

### Separação de Policloreto de Vinila e Polietileno Tereftalato através do Processo de Flotação

Gildeon Luiz dos Santos Filho  
Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UFRJ

Marisa Bezerra de Mello Monte  
Orientadora, Eng. Química M.Sc.

#### RESUMO

*Neste trabalho, foi estudada a flotabilidade do policloreto de vinila (PVC) e polietileno tereftalato (PET) utilizando-se como depressores o Triton X-100 e o lignossulfonato de ferro. Observou-se que o lignossulfonato apresentou melhor seletividade na flotação, induzindo a separação de um dos plásticos em relação ao outro.*

#### 1. INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de plásticos é um procedimento que vem se intensificando nos países mais desenvolvidos, a fim de se reduzir o acúmulo desses materiais não degradáveis, que atingem até 6% do peso e 20% do volume do lixo urbano. A reciclagem dos plásticos provenientes do lixo comercial e doméstico exige uma separação prévia para se obter um material de alta pureza para o reprocessamento. Neste particular, o policloreto de vinila (PVC) e o polietileno tereftalato (PET), os mais usados mundialmente na confecção de embalagens, são quase impossíveis de separar por métodos tradicionais, por possuírem densidades específicas similares [1]. O processo de flotação, neste caso, seria mais adequado para essa separação [2].

A separação por flotação é baseada na aderência seletiva de bolhas de ar na superfície das partículas. Se a partícula é hidrofóbica, as bolhas aderem à sua superfície, tornando a densidade do conjunto partícula-bolha menor do que o meio, o que faz com que esse agregado "flutue" e possa ser recolhido na camada de espuma. A partícula que apresentar afinidade pelo meio líquido, isto é, hidrofílica, permanecerá na solução constituindo o rejeito de flotação.

O PVC e o PET, por serem hidrofóbicos, são facilmente recuperados por flotação. Desta forma, para que ocorra a separação, é necessário que um dos componentes se torne hidrofílico, o que pode ser obtido através de [3-4]:

i) controle da tensão superficial líquido-vapor; ii) adsorção seletiva de depressores e; iii) modificação da superfície (adição de reagentes oxidantes).

#### 2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo estudar o efeito dos depressores, Triton X-100 e lignossulfonato de ferro, na hidrofobicidade e flotabilidade do PVC e PET, visando a separação seletiva desses materiais por flotação.

#### 3. METODOLOGIA

##### 3.1 Materiais

Nos estudos de flotabilidade foram utilizados PVC e PET provenientes de garrafas descartáveis de plástico, previamente lavadas com água destilada e sabão. A seguir, ambos os materiais foram moídos separadamente em um moinho de facas (lâminas) até se atingir a granulometria >1,5mm, adequada aos ensaios de microflotação.

Para a medição do ângulo de contato, placas de PET e PVC foram confeccionadas a partir do material moído, previamente seco em estufa. O material foi prensado na respectiva temperatura de fusão, PVC 120°C e PET 240°C, em um molde, e resfriado rapidamente. Após o preparo das placas de PVC e PET em prensa, essas foram polidas com alumina com granulometria de 0,5 µm. A superfície foi lavada com água destilada, detergente e, finalmente, com água destilada e deionizada.

No preparo das soluções foi utilizada água destilada e deionizada, cuja tensão superficial era de 71,6 mN.m<sup>-1</sup>. Os depressores utilizados foram o Triton X-100 da Sigma e o lignossulfonato de ferro, ambos de grau técnico.

##### 3.2 Métodos

As medidas de tensão superficial das soluções foram executadas pelo método de Du Nouy e efetuadas à temperatura ambiente (25°C). O aparelho utilizado foi um tensiômetro Krüss, modelo K10T.

Os ângulos de contato de equilíbrio foram medidos em um goniômetro (modelo 100-00-15, Ramé-Hart, Inc). Após a limpeza da superfície, a mesma foi mergulhada em uma célula de acrílico contendo a solução do depressor, na concentração e valor de pH requeridos. O tempo de condicionamento foi de 10 minutos. Em seguida, colocou-se uma bolha de ar em contato com a

superfície (PVC ou PET) e mediu-se os ângulos formados em ambos os lados da bolha. Esse procedimento foi executado duas vezes, obtendo-se o valor médio de quatro medições.

Os ensaios de microflotação foram realizados em tubo Hallimond modificado. Após o ajuste do valor de pH da solução de depressor, a amostra de plástico moído (cerca de 1,0 g de PVC ou PET) era, então condicionada por 10 minutos, na própria célula. Após o condicionamento, seguia-se a passagem de ar com uma vazão de  $1 \text{ ml.s}^{-1}$ , durante 2 minutos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a variação da tensão superficial em função da concentração do Triton X-100 e lignossulfonato de ferro, em valor de pH 7. Uma diminuição da tensão superficial é observada na faixa de concentração entre  $10^{-5}$  e  $2 \times 10^{-2} \% \text{ m/v}$  de Triton X-100. A partir desse último valor, tem-se que a tensão superficial passa a assumir um valor constante, independente do aumento da concentração do Triton X-100. Com relação ao lignossulfonato de ferro, observa-se que não ocorre uma variação significativa da tensão superficial com o aumento da sua concentração em solução, o que sugere ausência das propriedades de tensoativos.

O efeito da concentração de Triton X-100 e lignossulfonato de ferro no ângulo de contato do PET e do PVC é apresentado na Figura 2. Conforme pode ser observado, o aumento da concentração de Triton X-100 resulta numa diminuição do ângulo de contato de ambas as superfícies, o que evidencia sua influência depressora sobre as superfícies, naturalmente hidrofóbicas do PET e PVC. De fato, para concentrações muito próximas,  $3 \times 10^{-3} \%$  e  $8 \times 10^{-3} \% \text{ m/v}$  de Triton X-100, o ângulo de contato do PET e PVC é zero, respectivamente, o que as torna hidrofílicas.

A tensão superficial na qual o ângulo de contato é zero é chamada tensão superficial crítica,  $\gamma_c$ . De acordo com os valores experimentais obtidos de tensão superficial (Figura 1) e de ângulo de contato (Figura 2) em função da concentração do Triton X-100, tem-se que  $\gamma_c \text{ PET} = 46 \text{ mN/m}$  e  $\gamma_c \text{ PVC} = 36 \text{ mN/m}$ . Esses valores estão próximos aos obtidos por Buchan e Yasar [2, 4], os quais utilizaram uma solução de metanol. De acordo com os autores, a flotação seletiva pode ser obtida, utilizando-se uma solução cuja a tensão superficial presente um valor intermediário entre o  $\gamma_c$  desses sólidos, isto é,  $\gamma_c \text{ PVC} < \gamma_{\text{solução}} < \gamma_c \text{ PET}$ .

Na Figura 2 pode, também, ser observado o efeito do lignossulfonato de ferro no ângulo de contato do PVC e PET. Observa-se que há uma diminuição do ângulo com o aumento da concentração de lignossulfonato, porém somente com o PET obtém-se um ângulo igual a zero, na concentração de  $10^{-1} \% \text{ m/v}$ .

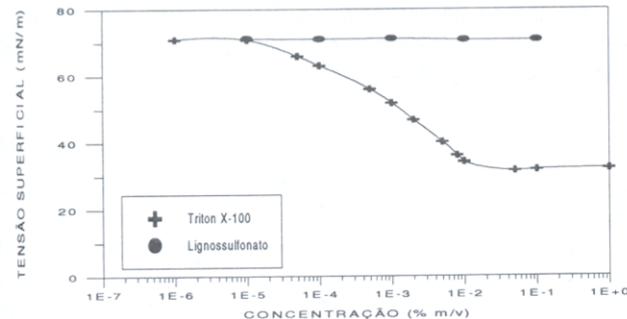


Figura 1 - Variação da tensão superficial em função da concentração de Triton X-100 e de Lignossulfonato de Ferro em valor de pH 7

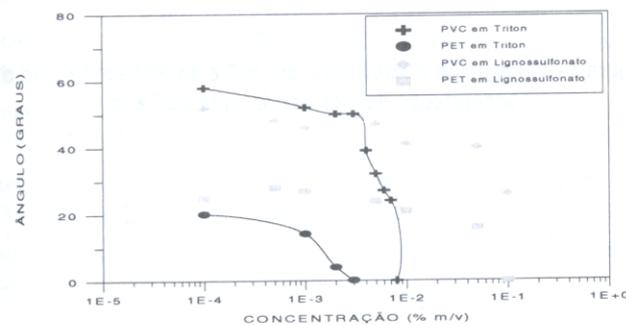


Figura 2 - Variação do ângulo de contato na superfície do PVC e PET em função da concentração de Triton X-100 e Lignossulfonato de Ferro

As Figuras 3 e 4 mostram o efeito da variação da concentração de cada depressor sobre a flotabilidade do PVC e do PET. Nota-se que há uma melhor seletividade utilizando-se o lignossulfonato como depressor na concentração de  $10^{-4} \% \text{ m/v}$ , ao contrário do Triton, onde não se conseguiu uma seletividade satisfatória.

Os valores de tensão superficial sugerem que o mecanismo de depressão causado pelo lignossulfonato seja diferente do Triton. Devido à grande

variação da tensão superficial causada pelo Triton, é possível que a depressão de ambos os plásticos, embora não seletiva, ocorra devido ao controle (modificação) da tensão superficial líquido-vapor. Esta hipótese não se aplica ao lignossulfonato, já que quase não houve variação da sua tensão superficial em função da concentração. Desse modo, presume-se que a depressão causada pelo lignossulfonato seja decorrente de uma adsorção muito mais intensa na superfície do PET.

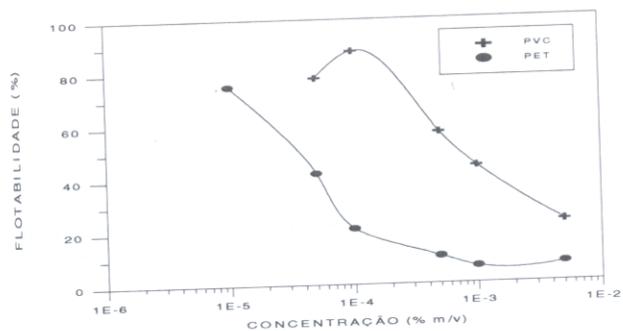


Figura 3 - Variação da flotabilidade do PVC e do PET em função da concentração de Lignossulfonato de Ferro

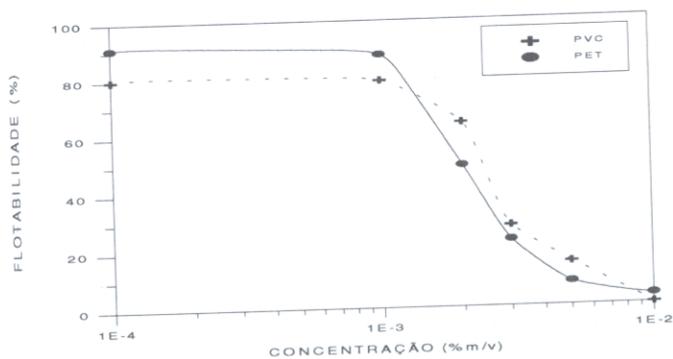


Figura 4 - Variação da flotabilidade do PVC e do PET em função da concentração de Triton X-100

## 5. CONCLUSÕES

Segundo os resultados obtidos, concluiu-se que o Triton X-100 não se mostrou como um depressor seletivo na flotação de PET e PVC. Por outro lado, observou-se que o lignossulfonato de ferro apresentou maior eficiência como depressor do PET na concentração de 10<sup>-4</sup>% m/v, e que nessa concentração é possível uma separação do PVC.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida a um dos autores. A Ellen Beatriz A. V. Pacheco, pela contribuição dada na fase de preparo das amostras. Ao grupo de pesquisa (funcionários e bolsistas) do Laboratório de Química de Superfície do CETEM, que, em momento algum, mediu esforços no sentido da realização desse trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

1. NASCIMENTO, C.R., PACHECO, E.B., DIAS, M.L. *Reciclagem de garrafas de PET*, Revista de Química Industrial, n.706/707, p.14-21, 1996.
2. BUCHAN, R., YARAR, B. *Application of mineral-processing technology to plastics recycling*. Mining Engineering, p.69-72, november, 1996.
3. FRAUNHOLEZ, N., DALMIJN, W.L. *Wetting mechanisms in the flotation of plastics*. Proceedings of the XX IMPC, Aachen, n.21-26, p.329-340, september, 1997.
4. BUCHAN, R., YARAR, B. *Recovering Plastics for Recycling by Mineral Processing Techniques*. Journal of Methods, n.52-55, february, 1995.