UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇAO CIENTÍFICA

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE ÓXIDO DE FERRO MAGNÉTICO/CARBONO COMO ADSORVENTE ALTERNATIVO NA REMOÇÃO DO ÍON Cd^{2+} DE AMBIENTES AQUÁTICOS

DAVID DE SOUZA ROSA
Bolsista FAPEAM

MANAUS - AM
Outubro/2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB – E/0123/2012

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE ÓXIDO DE FERRO MAGNÉTICO/CARBONO COMO ADSORVENTE ALTERNATIVO NA REMOÇÃO DO ÍON Cd^{2+} DE AMBIENTES AQUÁTICOS

DAVID DE SOUZA ROSA
Bolsista FAPEAM

Prof. Dr. PAULO ROGÉRIO DA COSTA COUCEIRO
Orientador

MANAUS - AM

Outubro/2013

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Departamento de Apoio à Pesquisa e aos seus autores. Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, fomentada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvida em parceria com o grupo de pesquisa de Química Analítica de Produtos e Recursos Naturais, na Universidade Federal do Amazonas - UFAM, e parte das atividades deste projeto foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Ensaios de Combustíveis - LAPEC.

Resumo

Com a crescente atividade industrial, diversos efluentes danosos ao meio ambiente são gerados de forma indiscriminada e, com o tratamento precário destes, o meio ambiente, sobretudo os corpos hídricos, são devastados diretamente. Poluentes como metais pesados, corantes orgânicos e pesticidas organoclorados são os mais recorrentes, além de serem de extrema periculosidade. Na classe dos metais pesados, destaca-se o íon Cd^{2+}, de altíssima toxicidade e bioacumulação, podendo se difundir ao longo da cadeia alimentar. Devido à necessidade do tratamento de corpos hídricos devastados por essa classe de contaminantes, vários materiais vem sendo sintetizados para aplicação em processos de separação heterogêneos como adsorção, magnetização e oxirredução. Os carvões ativados são materiais carbonosos amorfos de alta porosidade, possuindo sítios de adsorção de dimensões referentes aos micro, meso e macroporos, o que os torna materiais potencialmente adsorventes. Para aplicação em outros processos como a fotocatálise e processos oxidativos avançados (POA), além de facilitar a remoção dos materiais sólidos ao final do processo, utilizam-se os óxidos de ferro suportados em carvões ativados, formando materiais magnéticos. Foram obtidos carvões ativados a partir do resíduo de queima de óleo combustível de usina termelétrica, submetido a uma pirólise preliminar. Foi utilizado o $FeCl_3$ como agente ativante, a baixas temperaturas de ativação. Os materiais carbonosos foram caracterizados por TGA e IV-TF e as hematitas sintéticas por DRX. O potencial adsortivo dos carvões ativados preparados foi testado em relação ao íon Cd^{2+} e ao corante orgânico azul de metileno, analisados quantitativamente pela técnica de espectroscopia na região do UV-Vis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
3. OBJETIVOS 9
3.1 Geral 9
3.2 Específicos 9
4. MATERIAIS E MÉTODOS 10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 12
5.1 Características da amostra da borra oleosa 12
5.2 Preparação do Carvão Ativado 12
5.3 Caracterização por espectroscopia de infravermelho (IV-TF) 12
5.4 Caracterização por anáilses termogravimetricas (ATG/ DTG) 13
5.5 Caracterização por difração de raios X (DRX) 14
5.6 Estudos de adsorção de carvão ativado 15
6. CONCLUSÃO 17
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18
8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES 20

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente atividade industrial nos últimos anos, a poluição se mostra cada vez mais alarmante, visto que a integridade de diversos ecossistemas tem sido comprometida. Indústrias como as de galvanoplastia, de tintas e de baterias são exemplos bastante relevantes quanto à poluição, sobretudo a aquática, devido à falta de tratamento adequado aos efluentes gerados por estas.

Poluentes como metais traços (Cr, Cd, Pb e Ni), desengraxantes, decapantes e solventes orgânicos são bastante presentes em corpos hídricos comprometidos pela atividade inadequada de indústrias, no que tange ao tratamento de efluentes e à questão de gestão ambiental.

Com o objetivo de remover contaminantes e amenizar os danos ao meio ambiente, vários materiais tem sido estudados e sintetizados. Os carvões ativados, por exemplo, apresentam excelentes características adsorventes, sendo usados em uma grande variedade de processos, tais como filtração e purificação (HAIMOUR e EMEISH, 2006).

Esses materiais são geralmente utilizados na remediação ambiental, sendo aplicados principalmente na remoção de metais traços e de poluentes orgânicos em meio aquoso (DIAS *et al.,* 2007). Devido a essa aplicação, na última década, várias pesquisas vem sendo desenvolvidas para obtenção de carvões ativados a partir de materiais de baixo custo e de descartes com alto teor de carbono.

Além dos carvões ativados, os óxidos de ferro apresentam comportamento interessante no que tange à remediação ambiental. As espécies de ferro, principalmente os óxidos, são materiais de baixo custo, não tóxicos e possuem uma química redox muito interessante devido à variedade de estados de oxidação e estruturas que podem ser formadas, como: Fe_3O_4, α-Fe_2O_3 e FeOOH (CORNELL e SCHWERTMANN, 1996).

Devido à versatilidade deste elemento, é frequente a sua utilização em diversas reações que objetivam a remediação ambiental. Destas, pode-se citar a reação de oxirredução para remoção ou conversão de organoclorados, aromáticos, corantes, pesticidas e Cr (VI) (PARASKEVA e GRAHAM, 2002). Dessa forma, a utilização de compósitos de óxidos de Fe/ carvão ativado combina atividade adsortiva do carvão e o potencial redox do elemento Fe.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O precário tratamento de efluentes industriais é a principal causa da devastação de ambientes aquáticos. Muitos metais traços são responsáveis por uma variedade de implicações toxicológicas aos seres vivos (humanos, plantas, faunas aquática e terrestre). Além dessa característica, essa classe de substâncias pode apresentar comportamento bioacumulativo, se difundindo através da cadeia alimentar. São exemplos o cádmio, mercúrio, zinco, cromo e chumbo (KIMBROUGH *et al.,* 1999; MINDEC, 1995).

Segundo Bridgen e colaboradores (2000), nos arredores da planta da Gerdau Riograndense, em Sapucaia do Sul, constavam altas concentrações de metais traços como chumbo, cromo, manganês e zinco, além da presença de bifenilas policloradas (PCB's), que são altamente tóxicas e persistentes.

Devido às implicações da poluição aquática e às consequências cada vez mais alarmantes, tem-se buscado materiais que possam ser empregados na remediação ambiental. Os princípios de ação destes se baseiam normalmente nos fenômenos de adsorção, magnetização e oxirredução, podendo-se combiná-los para obter um material mais eficiente na remoção de determinado contaminante. Os compósitos magnéticos adsorventes começaram a ser empregados mais intensivamente na década de 90 e se mostram bastante interessantes, pois requerem uma tecnologia de produção simples (FUNGARO *et al.,* 2010).

Para sintetizar um compósito magnético adsorvente de qualidade, a espécie metálica deve ser compatível com os poros do adsorvente, ou seja, não deve comprometer significativamente a sua atividade adsortiva. Os óxidos de ferro possuem um volume microporoso e, por esse motivo, tendem a ocupar os microporos do carvão ativado, sendo facilmente impregnadas na superfície do suporte, além de serem materiais de baixo custo e facilmente sintetizados (OLIVEIRA *et al.,* 2003).

Os carvões ativados são materiais carbonosos de alta porosidade, capazes de adsorver várias classes de contaminantes pelo fato de possuírem micro, meso e macroporos, permitindo que espécies mais volumosas, como corantes orgânicos, sejam adsorvidos, assim como espécies menos volumosas, como íons metálicos (DIAS *et al.,* 2007). Eles podem ser obtidos a partir de materiais orgânicos como resíduos agroindustriais,

polímeros (PET e celulose) e de resíduos de derivados do petróleo, ou seja, são bastante acessíveis e fáceis de obter.

A adsorção, segundo Zambon (2003), é definida como um processo de separação no qual ocorre retenção superficial de uma espécie química. O material adsorvido, denomina-se adsorbato e o material em cuja superfície ocorre a retenção, adsorvente. Ela se divide em dois tipos: física (fisissorção) e química (quimissorção), sendo a primeira baseada em interações fracas, do tipo *van der Waals*, sendo um processo reversível e, na outra, ocorre efetivo fluxo de elétrons entre adsorvente e adsorbato.

Na fisissorção ocorre um decréscimo de energia livre e entropia, com liberação de energia, sendo um processo exotérmico. Ocorre a deposição em várias camadas de adsorbato sobre a superfície adsorvente e as energias liberadas são relativamente baixas, atingindo rapidamente o equilíbrio (ZAMBON, 2003). Na quimissorção, o adsorbato se deposita por meio de uma só camada. Esse processo é irreversível e exotérmico, liberando grande quantidade de energia (BRUNO, 2000; ORTIZ, 2000; COSTA, 2005).

Para verificar graficamente a eficácia de um processo de adsorção, utilizam-se as isotermas de adsorção. Elas relacionam a concentração de adsorbato na fase líquida e na fase sólida, a uma temperatura constante. Em um processo de adsorção ideal, à presença de baixíssimas concentrações de soluto, a razão de massa entre adsorbato e adsorvente apresenta valor alto, ou seja, grande parte (quase total) da espécie a ser adsorvida migrou da fase líquida para os poros do adsorvente, sendo necessária pouca massa do material sólido em relação ao adsorbato e um tempo de contato não muito extenso. Alguns modelos de isotermas de adsorção foram expostas na Figura 1.

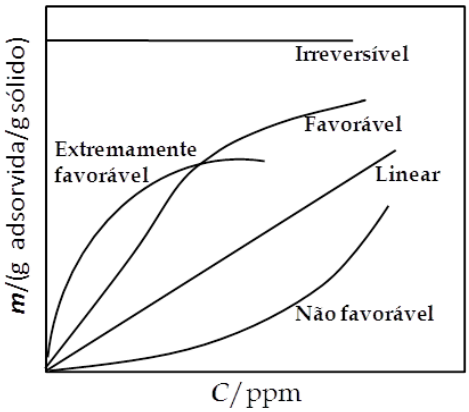


Figura 1. Exemplos de isotermas de adsorção. Adaptado de BARROS (2001).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Preparar e caracterizar compósitos de óxidos de ferro (ferritas)/carvão ativado e medir a eficiência desses compósitos mediante estudo de isotermas de adsorção de Cd^{2+} em meio aquoso.

3.2 Específicos

- Obter carvão a partir da amostra de borra oleosa (resíduo) da queima de óleo combustível da Usina Termelétrica de Mauá, em Manaus - AM;
- Ativar o carvão segundo método proposto por PEREIRA e colaboradores (2008);
- Sintetizar os óxidos de ferro de acordo com o método proposto por MAGALHÃES e colaboradores (2009);
- Preparar os compósitos de ferritas (óxidos de ferro)/ carbono (carvão ativado) mediante método de OLIVEIRA e colaboradores (2002);
- Caracterizar quimicamente os óxidos de ferro sintéticos, carvões e compósitos ferritas-carvão pelas técnicas analíticas de espectroscopia na região do infravermelho (IV-TF), análise termogravimétrica/ termogravimetria diferencial (TGA/ DTG) e difratometria de raios X (DRX);
- Realizar estudos de adsorção mediante isotermas de Langmuir e Freundlich para o Cd^{2+} e para a molécula sonda Azul de metileno em ambiente aquoso (sistemas simulados em diferentes concentrações).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de amostra - foi coletada amostra de resíduo oriundo da queima de óleo combustível na Usina Termelétrica de Mauá - UTM (Manaus - AM).

Preparação do Carvão Ativado (CA) - certa massa da amostra de borra oleosa foi submetida a pirólise em mufla, com temperaturas crescentes de 80 a 450 ^{o}C. Em seguida, o material sólido foi ativado quimicamente com $FeCl_3$, em uma proporção equivalente em massa sob atmosfera inerte a 300 ^{o}C por 180 min. Após a ativação, o material foi lavado com uma solução de HCl a 0,1 mol L^{-1} para remoção de resíduos do agente ativante.

Síntese do óxido de ferro (hematita) - foi utilizado o método de coprecipitação, que consistiu na lenta adição de 50 mL da solução de NH_4OH (28 % *V*/*V*) a 250 mL da solução de $Fe(NO_3)_3$ $9H_2O$ (21 % *m*/*V*) sob agitação magnética durante 30 min. A mistura foi lavada com água destilada, centrifugada e o material sobrenadante descartado. Então, o precipitado foi seco em estufa a 110 ºC por 15 h, e em seguida foi submetido a aquecimento em mufla, a 400 ^{o}C durante 180 min (Figura 2).

Figura 2. Precipitado seco pronto para o tratamento térmico.

Preparação do compósito CA/ óxido de Fe - o carvão ativado e o óxido de ferro sintético foram misturados a uma razão mássica de 4:1. O material resultante foi tratado termicamente a 400 ºC em forno tubular sob atmosfera de N_2.

Estudos de adsorção do Azul de metileno frente ao carvão ativado - foram utilizados 50 mL de soluções do corante nas concentrações de 2, 4, 6, 8, 10 e 15 mg L^{-1} , mantidas em contato com 50 mg do material adsorvente, à temperatura ambiente, sob agitação magnética durante 60 min. O procedimento foi repetido para o carvão comercial da marca Lafan para

fins comparativos. A fração sobrenadante foi separada por centrifugação e analisada em espectrômetro de UV-Vis para determinar a concentração do soluto, , em comprimento de onda de maior intensidade, λ°=°665°nm.

Estudos de adsorção do Cd^{2+} frente ao carvão ativado - foram utilizados 10 mL de soluções de Cd^{2+} nas concentrações de 2, 5, 10, 20 e 50 mg L^{-1}, mantidas em contato com 10 mg do material adsorvente, à temperatura ambiente, sob agitação magnética durante 30 min. Para quantificar a concentração do íon não adsorvido, foi utilizado o agente complexante difeniltiocarbazona (solubilizado em $CHCl_3$) em meio alcalino. A fase orgânica foi coletada em balões volumétricos de 10 mL e diluídas com $CHCl_3$ para leitura em espectrômetro de UV-Vis modelo Genesys, em comprimento de onda de maior intensidade, λ = 511 nm.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da amostra da borra oleosa

A amostra de borra oleosa (Figura 3) apresentou cor preta, densidade menor do que da água, média viscosidade aparente, odor fraco e resíduo sólido (aspecto arenoso).

Figura 3. Amostra de borra oleosa oriunda da queima de combustível da UTM

5.2 Preparação do Carvão Ativado

O produto da pirólise do borra oleosa resultou na obtenção do carvão (CB) com rendimento médio de 5,1 %m/m. Enquanto que a ativação desse material com $FeCl_3$ resultou no carvão ativado (CA) com rendimento médio de 71,0 %m/m em relação as massas de carvão e $FeCl_3$ na proporção 1:1.

O compósito foi obtido a partir da mistura de CA e óxido de ferro (hematita sintética) - CF - na proporção de 4:1,em que ao final teve rendimento 90 %m/m.

5.3 Caracterização por espectroscopia de infravermelho (IV-TF)

Os espectros no infravermelho das amostras de CA, HT e CF são apresentados na Figura 4. O espectro da amostra de HT (hematita sintética) apresentou bandas características de deformações das ligações Fe-O a 600 e 400 cm^{-1}. O espectro do CA apresentou bandas de absorções referentes às deformações axiais simétrica e assimétrica de grupos metilênicos (2850 e 2920 cm^{-1}), aos estiramentos do tipo C=C de aromáticos (1600 e 1480 cm^{-1}) e aos estiramentos do tipo C-H (2900 cm^{-1} , em dubleto), sendo esta última a mais utilizada para a avaliação qualitativa da eficiência do processo de pirólise do material.

O espectro referente ao CF, aparentemente o material apresentou menor teor de ligações do tipo C-H, o que indica um processo eficiente na preparação do compósito. A

banda de absorção próximo de 3500 cm^{-1} indica a adsorção de moléculas de água pelo material poroso.

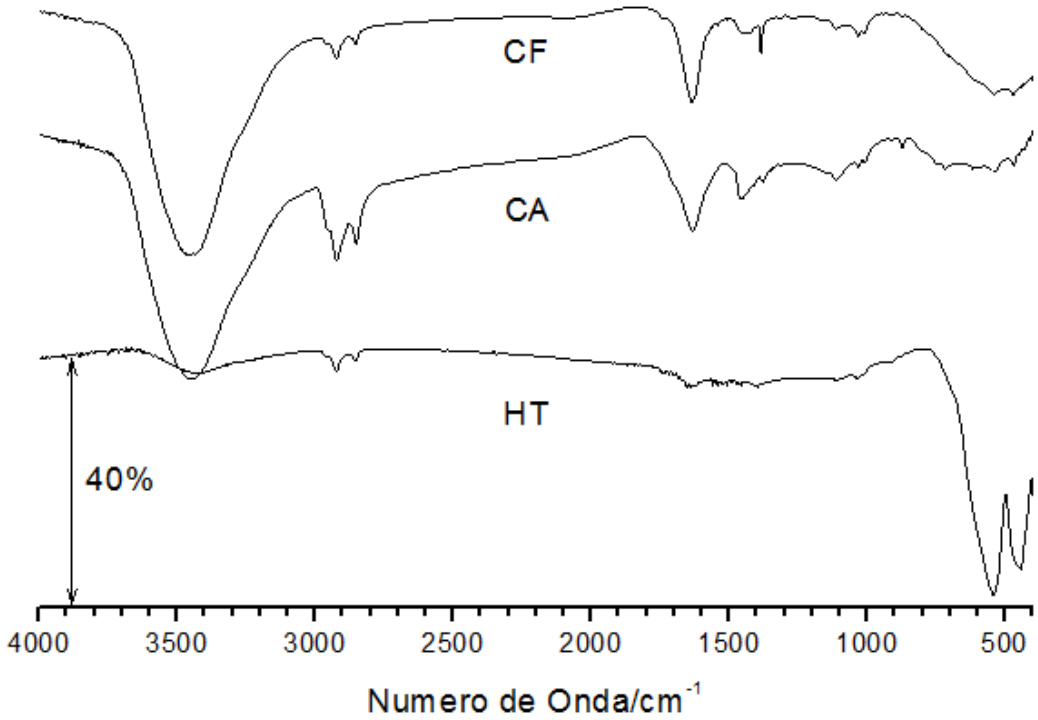


Figura 4. Espectros de IV de compósito (CF), carvão ativado (CA) e hematita sintética (HT)

5.4 Caracterização por anáilses termogravimetricas (ATG/ DTG)

As curvas de ATG (termogravimetria) e DTG (derivada da termogravimetria) das amostras CA e CF são apresentadas na Figura 4.

A partir das curvas TG é possível perceber um evento próximo de 100 ^{o}C, o que certamente está associado à presença de matéria orgânica residual. A impregnação do material carbonoso (CA) com o óxido de ferro aumentou a sua estabilidade térmica de 300 para 390ºC (CF) e, além disso, a decomposição térmica do CF apresentou apenas os eventos relativos à decomposição de materiais voláteis (<100ºC) e à decomposição de carbono fixo por diversos mecanismos de reação, com temperatura próxima de 540 ºC.

A massa do CF remanescente foi de 40 %m/m em relação à inicial, enquanto que a do CA foi de apenas 10 %m/m. Essa diferença é associada à presença da fase do óxido de ferro cuja decomposição térmica provavelmente acorre a temperaturas mais elevadas. Essa quantidade de matéria não decomposta na amostra de CA é associada à presença de cinzas.

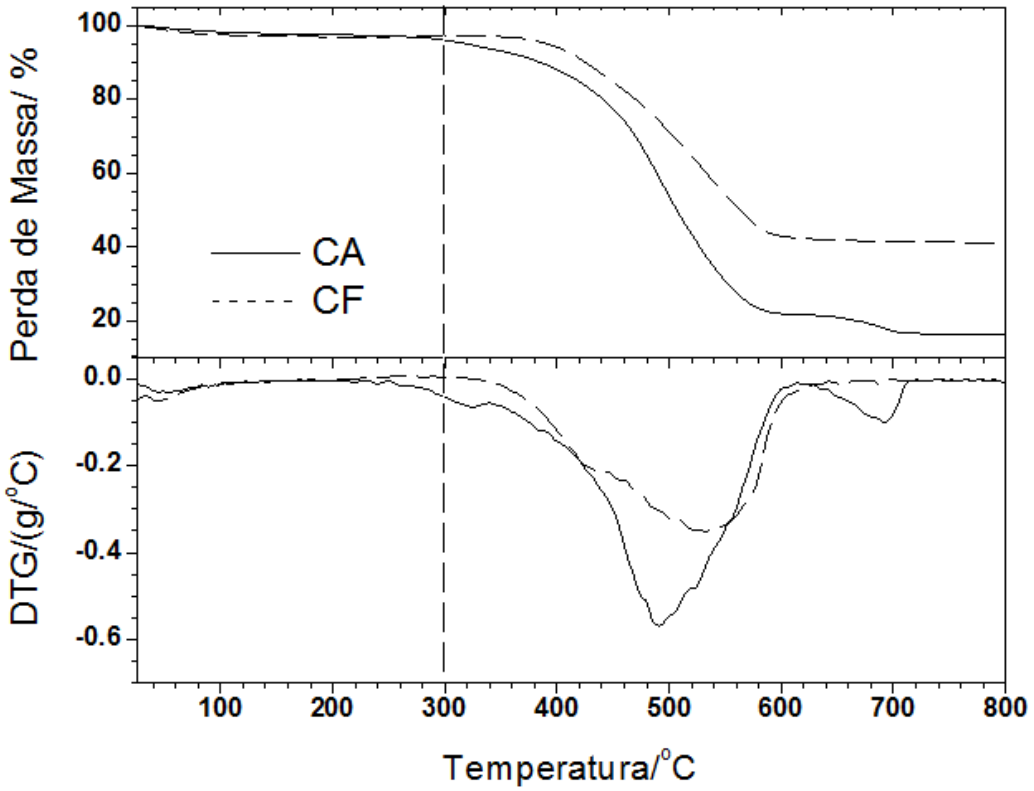


Figura 4. Curvas ATG e DTG das amostras de CA e CF.

5.5 Caracterização por difração de raios X (DRX)

A técnica de difração de raios X (DRX) permite verificar os ângulos de reflexão da radiação nos planos da estrutura cristalina do analito, desta forma, é possível comparar os dados obtidos experimentalmente com os dados observados na literatura. Além disso, é possível verificar, de forma qualitativa, a eficiência da impregnação de um material cristalino em um suporte amorfo.

Os perfis gráficos de DRX das amostras de HT, CA e CF são mostrados na Figura 6.

As reflexões relativas ao HT obtidas experimentalmente foram comparadas com os dados de DRX da base de dados da American Mineralogist Crystal Structure Database (_database_code_amcsd 0000143), o que sugere fase única de hematita (α-Fe_2O_3) relativamente bem cristalina (Tabela 1). Os DRX de CA e Cf apresentam perfis amorfos típicos de carvão com reflexão em 26,15 $^{o}/2\theta$, que indica a presença de uma fase grafítica. As reflexões da hematita também são observadas na amostra CF com menores intensidades, sugerindo que durante o processo de preparação do CF esta não sofre alteração de fase.

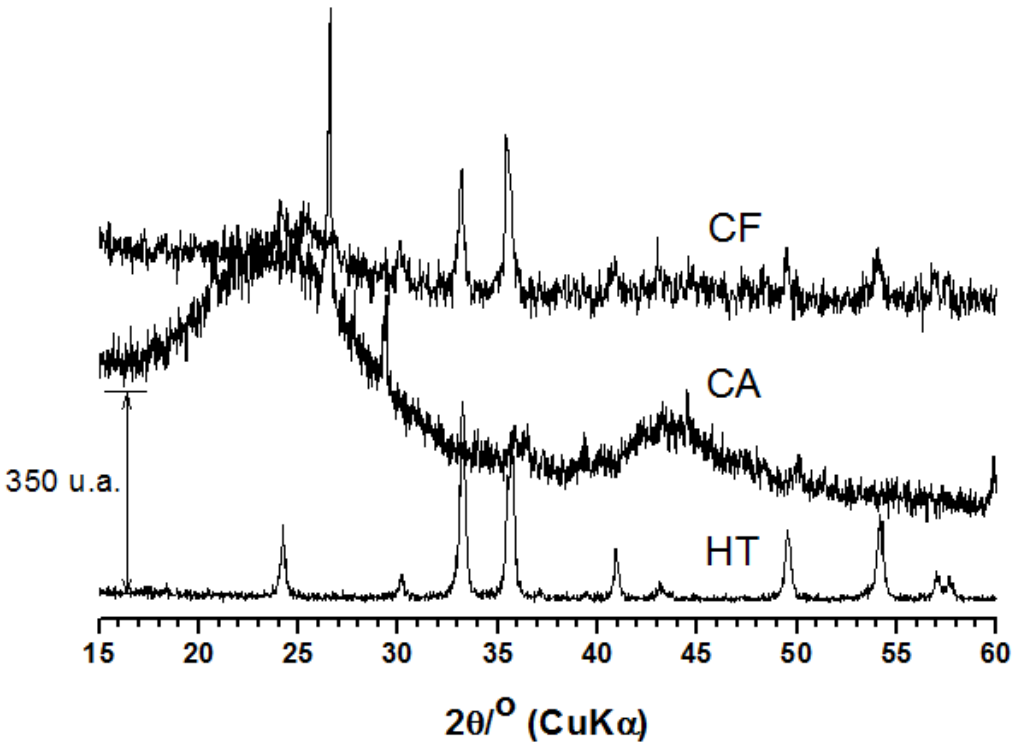


Figura 6. Difratogramas das amostras de HT, CA e CF.

Tabela 1. Comparação das reflexões experimentais (HT) com as da literatura (AMCS).

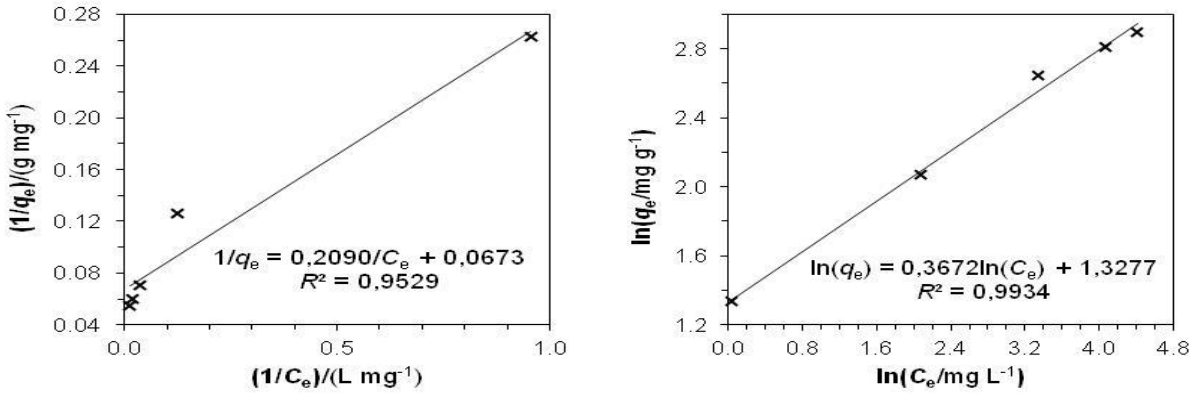
h k l	2θ/° (HT)	2θ/° (AMCS)
102	24,22	24,13
104	33,22	33,11
110	35,76	35,61
113	40,98	40,83
204	49,56	49,42
116	54,16	54,00
212	57,58	57,41
214	62,52	62,39
300	64,06	63,96
119	72,00	72,17

5.6 Estudos de adsorção de carvão ativado

A eficiência adsortiva do CA foi testada frente ao adsorbato azul de metileno (MB) e o íon Cd^{2+}. O fenômeno de adsorção foi ajustado nos modelos matemáticos das isotermas de

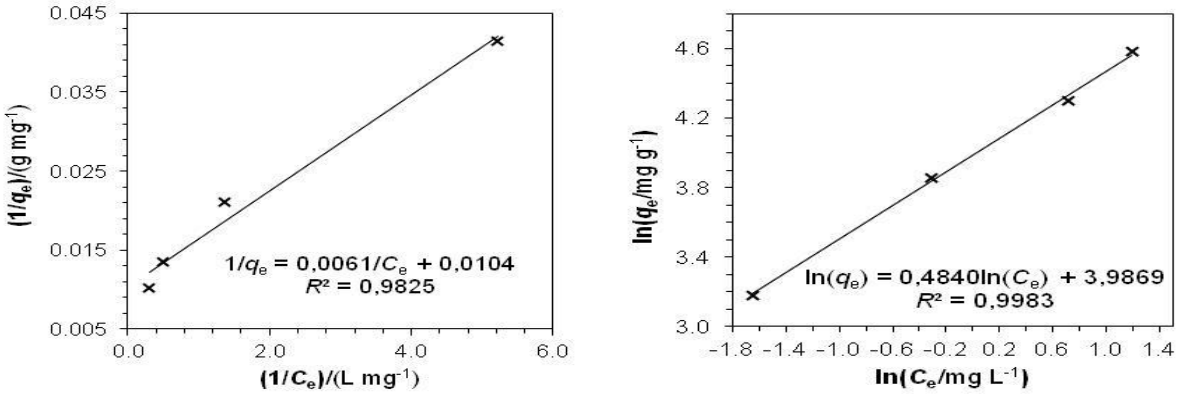
Langmuir e Freundlich, sendo que a primeira adota uma abordagem química sobre o fenômeno e, a outra, uma abordagem física sobre a adsorção.

A Figura 7 trata do comportamento adsortivo do MB ajustados nas formas linearizadas das isotermas de Langmuir e Freundlich, em que esse último mostra uma boa correlação com R^2 = 0,9934.s de e 8.



Figuras 7. Isotermas de Langmuir (esquerda) e Freundlich (direita) para a adsorção do MB frente ao CA.

A Figura 8 trata do comportamento adsortivo do Cd^{2+} ajustados nas formas linearizadas das isotermas de Langmuir e Freundlich, tendo a mesma tendência com correlação, R^2 = 0,9984, de menor diferença observada entre os modelos.



Figuras 7. Isotermas de Langmuir (esquerda) e Freundlich (direira) para a adsorção do Cd^{2+}.

A partir dos dados da Tabela 2 foi possível sugerir que, frente ao MB, o material apresentou uma resposta mais concordante com o modelo de Freundlich, indicando que a adsorção desta molécula nos poros do CA ocorrem preferencialmente por mecanismos físicos (fisissorção). Para o íon Cd^{2+}, o modelo de Freundlich também foi o que apresentou

melhor correlação, porém, apresentou uma ligeira tendência para o modelo de Langmuir, visto que o valor de n (número de camadas) apresentou maior proximidade do valor unitário, se comparado ao AM, indicando que o Cd^{2+} é adsorvido tanto química quanto fisicamente, em contribuições não muito discrepantes.

Tabela 2. Parâmetros das isotermas de Langmuir e Freundlich para adsorção em CA frente ao azul de metileno e o íon Cd^{2+}.

Adsorbato	Langmuir			Freundlich		
	K_L	$q_{máx}$	R	K_F	n	R
AM	0,2090	14,86	0,9762	3,7722	2,72	0,9967
Cd^{2+}	0,0061	95,70	0,9912	53,8886	2,07	0,9991

Os estudos de adsorção com o CF foram realizados mais ainda se faz necessário adequação do métodos de apresentar os resultados esperados e confiáveis conforme registrados em algumas literaturas.

6. CONCLUSÃO

O CA preparado a partir do resíduo de queima de óleo combustível (borra oleosa) apresentou ser um potencial precursor na produção de carvões ativados de alta eficiência adsortiva.

Nos experimentos de adsorção frente ao corante orgânico azul de metileno e ao íon Cd^{2+} foi possível perceber que o CA preparado apresentou apreciável ajuste aos modelos de Langmuir e de Freundlich, tendendo mais para este último, o que indica que o fenômeno de adsorção nos poros do material produzido ocorre preferencialmente por vias físicas, portanto, apresentando reversibilidade.

O método de preparação do compósito CA/ óxido de Fe apresentou-se bastante eficiente por meio das técnicas de caracterização empregadas (DRX, TGA/ DTG e IV-TF). Os experimentos de adsorção do compósito frente ao azul de metileno e ao íon Cd^{2+} serão realizados visando obter informações comparativas entre a eficiência adsortiva do carvão ativado e do compósito CA/ óxido de Fe.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A. R. B.; Remoção de íons metálicos em água utilizando diversos adsorventes. 91 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

BRIDGEN, K.; STRINGER, R.; LABUSKA, I.; Rio Grande do Sul, Greenpeace, 2000. Disponível em: www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/gerdau_sum_exec.pdf. Acessado em: 28 de janeiro de 2013.

BRUNO, V. R. M. Adsorção de cobre e chumbo em material particulado: efeito da matéria orgânica dissolvida. 86 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

CORNELL, R. W.; SCHWERTMANN, U. The Iron Oxides. Weinheim: VCH, 1996, p. 573.

COSTA, A. E.; Adsorção e purificação de corantes naturais com sílica amorfa. ??? f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DIAS, J. M.; ALVIM-FERRAZ, M. C. M.; ALMEIDA, M. F.; RIVERA-UTRILLA, J.; SÁNCHEZ-POLO, M. Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: A review. Journal of Environmental Management, v. 85, p. 833-846, 2007.

FUNGARO, D. A.; YAMAURA, M.; GRACIANO, J. E. A. Remoção de íons Zn^{2+}, Cd^{2+}, e Pb^{2+} de soluções aquosas usando compósito magnético de zeólita de cinzas de carvão. Química Nova, v. 33, n. 6, p. 1275-1278, 2010.

HAIMOUR, N.M.; EMEISH, S.; Utilization of data stones for production of activated carbon using phosphoric acid. Waste Management, v. 26, p. 651-660, 2006.

KIMBROUGH, D.E.; COHEN, Y.; WINER, A.M.; CREELMAN, L.; MABUNI, C.; A critical assessment of chromium in the environment. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 29, n. 1, p. 1-46, 1999.

MAGALHÃES, F.; PEREIRA, M. C.; FABRIS, J. D.; BOTTREL, S. E. C.; SANSIVIERO, M. T. C.; AMAYA, A.; TANCREDI, N.; LAGO, R. M.; Novel highly reactive and regenerable carbon/

iron composites prepared from tar and hematite for the reduction of Cr (VI) contaminant. Journal of Hazardous Materials, v. 165, p. 1016–1022, 2009.

MINDEC. Ministerial Declaration of the Fourth International Conference on the Protection of the North Sea. 8-9 June 1995, Esjberg, Denmark, 1995.

OLIVEIRA, L. C. A; RIOS, R. V. R. A.; FABRIS, J. D.; GARG, V.; SAPAG, K.; LAGO, R. M. Clay - iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water. Applied Clay Science, v. 22, p. 169 - 177, 2003.

ORTIZ, N.; Estudo da utilização de magnetita como material adsorvedor dos metais Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} e Cd^{2+} em solução. 143 f. Tese de Doutorado - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2000.

PARASKEVA, P.; GRAHAM, N. J. D.; Ozonation of municipal waste water effluents. Water Environment Research, v. 74, n. 6, p. 569-581, 2002.

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, L. C. A.; VALLONE, A.; SAPAG, K.; PEREIRA, M.; Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de $FeCl_3$ como agente ativante. Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1296-1300, 2008.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. Tradução: ALENCASTRO, R. B. Rio de Janeiro: LTC, 2007. Sétima edição.

ZAMBON, G. A.; Remoção de chumbo (Pb^{2+}) utilizando zeólita natural clinoptilolita. 98 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Nº	Descrição	Ago 2012	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2013	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Levantamento bibliográfico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Síntese e caracterização de óxidos de ferro							X	X				
3	Preparação e caracterização dos compósitos ferritas/ carbono											X	X
4	Determinação das propriedades físico-químicas							X	X				
5	Caracterização química dos materiais							X	X	X	X		
6	Estudo das isotermas de adsorção de Cd^{2+} e AM em ambientes aquosos											X	X
7	Elaboração do Resumo e Relatório Final												X
8	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												X