

# CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE VISANDO A UTILIZAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE ESCÓRIAS\*

Daniel dos Santos Silva<sup>1</sup>  
Jorge Luís Colet<sup>2</sup>  
Victor Bridi Telles<sup>3</sup>  
Eduardo Junca<sup>4</sup>  
Jorge Alberto Soares Tenório<sup>5</sup>

## Resumo

O propósito deste trabalho é caracterizar o resíduo lama de cal gerado pela indústria de papel e celulose visando o seu aproveitamento como matéria prima na dessulfuração do ferro gusa líquido. A caracterização do resíduo foi feita por meio de análise química por difração de raios-X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) com microanálise por Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios-X (EDS) e análise granulométrica via dispersão a laser. A lama de cal apresentou um teor de CaO de 55,12%. E a granulometria apresentou um tamanho médio de partícula de 20,5µm. Considerando estes dois parâmetros como principais (quantidade de CaO e a granulometria), observa-se a possibilidade da utilização do resíduo na dessulfuração de ferro-gusa.

**Palavras-chave:** Dessulfuração; Lama de Cal; Ferro-Gusa

## PAPER AND CELLULOSE WASTE CHARACTERIZATION FOR THE USE OF PIG IRON MANUFACTURE

### Abstract

The purpose of this work is to characterize the lime sludge residue generated by the pulp and paper industry, aiming at its use as a raw material in the desulphurization of liquid pig iron. The characterization of the residue was carried out by X-ray diffraction (EDX) analysis, scanning electron microscopy (SEM) with microanalysis by X-ray Dispersive Energy Spectroscopy (EDS) and granulometric analysis by laser dispersion. The lime sludge has a CaO content of 55.12%. And the particle size had an average size of 20,5µm. These results demonstrate the feasibility of the use of this residue in the desulphurization of pig iron. Considering these two parameters as main (amount of CaO and granulometry), is possible observe the possibility of the use of the residue in the pig iron desulfurization.

**Keywords:** Desulphurization; Lime Sludge; Pig Iron

<sup>1</sup> *Tecnólogo em Mecânica: Processos de Soldagem, Mestrando no Departamento de Engenharia Química - USP.*

<sup>2</sup> *Mestre em Engenharia Química/Doutorando no Departamento de Engenharia Química - USP.*

<sup>3</sup> *Doutor em Engenharia Química/Pós Doutorando no departamento de Engenharia Química - USP.*

<sup>4</sup> *Doutor pela escola politécnica do estado de São Paulo em Engenharia Metalúrgica e de Materiais.*

<sup>5</sup> *Professor Titular, Departamento de Engenharia Química - USP.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados pelas indústrias podem ser utilizados como matéria prima em outros processos dependendo das suas características físicas e químicas. Um exemplo é o resíduo de lama de cal gerado pela indústria de papel e celulose que apresenta capacidade para ser utilizado na etapa de dessulfuração de ferro gusa devido a sua composição química[1].

O Brasil é o décimo primeiro maior produtor de papel do mundo, sendo o quarto produtor mundial de celulose. Devido ao aumento da produção no decorrer dos últimos anos, a indústria deste segmento tem aumentado a produção de resíduos. A cada tonelada de celulose produzida, são gerados cerca de 800kg de resíduos sólidos [1]. Os resíduos gerados durante o processo de produção da celulose são: a casca (24%), a lama de cal (22%), lodo primário (17%), *dregs e grits* (14%) e a cinza da caldeira (11%) [2]. Sendo estes vistos como um problema ambiental. A condição de destinação para estes resíduos, como o descarte em aterros, gera custos, volumes e riscos de contaminação ambiental[2].

Este trabalho tem o objetivo de reutilizar o resíduo de lama de cal, que representa aproximadamente 22% dos resíduos da indústria de papel e celulose [3]. A lama de cal originada é constituída por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como composto predominante, obtido na caustificação do licor verde, sendo comparada a um calcário calcítico [4].

A dessulfuração do ferro-gusa é feita através do CaO como mostra a Equação (1). A remoção do enxofre acontece por um processo de redução, onde o enxofre é convertido em sulfeto, devido a mudança de sua valência, conforme a Equação (2) [5].



Basicamente, a idéia da dessulfuração do ferro-gusa é conceber a disposição para a formação do sulfeto em detrimento da formação de óxido. Por isso, quanto menor o teor de oxigênio compreendido no ferro-gusa ou no aço, mais eficaz é o processo, dessa forma as misturas dessulfurantes são regularmente constituídas de um agente dessulfurante, um fundente e um desoxidante [6].

Tendo em vista as características do resíduo lama de cal, a quantidade predominante de (CaCO) e o volume de resíduo gerado na indústria de papel e celulose, observou-se a possibilidade da utilização do resíduo como matéria prima para composição de escórias sintéticas dessulfurantes em ferro-gusa.

## 2 METODOLOGIA

O resíduo lama de cal foi caracterizado através de análise química, granulométrica, microscopia eletrônica de varredura, difração de raios-X, e calcinação através de mufla.

A análise química foi realizada utilizando um espectrômetro por fluorescência de raios-X. A análise granulométrica foi realizada por um granulômetro a laser da marca Malvern com o programa Mastersizer 2000 versão 5.6.

As amostras foram submetidas a ensaios de calcinação através de mufla a uma temperatura de 1000°C e tempo de permanência de 90 minutos.

As amostras também foram observadas em um Microscópio Eletrônico de Varredura modelo Pro X da marca Phenom que possui acoplado no mesmo, um sistema de microanálise por espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (EDS). Imagens com ampliação de 100 a 1500 vezes foram obtidas com o objetivo de mostrar o tamanho e a morfologia das partículas presentes no resíduo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Difração de raios-X

O resultado da difração de raios-X do resíduo lama de cal pode ser observado na Figura 1. O difratograma do resíduo apresentou picos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Este resultado confirma a análise química, onde o resultado demonstra que a maior parcela do resíduo é composta por CaO.

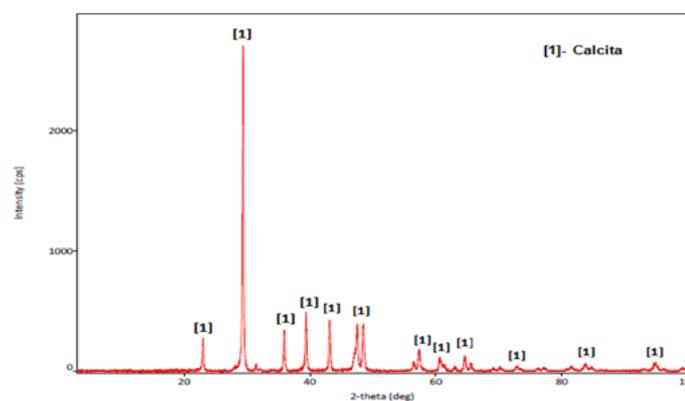


Figura 1. Difratograma de raios-X.

#### 3.2 Análise química

O resultado da análise química da lama de cal é apresentado na Tabela 1.

O resíduo se apresenta na forma de  $\text{CaCO}_3$ , onde neste caso foi realizado uma aproximação matemática considerando a perda de massa na calcinação, para que se fosse obtido o teor do resíduo em termos de CaO, uma vez que a difração de raios-X mostrou que a fase presente no resíduo é basicamente calcita.

Tabela 1. Análise Química

Componente	CaO	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
% em Massa	55,12	0,7	0,49	0,27	0,21	0,19	0,14	42,88

#### 3.2 Granulometria

A granulometria do resíduo pode ser observada na Figura 2.

A Figura 2 mostra que o resíduo possui 10% das partículas menores que  $6,16\mu\text{m}$ , 50% das partículas estão abaixo que  $20,53\mu\text{m}$  e 90% das partículas são menores que  $44,86\mu\text{m}$ .

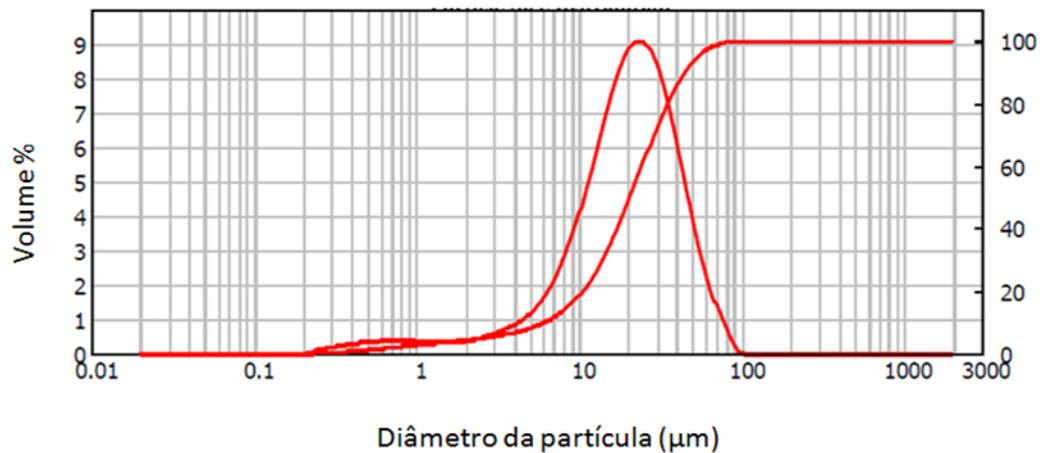


Figura 2. Difratograma de raios-X.

Segundo SHEVCHENKO[5], que realizou estudos sobre dessulfuração de ferro-gusa com CaO na condição de pó, as melhores condições para dessulfuração ocorrem com partículas que possuem diâmetro abaixo de  $400\mu\text{m}$ . Estes tamanhos de partícula favorecem a reação de dessulfuração. Sendo assim, para o resíduo lama de cal, as condições encontradas de acordo com o resultado da granulometria são satisfatórias.

### 3.3 MEV e EDS

A estrutura morfológica do resíduo lama de cal pode ser observada nas Figuras 3 e 4. As micrografias mostram a superfície das partículas do resíduo, juntamente com o espectro EDS, que indica a composição química pontual da amostra.

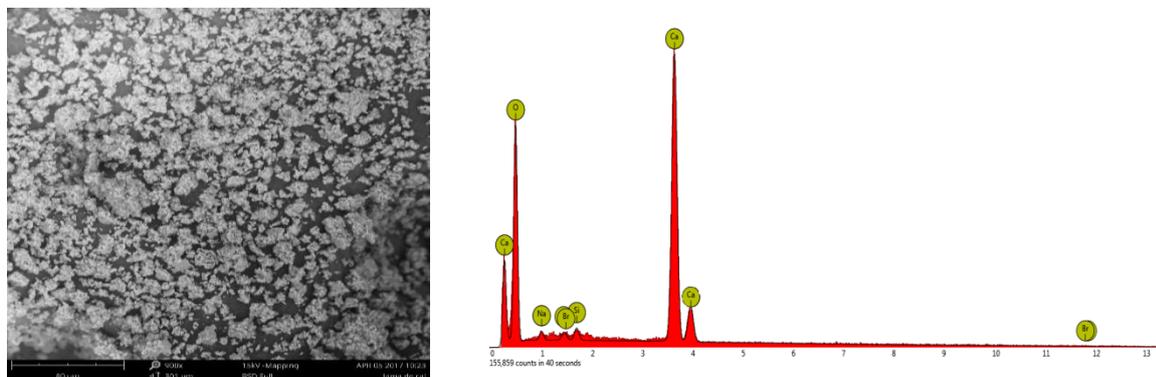
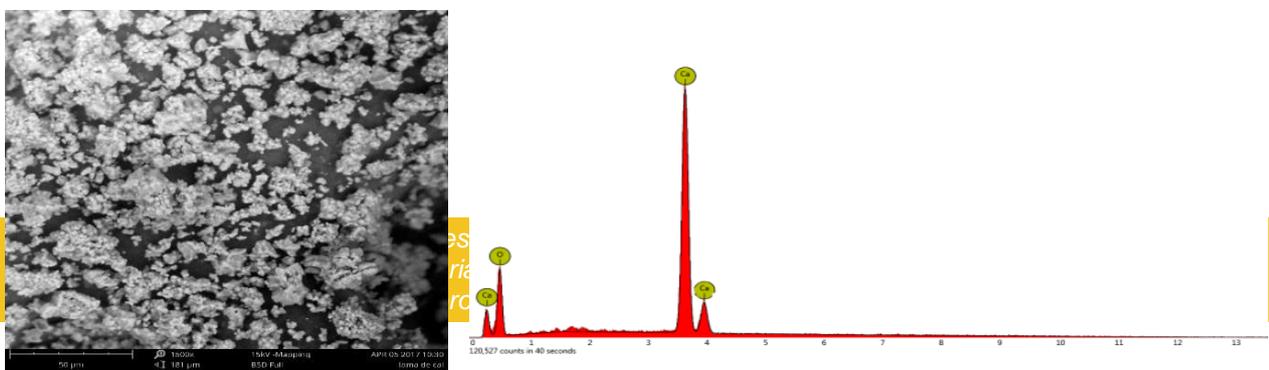


Figura 3. MEV (Ampliação 900x) e EDS



**Figura 4.** MEV (Ampliação 1500x) e EDS

As partículas da lama de cal analisadas por MEV apresentam diferenças em suas morfologias. Quanto a composição química através de EDS, também demonstrado nas Figuras 3 e 4, confirmam a presença predominante dos elementos da Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

Os resultados do MEV mostraram partículas do resíduo com tamanhos da ordem de  $6\mu\text{m}$  até  $41\mu\text{m}$ . Esta característica do resíduo pode favorecer a rápida dissolução no banho, condição que favorece a cinética da reação de dessulfuração. Os resultados também indicaram que a maior parte das partículas estão aglomeradas.

Os resultados do EDS indicaram, principalmente, picos de Ca e O, além de Si e Al. Estes elementos também foram encontrados na análise química.

#### **4 CONCLUSÃO**

Em função da circunstância deste trabalho, são apresentadas as seguintes conclusões:

A lama de cal apresentou teor de 55,12% de CaO, este teor é favorável para a utilização do resíduo como agente dessulfurante do ferro-gusa. Após a calcinação, houve uma perda de massa de 40% na forma de  $\text{CO}_2$ . A análise granulométrica do resíduo apresentou resultados de tamanho de partículas de  $d(10)$ :  $6,1\mu\text{m}$ ,  $d(50)$ :  $20,5\mu\text{m}$  e  $d(90)$ :  $44,8\mu\text{m}$ . Estes tamanhos de partículas favorecem a reação de dessulfuração. Uma vez que partículas menores dissolvem no banho com maior facilidade, favorecendo a cinética da reação. Desta forma, estes resultados apontam a viabilidade da utilização desse resíduo na dessulfuração do ferro-gusa.

#### **REFERÊNCIAS**

1. GUERRA, M. A. S. L. Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose.
2. GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p. 386-414.
3. STAPPE, J. L.; BALLONI, E. A. O uso de resíduos da indústria de celulose como insumos na produção floresta. IPEF, n. 40, p. 33-37, 1988.
4. D'ALMEIDA, M.L.O. Celulose e Papel: tecnologia de fabricação de pasta celulósica. São Paulo, SENAI & IPT, 1981. V.1.
5. SHEVCHENKO, A., KIYASHKO, A., MAL'KOV, A. Influence of particle size of lime on effectiveness of pig iron desulphurization. Steel in the USSR, v.14, n.3, p. 116- 117, 1984.
6. CAMPOS, V. F. Tecnologia de fabricação do aço líquido. (3ª.ed.). Belo Horizonte: UFMG, 1985. cap. 7, p.164-184