

MAXIMIZAÇÃO DO DESAGUAMENTO DOS RESÍDUOS MINERAIS GERADOS PELA CONCENTRAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO*

*Gil Ribeiro Vilela Neto¹
Flávio Augusto dos Santos²
George Eduardo Sales Valadão³
José Renato Baptista de Lima⁴*

Resumo

Na busca por se tornar cada vez mais sustentável, a indústria mineral vem recorrendo às soluções tecnológicas que minimizem o impacto ambiental gerado pela disposição dos rejeitos resultantes dos processos de beneficiamento de minérios. Neste cenário, umas das soluções é a aplicação de tecnologias de separação sólido-líquido com o objetivo de maximizar o desaguamento dos rejeitos e, conseqüentemente, diminuir o volume ocupado por eles quando dispostos e aumentar a recirculação de água. Este trabalho tem como objetivo, determinar a influência da concentração de sólidos em polpas de rejeitos denominados de “lamas” no desempenho do espessamento e a determinação da concentração de sólidos ótima para atingir o melhor desempenho do espessador.

Palavras-chave: Minério de Ferro; Rejeitos; Desaguamento; Espessamento.

MAXIMIZING OF IRON ORE TAILINGS DEWATERING

Abstract

In the pursuit to become more sustainable, the mineral industry has sought new technological solutions to decrease its ecological footprint generated by tailings disposal of mineral dressing. In this scenario one of the solutions is the application of solid-liquid separation technologies to maximize the tailings dewatering in order to reduce its volume and to increase water recirculation. The purpose of this work is to determine the influence of slurry dilution of tailings called “slimes” on thickening performance and the condition to achieve the best results.

Keywords: Iron Ore; Tailings; Dewatering; Thickening.

¹ Engenheiro Metalurgista, mestrando, Engenheiro de Desenvolvimento Tecnológico, Gerência Geral de Tecnologia e Ecoeficiência, Samarco Mineração S/A, Anchieta, Espírito Santo, Brasil.

² Engenheiro Mecânico, mestrando, Engenheiro de Aplicação, laboratório de separação sólido-líquido, FLSmidth Minerals, Votorantim, São Paulo e Brasil.

³ Engenheiro de Minas, pós-doutorado, Professor, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Engenheiro de Minas, pós-doutorado, Professor, Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade sempre buscou na natureza os compostos químicos necessários à sua sobrevivência e qualidade de vida. O planeta é a fonte dos elementos que formam os materiais do cotidiano e, devidos às condições físico-químicas do ambiente, uma expressiva parcela deles está presente nos minerais. A ação humana de aproveitar estes compostos é chamada de mineração.

Além de ser responsável pelo fornecimento de matéria-prima para as mais diversas aplicações, a mineração e todas as atividades correlatas promovem renda para a sociedade e tem participação expressiva na economia global.

Nas últimas décadas, vem crescendo a demanda por uma maior quantidade e variedade de material devido essencialmente ao crescimento econômico mundial, e ao maior poder aquisitivo da população. Isso exigiu um salto de produção da indústria mineral.

Da mesma forma que o cenário da escala produtiva da indústria mineral está sendo alterada, os critérios considerados pela sociedade para conceder o direito de minerar estão cada vez mais embasados em princípios de eco eficiência. Já não basta apenas garantir o fornecimento de materiais e geração de renda, a atividade de mineração também deve ter uma visão global, que inclui os aspectos ambientais.

No caso da mineração de ferro, o cenário já descrito é agravado pelo aumento da proporção de minerais com baixo teor contido nas reservas minerais atualmente aproveitadas.

Segundo Guimarães [4], o aumento do volume de rejeitos gerados nas atividades mineradoras, promovido pelo aproveitamento crescente de recursos com menor teor metálico, demanda a construção de barragens cada vez maiores para a contenção dos rejeitos.

Porém, segundo Peixoto [7] a obtenção de licenças no mundo para a construção ou alteamento de novas barragens de contenção destes resíduos tem-se tornado um processo lento e complexo devido às dificuldades crescentes de disponibilidade de novas áreas para a disposição de rejeitos provenientes dos processos de beneficiamento dos minérios. Associado a isto há escassez de grandes volumes de água e às preocupações relacionadas à preservação do meio ambiente.

O empreendimento minerário destaca-se, dentre todos os outros setores consumidores de água, pela sua significativa interação com os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Essa interação impõe um olhar cuidadoso, considerando-se as características intrínsecas à atividade minerária, como a rigidez locacional e o caráter ainda insubstituível da grande maioria dos bens minerais para a manutenção da qualidade de vida da população, vis-à-vis à consideração de que a água é elemento indispensável à vida, segundo a Agência Nacional de Águas [1].

Neste contexto, empresas que buscam as melhores práticas para tornarem-se mais sustentáveis, como a Samarco Mineração S/A, reavaliaram a forma de desaguamento e disposição dos resíduos minerais. Segundo Peixoto [7], as técnicas focadas no desaguamento dos rejeitos constituem as opções mais interessantes e mais promissoras no cenário atual da mineração no Brasil e no mundo.

É comum, nas usinas com conceitos modernos, a prática de obtenção de água reciclada com as características físicas e químicas compatíveis com o processo, a fim de assegurar o controle da operação e reduzir a captação de água para o processo. Com efeito, os fluxogramas para reciclagem de água variam muito, dependendo do tipo de minério [8].

Há grande diferença entre as tecnologias de separação sólido líquido no que diz respeito ao conceito e consumo energético. Segundo França e Massarani [3], a demanda energética de uma etapa de sedimentação é um por cento da energia demandada por um desaguamento mecânico.

Portanto, ações que otimizem a etapa de espessamento antes de aplicar tecnologias que demandem maior quantidade de energia, serão sempre mais econômicas e alinhadas com os princípios da eco eficiência.

O objetivo deste trabalho é averiguar a concentração de sólidos ideal para atingir o melhor desempenho da etapa de desaguamento, visando um maior adensamento do rejeito denominado de lama, gerado pela etapa de concentração do minério de ferro. Este rejeito é gerado devido à incapacidade das células e colunas de flotação atualmente em uso de concentrar partículas menores que 10 μ m. Esta etapa de classificação denominada de deslamagem é feita por hidrociclones.

Nas indústrias de beneficiamento de minério de ferro, a lama é gerada tipicamente com uma concentração de sólido de 4% - 5% em massa e é adensada em espessadores até uma concentração de sólidos de 30 - 35% em massa tipicamente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas na usina de beneficiamento de minério de ferro da Samarco Mineração S/A em Mariana (MG). O ponto de amostragem foi a alimentação do espessador de lamas existente.

Os equipamentos utilizados para os estudos de desaguamento consistem em dispositivos de escala laboratorial de simples montagem. Estes ensaios facilitam os estudos em termos de aparelhagem e quantidade de amostra, sendo em muitas situações, o único método de avaliação [6].

Um procedimento combinado de ensaios laboratoriais, fazem parte de um estudo completo para aplicação de espessadores de alta capacidade e pasta do fabricante FLSmidth.

Ensaio em cilindros graduados (Figura 1) foram realizados para determinação do polímero adequado e da condição ideal na alimentação (estudo de diluição). Estes ensaios são base para as simulações de sedimentação estática posteriores em cilindro de vidro graduado.

Por se tratar de testes em batelada, os dados obtidos necessitam ser interpretados e processados antes de serem escalonados [2,5].



Figura 1. Provetas utilizadas nos ensaios

Para uma análise mais detalhada e confirmação dos resultados, foram promovidos ensaios com reduzida interferência operacional humana, o denominado teste com continuous fill (Figura 2), ou teste com alimentação contínua, em cilindro graduado de 5.000 ml.

Esta novidade tecnológica possui conceito similar aos consagrados ensaios estático, porém, com um grau de precisão e reprodutibilidade mais elevados, por utilizar bombas peristálticas que promovem a alimentação contínua da polpa e do floculante dentro do poço de alimentação.

Vantagens em utilizar este método:

- reduz risco de desvio operacional;
- proporciona adequada homogeneização de polpa e floculante, em variadas faixas de fluxo;
- maior chance de visualização das zonas de sedimentação com variados tamanhos de flocos; e
- comparado aos ensaios estáticos em provetas de 1 e 2 L, possui elevado volume de sólidos dentro do cilindro de teste.

O mecanismo de arraste possui velocidade controlada, sendo ajustado de acordo com o material em questão.



Figura 2. Ilustração dos ensaios pela metodologia do Continuous Fill.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características da polpa de alimentação destes ensaios foram:

- ✓ densidade dos sólidos: 3,7 g/cm³
- ✓ densidade do líquido: 1,0 g/cm³;
- ✓ concentração de sólidos: 4,5%, em massa;
- ✓ pH da polpa: 10,5 (ajustado com adição de cal);

A Figura 3 apresenta os resultados com os floculantes avaliados. Foram avaliados quatro tipos de polímeros, sendo eles: dois aniônicos (baixo e elevado peso molecular), um não iônico e um catiônico.

O floculante selecionado para atingir a otimização da etapa de espessamento de lamelas foi o floculante aniônico de alto peso molecular com uma dosagem típica para esta aplicação.

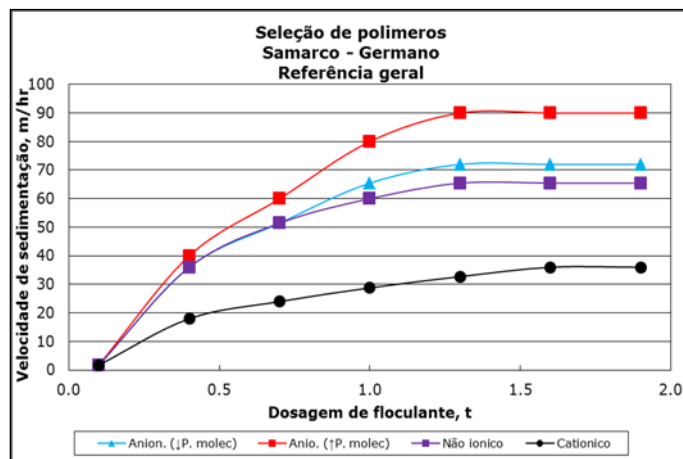


Figura 3. Avaliação de desempenho dos flocculantes

A variação da concentração de sólidos no fluxo de espessado com o tempo determinada pelo método de *continuous fill* (Figura 4) mostra que o máximo adensamento atingível no espessador convencional é 40% de sólidos. A partir desta concentração, a taxa de variação com o tempo é mínima, observando-se acentuada queda da produtividade do equipamento.

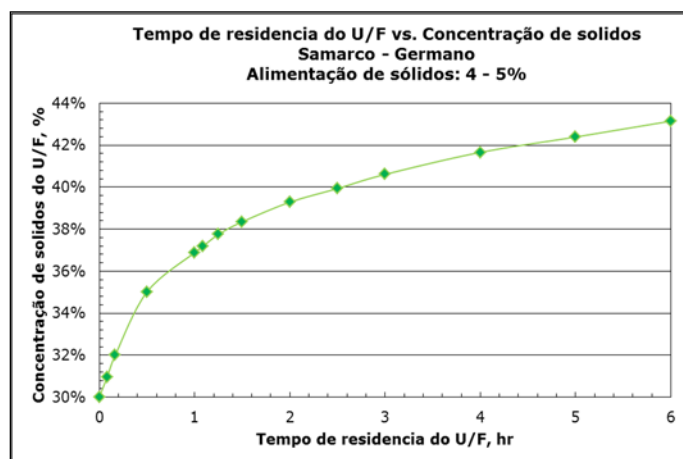


Figura 4. Variação do fluxo de espessado em função do tempo (alimentação: 4 - 5% sólidos)

Para esta condição, o dimensionamento do espessador é semelhante ao adotado pela Samarco Mineração S/A, conforme apresentado na Tabela 1:

Tabela 1. Resultados do ensaio (alimentação de sólidos: 4 - 5%)

Sólidos na Alimentação [%]	Dosagem reagente [t]	Área Unitária [m ² /tpd]	Velocidade de Sedimentação [m/h]	Sólidos no U/F [%]	Método de ensaio	Tempo residência [h]
4 - 5	Típica	0,09	10.8	30	Estático	N.A
		0,08	13	40	C.Fill	4 a 5

Entretanto, a variação da produtividade com a concentração de sólidos apresenta um ponto ótimo em torno de 11 a 13%, conforme apresentado na Figura 5. Esta concentração de sólidos é a ideal para que aconteça a interação entre as partículas sem prejudicar a floculação.

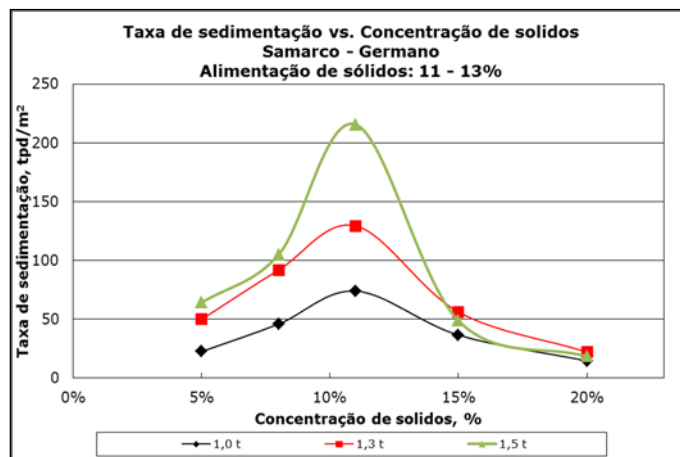


Figura 5. Variação da concentração de sólido e produtividade

Para esta condição otimizada, é possível atingir 55% de sólidos no fluxo de espessado conforme apresentado na Figura 6 com um espessador de alta capacidade, que atenda os valores de processo apresentados na Tabela 2.

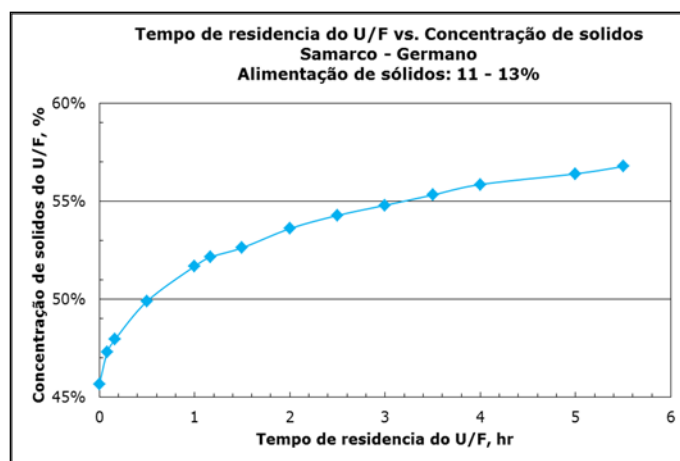


Figura 6. Variação do fluxo de espessado com o tempo (alimentação de sólidos: 11 – 13%)

Tabela 2. Resultados do ensaio (alimentação de sólidos: 11- 13%)

Sólidos na Alimentação [%]	Dosagem reagente [t]	Área Unitária [m²/tpd]	Velocidade de Sedimentação [m/h]		Sólidos no U/F [%]	Método de ensaio	Tempo residência [h]
11 - 13	Típica	0,1	4.0	50	Continuous Fill	2	
				55		5	

Este aumento da concentração de sólidos na alimentação poderá ser feita em escala industrial com a recirculação de aproximadamente 12% do fluxo de espessado após estudos que comprovem sua viabilidade econômica. A Figura 7 e a Figura 8 apresentam o cenário típico e a condição estudada após a implantação da recirculação, respectivamente.

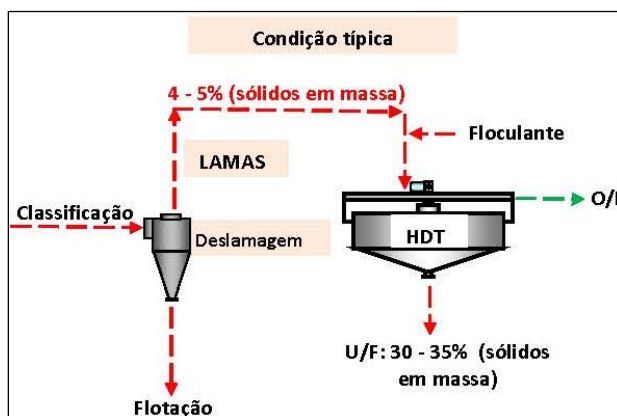


Figura 7. Fluxograma básico (cenário típico)

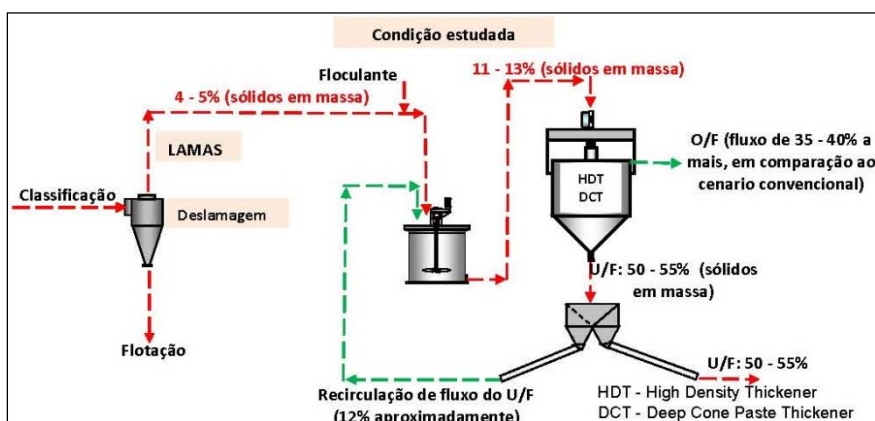


Figura 8. Fluxograma básico (cenário estudado)

Com um sistema de controle integrado, o circuito tenderá a entrar em regime de maneira adequada, além de elevar a confiabilidade do sistema, sem a necessidade de elevados investimentos e consumo energético.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se pelos resultados obtidos que um incremento na concentração de sólidos, que pode ser feita através da recirculação de uma parcela do fluxo de espessado, tende a melhorar a etapa de sedimentação de uma maneira geral.

O maior adensamento das lamas promoverá uma maior recirculação de água na planta de beneficiamento e diminuição do volume de rejeito, sem aplicar tecnologias com maiores demandas energéticas.

Agradecimentos

Especiais agradecimentos à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade do Estado de São Paulo (USP) pelos ensinamentos e oportunidades disponibilizadas para a elaboração deste trabalho e às empresas Samarco Mineração S/A e FLSmidth Ltda, que gentilmente disponibilizaram suas tecnologias, materiais, local e dados de processo, para realização destes estudos. Agradecimento ao CAPES-PROEX, CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- 1 Agência Nacional de Águas. A gestão dos recursos hídricos e a mineração. Brasília:2006.
[Ebook]Disponível:<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/A%20gest%C3%A3o%20dos%20recursos%20h%C3%ADdricos%20e%20a%20minera%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- 2 Souza TCP. Aplicação de técnicas clássicas para polpas não floculadas de dimensionamento de espessadores aplicadas a suspensões de salmoura e lodo biológico. [Dissertação de Mestrado]. Escola Politecnica da USP, São Paulo; 2007.
- 3 França SCA, Massarani G. Tratamento de Minérios. 5ª ed. Rio de Janeiro: MCT CETEM; 2010. Chapter 15, Separação Sólido-Líquido, p.637-680.
- 4 Guimarães NC. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas. [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2011.
- 5 Guimarães F.A.V. Revisão nos métodos de dimensionamento de espessadores e comparação dos métodos industriais. [Dissertação de Mestrado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2010.
- 6 Masini EA. Efeito das dimensões de provetas no dimensionamento de espessadores. [Dissertação de Doutorado]. Escola Politecnica da USP, São Paulo; 1995.
- 7 Peixoto CLP. Proposta de nova metodologia de desaguamento de rejeitos em polpa. [Dissertação de Mestrado]. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto; 2012.
- 8 Sampaio JÁ, Luz AB, Andrade MC, França SCA. Tratamento de Minérios. 5ª ed. Rio de Janeiro: MCT CETEM; 2010. Chapter 18, Água no Processamento Mineral, p.797-827.