

PRODUÇÃO DE PASTA MINERAL A PARTIR DO REJEITO DO PROCESSAMENTO DE ROCHA FOSFÁTICA

SILVA, A.C.¹, SILVA, E.M.S.², MESQUITA, J.G.³, ARRUDA, J.P.A.⁴

¹Engenharia de Minas, Universidade Federal de Goiás. andrecarlos@catalao.ufg.br

²Engenharia de Minas, Universidade Federal de Goiás. elenice@catalao.ufg.br

³Vale Fertilizantes. juarez.mesquita@valefert.com

⁴Graduando em Engenharia de Minas, Universidade Federal de Goiás. jotape_arruda@hotmail.com

RESUMO

Atualmente a disposição de rejeito do processamento de minerais é um grande problema devido à degradação ambiental que a mesma acarreta. O presente trabalho propõe a produção de pasta mineral a partir do rejeito do processamento de rocha fosfática em duas etapas. A primeira etapa composta pela sedimentação livre do material em adição de polímeros floculantes industriais e a segunda composta pela filtração do material floculado utilizando-se como meio filtrante uma manta geotêxtil. O rejeito utilizado era oriundo da empresa Anglo American Fosfato, Unidade Ouvidor/GO. Os resultados encontrados se mostraram satisfatórios para a produção de polpa mineral com teor de sólidos em torno de 35%.

PALAVRAS-CHAVE: filtração; sedimentação; geotêxtil; espessamento; pasta mineral.

ABSTRACT

Nowadays the mineral processing tailings disposal is a big problem due the environmental degradation which is produced. The present work proposes the mineral paste production with the tailings from phosphate rock in two stages. The first one was composed by the free settling of the material in presence of industrial flocculants. The second one was composed by the tailing filtration using a geotextile as filtration media. The used tailing samples were produced from Anglo American Fosfato Company, Ouvidor/GO unit. The found results were satisfactory for mineral paste production with solid grade around 35%.

KEYWORDS: filtering; sedimentation; geotextile; thickening; mineral paste.

1. INTRODUÇÃO

A etapa de separação sólido-líquido está entre as operações unitárias mais importantes atualmente empregadas em indústrias químicas, têxteis, farmacêuticas, bem como no processamento de minerais, alimentos, tratamento de água e resíduos, entre outras, pois muitos dos produtos industriais são suspensões (polpas) de sólidos em líquidos.

Segundo França e Massarani (2004) a sedimentação é um dos processos de separação sólido-líquido baseada na diferença entre as densidades dos constituintes de uma suspensão; a remoção das partículas sólidas presentes em uma corrente líquida se dá pela ação do campo gravitacional, o que oferece ao processo as características de baixo custo e grande simplicidade operacional. A larga utilização industrial dos sedimentadores promove um crescente interesse no conhecimento do dimensionamento e operação desses equipamentos, com a finalidade de melhorar a sua utilização e eficiência no atendimento aos objetivos operacionais.

Segundo França (1996 *apud* França e Casqueira, 2007) o estudo da sedimentação com cunho científico iniciou-se no começo do século XX, em 1912 com Mishler, que calculava a área da seção transversal de um sedimentador, baseando-se na suposição de igualdade entre as velocidades de sedimentação e de líquido ascendente. Com base nessa premissa, diversos pesquisadores desenvolveram novos estudos para obter maior conhecimento do mecanismo do processo de sedimentação, bem como para elaborar procedimentos de projeto de sedimentadores. A autora afirma que a vasta utilização industrial dos sedimentadores promove um crescente interesse em se entender o dimensionamento e da operação desses equipamentos, com a finalidade de melhorar o seu desempenho no atendimento às suas diferentes características operacionais. Os sedimentadores podem ser utilizados como espessadores ou classificadores, dependendo da sua função.

De acordo com França e Casqueira (2007) os sedimentadores, mais utilizados na indústria mineral produzem polpas com percentagens de sólidos elevada e possuem, geralmente, a função de espessar material com valor comercial ou rejeito, visando a sua disposição em barragens, cavas de minas ou como backfil de galerias de minas subterrâneas.

Segundo Massarani (2001) o projeto de sedimentadores contínuos está relacionado ao cálculo da área da seção de sedimentação e da altura do equipamento, sendo que os dados necessários para o dimensionamento de um sedimentador contínuo, bem como outras informações operacionais desta unidade, são determinados por meio de ensaios práticos utilizando provetas de 2,0 L em laboratório.

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloridas e de microrganismos presentes na água que escoam através de um meio granular. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em ETA e, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o padrão de potabilidade.

Na filtração rápida descendente, com ação de profundidade, as impurezas são retidas ao longo do meio filtrante, em contraposição à de ação superficial, em que a retenção é significativa apenas no topo do meio filtrante. Independentemente da condição de filtração, após certo tempo de funcionamento há a necessidade da lavagem do filtro, geralmente realizada por meio da introdução de água no sentido ascensional, com velocidade relativamente alta, para promover a fluidificação parcial do meio granular, com liberação das impurezas.

Em geral, a retenção de impurezas é considerada o resultado de dois mecanismos distintos, porém complementares: transporte e aderência. Em primeiro lugar, as partículas devem se aproximar das superfícies dos grãos e, posteriormente, permanecer aderidas a estes, de modo a resistir às forças de

cisalhamento resultantes das características hidrodinâmicas do escoamento ao longo do meio filtrante (Di Bernardo, 1993).

A filtração pode ser realizada com taxa constante ou declinante, dependendo das características de entrada e saída das unidades de uma bateria. No caso da filtração com taxa constante, a filtração pode ocorrer com nível de água variável ou constante no interior dos filtros, de forma que equipamentos de controle podem ou não ser necessários.

O presente trabalho propôs a realização de ensaios de separação sólido-líquido de modo a otimizar a recuperação de água de processo contida no concentrado e no rejeito da usina de processamento mineral da Vale Fertilizantes, unidade Patos de Minas. Foram realizados ensaios de sedimentação adicionando o floculante MAGNAFLOC 10, sendo o material floculado filtrado por gravidade com o uso de uma manta geotêxtil. A porcentagem de sólidos utilizada no ensaio foi idêntica à utilizada industrialmente no material lançado atualmente na barragem de rejeito. A turbidez do líquido clarificado foi medida para verificação da adequação da mesma às normas ambientais em vigor. Os resultados obtidos foram satisfatórios para a produção de pasta do rejeito fosfático.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi o quarteamento e homogeneização das amostras de polpa (inicialmente armazenadas em tambores plásticos de 200L) para a realização do ensaio de sedimentação em provetas de 2,0L, adicionando floculante MAGNAFLOC 10 como catalisador e clarificador de água no processo de sedimentação. A turbidez do líquido clarificado gerado foi medida antes da realização da filtração por gravidade com o uso da manta geotêxtil.

Os ensaios de sedimentação livre em proveta de 2,0 litros tiveram duração de uma hora. Após este tempo o líquido sobrenadante foi drenado e em seguida foi realizada a filtração do material floculado e sedimentado durante 10 e 15 minutos, utilizando-se um funil de Büchner. Com esse procedimento foi possível identificar a velocidade de sedimentação das partículas e identificar a quantidade de líquido retirado, além de permitir a análise da manta de geotêxtil após a filtração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1a apresenta uma proveta de 2,0L com a polpa de rejeito após uma hora de repouso. Nota-se que o material floculado ocupa volume ligeiramente superior a 400mL, sendo que a porcentagem de sólidos era de 5%. Já a figura 1b apresenta a mesma proveta após o líquido sobrenadante ser drenado. A drenagem foi feita manualmente tombando a proveta e vertendo o líquido sobrenadante para fora da mesma.

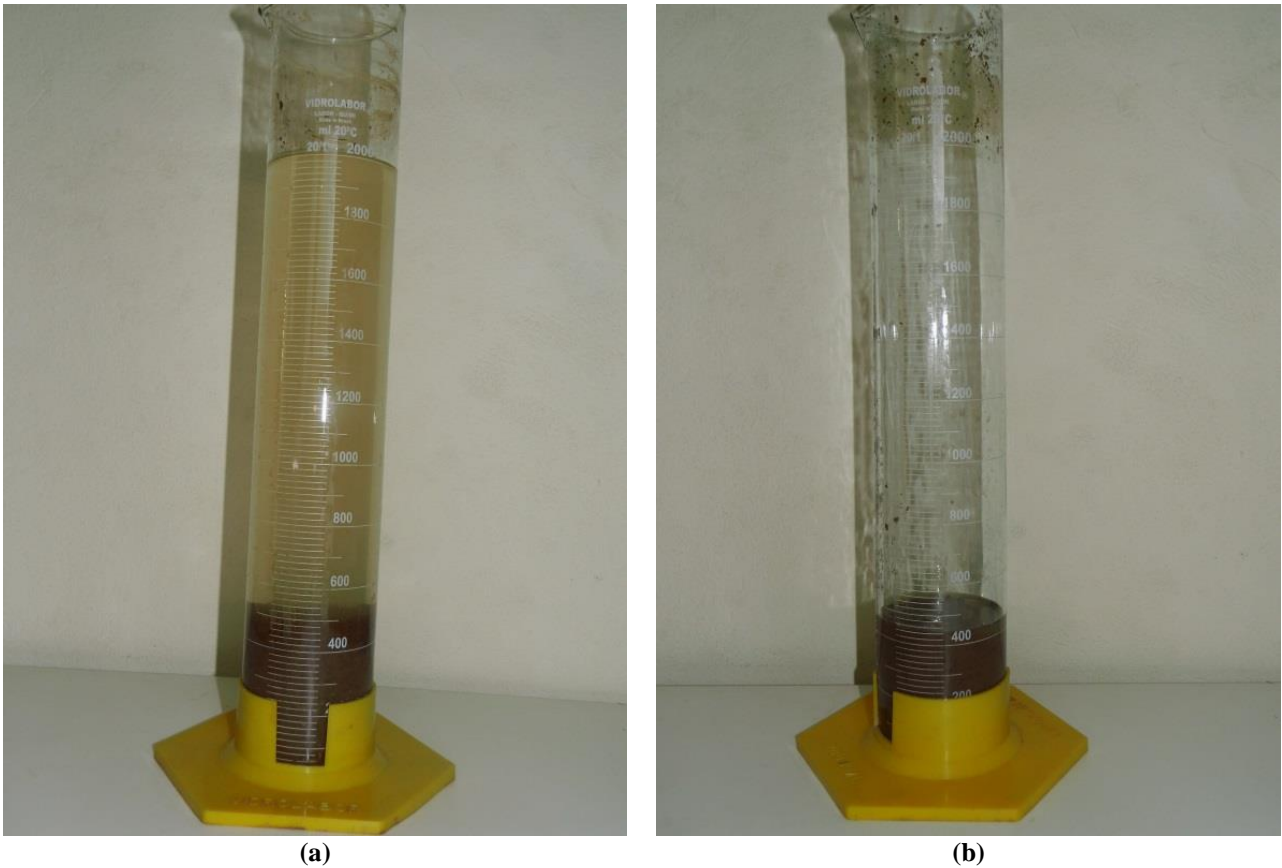


Figura 1. Proveta de 2,0L utilizada nos ensaios de sedimentação com polpa: (a) após uma hora de sedimentação e (b) após drenagem do líquido sobrenadante.

Após a drenagem do líquido sobrenadante o material floculado foi colocado em um funil de Büchner revestido com uma manta de geotêxtil para a realização da filtração do líquido ainda remanescente. A manta de geotêxtil (utilizada como meio filtrante) foi cortada no tamanho dos funis, conforme figura 2a.

A figura 2b apresenta o funil de Büchner com material espessado utilizado no ensaio de filtração por ação da gravidade. Caso fosse desejado podia-se utilizar uma pressão negativa (vácuo) para aumentar a remoção de líquido do material floculado, ou reduzir o tempo de filtração (10 e 15 minutos).



Figura 2. (a) Manta de geotêxtil instalada no fundo do funil de Büchner e (b) material floculado e drenado colocado no funil de Büchner.

A figura 3a apresenta o resultado da filtração por gravidade do material após 10 minutos de repouso no funil de Büchner, sendo possível notar visualmente a mudança no aspecto do filtrado. Já a figura 3b apresenta o resultado da manta geotêxtil após 10 minutos do processo de filtração via gravidade. A título de comparação a figura 4 apresenta os resultados da filtração por gravidade com tempo de filtração de 30 minutos.



Figura 3. (a) Material filtrado (torta) após 10 minutos de filtração por gravidade e (b) manta geotêxtil após a realização de um ensaio de 10 minutos de filtração.



Figura 4. (a) Manta geotêxtil após a realização de um ensaio de 10 minutos de filtração e (b) após um ensaio de 30 minutos de filtração.

A figura 5 apresenta o material filtrado (torta) antes (5a) e depois (5b) da secagem em estufa. O material foi seco a 120° C durante 24 horas, sendo o mesmo pesado antes e depois da secagem de modo a permitir o cálculo da umidade residual presente no filtrado após a filtração por gravidade.

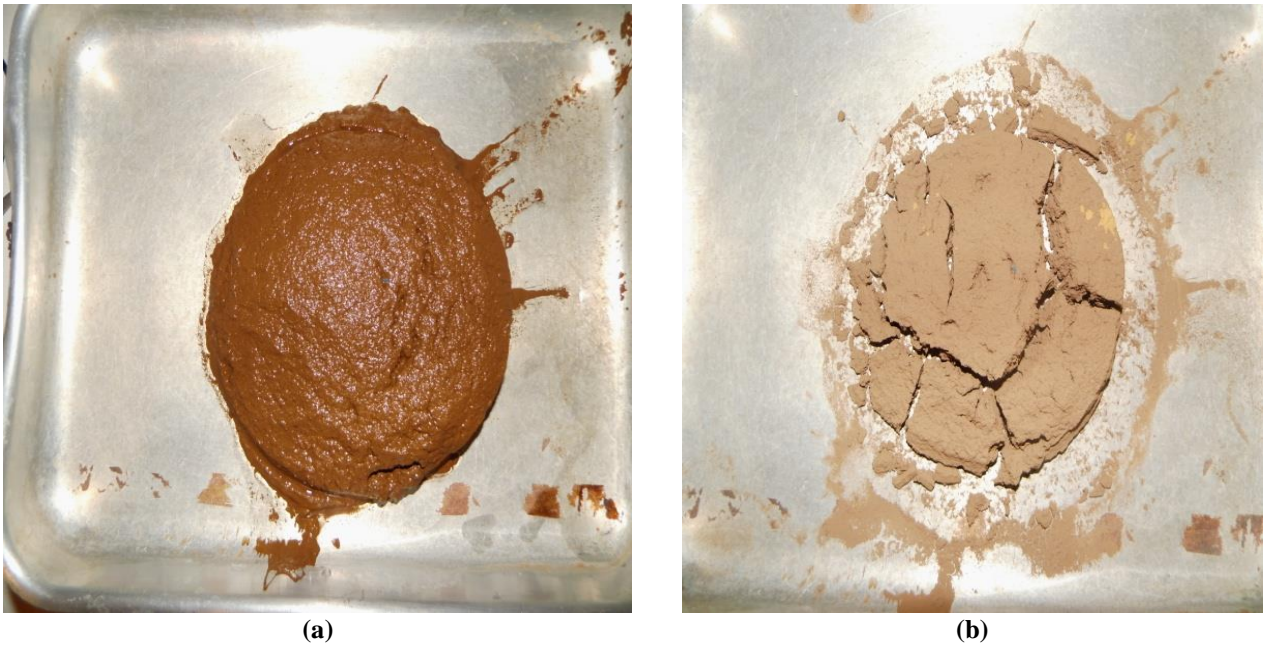


Figura 5. a) Material após o processo de filtragem antes de ser secado na estufa e b) material seco após ser levado à estufa à 120° durante 24 horas.

Após o processo de sedimentação com adição de floculante durante uma hora foi possível remover em média 1.620mL de líquido sobrenadante com turbidez média de 27NTU. Após a filtragem por gravidade com manta geotêxtil por dez minutos foi possível remover mais 120mL de líquido filtrado. A torta gerada possuía 343,36g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 110,14g, indicando uma remoção de 233,22mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 32,08%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 641,54%.

Um novo ensaio (denominado ensaio 2) foi realizado com tempo de filtragem por gravidade de 15 minutos. Para este ensaio obteve-se uma remoção de líquido filtrado igual a 140mL (20mL superior ao ensaio anterior). A torta gerada possuía 359,89g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 108,78g, indicando uma remoção de 251,11mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 30,23%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 604,52%.

A mesma manta geotêxtil utilizada no ensaio 1 foi reutilizada em uma nova filtragem (ensaio 3). Neste ensaio foi possível remover 1.625mL na floculação e sedimentação (1 hora). Em seguida, foi feita a filtragem via gravidade durante 10 minutos. Para este ensaio obteve-se uma remoção de líquido filtrado igual a 90 mL. A torta gerada possuía 377,72g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 108,42g, indicando uma remoção de 269,30mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 28,70%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 574,08%.

No ensaio 4 foi possível remover 1.625mL de líquido sobrenadante após o processo de sedimentação com adição de floculante durante uma hora. Após a filtragem por gravidade com manta geotêxtil por quinze minutos foi possível remover mais 140mL de líquido filtrado. A torta gerada possuía 334,43g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 108,98g, indicando uma remoção de 225,45mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 32,59%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 651,74%.

No ensaio 5 utilizou-se novamente a manta do ensaio 3, onde foi possível remover 80mL de líquido filtrado após a filtração por gravidade com manta geotêxtil por 10 minutos. A torta gerada possuía 348,36g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 108,55g, indicando uma remoção de 239,81mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 31,16%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 623,21%.

O ensaio 6 foi realizado com tempo de filtração por gravidade de 15 minutos. Para este ensaio obteve-se uma remoção de líquido filtrado igual a 155mL. A torta gerada possuía 337,55g antes da secagem em estufa a 120° C por 24 horas e, após este procedimento, seu peso foi de 116,92g, indicando uma remoção de 220,63mL de líquido. Para este ensaio o filtrado possuía uma porcentagem de sólidos de 34,64%. Assim sendo, foi possível aumentar a porcentagem de sólidos em aproximadamente 692,76%.

A tabela I apresenta todos os resultados encontrados nos seis ensaios realizados. Nota-se que o aumento no tempo de filtração do material provocou um aumento na fração de líquido removido. Contudo, os ensaios que geraram pastas com maior porcentagem de sólidos foram os ensaios onde se removeu uma maior quantidade de líquido na sedimentação e o tempo de filtração foi maior (ensaio 6).

Tabela I. Resultados dos ensaios de filtração por gravidade.

Ensaio	Líquido retirado após 1h de sedimentação [ml]	Tempo de filtração [min.]	Líquido filtrado [mL]	Massa da torta úmida [g]	Massa da torta seca [g]	% de sólidos	Tempo de uso do geotêxtil [min.]
1	1620	10	120	343,36	110,14	32,08	10
2	1615	15	140	359,89	108,78	30,23	15
3	1625	10	90	377,72	108,42	28,70	20
4	1625	15	140	334,43	108,98	32,59	30
5	1620	10	80	348,36	108,55	31,16	30
6	1630	15	155	337,55	116,92	34,64	45

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o presente momento são satisfatórios devido à quantidade de líquido clarificado que é obtido com as etapas de floculação e posterior filtração por gravidade, além do uso da manta geotêxtil utilizada como meio filtração ser viável para filtração do material floculado, tendo bom desempenho como meio filtrante. A utilização de um polímero floculante acelerou a sedimentação da polpa, o que permitiu um melhor desempenho do filtro. Após a filtração a manta geotêxtil se apresenta totalmente úmida, o que não provocou a diminuição do desempenho da mesma em operações subsequentes. A durabilidade da manta depende de como é feita a remoção do material retido na mesma (torta). Contudo, notou-se que para maiores tempos de filtração a manta sofreu obstruções e reteve material, o que indica existir um tempo ótimo de filtração para minimizar o desgaste do meio filtrante.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro, imprescindível para o desenvolvimento do presente trabalho, das agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE, à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio dado ao mesmo e à empresa Anglo American Fosfato, Unidade Catalão-GO pela doação de material e liberação da divulgação dos dados da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ASHARI, A., TAFRESHI, H. V. A two-scale modeling of motion-induced fluid release from thin fibrous porous media. *Chemical Engineering Science*, n. 64, p. 2067-2075, 2009.

CHAVES, A. P. Teoria e prática do tratamento de minérios. 2. ed. São Paulo: Signus Editora, 2004, 199p.

DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Volumes I e II. Associação Brasileira de engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 481 p. Rio de Janeiro, 1993.

FRANÇA, S. C. A., CASQUEIRA, R. G. Ensaio de sedimentação. In: SAMPAIO, J. A., FRANÇA, S. C. A., BRAGA, P. F. A. Tratamento de minérios : práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007, p. 392-408.

FRANÇA, S. C. A., MASSARANI, G. Separação sólido-líquido. In: LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M. (Ed.). Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, p. 573-609.

HAWORTH, D. C. Progress in probability density function methods for turbulent reacting flows. *Progress in Energy and Combustion Science*, n. 36, 168-259, 2010.

KAPUR, P. C., LAHA, S., USHER, S., DEKRETSER, R. G., SCALES, P. Modeling of the consolidation stage in pressure filtration of compressible cakes. *Journal of Colloid and Interface Science*, n. 256, p. 216-222, 2002.

KINCL, J., DOLECEK, P., CAKL, J. Filtration model for hollow fiber membranes with compressible cake formation. *Desalination*, n. 240, p. 99-107, 2009.

KYNCH. A theory of sedimentation. *Trans. Faraday Society*, n. 48, p. 166-176, 1952.

MASSARANI, G. Fluidodinâmica em sistemas particulados. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2001, 152p.

NI, L. A., YU, A. B., LU, G. Q., HOWES, T. Simulation of the cake formation and growth in cake filtration. *Minerals Engineering*, n. 19, p. 1084-1097, 2006.

SVAROVSKY, L. Solid-Liquid Separation. 2. ed. Bradford-UK: Butterworth & Co. Ltd, 1981, 556p.

TARLETON, E. S. A new approach to variable pressure cake filtration. *Minerals Engineering*, v. 11, n.1, p. 5.3-69, 1998.