



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E GEOCIÊNCIAS – IEG
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

WENDERSON ANDREY SOUSA LIRA

**CONTRUÇÃO DE UM FOTOREATOR EM FLUXO PARA AVALIAÇÃO DE
PERFORMANCE FOTOCATALÍTICA DE MATERIAIS OBTIDOS A PARTIR
DO REJEITO DE MINÉRIO**

SANTARÉM

2020

WENDERSON ANDREY SOUSA LIRA

**CONTRUÇÃO DE UM FOTOREATOR EM FLUXO PARA AVALIAÇÃO DE
PERFORMANCE FOTOCATALÍTICA DE MATERIAIS OBTIDOS A PARTIR
DO REJEITO DE MINÉRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências.

Orientador: Adriano Cesar Rabelo

SANTARÉM

2020



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - PROPPIT
DIRETORIA DE PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO PIBIC/IBITI

1. IDENTIFICAÇÃO

Bolsista: Wenderson André Sousa Lira

E-mail: andreyllira@gmail.com

Telefone: (93) 991321106

Título do Plano de Trabalho: Construção de um fotoreator em fluxo para avaliação de performance fotocatalítica de materiais obtidos a partir do rejeito de minério.

Título do Projeto ao qual está vinculado o plano de trabalho: Investigação do potencial de semicondutores encontrados em rejeitos da indústria de mineração para aplicação em processo de fotodegradação de poluentes orgânicos presentes em meio aquoso.

Orientador: Adriano César Rabelo

E-mail do orientador: adrianoorabelo.quimica@gmail.com

Telefone: (93) 98811-2468

Instituto: Instituto de Ciências da Educação - ICED

Bolsa: (x) PIBIC/UFOPA () PIBIC/FAPESPA () PIBIC/CNPq
() PIBITI/UFOPA () PIBITI/CNPq () PIBIC-AF/CNPq () PIBIC-AF/UFOPA
() PIBIC-AF/UFOPA – Indígena () PIBIC-AF/UFOPA - Quilombola

Vigência da bolsa: 01/08/2018 a 31/07/2019

2. INTRODUÇÃO

A extração e beneficiamento de minérios do subsolo, mineração, é uma atividade econômica exercida deste a antiguidade. Durante esse processo de mineração, de acordo com Guney et al., (2016), uma parte de metais de transição é rejeitada por não obedecer aos padrões de qualidade exigidos, como exemplo, a mistura de Óxido de Ferro e Manganês proveniente da extração de Manganês. Sampaio et al., (2005) afirmam que o para o beneficiamento da bauxita ser economicamente viável é necessário possuir conteúdo de alumina (Al_2O_3) acima de 50% e para ser minimamente aproveitável é necessário possuir pelo menos 30%. Ou seja, abaixo do nível aproveitável, a bauxita deixa de ser atrativa economicamente e passa a ser despejada em rejeitos que podem apresentar riscos ao meio ambiente, e sua dispersão no ar pode causar danos à saúde dos seres vivos. Diante disso, encontrar aplicações para os rejeitos pode agregar valor econômico, além da diminuição de acúmulo de material mineral ao redor da planta de mineração.

Atualmente existem métodos de tratamentos eficientes, que visam minimizar ao máximo o impacto à natureza, baseando-se na degradação dos poluentes a substâncias mais facilmente degradáveis mudando sua estrutura química. Nesse sentido, destaca-se os Processos oxidativos avançados (POAs), pela sua eficiência no ponto de vista técnico, econômico e ambiental.

Os POAs são métodos que se mostram eficientes para o tratamento de águas residuais e são baseados na geração *in situ* do radical hidroxila (OH•). Esse processo pode levar à mineralização completa da matéria orgânica presente (DE ARAÚJO et al., 2016).

Souza et al., 2010 afirmam que o radical hidroxila reage de forma rápida e indiscriminadamente com muitos compostos orgânicos de diferentes formas, como por adição à dupla ligação ou por abstração do átomo de hidrogênio em moléculas orgânicas. A reação resulta na formação de radicais orgânicos que reagem com o oxigênio e dão origem a reações de degradação, tendo como resultado compostos químicos inócuos como CO₂ e H₂O mostrada na equação (1) (FIOREZE et al., 2014).



O radical hidroxila é geralmente formado através de reações que resultam da combinação de oxidantes, como o ozônio (O₃) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), com radiação ultravioleta (UV) ou visível, e catalizadores, como íons metálicos ou semicondutores (NOGUEIRA et al., 2007).

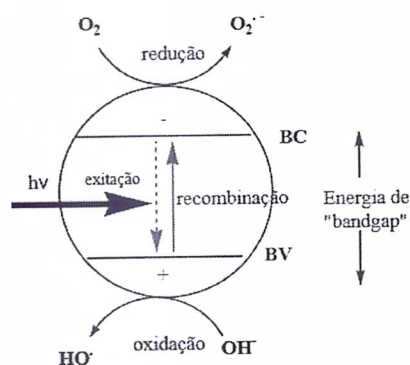
Dentre os POAs destaca-se a fotocatalise heterogênea, processo que envolve reações redox induzidas pela radiação, na superfície, de semicondutores minerais (catalisadores) como, por exemplo, TiO₂, CdS, ZnO, WO₃, ZnS, BiO₃ e Fe₂O₃.

A aplicabilidade da fotocatalise heterogênea, segundo Tereza (2007), foi apresentada por Pruden (1983) para tratamento de águas residuais e mostrou a total mineralização de clorofórmio e tricloroetileno em íons inorgânicos durante iluminação de suspensão de TiO₂. Desde então, a fotocatalise heterogênea vem atraindo grande interesse de diversos grupos de pesquisa de todo o mundo, devido à sua alta possibilidade de aplicação como método de destruição de poluentes.

A fotocatalise heterogênea é um processo onde uma espécie semicondutora, geralmente o dióxido de titânio (TiO₂), é irradiada por luz solar ou artificial para a promoção de um elétron da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC), através da absorção de fótons com energia superior a de *bandgap* (FREIRE et al., 2000; ZIOLLI et al., 1998). A figura 1 ilustra o elétron promovido para a BC e com a lacuna (h⁺) gerada na BV, são criados sítios redutores e oxidantes, que são capazes de catalisar reações químicas, equação (2) (SILVA, 2007; FREIRE et al., 2000; ZIOLLI et al., 1998). Para Ziolli et al., (1998), os potenciais adquiridos são suficientes para gerar radicais ·OH a partir de moléculas de água absorvidas na superfície do semicondutor mostrada na equação (3), os quais podem subsequentemente oxidar o contaminante orgânico. Para Higarashi (1999), a eficiência da fotocatalise depende da competição entre o processo em que o elétron é retirado da superfície do semicondutor e o processo de recombinação do par de elétron/lacuna, o que resulta na liberação de calor.



Figura 1 - Esquema ilustrativo da fotocatalise heterogênea de um semicondutor (YAMAZAKI et al., 2001).



O TiO_2 é um catalisador comumente utilizado na fotocatalise heterogênea por possuir características como baixo custo, não tóxico, insolubilidade em água, foto-estabilidade, estabilidade química em uma ampla faixa de pH e possibilidade de ativação pela luz solar, o que reduz os custos do processo (NOGUEIRA, 1997).

Quando utilizado em tratamento de efluentes contendo compostos organoclorados, o processo fotocatalítico tem demonstrado eficiência (FREIRE et al., 2000). Porém, a implementação destes processos em escala industrial apresenta alguns problemas, como por exemplo, o uso da luz ultravioleta que encarece o tratamento, visto que a construção de estações que utilizem luz solar continua sendo um desafio (NOGUEIRA, 1998; PREVOT, 1999), a imobilização do semicondutor gera perdas na atividade fotocatalítica (FIOREZE, 2014), e há a necessidade de separação das finas partículas do catalisador (KAGAYA et al., 1999). Além do mais para o desenvolvimento de um reator fotocatalítico se faz necessário levar em consideração, a área superficial iluminada, taxa de transferência de massa, a fonte de radiação e rota cinética da reação (PASCHOALINO, 2008). Além disso, é necessário uma boa iluminação para que seja alcançada os altos níveis de eficiência dos reatores fotocatalíticos.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Construir um fotoreator para avaliação de catalisadores preparados a partir de material de rejeito de minério.

3.2 Objetivos específicos

- Construir o reator de fluxo contínuo empregando baterias e equipamentos encontrados no comércio comum;
- Medir a descoloração de corantes modelos como alaranjado de metila, rosa de bengala, azul de metileno;
- Construir modelos empíricos de cinética de degradação e comparar com a literatura.

4. METODOLOGIA

O rejeito utilizado neste trabalho foi coletado da Mineradora Rio do Norte da Cidade Juruti, estado do Pará.

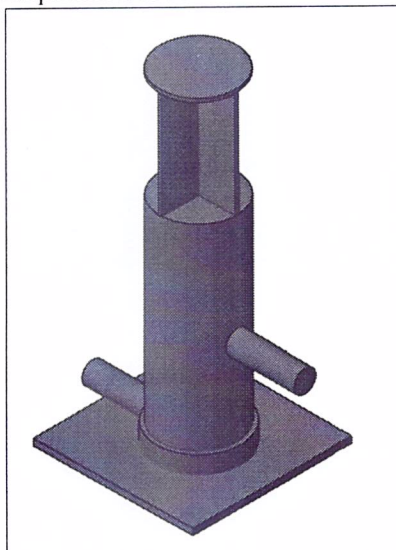
O método de caracterização utilizado Espectrômetro de Fluorescência de Raios (FRX) é uma técnica para análise de monitoramento de processos e caracterização química quantitativa e qualitativa de materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos

4.1 Montagem do Reator:

Para a construção do reator fotocatalítico a baixo custo (figura 1) foi utilizado materiais encontrados no comercio local, como placa de vidro, seringa descartável, mangueira de aquário, equipos, cola, motor automotivo de esguicho, refletor e uma bateria de 12V.

Colou-se a seringa descartável no meio da placa de vidro de modo que a seringa ficasse perpendicular à placa. Conectou-se a mangueira de aquário e o equipo no motor automotivo de esguicho e a outra ponta da mangueira foi conectada na seringa.

Figura 1: Esquema ilustrativo do reator fotocatalítico



4.2 Suporte Fotocatalítico

A areia foi coletada na praia de Alter-do-Chão, Santarém-PA e utilizou-se do aparelho que mede granulometria, agitador de peneiras eletromagnético (figura 2), para determinar várias faixas do grão de areia. Devido a limitação das peneiras do aparelho e da areia da praia, foi obtido de tamanho oito faixas de granulometria.

Foi inserido 1,8 ml de areia dentro do reator, uma amostra por vez. Cronometrou-se um tempo de 30 segundos e mediu-se o volume de água que o reator conseguia expelir. Com isso utilizou-se a equação da vazão volumétrica para medir a vazão de cada amostra da areia dentro do reator.

$$Q_v = \frac{V}{t} \quad (1)$$

onde, Q_v é a vazão volumétrica, V é o volume do fluido e t é o tempo.

Figura 2: Agitador de peneiras eletromagnético



5. RESULTADOS OBTIDOS

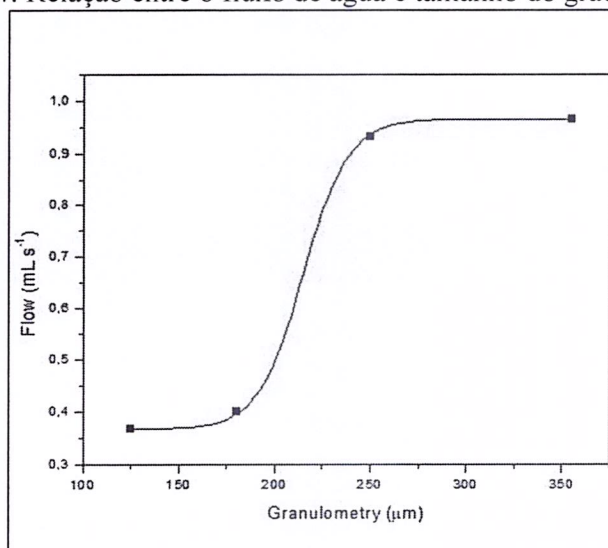
A figura 3 ilustra o reator em uso. É possível verificar na figura uma que o motor está submerso à água devido a perda de eficiência com o aumento da temperatura. Nota-se também o motor com todas as conexões sem qualquer tipo de vazamentos.

Figura 3: Reator a baixo custo construído em laboratório.



Para potencializar a eficiência do fotocatalisador, é necessário encontrar um material que possa ser empregado como suporte fotocatalítico. Foram avaliadas quatro faixas de granulometrias, além da areia na sua forma bruta. Conforme a granulometria da areia foi diminuindo, a resistência ao fluxo foi aumentando. A areia bruta apresentou o maior fluxo. Um comportamento sigmoide foi encontrado na relação entre a granulometria e o fluxo indicando um ponto ideal numa granulometria entre 180 e 250 micrometros como mostra a figura 4. Com isto será possível obter a melhor relação entre resistência ao fluxo a área superficial do suporte.

Figura 4: Relação entre o fluxo de água e tamanho do grão de areia



6. PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS.

Apresentação em pôster na 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 42RASBQ 2019.

“Building of a low-cost flow photoreactor and investigation of the influence of sand granulometry on water flow through the reactor.”

7. PRINCIPAIS PROBLEMAS E DIFICULDADES PARA A REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Os principais problemas encontrados para o bom andamento do trabalho foi um laboratório com o mínimo de equipamentos. Além disso, durante a vigência da bolsa houve a perda de até desde espaço laboratorial.

8. REFERÊNCIAS

DE ARAÚJO, K. S. et al. Advanced oxidation processes: a review regarding the fundamentals and applications in wastewater treatment and industrial wastewater. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, p. 387, 15 abr. 2016.

FIOREZE, Mariele; SANTOS, Eliane Pereira dos; SCHMACHTENBERG, Natana. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2014.

FREIRE, Renato Sanches et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química nova**, 2000.

GUNEY, Mert et al. Lung bioaccessibility of As, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn in fine fraction (< 20 µm) from contaminated soils and mine tailings. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 378-386, 2017.

HIGARASHI, Martha Mayumi et al. Processos oxidativos avançados aplicados a remediação de solos brasileiros contaminados com pesticidas. 1999.

KAGAYA, Shigehiro et al. Separation of titanium dioxide photocatalyst in its aqueous suspensions by coagulation with basic aluminium chloride. **Water Research**, v. 33, n. 7, p. 1753-1755, 1999.

NOGUEIRA, Raquel Fernandes Pupo et al. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. **Química nova**, p. 400-408, 2007.

NOGUEIRA, Raquel FP; ALBERICI, Rosana M.; JARDIM, Wilson F. Photodegradation of Wastewaters in the Presence of HO₂ and Fenton's Reagent. **Chemical Oxidation: Technology for the Nineties**, v. 6, p. 221, 1997.

NOGUEIRA, Raquel FP; JARDIM, Wilson F. Heterogeneous photocatalysis and its environmental applications. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 69-72, 1998.

PASCHOALINO, Flavia Cristina Sertori et al. Proposição de um reator fotocatalítico para degradação de fenol. 2008.

PREVOT, Alessandra Bianco; PRAMAURO, Edmondo. Analytical monitoring of photocatalytic treatments. Degradation of 2, 3, 6-trichlorobenzoic acid in aqueous TiO₂ dispersions. **Talanta**, v. 48, n. 4, p. 847-857, 1999.

PRUDEN, Ann Lorette; OLLIS, David F. Photoassisted heterogeneous catalysis: the degradation of trichloroethylene in water. **Journal of catalysis**, v. 82, n. 2, p. 404-417, 1983.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M.C; DUTRA A.J. "Bauxita", Rochas e Minerais industriais. ed. A.B. Luz e F.F Lins (Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2005), Cap. 13, 279-304.

SILVA, Lisiane Perez. **Modificação e imobilização de TiO₂ visando a degradação de compostos orgânicos poluentes via o processo de fotocatalise heterogênea**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, F. A. N. G. et al. Technological Characterization of Bauxite from Pará-Brazil. **Light Metals**, p. 139-144, 2009.


SOUZA, Sonia JO et al. Decomposição dos antirretrovirais lamivudina e zidovudina pelo processo fotofenton assistido no efluente de indústria farmoquímica. **Revista Processos Químicos**, v. 4, n. 7, p. 59-67, 2010.

TEREZA DE SOUZA E SILVA, Paula. Estudo dos Processos Oxidativos Avançados para o Tratamento dos Solos Contaminados por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. 2007.

YAMAZAKI, Suzuko et al. Photocatalytic degradation of gaseous tetrachloroethylene on porous TiO₂ pellets. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 33, n. 2, p. 109-117, 2001.

ZIOLLI, Roberta Lourenco; JARDIM, Wilson F. Mechanism reactions of photodegradation of organic compounds catalyzed by TiO₂. **Química Nova**, v. 21, n. 3, p. 319-325, 1998.

9. ANEXOS



de 27 a 30/05/2019
Joinville, SC

Realização:
Sociedade Brasileira de Química

Reunião Anual
42^a
Sociedade Brasileira de Química

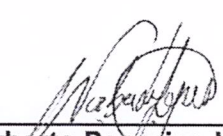
EIXOS MOBILIZADORES EM QUÍMICA

Joinville, 27 a 30 de maio de 2019

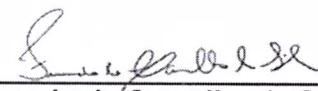
ATESTADO

Atestamos que o trabalho "Building of a low-cost flow photoreactor and investigation of the influence of sand granulometry on water flow through the reactor", autoria de Lira, W. A. S.; Oliveira, G. C. C. A.; Rabelo, A. C. foi apresentado na forma de pôster durante a 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

Joinville, 30 de maio de 2019.



Norberto Paporine Lopes
Presidente da SBQ

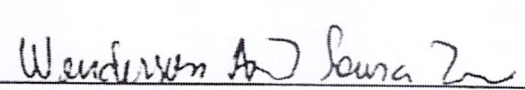


Fernando de Carvalho da Silva
Secretário Geral da SBQ

10. PARECER DO ORIENTADOR

Santarém, PA – 30/08/2019

Assinatura do orientador



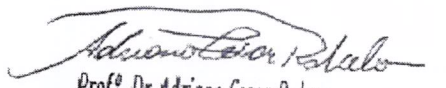
Assinatura do bolsista



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
DIRETORIA DE PESQUISA

Parecer de Relatório de Pesquisa

Informo por meio deste que durante 1 ano a aluno Wenderson A. Sousa Lira desenvolveu com diversas atividades de pesquisa a ele propostas. Ao final deste processo escreveu seu relatório final juntamente com um resumo para congresso nacional. Considerando todas estas atividades e o empenho do aluno meu parecer é favorável ao relatório.


Prof. Dr. Adriano Cesar Rabelo
UFOPA

Prof. Dr. Adriano Cesar Rabelo