

# **AValiação de Polímeros Floculantes no Espessamento de Pastas Minerais e Reutilização de Água de Processo**

## **POLYMER ASSESSMENTS FOR PASTE THICKENING AND PROCESS WATER REUSE**

**Pedro Henrique Mello Cunha**

Aluno de Graduação de Engenharia Química, 8º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Período PIBIC/CETEM: março a julho de 2017  
phmello@cetem.gov.br

**Sílvia Cristina Alves França**

Orientadora, Engenheira Química, D.Sc.  
sfranca@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A grande demanda por água na indústria mineral gera a necessidade de reaproveitamento deste insumo, visando minimizar impactos ambientais e custos operacionais. Os polímeros floculantes são utilizados para aumentar a eficiência de separação sólido-líquido, permitindo a recuperação e reuso da água nos processos. Neste trabalho, foi estudada a floculação de uma amostra de lama vermelha, um importante rejeito da indústria mineral, por meio da utilização de polímeros floculantes, R-10 e R-90 (aniônicos) e Magnafloc LT-7990 e Zetag 7565 (catiônicos), com o objetivo de produzir sobrenadantes com baixa turbidez e sedimentos de alta densidade. Os polímeros catiônicos apresentaram maior eficiência na agregação das partículas de lama vermelha. O polímero Zetag promoveu aumentos de até 21 vezes na velocidade de sedimentação, para polpas com 10% (p/p) de sólidos; entretanto, foi Magnafloc que mostrou maior eficiência na redução da turbidez do sobrenadante, atingindo valores de 15 NTU e permitindo o reuso da água de processo. Os sedimentos produzidos apresentaram concentração média de sólidos de 60%.

**Palavras chave:** floculação, sedimentos de alta densidade, reuso da água na mineração.

### **ABSTRACT**

The large demand for water in the mineral industry generates the need to reuse this material, in order to minimize environmental impacts and operational costs. Flocculant polymers are used to increase the solid-liquid separation efficiency, allowing the recovery and reuse of process water. In this work, flocculation of a red mud sample, an important tailing from the mining industry was studied. The anionic polymers R-10 and R-90, so as the cationic ones Magnafloc LT-7990 and Zetag 7565 were evaluated aiming to enhance particle aggregation and produce low turbidity supernatant and high density thickened solids. Cationic polymers showed greater efficiency in the aggregation of red mud particles. The polymer Zetag promoted increases of up to 21 times in settling velocity; however, Magnafloc showed greater efficiency in reducing turbidity of the supernatant, reaching values of 15 NTU and allowing the reuse of process water. The average of solids concentration in the sediments was up to 60%.

**Keywords:** flocculation, high density thickened solid, water reuse in mining.

## 1. INTRODUÇÃO

Os rejeitos de mineração se caracterizam por apresentar altas concentrações de sólidos, em sua maioria de granulometria fina, e quantidades relevantes de água, de forma que se faz necessário, por razões econômicas e principalmente ambientais, o seu tratamento, visando a separação sólido-líquido eficiente e o reaproveitamento de água de processo. A turbidez é utilizada como um indicador da concentração de sólidos suspensos, conseqüentemente, da qualidade do sobrenadante de sedimentação; valores abaixo de 100 NTU permitem o descarte ou reuso da água, com base na legislação ambiental brasileira (CONAMA 357/2005), porém as necessidades de processo, com relação à qualidade da água, também devem ser consideradas.

Como a sedimentação natural de partículas finas é lenta, polímeros flocculantes são utilizados para desestabilizar cargas e agregar partículas finas e, conseqüentemente, aumentar a velocidade de sedimentação dos sólidos. Assim, é possível aumentar a eficiência da separação sólido-líquido (Falcucci, 2007). A eficiência de flocculação depende de fatores como dosagem, carga elétrica (aniônico, catiônico ou neutro) e peso molecular do polímero, pH e temperatura da polpa e características do rejeito a ser tratado, como granulometria e densidade de cargas das partículas (Sharma, 2006).

Existe uma grande disponibilidade comercial de polímeros flocculantes, com variadas cargas e pesos moleculares, e, portanto, o conhecimento prévio das características de partículas e polímeros é de grande importância, além da realização de ensaios preliminares de agregação e sedimentação, para determinar qual o tipo de polímero que melhor se adequa ao tratamento de determinada polpa ou rejeito mineral.

Neste trabalho foram avaliados alguns polímeros flocculantes para a separação sólido líquido eficiente da lama vermelha - resíduo cáustico e de grande impacto ambiental - em termos de velocidade de sedimentação e turbidez, para permitir o rápido reuso de água de processo.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a eficiência de polímeros flocculantes na agregação e sedimentação de lama vermelha, para produção de sedimentos de elevada concentração de sólidos e sobrenadante com qualidade, em termos de turbidez, para ser adequada como água de reuso no processo industrial.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Preparo da Amostra

A amostra de lama vermelha estudada é proveniente de uma refinaria de alumina no estado do Pará. A preparação da amostra consistiu de secagem, homogeneização e quarteamento em alíquotas de 100 e 200 g, para caracterização e execução dos ensaios em laboratório.

Os polímeros avaliados foram R-10 e R-90 (aniônicos), e Magnafloc LT-7990 e Zetag 7565 (catiônicos), produzidos pela BASF. Esses foram utilizados em forma de solução, com concentração de 0,5 g/L.

### 3.2. Planejamento Experimental

Foram estudadas polpas de lama vermelha com concentrações mássicas de 10, 15, 20, 25 e 30%. As dosagens dos polímeros foram 80, 110, 140, 170 e 200 g/t. Os ensaios de sedimentação também foram para as polpas sem flocculante (polpas naturais).

### 3.3. Ensaios de Agregação e Sedimentação

As polpas foram preparadas em cuba de acrílico, com capacidade de 2L, utilizando-se o equipamento *jartest*, da Nova Ética. Foi mantido o pH natural das polpas.

As polpas foram agitadas por 3 min, a 300 rpm, para acelerar a homogeneização de sólidos, seguida da adição de polímero e agitação por mais 1 min, para permitir o maior contato entre as partículas sólidas e as moléculas do polímero. A agitação foi reduzida para 150 rpm e mantida por mais 2 minutos, para permitir o crescimento dos flocos.

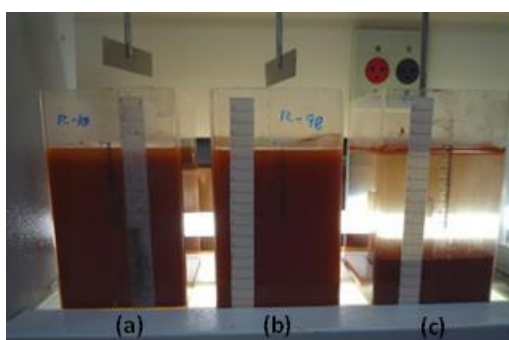
Polpa floclada foi transferida para proveta de 2L, para realização do ensaio de sedimentação em batelada. Dados de altura da interface sólido-líquido e tempo de sedimentação foram obtidos para cálculo da velocidade de sedimentação.

A turbidez foi medida em turbidímetro da Hach, modelo 2100 P. Três alíquotas de 20 mL foram coletadas, nos tempos pré-determinados de 1 e 2 h de sedimentação. Também foi medida a turbidez inicial da polpa natural, antes da floclação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Ensaio Preliminares de Agregação e Sedimentação

Os ensaios preliminares realizados para uma mesma concentração de sólidos e dosagem dos polímeros indicaram que os polímeros de aniônicos, R-10 e R-90, não foram eficientes na agregação das partículas de lama vermelha em pH natural (10,5), como observado na Figura 1.



**Figura 1:** Ensaio preliminar de floclação de polpas de lama vermelha em pH natural utilizando polímeros (a) R-10, (b) R-90 e (c) Magnafloc LT 7990.

Com base nos resultados de Loayza (2015), nessa faixa de pH as partículas de lama vermelha apresentam-se carregadas negativamente; esses polímeros não foram capazes de promover a desestabilização de cargas e agregação das partículas, mantendo-as em suspensão. Já os polímeros catiônicos apresentaram eficiência de agregação e sedimentação (Figura 1c). A partir desses resultados preliminares, os ensaios de agregação e sedimentação foram conduzidos apenas para os polímeros catiônicos.

##### 4.2. Velocidade de Sedimentação

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se inferir que o Zetag foi mais eficiente na agregação de partículas, e conseqüentemente, no aumento da velocidade de sedimentação do que o Magnafloc.

**Tabela 1:** Influência da dosagem de polímeros floclantes Magnafloc LT 7990 e Zetag 7565 na velocidade de sedimentação de polpas de lama vermelha.

	Dosagem (g/t)	Floculante	Conc. de sólidos (% p/p)		
			10	20	30
Velocidade de sedimentação $\times 10^{-4}$ (m/s)		Sem floculante	1,06	0,69	0,20
	80	Magnafloc	6,89	1,01	0,30
		Zetag	4,57	0,69	0,33
	140	Magnafloc	6,52	1,15	0,34
		Zetag	16,1	0,72	0,36
	200	Magnafloc	6,45	1,24	0,39
		Zetag	21,3	0,86	0,37

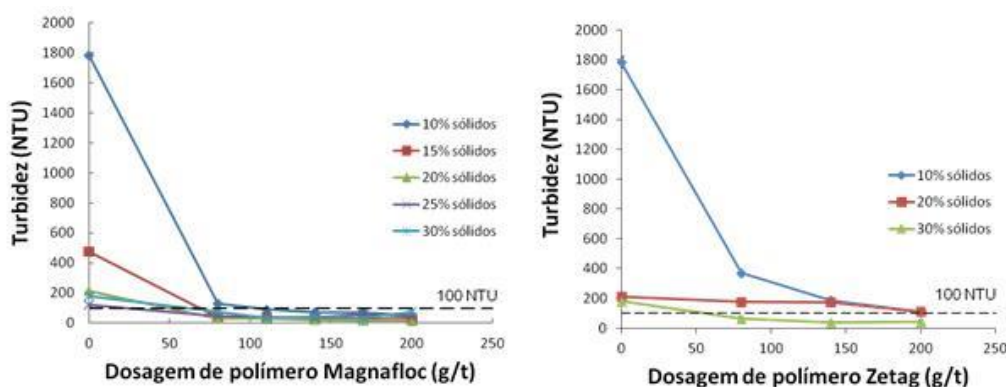
O Magnafloc LT 7990 é um polímero floculante de médio a alto peso molecular e elevada densidade de cargas positivas; o mecanismo principal de floculação é a partir da neutralização de cargas negativas superficiais das partículas em suspensão (SHARMA, 2006). A utilização de 80 g/t de Magnafloc já foi suficiente para a agregação das partículas de lama vermelha, porém com pouca variação na velocidade de sedimentação para dosagens maiores. O aumento na velocidade de sedimentação foi de até 7 vezes, para a polpa com 10% de sólidos, comparado à polpa sem floculante.

Em relação ao Zetag, nota-se um aumento expressivo na velocidade de sedimentação, de 21 vezes, para a polpa com 10% de sólidos, à medida que a dosagem do polímero aumenta. Possivelmente, está ocorrendo a formação de flocos cada vez maiores. Para concentrações de sólidos mais elevadas, são observados acréscimos na velocidade de sedimentação, mas de menor intensidade, e para dosagens a partir de 140 g/t.

Em relação às concentrações de sólidos na base dos sedimentos, o uso do Zetag promoveu a formação de sedimentos com até 61% de sólidos, enquanto o Magnafloc concentrou até 57%. Esses valores são bem semelhantes aos gerados para as polpas sem floculante devido à água contida na estrutura dos flocos.

### 4.3. Turbidez

É possível observar, pela Figura 2, para as sedimentações sem floculante, que o valor da turbidez do sobrenadante é superior a 100 NTU, o que dificulta seu reaproveitamento no processo; logo, a utilização de polímero floculante é necessária.



**Figura 2:** Influência da dosagem de (a) Magnafloc LT 7990 e Zetag 7565 na turbidez do líquido sobrenadante.

O Magnafloc foi capaz de reduzir a turbidez da polpa para valor menor que 100 NTU, após 2 h de sedimentação, para a maioria das concentrações de sólidos estudadas. Já o Zetag se mostrou menos eficiente, pois só foi capaz de reduzir a turbidez para valor menor que 100 NTU, após 2 h de sedimentação, para polpas com 30% de sólidos.

A turbidez remanescente nos sobrenadantes das polpas floculadas com o Zetag, possivelmente deve-se à presença de partículas de granulometria muito fina e de difícil desestabilização. O aumento da dosagem do Zetag, na tentativa de capturar essas partículas, poderá aumentar a viscosidade da polpa e prejudicar a boa velocidade de sedimentação obtida. A utilização de polímeros naturais, de menor peso molecular, em menores dosagens, poderá ser considerada como alternativa para adequação do sobrenadante às condições de reuso (França *et al.*, 2017).

## 5. CONCLUSÕES

Para concentrações de sólidos de 10%, a utilização de dosagem de 80 g/t de Magnafloc se mostrou uma escolha adequada para o tratamento de rejeito delama, pois foi possível atingir o limite estabelecido de turbidez ao mesmo tempo em que se atingiram aumentos de velocidade próximos aos valores alcançados por dosagens maiores do polímero.

O Zetag promoveu um aumento expressivo na velocidade de sedimentação, porém não foi capaz de adequar a turbidez do sobrenadante. Nesse caso, a utilização de uma etapa complementar de floculação do sobrenadante poderá ser proposta, com reagentes de menor custo e maior degradabilidade, viabilizando o reuso da água.

Nos ensaios prévios de sedimentação, os flocculantes R-10 e R-90 não foram eficientes para a agregação de lama vermelha, em pH natural, nas dosagens avaliadas. Entretanto, sabe-se que esses polímeros são indicados para o adensamento desse rejeito; logo, outras variáveis operacionais deverão ser consideradas, como o pH e a concentração de sólidos na polpa para a sedimentação de lama vermelha.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e ao CETEM pela estrutura fornecida.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAMA, Resolução nº 357, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente, 17/03/2005, 2005.

FALCUCCI, A. **A influência de flocculantes poliméricos na formação de pastas minerais.** 2007. 96p. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (Brasil).

FRANÇA, S.C.A., ANDRADE, L.S., LOAYZA, P.E.V., TRAMPUS, B.C. Water in mining – challenges for reuse. Proceedings of 13<sup>th</sup> IMWAMine Water & Circular Economy, Ed. Wolkersdorfer, C.; Sartz, L.; Sillanpää, M. & Häkkinen. Lappeenranta, Finland, 2017. Vol.I, pg. 445-453.

LOAYZA, P.E.V. **Estudo da eficiência de polímeros naturais (quitosana e ácido húmico) na floculação e desaguamento de polpas minerais.** 2015. 169p. Dissertação Mestrado) - Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil).

SHARMA, B.R.; DHUIDHOYA, N.C; MERCHANT, U.C. Flocculants – an Ecofriendly Approach. **Journal of Polymers and the Environment**, v.14(2), p.195-202, 2006.