

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA**

**GUILHERME ALVES FERREIRA**

**Ozonização catalítica do chorume do aterro sanitário de Cachoeira  
Paulista-SP utilizando rejeito industrial de borra de fosfato como  
reagente em processo batelada**

**Lorena  
2015**

GUILHERME ALVES FERREIRA

**Ozonização catalítica do chorume do aterro sanitário de Cachoeira Paulista-SP utilizando rejeito industrial de borra de fosfato como reagente em processo batelada**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, na área de concentração: Processos Catalíticos e Biocatalíticos.

Orientador: Prof. Dr. Hélcio José Izário Filho

Edição reimpressa e corrigida

**Lorena**  
**Dezembro, 2015**

## RESUMO

FERREIRA, G. A. **Ozonização catalítica do chorume do aterro sanitário de Cachoeira Paulista-SP utilizando rejeito industrial de borra de fosfato como reagente em processo batelada**. 2015. 250 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

A decomposição dos resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário produz um líquido denominado chorume, o qual apresenta altos teores de poluentes. A caracterização do chorume do aterro sanitário de Cachoeira Paulista-SP, conforme os parâmetros de descarte, comprovam a presença de contaminantes tais como DQO ( $3596 \text{ mg L}^{-1}$ ), COT ( $1773 \text{ mg L}^{-1}$ ), nitrogênio amoniacal ( $1496 \text{ mg L}^{-1}$ ), nitrogênio orgânico ( $49 \text{ mg L}^{-1}$ ) e fenol ( $162 \text{ mg L}^{-1}$ ). Após aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a legislação aumenta a fiscalização e o controle da disposição e destinação adequada de resíduos sólidos urbanos e, desta forma, a sociedade moderna passou a necessitar de processos capazes de tratar tal lixiviado. As indústrias metalúrgicas, ao executarem técnicas de proteção de superfícies metálicas, produzem um rejeito industrial denominado de borra de fosfato. Nesta perspectiva, este trabalho visou o reuso deste rejeito devido à presença de metais de transição (catalisador na ozonização catalítica) e de fosfato (reagente de precipitação de amônia) para o processo de degradação do chorume. O objetivo desse reagente residual é proporcionar uma redução no custo do processo de tratamento, aplicar uma destinação para tal rejeito e ainda, talvez, reduzir a toxicidade do chorume para o devido descarte ou pré-tratamento. O experimento com 60 minutos, pH 2,5,  $90 \text{ g L}^{-1}$  de borra in natura e 3 L de chorume obteve redução de 15,41% de DQO. O mesmo experimento, exceto o fosfato, usando reagentes de sulfato de ferro, zinco e manganês obteve 57,5% de DQO. Isso comprovou o efeito negativo do íon fosfato, pelo sequestro de radical hidroxila, na ozonização catalítica em média de 40% na redução de DQO. Uma metodologia foi desenvolvida para separar o fosfato dos demais íons metálicos, através de dois processos (ácido sulfúrico e ácido clorídrico) para obter dois produtos (borra em pó com a presença dos metais de interesse e solução alcalina concentrada de fosfato). A ozonização catalítica da borra em pó foi avaliada em planejamento fatorial  $2^3$  com ponto central, cuja maior degradação foi em 90 minutos e pH 4, quando realizada com borra em pó sulfúrica ( $4,2 \text{ g L}^{-1}$ ) obteve uma redução média de 59,09% COT (R\$ 0,101 por litro) e com borra em pó clorídrica ( $4,75 \text{ g L}^{-1}$ ) de 65,52% COT (R\$ 0,100 por litro). Nestes tratados, um fatorial  $2^2$  com ponto central, foi usado na avaliação de precipitação da estruvita, o qual comprovou-se que a remoção de amônia é melhor em pH 12, diferente da literatura (pH 9,5), e quando executadas com prévio tratamento físico-químico (remoção dos catalisadores da ozonização), devido a menor interação no meio reacional. Nestas condições, com solução alcalina de fosfato (sulfúrica) em 20 minutos obteve redução de 96,74% de  $\text{N-NH}_3$  (R\$ 0,365 por litro) e com solução alcalina de fosfato (clorídrica) em 10 minutos uma redução de 94,71% de  $\text{N-NH}_3$  (R\$ 0,305 por litro). Isso demonstra o uso potencial desse rejeito no tratamento de chorume, ao tratar dois passivos ambientais e minimizar impactos ambientais antropogênicos, além da possível aplicação produção de fertilizante.

Palavras-chave: Chorume. Processo oxidativo avançado. Ozonização catalítica. Borra de fosfato. Estruvita.

## ABSTRACT

FERREIRA, G. A. **Ozonization catalyst of leachate of landfill from Cachoeira Paulista-SP using industrial waste phosphate sludge as a reagent in batch process.** 2015. 250 p. Dissertation (Master of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

The decomposition of solid waste present in landfill produces the landfill leachate, which has high levels of pollutants. The characterization of the landfill leachate from Cachoeira Paulista – SP, according the discard parameters, proves the presence of contaminants due to high level of COD ( $3596 \text{ mg L}^{-1}$ ), TOC ( $1773 \text{ mg L}^{-1}$ ), ammonia nitrogen ( $1496 \text{ mg L}^{-1}$ ), organic nitrogen ( $49 \text{ mg L}^{-1}$ ) and phenol ( $162 \text{ mg L}^{-1}$ ). After National Solid Waste Policy approval, the legislation increases the supervision and control of the proper disposal of solid waste, so the modern society began to require processes able to treat such leachate. Metallurgical industries do the metal surfaces protection techniques and produce an industrial waste of phosphate sludge. In this perspective, the aim of this study comprehends the reuse of metallurgical waste due to the presence of transition metals (catalyzer in ozonation) and phosphate (ammonia precipitation reagent) for the degradation process. The objective of this residual reagent is induce a reduction in the cost of the treatment process, apply a proper disposal for metallurgical waste and, perhaps, reduce the toxicity of landfill leachate to discard or pre-treatment. The experiment with 60 minutes, pH 2.5,  $90 \text{ g L}^{-1}$  sludge waste in natura and 3 L of landfill leachate obtained 15.41% reduction in COD. The same experiment, except the phosphate, using iron, zinc and manganese sulfate reagents reached 57.5% of the COD. This proved the negative effect of phosphate ion, the scavenger of hydroxyl radical in the catalytic ozonation around 40% reduction of COD. A method had been developed to separate phosphate from other metal ions, through two processes (hydrochloric acid and sulfuric acid) to obtain two products (phosphate sludge powder with metals of interest and phosphate concentrated alkaline solution). The catalytic ozonation of sludge powder was evaluated in  $2^3$  factorial design with central point, and the better degradation was obtained in 90 minutes and pH 4, when performed with sludge powder sulfuric ( $4.2 \text{ g L}^{-1}$ ) had an average reduction of 59.09% TOC (R\$ 0,101 per liter) and with sludge powder hydrochloric ( $4.75 \text{ g L}^{-1}$ ) 65.52% TOC (R\$ 0,100 per liter). In landfill leachate treated, a  $2^2$  factorial design with center point was used in the precipitation evaluation of struvite, which proved that the ammonia removal is better at pH 12, different from the literature (pH 9.5), and when performed after to physico-chemical treatment (removal of catalyzer of ozonation) due to the less interaction in the reaction. In these adjust conditions, with phosphate alkaline solution (sulfuric) was obtained in 20 minutes 96.74% of reduction of N-NH<sub>3</sub> (R\$ 0,365 per liter) and phosphate alkaline solution (hydrochloric) in 10 minutes a decrease of 94.71% N-NH<sub>3</sub> (R\$ 0,305 per liter). This result demonstrates the potential use of this waste in the treatment of landfill leachate, treat two contaminants and minimize anthropogenic environmental impacts, as well as possible application of struvite on fertilizer production.

Keywords: Landfill leachate. Advanced oxidative processes. Ozonation catalyst. Phosphate sludge. Struvite.