntará ao produto do espessador para abastecer o WHIMS. Para a pré-concentração magnética scavenger serão utilizados separadores magnéticos a úmido de alto campo (WHIMS). O rejeito de baixíssimo teor será bombeado para os ciclones de desaguamento de rejeitos. E o concentrado será bombeado, para se unir com o pré-concentrado magnético grosso.

3.7 Remoagem de Grossos e Finos

A remoagem de grossos será realizada nos produtos da pré-concentração magnética

de grossos e da pré concentração magnética scavenger. Esse processo é formado por baterias de ciclones, para a pré-classificação. O underflow alimentará os moinhos de bolas, em um circuito fechado com bomba de polpa e ciclones. O pré-concentrado grosso remoído passará em espessadores, para ser deslamado. O underflow dos espessadores será transportado através de bombas de polpa e o overflow para os espessadores de lama, por gravidade.

A remoagem de finos será realizada no produto da pré-concentração magnética de finos. Essa etapa é composta por baterias de ciclones para realizar a pré-classificação. O underflow alimentará um moinho de bolas em circuito fechado com bomba da polpa e ciclones. O pré-concentrado fino remoído será adensado, com o auxílio do espessador. O underflow do espessador será transportado pela bomba de polpa e o overflow será utilizado como água da diluição no processo de deslamagem de finos.

3.8 Flotação de Grossos e Finos

Para a separação dos minerais de minério e minerais de ganga, será empregada a flotação reversa, o coletor utilizado será amina e o floculante empregado será o amido. A flotação de grossos será realizada em duas linhas paralelas e iguais, o minério que nesta etapa se encontra remoído e deslamado em tanques condicionadores, que transbordará para o estágio rougher. O material afundado no estágio rougher é levado para o estágio cleaner. O material flutuado (estágios rougher e cleaner), por meio da gravidade, será transferido para o estágio scavenger 1. O flutuado no estágio cleaner será coletado em caixa e bombeado para as colunas recleaner. O rejeito das colunas recleaner será destinado à alimentação do estágio scavenger 1, por meio da gravidade. O flutuado no estágio scavenger 1 será processado no estágio scavenger 2. O material concentrado dos estágios scavenger 1 e 2 será bombeado por meio de bombas, com o objetivo de se unir à alimentação do estágio rougher. O rejeito originado no estágio scavenger 2 prosseguirá utilizando a gravidade até o espessador da pré-concentração magnética scavenger e o concentrado do estágio recleaner será bombeado com destino a espessador de concentrados.

Para a flotação de finos, o minério que se encontra remoído e deslamado no tanque condicionador, que transbordará com destino ao estágio rougher. O material flutuado no estágio rougher será recolhido em caixa e bombeado para as colunas recleaner. O flutuado pertencente aos estágios rougher e cleaner será levado através da gravidade para o estágio scavenger 1. O flutuado no estágio scavenger 1 será processado no estágio scavenger 2. O concentrado pertencente aos estágios scavenger 1 e 2 será bombeado para juntar à alimentação do estágio rougher e o concentrado do estágio cleaner será bombeado com destino ao espessador de concentrados.

3.9 Manuseio de rejeitos

O rejeito originado da pré-concentração magnética de grossos passará por baterias

de ciclones. O underflow será aproveitado como material de construção de barragens e o overflow será destinado para o espessador de rejeitos. O rejeito originado da pré-concentração magnética de finos passará pelos ciclones, onde o overflow será transportado, por gravidade, para o espessador de rejeitos. O rejeito da pré-concentração magnética scavenger será ciclonado, no qual o overflow será transportado, por gravidade, para o espessador de rejeitos e o underflow dos ciclones se juntará ao underflow do espessador para o lançamento no local de disposição final. A água utilizada no tanque de overflow do espessador de rejeitos servirá para o uso na pré-concentração magnética.

3.10 Rejeitoduto

O lançamento do rejeito será realizado de dois modos, o rejeito grosso e o rejeito total. O rejeito grosso é originado da pré-concentração magnética de grossos classificados na bateria de ciclones, onde o underflow é recolhido para aplicação na construção civil e quando não houver aplicação para este, será lançado juntamente com o rejeito total. Nos anos iniciais de operação, o transporte do rejeito total será por gravidade, devido à diferença de altura entre a usina e os reservatórios de rejeitos e quando não houver mais essa diferença, serão instaladas bombas de polpas para a adução do rejeito total.

3.11 Barragens

Uma característica marcante do Projeto Bloco 8 é o baixo teor médio de Ferro do material extraído e, então, tem-se a necessidade do tratamento e concentração do minério. Conseqüentemente, há a geração de alta quantidade de rejeitos que são compostos principalmente por quartzo, muscovita e água. Todavia, será instalada uma planta de reciclagem de rejeitos que ocupará uma área de 200M m². Neste projeto, prevê a geração de aproximadamente 1,5 Gt de rejeitos e 202 Mt de estéril que devem ser utilizados ou depositados adequadamente na área do empreendimento (RIMA, 2021).

A reciclagem dos rejeitos permite seu uso para finalidades benéficas para a região, como construção de estradas e construção civil, de forma que ao mesmo tempo reduzirá a quantidade de rejeito estocada e dinamizará a economia local. O material estéril retirado da área da mina será utilizado na construção dos corpos das barragens de rejeitos e para o aumento gradativo da altura dessas barragens (RIMA, 2021).

De acordo com o RIMA (2021), o projeto contará com duas barragens de rejeito, sendo que a barragem 1 está prevista uma ocupação de uma área de 2.151.192 m² e a barragem 2 uma área de 1.490.194,95 m². A barragem de rejeito 2 tem início de operação prevista para o primeiro ano de operação, e sua capacidade máxima está prevista para o ano 13 do empreendimento. Já a barragem 1, inicia sua operação a partir do 3º ano de empreendimento, e pode operar até o ano 7 sem a necessidade de alteamento. Na Figura 2, tem-se o mapa do complexo mineral, com destaque para as barragens de rejeito.

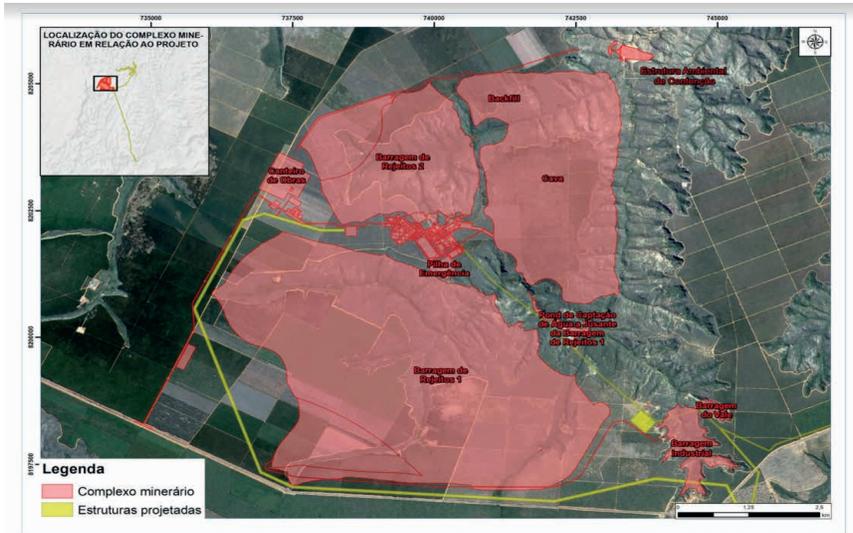


Figura 2: Mapa com as principais estruturas projetadas, incluindo as barragens de rejeito 1 e 2.

Fonte: RIMA (2021).

A definição do modelo de alteamento das barragens escolhido foi considerando que o método a montante está proibido em Minas Gerais desde 2016 e, também, a utilização de rejeitos mais grossos gerados no beneficiamento. Então, adotou-se o alteamento por linha de centro com o intuito de atender os 18 anos de vida útil e ainda, reduzir o volume total das duas barragens de rejeito e conseqüentemente, haverá uma redução da área de ocupação das mesmas. Na Figura 3, é possível comparar o método adotado, linha de centro, com o método a jusante (RIMA, 2021).

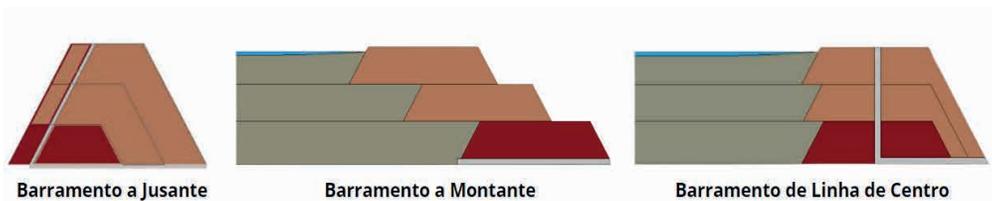


Figura 3: Métodos construtivos de barramentos.

Fonte: Adaptado de PASSOS (2009).

Portanto, esse método é a junção do alteamento do barramento à montante com o à jusante, acompanhando um eixo vertical sobre o rejeito depositado a montante e sobre o próprio barramento à jusante. Logo, o método da linha de centro é intermediário pois minimiza as desvantagens entre o método de montante e o de jusante (PASSOS, 2009).

3.12 Recirculação de água

Uma das propostas do projeto é que a água do rejeito de mineração venha a ser reciclada, onde o rejeito será desaguado nos processos de beneficiamento, através de ciclones e espessadores como mencionado anteriormente (RIMA, 2021).

A problemática de uso de água nos processos de beneficiamento é algo que sempre chama a atenção, como cita Leite (2011) a indústria de beneficiamento de minério de ferro chega a utilizar 6m^3 de água para cada tonelada de concentrado produzido pela usina, dependendo do tipo de instalação existente e do concentrado a ser produzido.

Na Figura 4 podemos observar um exemplo de sistema de recirculação de água em mineração de ferro similar ao citado pelo projeto, onde o caso demonstra um volume de água reaproveitado com índices de 80%. A relação entre a quantidade de água nova no processo e o seu reuso, variam conforme o processo/projeto, e o emprego desse tipo de água na indústria cresce de forma contínua (ANA, 2006).

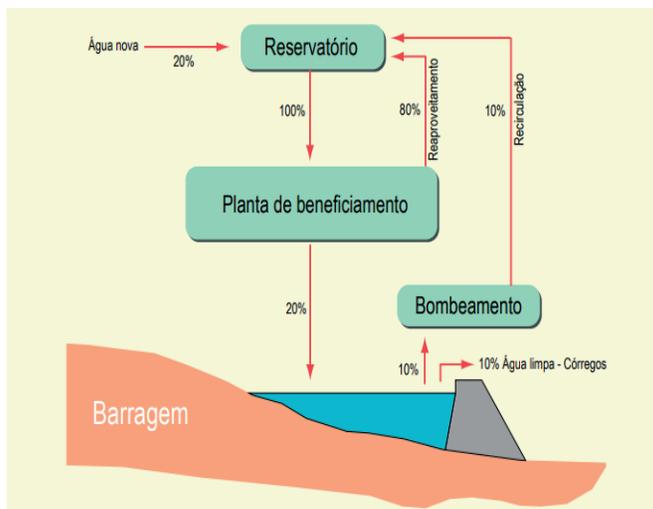


Figura 4: Esquema de utilização de água em uma mineração de ferro.

Fonte: ANA (2006).

A água nova representa uma demanda $5.171\text{ m}^3/\text{h}$ no empreendimento, onde destaca-se que a usina do Projeto Bloco 8 recirculará mais de 94% da água que irá consumir. O rejeito presente nas barragens também contará com sistemas internos a fim de drenar uma parcela da água descarregada com o rejeito, bem como aquela a se acumular com as chuvas (RIMA, 2021)

4 | CONCLUSÕES

O desenvolvimento e aplicação de tecnologias voltadas para o beneficiamento e aproveitamento do minério de ferro de baixo teor se faz necessário cada vez mais, posto que os depósitos de elevados teores estão se exaurindo e a demanda do ferro no contexto mundial continua elevada.

O projeto Bloco 8 é um empreendimento pioneiro tanto em relação à presença da atividade de mineração no Norte de Minas, quanto à tecnologia desenvolvida para o processamento mineral, recirculação de água e armazenamento dos rejeitos.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/a-gestao-dos-recursos-hidricos-e-a-mineracao.pdf>. Acesso em: 05 de mar. de 2023.

BRANDT Meio Ambiente. (2019). Eia - Estudo De Impacto Ambiental. **Caracterização do Empreendimento. Cap. 4**.

CARVALHO, P. S. L. *et al.* **Minério de Ferro**. 2014 Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4802/1/BS%2039%20min%C3%A9rio%20de%20ferro_P.pdf. Acesso em: 04 de mar. de 2023.

CAXITO, F.; DIAS, T. G. **Ferro**. Recursos Minerais de Minas Gerais/CODEMGE. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ferro/>. Acesso: 05 de mar. de 2023.

CLOUD, P. 1973. **Paleoecological significance of the banded iron formations**. Economic Geology, 68(7):1135–1143. doi: 10.2113/gsecongeo.68.7.1135

DORR J.V.N. II 1969. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. U.S.Geological Survey Professional Paper, 641-A, 117 p.

JAMES, H. L. **Sedimentary facies of iron formation**. Economic Geology. v. 49, n. 3, p. 235 – 293, 1954.

LEITE, W. P. **Recuperação e Recirculação de água no processamento mineral**. Monografia - CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS - CEERMIN. 2011. Disponível em <<http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9C6HB5>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

OLIVEIRA, A. C. da C. **Levantamento de dados de geologia, métodos de lavra e rotas de beneficiamento das principais mineradoras de ferro de Minas Gerais**. Orientador: Prof. Dr. Hildor José Seer. 2018. 49 f. Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia de Minas, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, Araxá. 2018.

PASSOS, N. C. S. T. (2009). **Barragem de Rejeito: Avaliação dos Parâmetros Geotécnicos de Rejeito de Minério de Ferro utilizando Ensaios de Campos—Um Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

UFOP. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero versão 2020**. 2019. Disponível em: <https://qfe2050.ufop.br/news/mapa-geologico-do-quadrilatero-ferrifero-versao-2019>. Acesso em 04 de mar. de 2023.

VILELA, F. T. **Caracterização de Metadiamicritos Ferruginosos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí) a oeste de Salinas, MG**. Orientador: Antônio Carlos Pedrosa-Soares. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Curso Geologia econômica, Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Geociências Programa de Pós-graduação em Geologia, Belo Horizonte. 2010.