



BENEFICIAMENTO DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO: Um estudo de caso para a produção de areia

Breno Hudson Alves Dutra – FUPAC - 192-000909@aluno.unipac.br

Jussara Fernandes Leite - FUPAC – jussara.leite@unipa.br

Resumo: O uso de barragens para deposição de rejeitos tornou-se algo insustentável, com um enorme risco ambiental e social, além de ser uma alternativa que limita as atividades de uma empresa devido às suas capacidades de armazenagem. Nesse cenário, surge a necessidade de as minerações identificarem formas de aproveitar o rejeito do minério de ferro de maneira econômica e viável para exaurir a utilização de barragens. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma alternativa para aproveitar o rejeito do minério de ferro e com isso eliminar a utilização, como também o desmonte de barragens de forma viável e sustentável. Esta pesquisa é um estudo de caso de natureza bibliográfica, descritiva e exploratória. O estudo de caso ocorreu em uma mineração de minério de ferro da região do Alto Paraopeba de Minas Gerais, no período de junho de 2022 a junho de 2023. Assim, foi apresentado o processo de recuperação de areia da empresa de rejeito de minério de ferro. Como forma de adequação e melhor aproveitamento do projeto, foi levantado a necessidade de redução nas taxas de alimentação trazendo para um nível em que toda massa de rejeito arenoso que seria alimentado na planta de projeto fosse dividida e direcionado um percentual para um empilhamento a seco.

Palavras-chave: Areia Mineral. Beneficiamento de Rejeito. Minério de Ferro

1. Introdução

A atividade de mineração se data desde a origem do homem. Com o desenvolvimento da sociedade, as pessoas passaram a utilizar minerais puros como também beneficiados em atividades econômicas.

Um dos minerais muito utilizado nos processos industriais é o minério de ferro, que é transformado em ferro e consumido para a elaboração de diversos produtos para atender as necessidades da sociedade. No entanto, a retirada do minério de ferro das minas gera resíduos sólidos que necessitam de locais apropriados para ser depositados e/ou tratados para desenvolvimento de subprodutos.

Outro complicador é o beneficiamento do minério de ferro a úmido, que produz rejeitos e esses são destinados as barragens para a deposição. Para melhor entendimento, o rejeito úmido é a impureza do minério, ou seja, a terra misturada com água, que é a lama. As barragens são agressivas ao meio ambiente e gera um risco constante de ruptura da estrutura.

O rompimento de uma barragem pode causar danos irreversíveis a sociedade que se encontrem próxima, como também ao meio ambiente. Pode-se citar as tragédias que ocorreram com o rompimento da Barragem de Fundão em Mariana (MG), que

devastou um vilarejo; e Barragem de Córrego do Feijão em Brumadinho que matou centenas de pessoas.

Em relação às barragens, a Agência Brasil (2022) informa que o Brasil possui cerca de 900 barragens mapeadas pela Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2022. Dessa quantidade, o secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, Pedro Paulo Dias esclarece que a metade delas são pequenas demais para oferecer algum risco de acidente. Por outro lado, das cerca de 450 barragens restantes, que têm um porte mais significativo, 31 estão em estado de emergência em Minas Gerais, com três já no nível máximo de alerta.

Nesse cenário, surge a necessidade de as minerações identificarem formas de aproveitar o rejeito do minério de ferro de maneira econômica e viável para exaurir a utilização de barragens. Desta forma, esta pesquisa buscar apresentar uma alternativa para aproveitar o rejeito do minério de ferro e com isso eliminar a utilização, como também o desmonte de barragens de forma viável e sustentável.

2. Referencial teórico

Neste capítulo, são apresentados conceitos que definem a mineração de minério de ferro e a relação com o tema de transformação de rejeito em areia mineral. Para tanto, são apresentados subitens que enfatizam o que é a mineração de ferro, suas etapas, importância e seus impactos.

Em sequência, são apresentados os métodos de extração do minério de ferro, de beneficiamento e o descarte de rejeito em barragens, como também os tipos de barragens, forma de deposição de rejeito e os impactos sociais e ambientais.

2.1 Mineração e seus Impactos

Segundo Enriques (2007), Mineração é uma palavra que deriva do latim medieval - mineralis - relativo a mina e a minerais. Da ação de cavar minas criou-se o verbo "minar" no século XVI e, em consequência da prática de se escavar fossos em torno das fortalezas, durante as batalhas, com a finalidade de fazê-las ruir, adotou-se a palavra "mina" para designar explosivos militares. A associação das duas atividades deu origem ao termo mineração, visto que a escavação das minas se faz frequentemente com o auxílio de explosivos.

De acordo com Ataíde (2022), a mineração é uma atividade econômica do setor primário que se traduz no conjunto de processos que visam a extração e beneficiamento de insumos minerais em subsuperfície. O aporte de minérios se torna matéria-prima para grande parte dos produtos que caracterizam o modo de vida da sociedade contemporânea, desde o plástico até equipamentos eletrônicos e computadores de alta performance e que provoca uma série de impactos ambientais, como por exemplo: degradação da paisagem, desmatamento, poluição e contaminação de recursos hídricos, poluição do solo e do ar e geração de resíduos e disposição inadequada de rejeitos.

Pena (2022) menciona que diversos estudos ambientais indicam que muitos dos materiais gerados pela mineração são rejeitos, estes muitas vezes erroneamente descartados. Na produção de ouro, por exemplo, 99,9% de todo material produzido não é aproveitado, sendo muitas vezes depositado de forma deliberada no leito de rios ou em áreas onde as águas das chuvas escoam para a sedimentação de cursos

d'água. Na extração de cobre, por sua vez, menos de 1% do que é extraído costuma ser devidamente aproveitado, ao passo que o restante é lixo.

Nesse estudo em específico nos concentraremos no impacto causado pela deposição de rejeito em barragens, suas estruturas e os métodos usados.

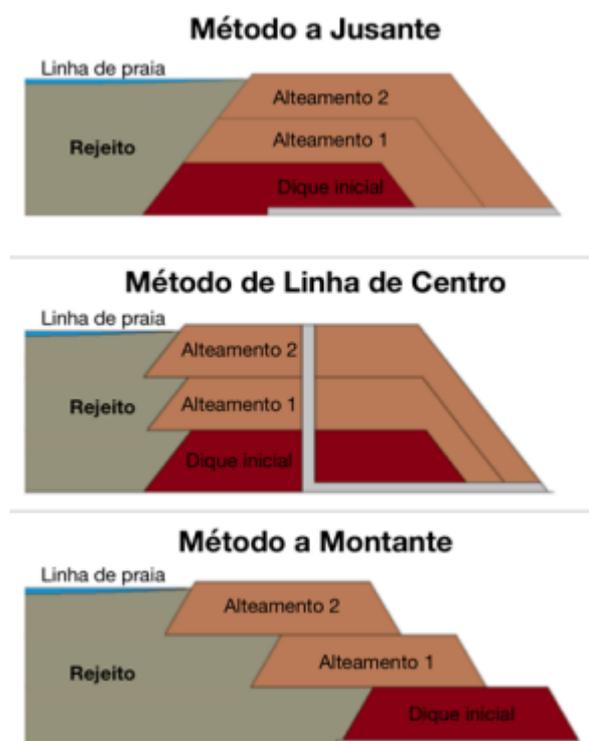
2.1.1 Barragens de Rejeito

De acordo com ZHU (2020), barragens são estruturas construídas pelo ser humano, com o objetivo básico de conter ou armazenar diferentes substâncias, como: água, minério, rejeitos de mineração ou ambos. Geralmente, essas estruturas são feitas de concreto e do próprio material gerado na extração do minério. Elas possuem tamanhos diversos, mas todas guardam uma grande quantidade de substâncias.

Segundo Werneck (2019), barragem funciona como uma barreira, onde são depositados os rejeitos. À medida que o rejeito é depositado, a parte sólida se acomoda no fundo da barragem. A água decantada na parte superior é então drenada e tratada, com parte sendo reutilizada no processo de mineração e o restante devolvido ao meio ambiente. Com o passar do tempo, a barragem vai “secando”, até que deixa de receber rejeitos e fica inativa.

Mafra (2016) apresenta em seus estudos que tipicamente para barragens de rejeito, se identificam três métodos construtivos básicos e considera ser usual a combinação entre dois ou entre os três métodos. Os métodos fazem referência a técnica e direção de alteamento empregado, seguindo em direção Montante, Jusante ou acompanhando uma Linha de Centro. A Figura 1 apresenta de forma ilustrativa esses três métodos citados por Mafra (2016)

Figura 1 – Métodos Construtivos de Barragens de Rejeitos



Fonte: Mafra (2016)

Mafra (2016) ainda explica que os barramentos podem ser executados com material proveniente de áreas de empréstimo, estéril ou com o próprio rejeito do beneficiamento (opção mais comum), desde que tratado e que atenda especificações geotécnicas de projeto. Para tanto, este rejeito é passível de processos adicionais como a ciclonação, para deslamagem, passando a ser chamado de aterro hidráulico.

2.1.2 Extração e comercialização de areia

Segundo Ferreira (2004), dentre os minerais mais importantes, enquanto agregado para construção civil encontra-se a areia. Ela é conceituada na indústria como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo de granulção fina e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas.

De acordo com Almeida e Silva (2005), atualmente 90% da produção nacional de areia natural, no Brasil, é obtida a partir da extração em leito de rios e os 10% restantes, de outras fontes (várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos).

Em relação à demanda nacional por agregados areia e brita, segundo Valverde e Tsuchiya (2007), ela atingiu 390 milhões de toneladas, sendo 231 milhões de toneladas de areia e 159 milhões de toneladas de brita. Essa quantidade representa o maior volume movimentado pela indústria extrativa mineral como um todo, sobrepujando o minério de ferro, principal produto mineral brasileiro, estimado em 370 milhões de toneladas em 2007.

Segundo Bulla (2006), a produção de areia e brita para construção civil, até o presente, vem atendendo satisfatoriamente a demanda nacional. Entretanto, a disponibilidade desses recursos, especialmente aqueles localizados dentro ou no entorno dos grandes aglomerados urbanos do país vem dia a dia declinando em virtude de inadequado planejamento, problemas ambientais, zoneamentos restritivos e usos competitivos do solo. A possibilidade de exploração destes recursos está sendo limitada cada vez mais, tornando-se aleatórias as perspectivas de garantia de suprimento futuro.

2.1.3 Impactos ambientais oriundos da extração de areia

De acordo com a resolução Conama nº 1/86, art. 1º,

o impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986)

Milará e Milaré (2017) corroboram com as afirmações apresentadas na resolução Conama nº1/86, art. 1º, ao esclarecer que a extração de minerais em grande quantidade promove o surgimento de áreas degradadas que não se integram ao desenvolvimento regional. Em longo prazo espera-se que a natureza se encarregue de devolver as condições ecológicas locais.

Alinhada a resolução Conana nº1/86, Neto (2000) explica que a atividade de exploração é, por natureza, causadora de impactos ambientais. Muitas vezes, tais

impactos, são decorrentes da exploração desordenada das jazidas, causando graves problemas ambientais, principalmente na extração de areia de rios, com aumento da vazão e aceleração do processo de erosão.

Mattos e Lobo (1995) enumeram danos ambientais decorrentes da extração de areia, quais sejam: desmatamento de áreas para implantação de caixas, pátios e acessos; taludes e aterros para a implantação de caixas; erosões e assoreamento; ruídos na operação de dragas; turbidez e contaminação da água por óleo combustível, graxas e outros efluentes; compactação do solo pelo tráfego de máquinas pesadas nos acessos; contaminação de solos e água por destinação inadequada de resíduos sólidos.

A busca por novos métodos de produção de areia é o caminho para uma operação sustentável, que não agrida o meio ambiente. Associar essa atividade a mineração de ferro e a geração de rejeito é um caminho luminoso para o sucesso e garantia de uma atividade sustentável.

3. Metodologia

Esta pesquisa é um estudo de caso de natureza bibliográfica, descritiva e exploratória, que teve como objetivo apresentar uma alternativa para aproveitar o rejeito do minério de ferro e com isso eliminar a utilização de barragens de forma viável e sustentável. O estudo de caso ocorreu em uma mineração de minério de ferro da região do Alto Paraopeba de Minas Gerais, no período de junho de 2022 a junho de 2023.

Inicialmente foi realizada a pesquisa bibliográfica, que abordou os temas mineração e seus impactos, barragens de rejeito, extração e comercialização de areia e impactos ambientais oriundos da extração de areia. Esse estudo foi realizado de forma exploratória com a finalidade de aquisição de conhecimento dos autores da pesquisa com tema de estudo.

Em sequência, foi apresentada o processo de recuperação de areia da empresa. Nesta etapa, ocorreu a pesquisa descritiva. Os dados têm natureza qualitativa e foram coletados por meio de observação e registro fotográficos dos equipamentos do processo que foram realizados.

A análise do processo de recuperação de areia foi realizada e informações do volume de capacidade produção e volume foi apresentado. Nessa análise, foram discutidas as dificuldades que ocorrem no processo.

4. Apresentação dos Dados e Resultados

Neste capítulo, é apresentado o processo de recuperação de areia, seus equipamentos e resultados alcançados. Este processo se mostra muito importante no modo que as empresas mineradoras veem o rejeito gerado no beneficiamento do minério de ferro.

4.1 Processo de Recuperação de Areia

A mineração onde foi realizado este estudo de caso, situa-se na Região do Alto Paraopeba em Minas Gerais. Tem uma produção de minério de ferro por meio de um sistema a úmido que gera um material não utilizável denominado rejeito arenoso com

características químicas e físicas que viabilizam seu posterior tratamento e transformação em areia para comércio na construção civil.

A empresa tem como operações unitárias: britagem, peneiramento, deslamagem, concentrações magnéticas, moagem, adensamento, flotação, espessamentos e filtragem. Essas operações fazem com que a unidade tenha capacidade de produção de 4,0Mtpa, sendo os produtos obtidos pelo processo de flotação (pellet feed fino) e concentração magnética de média intensidade (pellet feed grosso).

Além da obtenção dos produtos, os processos geram rejeitos arenoso, que são destinados a barragem. Com a finalidade de realizar o aproveitamento do rejeito, como também realiza a descaracterização da barragem, a empresa desenvolveu um projeto de transformação do rejeito arenoso em areia mineral.

Desta forma, o rejeito passa a ser um subproduto do processo de beneficiamento de minério. O rejeito passa ser matéria prima do coproduto areia, que pode ser utilizada na construção civil.

4.2 Equipamentos do Processo de Produção de Areia

Os equipamentos utilizados no processo de produção de areia são o separador magnético, bateria com 4 hidrociclones de 6 e peneira desaguadora modelo 2510/1D.

O processo de produção de areia, contempla a implantação de separador magnético modelo GX300. Esse maquinário tem oito polos com uma capacidade de até 300t/h é amplamente utilizado na concentração de minério de ferro. Ele pode remover impurezas de materiais não magnéticos, o que o torna ideal para o projeto. A Figura 2 ilustra o separador magnético em cima de um caminhão prancha.

Figura 2 – Separador Magnético

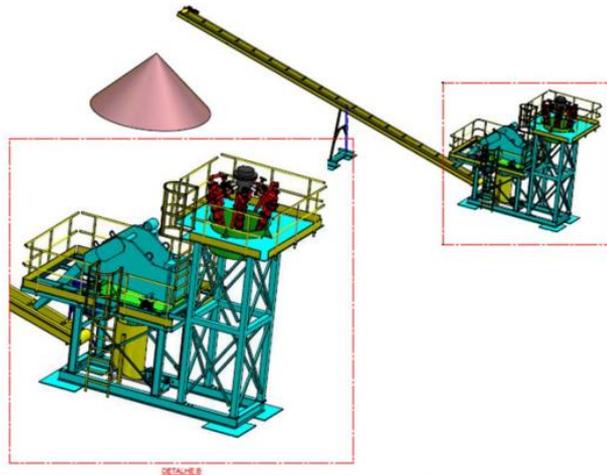


Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A bateria com 4 hidrociclones de 6" é utilizada para separar sólidos de líquidos através de força centrífuga. Seu funcionamento deve-se à alimentação tangencial na parte cilíndrica do equipamento, formando um movimento em espiral descendente arrastando as partículas maiores e mais pesadas.

A peneira desaguadora modelo 2510/1D é utilizada para retirar a água do material, retendo o máximo de sólidos no seu deck através da sua vibração e inclinação negativa de 3 graus. A Figura 3 ilustra o sistema de desaguamento.

Figura 3 – Sistema de desaguamento



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

O sistema de desaguamento é composto pela bateria de hidrociclones e pela peneira desaguadora conectados a um transportador de correia.

Seu funcionamento se dá quando a polpa de Co Produto (água + areia) , sai do separador magnético de alta intensidade e é direcionada para o hidrociclono, onde as partículas menores se concentram no interior do equipamento e são escoadas para fora levadas através de bombeamento para a peneira desaguadora que por sua vez é montada com uma inclinação negativa de 5° e opera com um sistema de contrapesos que realiza um movimento vibratório na mesma fazendo com que toda a água ainda misturada a areia seja filtrada por telas com diâmetros menores que as partículas de areia. Essa areia cai então no transportador de correias sendo empilhada em um pátio.

A rota de concentração magnética existente é composta por concentração magnética de média intensidade do tipo WDRE, com classificação dos produtos, onde a fração fina do rejeito seque para a etapa de deslamagem e concentração magnética de alto campo do tipo WHIMS.

No atual circuito de alto campo, existe a geração de um rejeito considerado grosso, com fração granulométrica abaixo de 1,4mm e com considerável teor de ferro, na ordem de 18 a 20%.

O objeto desse processo é pegar parte da massa e fazer o reprocessamento em mais duas etapas de concentração magnética de alto campo. A primeira etapa tem foco na geração de pré-concentrado para a moagem; e a segunda etapa com foco na geração de rejeito com baixo teor de ferro, que é denominado coproduto areia.

De certa forma, esse novo circuito vem a reduzir a ineficiência do circuito original, que desgastado e depreciado, não consegue atingir a eficiência necessária. De outra forma, esse processo é alimentado em série pelo circuito atual e pode sofrer impactos

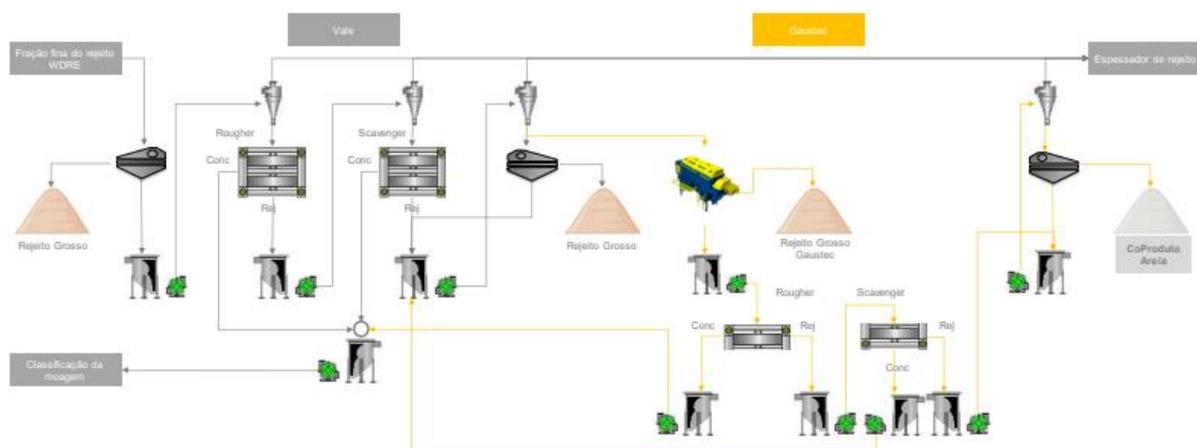
nos resultados com a alteração da eficiência das etapas anteriores, sejam elas para melhor ou para pior.

Caso a atual rota aumente a sua ineficiência, o novo circuito será alimentado com uma maior massa e mais rica. Isso ajudará na viabilidade econômica, com uma maior geração de massa para a moagem (oriunda desse circuito), mas dificultará o atingimento da meta de qualidade da areia, com teor de ferro abaixo de 5%.

Caso a atual rota aumente a sua eficiência, o novo circuito receberá uma massa menor e mais pobre. Isso reduzirá a produção de pré-concentrado para a moagem e conseqüentemente sua viabilidade econômica, mas facilitará o atingimento da qualidade do coproduto.

Para melhor entendimento do processo de produção de areia, a Figura 4 ilustra o fluxograma desse processo.

Figura 4 – Fluxograma do processo de produção de areia



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Na figura podemos ver o processo de beneficiamento de minério na fase de separação magnética de alta intensidade, onde a polpa (água + minério + rejeito) é bombeada de uma caixa agitadora para uma bateria de hidrociclones, onde parte do material com uma granulometria maior vai para o espessador de rejeito e então é bombeado para a barragem. O restante do material que tem características magnéticas é direcionado para um separador magnético de alta intensidade, onde é retirado por meio de campos magnéticos o minério de ferro, produto primário da empresa. O material que não é recuperado na fase de alto campo, alvo do projeto, é chamado de rejeito grosso, é então bombeado para uma planta com um separador magnético com intensidades e características diferentes do anterior.

Esse material é submetido a um campo magnético com uma intensidade mais elevada que a anterior, com o objetivo de separar o restante de minério e ferro e devolvê-lo ao processo anterior e separar a sílica (SiO_2) que é a areia ou o Co Produto, que é bombeado para uma peneira desaguadora e posterior empilhado para ser comercializado.

4.3 Simulação de Operação do Processo

A empresa apresenta a particularidade da geração de um rejeito grosso e arenoso. Com o desenvolvimento do mercado de coprodutos do tipo areia industrial e agravado pela limitação de área para disposição de rejeitos e estéril, a implantação de um circuito para a geração do coproduto é uma alternativa que traz benefícios a redução de massa para disposição e geração de fluxo de caixa, além do aumento da produção de pellet feed.

A planta de beneficiamento durante seu processamento até chegar no produto da areia passa por vários processos unitários da usina sendo sua maior parte o da separação magnética. Inicialmente é gerado uma polpa com especificações em volume, teores e granulometrias definidas, que alimentam o circuito da separação magnética de média intensidade com a finalidade de concentrar todo material susceptível e aderido a campo magnético que são os minerais ferromagnéticos e paramagnéticos que é chamado de concentrado. Os minerais que não são aderidos e não possui susceptibilidade magnética são denominados de diamagnéticos chamado de rejeito.

Em sequência todo rejeito gerado na usina de médio campo e direcionado para a usina de Alto campo sendo processado em separadores magnéticos de alta intensidade com três etapas no circuito gerando um rejeito arenoso com teores entre a 15% a 20% de FeT (Ferro).

O processamento do rejeito arenoso e direcionado para uma planta móvel com um separador magnético carrossel de alta intensidade sobre um chassi de uma carreta e um sistema de desaguamento em peneira produzindo a areia (ARVI).

O projetado da planta de produção de areia possui capacidade 9.550 toneladas/mês, totalizando 114,6 toneladas/ano com qualidade de <5%Fe.

Com base nos testes, seria possível atingir teores de ferro no coproduto menor que 2%, porém adotamos 5%.

De maneira resumida, o processo seria capaz de produzir aproximadamente 100ktpa de pellet feed, aproximadamente 340ktpa de Coproduto areia com teor <5%Fe e reduziria a massa de rejeito de 890ktpa para 450ktpa.

A tabela 1 apresenta um comparativo entre a operação de concentração mineral e a operação com o processo de recuperação de areia (Co Produto). Apresentando valores de massa produzida por hora e teores químicos em ambas as situações.

Tabela 1 – Comparação entre o caso base e o processo

	Base			CoProduto		
	t/h	Fe	SiO2	t/h	Fe	SiO2
Rom	1.103	41,08	38,16	1.103	41,08	38,16
Rom bypass	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Alimentação CM	682	38,60	41,19	682	38,60	41,19
Alimentação Moagem	631	45,01	33,11	631	45,01	33,11
Rejeito Empilhado	127	21,44	65,07	7	21,88	64,77
CoProduto	0	0,00	0,00	36	2,26	95,23
Rejeito Barragem	479	21,24	66,21	544	21,38	65,78
Pellet Grosso	112	64,40	6,50	112	64,40	6,50
Pellet Fino	384	65,55	3,50	397	65,46	3,49
Total	496	65,29	4,18	509	65,22	4,16

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Nota-se na tabela que o efeito do processo de recuperação de areia aparece nitidamente na massa empilhada de rejeito saindo de um padrão de 127t/h para um empilhamento máximo de 7t/h, uma redução de 91% de massa empilhada.

Pode-se perceber também um aumento na produção de Pellet Fino (Minério), devido a recuperação de material útil durante o processo, pois a intensidade magnética elevado do sistema permite uma maior performance, saindo de um normal de 384t/h para uma recuperação útil e 397t/h, um aumento de 5% na recuperação de produto com alta rentabilidade.

4.4 Problema encontrado no processo

Com a limitação de operação da planta existente devido ao tempo de vida útil dos equipamentos, foi identificado um backlog no processo referente a massa produzida, pois toda alimentação do sistema do projeto se dá a partir da concentração magnética.

Devido a excessivas falhas e paradas para manutenção o atingimento dos marcos de produção e eficiência máxima do projeto fica comprometido.

Como forma de adequação e melhor aproveitamento do projeto, foi levantado a necessidade de redução nas taxas de alimentação trazendo para um nível em que toda massa de rejeito arenoso que seria alimentado na planta de projeto fosse dividida e direcionado um percentual para um empilhamento a seco.

E como forma de ajuste definitivo foi sugerida a necessidade de adequação da planta existente para se alinhar a operação do projeto e alcançar as marcas planejadas.

5. Considerações Finais

Como podemos ver nesse artigo, para uma mineração cada vez mais sustentável é preciso buscar soluções cada vez mais ousadas, e o reaproveitamento do rejeito que seria destinado a barragem ou depositado em pilhas, que não só agridem o meio ambiente como também colocam em risco as pessoas ao seu redor, é uma solução viável e economicamente rentável, com um grande mercado a areia gerada no processo se demonstrou um grande marco para o processo.

Toda tonelada produzida é em si uma tonelada a menos de rejeito, com qualidade e volumes atrativos e uma importância para o meio ambiente a comunidade.

Tendo uma produção mensal estimada de 9,5 Kton o processo foi considerado viável pela empresa e colocado em operação após os testes.

O processo também demonstrou outras possibilidades para o material gerado, devido a sua capacidade e eficiência, abrindo leques cada vez maiores e oportunidades de novos estudos e avanços na área, como por exemplo a aplicação na fabricação de placas de silício.

Como ressalva ao processo foi apresentado a empresa a recomendação de redução da taxa de produção para a otimização do sistema, devido ao desgaste dos equipamentos utilizados.

Referências

AGÊNCIA BRASIL. **31 Barragens Estão em Estado de Emergência em Minas Gerais**: situação acende a preocupação com acidentes no estado. 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2022-01/31-barragens-estao-em-estado-de-emergencia-em-minas-gerais>. Acesso em: 23/03/2023.

BRASIL. CONAMA - Conselho nacional de meio Ambiente. **Resolução N°1 de 23/11/1986**. Disponível em: www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508 . Acesso em: 25/05/2023

ENRÍQUEZ, M.A.R. & DRUMMOND, J.A. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável**: dimensões, critérios e propostas de instrumentos. In: FERNANDES, F. R. C. et al (Org.). **Tendências Tecnológicas Brasil 2015 -Geociências e Tecnologia Mineral**. Rio de Janeiro: CETEM, 2007, v. 01, p. 245-272. Cap. 2

ALMEIDA, S. L. M. e SILVA, V. S. **Areia artificial**: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. Comunicação Técnica elaborada para o “II SUFFIB – Seminário: O Uso da Fração Fina da Britagem”, realizado de 05 à 07 de abril 2005, em São Paulo-SP.

VALVERDE, F. M e TSUCHIYA, O.Y. **Tendências e desafios da indústria de agregados no Brasil**. ANEPAC, 2007. Disponível em: https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/IDEIAS_DE_NEOCIO/PDFS/187.pdf. Acesso em 22/03/2023

DNPM, **Departamento Nacional de Produção mineral**. Site oficial: disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=60>. Acesso em: 10/03/2023

MAFRA, J. M. Q. **Barragem construída com rejeito ciclonado**: uma possível solução para disposição de rejeitos no Brasil? In: XVII Congresso Brasileiro de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica, 2016, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABMS. 2016. Disponível em: 001111669.pdf (ufrgs.br). Acesso em 10/03/2023

ATAÍDE. M. **O que é mineração e quais são seus impactos ambientais**. 2022. Disponível em: [O que é mineração e quais são seus impactos ambientais?](http://O%20que%20%C3%A9%20minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20quais%20s%C3%A3o%20seus%20impactos%20ambientais%3F) - eCycle. Acesso em 20/03/2023

PENA. Rodolfo F. Alves. **Impactos ambientais da Mineração**. 2022. Disponível em: [Impactos ambientais da Mineração - Mundo Educação](http://Impactos%20ambientais%20da%20Minera%C3%A7%C3%A3o%20-%20Mundo%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20(uol.com.br)) (uol.com.br). Acesso em 06/06/2023

ZHU, Viviane. **Barragens**: finalidade, tipos, riscos e a nova lei. 2020. Disponível em: <http://petcivil.blogspot.com/2020/10/barragens-finalidade-tipos-riscos-e.html>. Acesso em: 20/03/2023.

WERNECK. Márcio de Souza. **O que é e para que serve uma barragem de rejeitos?** 2019. Disponível em: <https://www.ufabc.edu.br/artigos/o-que-e-e-para-que-serve-uma-barragem-de-rejeitos#>. Acesso 06/06/2023.

BULLA. Luiz A. S. **Uso do sonar de varredura lateral na avaliação de uma área de mineração de areia no rio jacui - rs**. 2006. Disponível em: <http://semengo.furg.br/images/2006/48.pdf>. Acesso em 10/03/2023.

MILARÉ, Édis, MILARÉ, Lucas Tamer. **Estudo de impacto ambiental**. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/322/edicao-1/estudo-de-impacto-ambiental>. Acesso em 20/03/2023

NETO.C. S. **A importância dos conceitos tecnológicos na seleção de agregados para argamassas e concretos**. 2000. Areia & Brita, São Paulo: ANEPAC, nº 12, 2000.

MATTOS, S. C.; LOBO, R. L. M. **Areia para construção civil em Goiás: da produção, danos ambientais e propostas de mitigação**. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 5, 1995. Anais... SBG, 1995.

FERREIRA, G. E.; SILVA, V. S. **Mercado brasileiro de agregados minerais e o estudo do CETEM para obtenção de areia manufaturada**. 2004. IV Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción, Tegucigalpa, Honduras, 2004.