

NANOMATERIAIS MAGNÉTICOS PARA ADSORÇÃO DE RESÍDUOS DE CORANTES E METAIS PESADOS EM EFLUENTES ORIUNDOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL

Introdução

Nas últimas décadas a pesquisa com materiais nanoestruturados, suas aplicações e propriedades vem sendo exploradas pela comunidade científica. Entre estes materiais, nanopartículas (NPs) magnéticas têm sido utilizadas na preparação de compósitos com polímeros e outros materiais, a fim de combinar novas propriedades ao magnetismo das NPs, como por exemplo, condutividade, alta área superficial e outras (DE ARAUJO, 2010, 2015a, 2015b). A adição de funcionalidade que aumente a capacidade de adsorção ou reconhecimento de um material pode levar a aplicações nas áreas de remoção e detecção de poluentes (SILVA, 2016; KHOSRAVI, 2014).

A contaminação do meio ambiente, em especial a degradação da qualidade da água, é um processo contínuo que está longe de ser resolvido (ALMEIDA, 2013). Apesar dos numerosos avanços científicos e tecnológicos recentes, a disponibilidade de água apropriada para o consumo humano ainda é um problema comum em diversas partes do mundo, em particular no nordeste brasileiro (MINISTÉRIO DA SAÚDE 2006). Na região agreste de Pernambuco, o desenvolvimento do “polo têxtil” ou “polo de confecções” (composto pelas cidades de Toritama, Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim e outras) vem agravando o problema de contaminação de águas por resíduos de corantes e metais pesados. Resíduos das lavagens do jeans, parte do processo industrial, são descartados diretamente no Rio Capibaribe, o mais importante do Estado (ANDRADE, 2008).

Faz-se necessário, portanto, encontrar alternativas economicamente viáveis, rápidas e confiáveis para o controle e/ou remoção de resíduos de corantes e outros contaminantes dos efluentes industriais. Várias tecnologias têm sido desenvolvidas com essas finalidades, as quais diferem em termos de mecanismos de ação, eficiência, impacto ambiental, custos, etc. (LINGAMDINNE, 2017). Muitos processos têm sido considerados, incluindo a utilização de floculantes ou coagulantes e técnicas oxidativas (DE SOUZA, 2004). No entanto, todas estas tecnologias apresentam diversas desvantagens, incluindo baixa seletividade e em alguns casos, impacto ambiental adverso (MARSALEK, 2012).

Marsalek M. *et al.* (2012), propuseram o uso de nanopartículas contendo Fe^0 como uma alternativa eficiente e ambientalmente não agressiva. As nanopartículas apresentaram múltiplos modos de ação, e a vantagem da utilização dessas NPs de ferro e seus óxidos é que a maioria destas apresentam propriedades magnéticas, além de serem ambientalmente pouco agressivas (DE ARAUJO 2015a; DA´NA, 2017). O magnetismo das NPs é uma propriedade crucial, pois facilita a remoção dos contaminantes aderidos às mesmas com a simples aplicação de um campo magnético externo. Em virtude desta propriedade, várias propostas de materiais magnéticos para uso ambiental podem ser almejadas. Uma das opções seria a combinação de NPs magnéticas com materiais porosos e/ou nanoestruturados, resultando em nanocompósitos multifuncionais (DANTAS, 2016; RAMOS, 2016). Os materiais porosos apresentam áreas superficiais tipicamente variando entre algumas centenas até mais de 1000 m^2/g , e podem ser preparados por diversos métodos. É possível adicionar funcionalidade extra ao material poroso se nanopartículas metálicas forem incluídas, formando assim um nanocompósito magnético (DE ARAUJO, 2015a, 2015b; NAIRAT, 2015), que pode ser empregado como agente na remoção de resíduos.

Neste trabalho, pretende-se desenvolver materiais nanoestruturados magnéticos para aplicações ambientais, que agirão na remoção de contaminantes de reservatórios, mananciais e rios do agreste pernambucano. Os contaminantes a serem testados serão os corantes utilizados na indústria têxtil e resíduos de metais pesados. As NPs de óxido de ferro serão combinadas com materiais poliméricos e/ou carbonos porosos, formando um material híbrido que poderá ser testado diretamente em efluentes contaminados. Com isto, espera-se obter novos materiais que possam ser efetivamente utilizados como adsorvente dos poluentes supracitados. A confirmação do potencial desses materiais trará alternativas viáveis e eficientes para o controle e eliminação de contaminantes nas águas do estado de Pernambuco, além de possibilitar a implementação da pesquisa em nanotecnologia e da formação local de recursos humanos essenciais para um maior desenvolvimento da região.

Objetivos

Geral

Desenvolvimento de novos materiais nanoestruturados para o controle e a remoção de contaminantes de efluentes oriundos da indústria têxtil no estado de Pernambuco.

Específicos

- 1- Sintetizar nanopartículas magnéticas por coprecipitação assistida por ultrassom;

- 2- Preparar novos materiais híbridos nanoestruturados de NPs e carbonos por via hidrotermal;
- 3- Caracterizar todos os materiais obtidos por difratometria de raios-X, medidas de porosimetria, microscopias eletrônicas de varredura e transmissão, magnetometria e análises termogravimétricas;
- 4- Preparar soluções padrão de corantes e metais pesados;
- 5- Efetuar testes de adsorção de diversos corantes e metais pesados frente às nanopartículas (NPs) magnéticas de óxido de ferro, acompanhando por espectroscopia na região do UV-vis e absorção atômica, respectivamente;
- 6- Preparar as curvas de calibração para cada sistema e quantificar as massas de corantes e/ou metais pesados adsorvidos;
- 7- Construir as isotermas de adsorção para cada sistema e estudar o perfil físico-químico das mesmas;
- 8- Classificar o sistema com melhor eficiência adsorptiva, estudando as características comportamentais dos corantes e metais utilizados;
- 9- Efetuar tratamentos estatísticos que sejam necessários durante o desenvolvimento do trabalho;
- 10- Estudar a estabilidade e reversibilidade dos processos de adsorção e dessorção de contaminantes nos materiais sintetizados;

Metodologia

As nanopartículas de óxido de ferro serão sintetizadas pela metodologia de coprecipitação sob ultrassom (DE ARAUJO, 2010). Após a síntese as NPs serão caracterizadas por difratometria de raios-X, medidas de porosimetria, magnetometria e microscopias eletrônicas de varredura e transmissão.

Para a obtenção dos materiais carbonáceos nanoestruturados, os materiais orgânicos tais como, bagaço ou folhas de cana-de-açúcar, casca de coco, palhas de milho serão tratados, lavados, secos e macerados em almofariz. Os pós serão submetidos à síntese por via hidrotermal, as condições de tempo, temperatura no sistema podem ser variadas, com o objetivo de obter os materiais com alta área superficial (DO NASCIMENTO 2018; DAMASCENO, 2018).

Os materiais híbridos compostos por NPs magnéticas e carbonos nanoestruturados serão obtidos por via hidrotermal partindo-se das NPs maceradas com os carbonáceos. Os híbridos serão testados na adsorção de soluções padrão de corantes e metais pesados. A capacidade adsorptiva dos corantes será acompanhada por espectroscopia UV-Vis e para os metais pesados serão feitas análises de absorção atômica. Isotermas de adsorção serão construídas e o perfil físico-químico das mesmas será estudado. Os sistemas com melhores eficiências adsorptivas serão aplicados em amostras de efluentes reais advindos das indústrias têxteis e a estabilidade e reversibilidade dos processos de adsorção e dessorção de contaminantes serão estudadas.

Aderência aos critérios de priorização

I. Reserva de bolsas para Cursos Novos

O programa de pós-graduação em Engenharia Física (PPG-ENGFIS), vinculado à Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA – UFRPE), está iniciando suas atividades em 2019.1. O PPG-ENGFIS foi aprovado na 181ª reunião do CTC-CAPEs em dezembro de 2018.

II. Apoio diferenciado à pós-graduação em Engenharias

O projeto está vinculado ao programa de pós-graduação em Engenharia Física, sediado na UACSA-UFRPE, pertencente à grande área de Materiais da CAPES. A UACSA foi implementada no ano de 2014 com 5 cursos de graduação nas áreas de engenharias, sendo eles, Materiais, Civil, Mecânica, Elétrica e Eletrônica.

III. Projeto em temas estratégicos para o desenvolvimento do Estado:

b) Desenvolvimento de arranjos produtivos locais (APLs) do Estado

O Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções do Agreste de Pernambuco é formado pelos municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Caruaru e outros do entorno (ANDRADE, 2008). Nas cidades do APL de confecções a economia é voltada para a atividade têxtil. Segundo os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS-MTE), em 2009, cerca de 80% dos estabelecimentos da indústria têxtil e de confecção do Agreste Pernambucano estavam sediados em um desses três municípios (SILVA, 2012).

Resultados esperados

As principais contribuições podem ser avaliadas em função dos impactos científicos e tecnológicos e dos resultados esperados:

I. Impacto científico e tecnológico:

- Estruturação da pesquisa científica no Grupo de Nanotecnologia Aplicada e Ambiental (NanoA) da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho.
- Publicação e apresentação de trabalhos em eventos nacionais e internacionais.
- Publicação de artigos em periódicos nacionais e internacionais.
- Desenvolvimento de produtos com efetiva aplicação tecnológica para empresas da área.
- Desenvolver ciência aplicada em áreas estratégicas do estado de Pernambuco.
- Geração de patente, produtos de inovação e parcerias com empresas e institutos de pesquisa nacionais e internacionais.
- Fortalecer a interação científica e tecnológica entre a Universidade Federal Rural de Pernambuco e as indústrias do Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções do Agreste de Pernambuco.
- Obter novos materiais magnéticos nanoestruturados para serem utilizados na adsorção de poluentes oriundos das indústrias têxteis.
- Estabelecer uma correlação entre as características dos corantes e dos metais pesados com o poder de adsorção pelas NPs através de espectroscopia de absorção na região do UV-vis e atômica, respectivamente.
- Elucidar as características e propriedades de sistemas NPs magnéticas/adsorvato através das isotermas de adsorção para definir os sistemas mais eficientes na aplicação industrial.

II. Contribuição ao desenvolvimento econômico e social de Pernambuco:

- O Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções – polo de confecções do agreste de Pernambuco é formado pelos municípios de Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Caruaru e outros. Nestas cidades a economia é voltada para a atividade da indústria têxtil. Segundo os dados da RAIS-MTE, em 2009 cerca de 80% dos estabelecimentos da indústria têxtil e de confecção do Agreste Pernambucano estão sediados em um desses três municípios (SILVA, 2012).
- Arelado a esse setor, têm-se as indústrias de beneficiamento têxtil, as quais são as lavanderias industriais, isto é, as lavanderias de jeans. A disseminação dessas lavanderias no agreste pernambucano mudou a economia local. A cidade de Toritama, por exemplo, que antes apresentava grande concentração de fábricas de calçados, despontou na década de 1970 com a introdução das lavanderias. Não necessitando mais levar as roupas para o Recife para realizar a lavagem, iniciou assim a sua vocação atual de capital do jeans no estado.

Cronograma de atividades

Atividades	1º sem.	2º sem.	3º sem.	4º sem.
Revisão e atualização bibliográfica	X	X	X	X
Disciplinas	X	X		
Síntese das nanopartículas magnéticas e dos materiais carbonáceos nanoestruturados com maior área superficial		X	X	
Síntese dos materiais híbridos de NPs e carbonáceos				
Caracterização dos materiais sintetizados		X	X	X
Execução de planejamento estatístico para otimização dos parâmetros das sínteses		X	X	
Testes de adsorção dos nanocompósitos híbridos frente à soluções padrão de corantes e metais pesados		X	X	X
Construção de isotermas de adsorção e caracterização dos sistemas adsorvente/adsorvato do ponto de vista físico-químico		X	X	X
Testes de adsorção utilizando amostras de efluentes reais da indústria têxtil			X	X
Análise da estabilidade e reversibilidade dos processos de adsorção e dessorção de contaminantes nos materiais			X	X

sintetizados				
Análise dos resultados			X	X
Elaboração de artigos			X	X
Relatórios	X	X	X	X
Defesa da dissertação				X

Referências

ALMEIDA, A. M. B. **Roupa suja se lava em casa: A seca no agreste Pernambucano e a Gestão Ambiental na Lavanderia Água Limpa.** Administração Pública e Gestão Social 5, 134-138, 2013.

ANDRADE, T. S. **A estrutura institucional do APL de confecções do agreste Pernambucano e seus reflexos sobre a reoperação e inovação:** O caso do município de Toritama. 219f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

DA'NA, E.; Adsorption of heavy metals on functionalized-mesoporous sílica: A review. **Microporous and Mesoporous Materials**, 247, 145-157, 2017.

DAMASCENO, B. S.; DA SILVA, A. F. V.; DE ARAUJO, A. C. V.; Synthesis of magnetic iron oxide nanoparticles for the removal of textile dye from wastewater through physical adsorption. XVII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais **SBPMat**, 2018, Natal-RN.

DANTAS, E. J. M.; SILVA, A. F. V.; DE ARAUJO, A. C. V.; Nanomateriais multifuncionais para aplicações ambientais; **COBEQ**, 2016, Fortaleza-CE, ISSN 21785600, Galoá proceedings.

DE ARAUJO, A. C. V.; DE OLIVEIRA, R. J.; ALVES JR., S.; DE AZEVEDO, W. M.; Localized to long-range conductivity in polyaniline/magnetite nanocomposites followed by dielectric relaxation spectroscopy. **Colloid Polym Sci.**, 293, 1675-1683, 2015b.

DE ARAUJO, A. C. V.; DE OLIVEIRA, R. J.; ALVES JR., S.; RODRIGUES, A. R.; MACHADO, F. L. A.; CABRAL, F. A. O.; DE AZEVEDO, W. M.; Synthesis, characterization and magnetic properties of polyaniline-magnetite nanocomposites. **Synthetic Metals**, 160, 685-690, 2010.

DE ARAUJO, A. C. V.; RODRIGUES, A. R.; DE AZEVEDO, W. M.; MACHADO, F. L. A.; REZENDE, S. M.; Sustained magnetization oscillations in polyaniline-Fe₃O₄ nanocomposites, **The Journal of Chemical Physics**, 143, 124706-6, 2015a.

DE SOUZA, K. V.; **Degradação de corantes e remediação de resíduos têxteis por processos fenton.** Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DO NASCIMENTO, R. K.; DE ARAUJO, A. C. V.; Study of the adsorption by a hybrid composite for treatment of wastewater in textile industry. XVII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais **SBPMat**, 2018, Natal-RN.

KHOSRAVI, M.; AZIZIAN, S.; Adsorption of anionic dyes from aqueous solution by iron oxide nanospheres; J. Industrial and Engineering Chemistry. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 20(4), 2561-2567, 2014.

LINGAMDINNE, L. P.; CHANG, Y-Y.; YANG, J-K.; SINGH, J.; CHOI, E-H.; SHIRATANI, M.; KODURU, J. R.; ATTRI, P.; Biogenic reductive preparation of magnetic inverse spinel iron oxide nanoparticles for the adsorption removal of heavy metals. **Chemical Engineering Journal**, 307, 74-84, 2017.

MARSALEK, M.; JANCULA, D.; MARSALKOVA, E.; Multimodal action and selective toxicity of zerovalent iron nanoparticles against cyanobacteria.; **Environ. Sci. Technol.**, 46, 2316-2323, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano; Brasília; ed. **Ministério da Saúde**, 2006.

NAIRAT, M.; SHAHWAN, T.; EROGLU, A. E.; FUCHS, H.; Incorporation of iron nanoparticles into clinoptilolite and its application for the removal of cationic and anionic dyes. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 21, 1143-1151, 2015.

RAMOS, R. E. S.; DANTAS, E. J. M.; DE ARAUJO, A. C. V.; Estudo da adsorção de corantes por materiais nanoestruturados para o tratamento de águas residuárias da indústria têxtil; **COBEQ 2016**, Fortaleza-CE, ISSN 21785600, Galoá proceedings.

SILVA, A. F. V.; DE ARAUJO, A. C. V.; Síntese de Nanopartículas Magnéticas de Óxido de Ferro para Adsorção de Corantes Alimentícios; **COBEQ 2016**, Fortaleza-CE, ISSN 21785600, Galoá proceedings.

SILVA, M. V. A.; SILVA, A. L.; BRITO, D. J. M.; BRANCO, D. K. S.; FERREIRA, M. O. **A questão ambiental no polo de confecções de Caruaru: Um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental.** Revista Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul, n35, p.108-132, jan./jun. 2012.