

Desfosforação das cinzas provenientes do tratamento térmico dos resíduos de couro

Autor: Lucas Pereira Cavalcanti (lucascav@enq.ufrgs.br)
Orientador: Prof. Dr. Nilson Romeu Marcilio (nilson@enq.ufrgs.br)

Co-orientador: Denizia Padilha (denizia.padilha@ufrgs.com.br). Prof. M.Sc. Bruno Munchel Wenzel (bruno@enq.ufrgs.br)

1. INTRODUÇÃO

A indústria do setor coureiro-calçadista, mais especificamente a do Rio Grande do Sul, é grande geradora de resíduos ricos em cromo. Uma alternativa para a reutilização sustentável destes resíduos é a recuperação do cromo contido nas cinzas, visando à produção de ligas metálicas ferrocromo. Entretanto, o teor de fósforo contido nessas cinzas se encontra fora dos padrões especificados para a produção de tais ligas. A adequação das condições químicas para a aplicação de alternativas sustentáveis na indústria é estudo de grande relevância no ramo da pesquisa científica.

2. OBJETIVOS

Estudar métodos de desfosforação das cinzas, oriundas da incineração de resíduos de couro, por meio de lixiviação ácida e otimizá-los em escala laboratorial, visando a sua aplicação em processos industriais.

3. METODOLOGIA

3.1 Cinzas e demais materiais utilizados

Os experimentos foram realizados utilizando como matéria-prima cinzas provenientes do tratamento térmico de resíduos da indústria calçadista. Uma amostra foi coletada no cinzeiro do reator de gaseificação da planta piloto, localizada na empresa *Preservar Tratamento de Resíduos Ltda*, situada em Dois Irmãos - RS. A cinza coletada (**Figura 1**) apresenta coloração esverdeada, típica de compostos de cromo trivalente. Para a realização dos experimentos foram utilizadas soluções de ácido sulfúrico preparados a partir do ácido comercial puro 98% e água destilada.

3.2 Procedimento experimental e equipamento

Os experimentos foram realizados com amostras de 10 g de cinza previamente seca em estufa a 100°C durante 1 hora. Após secas, as amostras foram pesadas e colocadas em frascos erlenmeyers de 250 ml (**Figura 2**). Em seguida, adicionou-se a solução ácida lixiviante com a concentração desejada. Após a mistura, as amostras foram colocadas em banho termostático à temperatura controlada por 1 hora sob agitação constante de 250 rpm. Decorrido o período de contato entre a cinza e a solução lixiviante, o banho foi desligado e 100ml de água foram adicionados. A solução foi filtrada a vácuo. A torta do filtro foi lavada com cerca de 100 ml de água quente para garantir que todo o fósforo removido esteja em solução. As soluções foram recolhidas em Kitassato e foram diluídas a fim de atender os limites de concentrações especificadas pelo método utilizado para a determinação da quantidade de fósforo presente em solução. As medidas de concentração foram realizadas em espectrofotômetro UV visível.

3.3 Planejamento experimental

Experimentos preliminares determinaram a influência majoritária de quatro fatores para os experimentos de desfosforação, são: temperatura, concentração de lixiviante, razão volume ácido/ massa de cinza e granulometria. Foi realizado um planejamento fatorial completo de dois níveis, 2⁴, resultando em 16 condições experimentais distintas que foram realizadas em triplicata a fim de garantir a reprodutibilidade dos resultados. Os níveis adotados para os quatro fatores estão dispostos na Tabela 1.

Fatores	Níveis	
	-1	1
T(°C)	30	60
C(%)	7	15
R(ml ácido/ g cinza)	2	5
G(mm)	-0,075	+0,177 - 0,250



Figura 1. Cinzas provenientes do tratamento térmico do couro



Figura 2. Aparato utilizado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após planejamento experimental, foram realizadas análises estatísticas a fim de verificar quais fatores seriam mais influentes para a desfosforação da cinza e, se possível, determinar um modelo que se adequasse a modificação dos parâmetros e também à eficiência do processo proposto. A análise mostrou que, com 95% de confiança, os fatores que exercem influência sobre a desfosforação (efeitos significativos) são: a temperatura (T), a concentração (C) de H₂SO₄ e a granulometria (G) das cinzas. A razão ácido/cinza não foi significativa. Com base na interpretação dos dados foi proposto um modelo linear, levando em conta somente os efeitos significativos para a desfosforação.

A Equação 1, com um coeficiente de predição de 98,6% para os dados obtidos experimentalmente, onde X é a conversão de fósforo é dada por:

$$X = 85,8 + 89,9T + 2,6C + 0,7G - 1,2TG \quad (1)$$

A análise da **Figura 3** - remoção predita versus remoção experimental - reforça a conclusão de que o modelo linear é apropriado. Os resultados foram dispostos em superfícies de resposta (**Figuras 4, 5 e 6**). Nota-se, a partir da observação destas, que para a região experimental investigada neste trabalho, um aumento da temperatura favorece a remoção de fósforo das cinzas. Em temperaturas baixas e concentração de ácido sulfúrico entre 7 e 15%, o aumento da granulometria das partículas proporciona um pequeno aumento na remoção de fósforo. A máxima conversão predita pelo modelo proposto foi de 98,8±5,0% para as seguintes condições: 60°C (nível +1 da variável decodificada), solução com 15% de H₂SO₄ (nível +1) e partículas com diâmetro médio de 0,038mm (nível -1). Experimentalmente foi obtido 98,6±4,2% de remoção de fósforo das cinzas nestas mesmas condições. Remoções acima de 95% fazem com que as cinzas adquiram as características necessárias à aplicação na produção de ligas ferrocromo. Como pode-se atestar, o procedimento se mostrou bastante eficaz no cumprimento de sua proposta, validando assim, o projeto em escala laboratorial e abrindo espaço a aplicação deste na indústria.

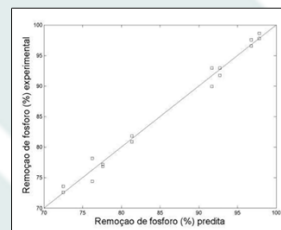


Figura 3. resultados experimentais versus valores preditos pelo modelo para a remoção percentual do fósforo

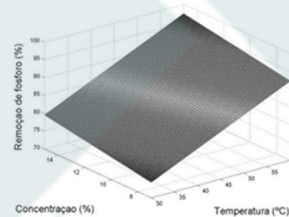


Figura 4. remoção de fósforo em função da temperatura e concentração de H₂SO₄ para granulometria fixa no nível zero

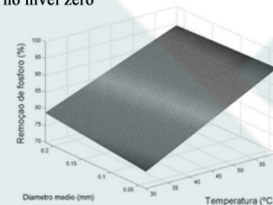


Figura 5. remoção de fósforo em função da temperatura e granulometria (diâmetro médio) em concentração de ácido sulfúrico de 11%

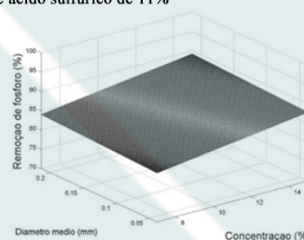


Figura 6. remoção de fósforo em função da concentração de ácido sulfúrico e granulometria (diâmetro médio) para temperatura fixa em 45°C