



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE APOIO A PESQUISA

APLICAÇÃO DA ESCOLECITA (ZEÓLITA NATURAL)
MODIFICADA NA REMOÇÃO DE Ni^{2+} DE AMBIENTE AQUOSO
POR PROCESSO DE ADSORÇÃO

ROSANE DOS SANTOS BINDÁ

Bolsista CNPq

MANAUS-AM

Julho/2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE APOIO A PESQUISA

RELATÓRIO FINAL
PIB-E/109/2013

APLICAÇÃO DA ESCOLECITA (ZEÓLITA NATURAL)
MODIFICADA NA REMOÇÃO DE Ni^{2+} DE AMBIENTE AQUOSO
POR PROCESSO DE ADSORÇÃO

ROSANE DOS SANTOS BINDÁ
Bolsista CNPq

Prof. Dr. PAULO ROGÉRIO DA COSTA COUCERIRO
Orientador

MANAUS-AM
Julho/2013

Todos os direitos deste relatório são reservados à Universidade Federal do Amazonas, ao Grupo de Pesquisa em Química Analítica de Produtos e Recursos Naturais e aos seus autores. Parte deste relatório só poderá ser reproduzida para fins acadêmicos ou científicos.

Esta pesquisa, financiada pelo Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal do Amazonas, foi desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa em Química Analítica de Produtos e Recursos Naturais e se caracteriza como projeto da linha de pesquisa Caracterização de geomateriais por métodos espectroscópicos de Raios X e Mössbauer.

RESUMO

Efluentes aquosos industriais são a principal causa de contaminação das águas com metais pesados. Diante de uma legislação cada vez mais rígida para o descarte desses metais, o desenvolvimento de procedimentos eficientes para o tratamento de efluentes contendo metais pesados torna-se de grande interesse, uma vez que esses metais são bioacumulativos no organismo podendo causar sérios problemas. Os resíduos contendo cádmio, cromo, manganês e níquel possuem alto poder de contaminação e, com facilidade, atingem os lençóis freáticos ou mesmo reservatórios e rios, os quais são as fontes de abastecimento de água das cidades. Visando à redução do impacto ambiental causado com o descarte de efluentes contaminados com metais pesados, métodos alternativos de baixo custo no tratamento de águas e despejos têm sido desenvolvidos como, por exemplo, a eletrodialise, a osmose reversa, a ultrafiltração, a adsorção em materiais naturais, a promoverem a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos e resinas de troca iônica. Diante disso escolheu-se para este estudo a escolécita (zeólita natural), fórmula química $\text{Na}_{0,3}\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, que tem sido aplicada na retenção de cátions de elementos traços, que comumente são encontrados nos efluentes gerados por vários segmentos industriais. Dessa forma, o presente trabalho promoveu a troca catiônica do íon Na^+ presente na escolécita por íon Ca^{2+} , com a finalidade de potencializar o seu efeito adsorptivo, foram realizadas caracterizações físicas e químicas: difração de raios X (DRX), Infravermelho com Transformada de Fourier (IV-FT) e teste de adsorção. A amostra da Escolécita *in natura* recebeu a sigla SC-Ca/NAT, depois da troca catiônica realizada por processo gravimétrico e processo de agitação mecânica, receberam as siglas SC-Na/PG e SC-Na/PAM respectivamente. De acordo com os resultados obtidos pela DRX os padrões gráficos comparados com base de dados da IZA (2014) pode-se dizer que são semelhantes do mineral Escolécita. Os espectros do IV-FT mostram que não há diferença significativa das amostras de escolécita, pois os mesmos grupos funcionais se apresentam na SC-Ca/NAT, SC-Na/PG e SC-Na/PAM. O resultado do teste de adsorção da amostra SC-Ca/NAT frente ao MB apresentou maior capacidade de adsorção em comparação com as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM. Os dados de adsorção da amostra SC-Ca/NAT foi melhor ajustada com o modelo de isoterma de Freundlich, enquanto que as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM se ajustaram melhor ao modelo de Langmuir.

ABSTRACT

Industrial wastewater are the primary cause of water contamination with heavy metals. Front of an increasingly rigid regulations for disposal of these metals, the development of efficient procedures for the treatment of effluents containing heavy metals becomes of great interest, since these metals are accumulative in the body and can cause serious problems. Residues containing cadmium, chromium, manganese and nickel have highly polluting and easily reach groundwater or even reservoirs and rivers, which are the sources of water supply of cities. In order to reduce the environmental impact of disposal of effluents contaminated with heavy metals, low cost alternative methods in water treatment and evictions have been developed, eg, electrodialysis, reverse osmosis, ultrafiltration, adsorption materials natural, to promote selective and reversible retention of metal ions and ion exchange resins. Therefore it was chosen for this study scolecite (natural zeolite), chemical formula $\text{Na}_{0,3}\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, which has been applied in the retention of cations of trace elements, which are commonly found in effluents generated by various industrial segments. Thus, this study promoted the cation exchange of Na^+ ion present in scolecite by ion Ca^{2+} , in order to enhance their adsorptive effect, physical and chemical characterizations were performed: X-ray diffraction (XRD), Infrared ray Fourier Transform (FT-IR) and adsorption test. The sample scolecite in natura received the acronym SC-Ca/NAT after the cation exchange process performed by gravimetric and mechanical stirring, and received the SC-Na/PG SC-Na/PAM acronyms respectively. According to the results obtained by XRD graphs patterns compared with the database of the IZA (2014) can be said that are similar to the mineral scolecite. The FT-IR spectra show no significant difference from samples scolecite, as these functional groups present in SC-Ca/NAT, SC-Na/PG and SC-Na/PAM. The results of the adsorption test sample SC-Ca/NAT front MB showed higher adsorption capacity as compared with the samples and SC-Na/PG SC-Na/PAM. Adsorption data SC-Ca/NAT sample were adjusted to the Freundlich isotherm model, while SC-Na/PG and SC-Na/PAM samples were best fitted to the Langmuir model.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3. METODOLOGIA	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÃO	17
6. AGRADECIMENTOS	18
7. REFERÊNCIAS	19
8. CRONOGRAMA	21

1. INTRODUÇÃO

Apesar da grande contribuição ao desenvolvimento industrial, os metais são também responsáveis por sérios problemas de poluição quando lançados em grande quantidade ao meio ambiente (BISNOT e JARDIM, 2004; COTTA *et al.*, 2006). A contaminação da água é comumente provocada pela atividade antropogênica, sendo as indústrias as principais fontes de contaminação por metais traços nos cursos dos rios que recebem os seus efluentes (ROBAINA *et al.*, 2002; GUEDES *et al.*, 2005).

Muitos esforços têm sido dedicados com o objetivo de aperfeiçoar ou desenvolver novas técnicas para a prevenção e o controle das poluições visando à purificação e o reuso da água (FATIN-ROUGE *et al.*, 2006). O custo dos métodos convencionais de tratamentos de efluentes associado às exigências da política ambiental atual vem incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de métodos alternativos que garantam eficiência e baixo custo. Exemplo disso é o uso de materiais adsorventes naturais e sintéticos que promovem a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos (JIMENEZ *et al.*, 2004; CHUI, 2005; FUNGARO e IZIDORO, 2006).

Dentre esses materiais destacam-se as zeólitas, que englobam um grande número de minerais naturais e sintéticos com características comuns. As zeólitas são aluminossilicatos cristalinos, hidratados, de cátions alcalinos e alcalinos terrosos que possuem uma estrutura tridimensional (tectossilicatos). Elas apresentam canais e cavidades, cujas aberturas variam de uma zeólita para outra. Por isso, são caracterizados por sua habilidade de se hidratar e desidratar reversivelmente e por trocar cátions, sem que haja mudanças da sua estrutura principal. Devido as suas propriedades físico-químicas, esses minerais garantem algumas vantagens tais como baixa geração de resíduos, fácil recuperação dos íons metálicos e possibilidade de reutilização do adsorvente.

Os metais traços podem ser imobilizados pelas zeólitas por dois mecanismos: adsorção química e, principalmente, troca iônica. A capacidade de adsorção das zeólitas depende do seu volume poroso e do diâmetro dos poros, por isso são também chamadas de peneiras moleculares. A capacidade de adsorção também depende da natureza, composição química, pH e temperatura da solução, e das características dos cátions trocáveis (CORREIA *et al.*, 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como principal proposta promover a troca catiônica do íon Ca^{2+} presente na escolécita por íon Na^+ , com a finalidade de potencializar o efeito adsorptivo a ser testado em solução aquosa contendo íon Ni^{2+} , contaminante comumente encontrado em ambiente aquático devido ao descarte de baterias de equipamentos eletrônicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo COTTA (2006) e colaboradores os metais, especialmente metais traços estão entre os contaminantes ambientais mais comuns e seu comportamento em diversos compartimentos ambientais merece destaque, principalmente por serem não degradáveis, permanecendo por longos períodos no ambiente, principalmente nos sedimentos e, portanto, representam potencial ameaça à biodiversidade bem como aos ecossistemas. Contudo, as atividades antrópicas figuram no rol das mais importantes emissões através das atividades industriais, mineração, efluentes domésticos, águas superficiais provenientes de áreas cultivadas com adubos químicos e principalmente, daquelas onde são usados defensivos agrícolas (ZHENLI *et al.*, 2005).

Os sintomas causados pelos metais traços são dependentes da natureza do elemento e a intoxicação causada por estes metais provoca um conjunto específico de sintomas e um quadro clínico próprio. Isso se deve a ocorrência de dois principais mecanismos de reação: formação de complexos com os grupos funcionais das enzimas, o que prejudica o perfeito funcionamento do organismo, e a combinação com as membranas celulares e que perturba ou em alguns casos mais drásticos impede completamente o transporte de substâncias essenciais (GOLDHABER, 2003).

Diante de uma política ambiental cada vez mais exigente, na qual se tem buscado o estabelecimento de padrões de concentração cada vez menores para os poluentes presentes nos efluentes, as indústrias têm sido levadas a ajustar ou adequar os processos existentes, por meio da adoção de procedimentos que visam a menor geração ou maior nível de remoção de elementos tóxicos dos efluentes industriais. Como a recuperação de íons metálicos a partir de soluções diluídas utilizando métodos clássicos é ineficiente e levando-se em consideração a política ambiental atual, métodos alternativos vêm sendo investigados como, por exemplo, a eletrodiálise, a osmose reversa, a ultrafiltração e a adsorção em materiais naturais, que promovam a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos.

Dentre os materiais naturais passíveis de utilização, as zeólitas vêm merecendo atenção devido ao seu reduzido custo e simplicidade no processo (AHSAN, *et. al.*, 2001). As zeólitas constituem um grupo que vem sendo alvo de pesquisas, principalmente as do tipo clinoptilolita (PARK *et al.*, 2002; WOINARSKI *et al.*, 2003; WOINARSKI *et al.*, 2006). A elevada capacidade de troca catiônica e o alto poder de adsorção habilitam as zeólitas, dentre outros usos, para recuperação de áreas afetadas por contaminação de metais traços (MONTE e RESENDE, 2005). Além do

mais, esses minerais são abundantes na natureza e apresentam um baixo custo se comparado a outros materiais comumente utilizados em barreiras reativas.

A escolécita se caracteriza por ser uma zeólita microporosa, cujas dimensões dos canais são de 2,6 x 3,9 (DAL BOSCO et al., 2004) e que ocorre na Província Ígnea Continental do Paraná, associada às porções superiores dos derrames basálticos. Dos nove tipos de zeólitas encontradas no sul do Brasil (Bacia do Paraná), a escolécita é a segunda em abundância (MURATA et al., 1987). Apresenta a fórmula química $\text{Na}_{0,3} \text{Ca}_{1,0} \text{Al}_{2,0} \text{Si}_{3,0} \text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (composição 5.32% Na_2O , 9.63% CaO , 26.26% Al_2O_3 , 46.42% SiO_2 , 12.37% H_2O) (DAL BOSCO et al., 2004), apesar de ser encontrada com formulação $\text{CaAl}_2 \text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (BOSSO et al., 2002). Segundo DAL BOSCO et al. (2004), a escolécita apresentou uma elevada eficiência de adsorção dos cátions de metais traços Mn(II), Cd(II) Ni(II) e Cr(III).

3. METODOLOGIA

Matéria-Prima - A amostra de escolecita foi coletada na localidade de Arroio da Bica, no município de Nova Hartz/RS (coordenadas geográficas: 50° 56' 01" O e 29° 34' 55" S). A amostra (~1,38 kg) foi desagregada e separada manualmente (305 g de fragmentos cristalinos de escolecita). Esse material foi lavado e seco a temperatura ambiente, em seguida foi pulverizado em moinho (SC-Ca/NAT).

Troca Catiônica - a amostra de escolecita foi submetida ao procedimento de troca catiônica do Ca^{2+} pelo Na^+ visando aumentar a capacidade adsorptiva, sendo (i) processo gravimétrico mediante a passagem gravimetricamente de solução de Na^+ 2,0 mol L^{-1} pela amostra empacotada (50,0 g) em uma coluna de vidro (SC-Na/PG) e (ii) processo de agitação mecânica (BOSSO e ENZWEILER, 2001) de uma de solução de Na^+ 2,0 mol L^{-1} contendo 50,0 g de SC-Ca/NAT por 24 h (SC-Na/PAM).

Caracterização Física – consistiu das seguintes técnicas analíticas: (i) Perda de H_2O de constituição pelo gravimétrico em que uma quantidade de massa (~1 g) da amostra foi submetida a aquecimento em mufla até 400 °C por 24 h; (ii) Difractometria de Raios X (DRX, método do pó) - os dados de DRX foram obtidos em um difratômetro Shimadzu (modelo XRD-6000) com fonte de radiação de $\text{CuK}\alpha = 0,15418$ nm, corrente de 30 mA e tensão de 40 KV, em velocidade de varredura $0,02^\circ \text{min}^{-1}$ no intervalo de 5 a $80^\circ/2\theta$; e (iii) espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (IV-TF) – os espectros IV-TF foram obtidos pelo modo de transmissão em um espectrômetro Shimadzu (modelo Iranffinity-1), com 32 varreduras na faixa de 4000 a 400 cm^{-1} e resolução de 2 cm^{-1} . A amostra foi misturada com KBr na proporção 1:100 e prensada em disco.

Teste de Adsorção

- *Azul de Metileno (MB)* – (i) curva de calibração – preparação de soluções até concentração de 10 ppm de MB, a partir da solução estoque de 1.000 ppm, alíquota de 2 mL de cada solução foi transferida para cubeta e quantificação da concentração de MB final; (ii) tempo de saturação – consistiu da quantificação de concentração da solução de MB em função da variação do tempo, nesse caso o tempo máximo de 24 h. 100 mL de solução de 8 ppm de MB com 0,10 g de SC-Ca/NAT sob agitação por tempo determinado, em seguida alíquota de 2 mL de cada solução foi transferida para cubeta e quantificação da concentração de MB final; (iii) teste de adsorção – consistiu da quantificação da concentração da solução de MB em função da variação da concentração inicial de MB por 2 h sob agitação. 25 mL de soluções de até 70 ppm de MB com 0,10 g permaneceu sob agitação por 2 h, em seguida alíquota de 2 mL de

cada solução foi transferida para cubeta e quantificação da concentração de MB final. A quantificação da concentração de MB foi feita o auxílio de um espectrofotômetro Thermo Fisher Scientific (modelo GIOS UV-VIS) no comprimento de onda de maior intensidade de 665 nm.

- *Metal traço Ni²⁺* - (i) padronização do Ni²⁺ foi feita pelo método gravimétrico mediante complexação pelo dimetilglioxima (DMG) (VOGEL, 2002). (ii) curva de calibração – preparação de soluções até concentração de 10 ppm de Ni²⁺, a partir da solução estoque de 1.000 ppm, com pH 10 ajustado. A 1 mL de cada solução foi adicionado 1 mL de DMG 0,1 % e deixado em repouso por 10 min, essa mistura foi transferida para cubeta e feita quantificação da concentração de Ni²⁺ final; (iii) teste de adsorção – consistirá da quantificação da concentração da solução de MB em função da variação da concentração inicial de Ni²⁺ por 24 h sob agitação. 100 mL de soluções de até 10 ppm de Ni²⁺ com 0,25 g permanecerá sob agitação por 2 h, em seguida alíquota de 2 mL de cada solução será transferida para cubeta e será feita a quantificação da concentração de Ni²⁺ final. Para esses ensaios também será empregado equipamento no teste de adsorção de MB no texto anterior. Oportunamente, informo que tais testes estão em fases de adequação do método visando atingir melhores resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra coletada apresentou aspecto rochoso e fibroso, de tamanhos muito irregulares e de cores variando do branco a cinza escuro (Figura 1).

A fração de escolecita natural (SC-Ca/NAT; Figura 1) foi obtida após a desagregação, separação manual e lavagem de fragmentos cristalinos da amostra bruta, seguida de pulverização em moinho de disco.

Segundo PABALAN e BERTETTI (2001), o tratamento com NaCl aumenta a capacidade de troca catiônica, uma vez que o cátion Na^+ é mais facilmente removido dos canais da zeólita que outros cátions, como Ca^{2+} , e promove ainda, a remoção de impurezas de possíveis poros bloqueados. A troca catiônica da SC-Ca/NAT foi feita pelo processo gravimétrico (SC-Na/PG; Figura 1) e processo de agitação mecânica (SC-Na/PAM; Figura 1), respectivamente.

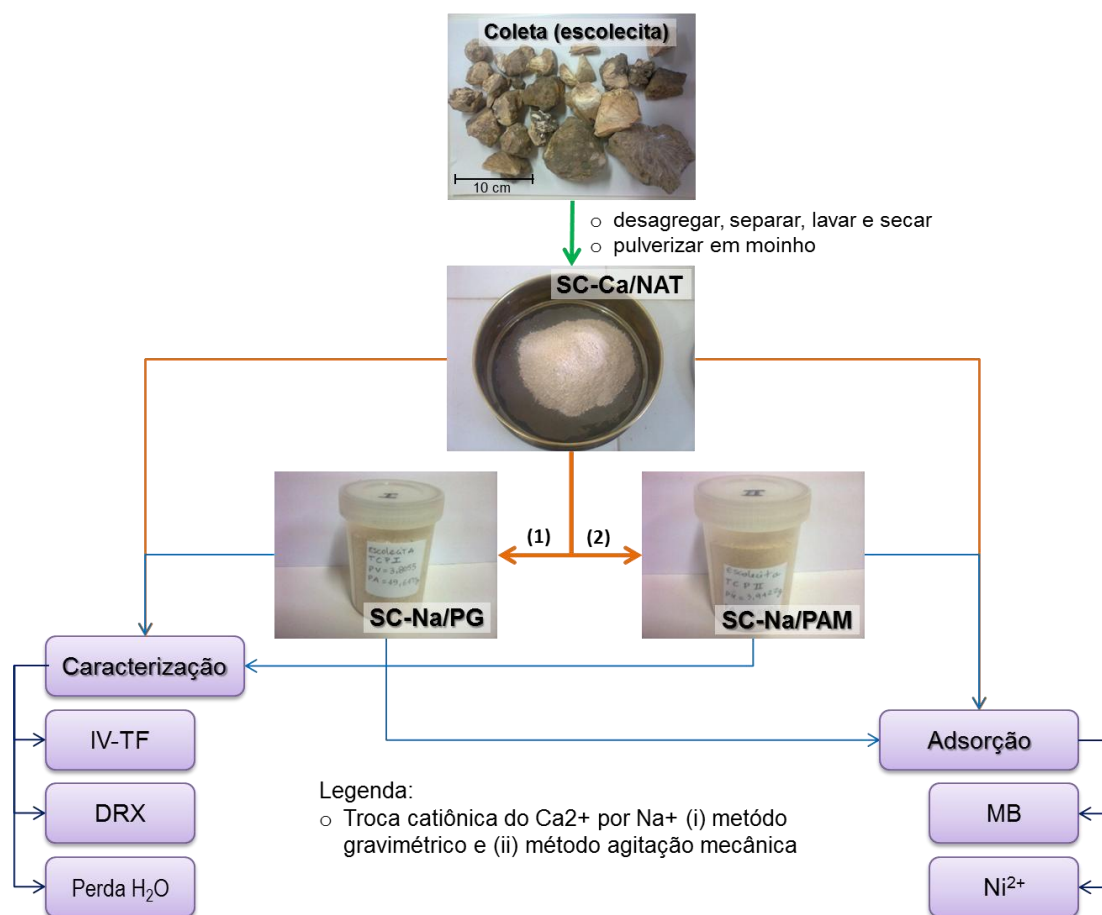


Figura 1. Esquema analítico do desenvolvimento metodológico.

O teor de perda de H_2O para a amostra SC-Ca/NAT foi de 10,9(1) %, mais para uma amostra estequiométrica de escolecita, fórmula ideal $\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 3(\text{H}_2\text{O})$ e massa molar $392,3 \text{ g mol}^{-1}$, é esperado 13,8 %, esse resultado sugere que essa amostra apresenta grau de impureza em torno de 19,3%. Resultado semelhante, também foi

observado para as amostras SC-Na/PG (10,6 % de H₂O) e SC-Na/PAM (10,3 % de H₂O), respectivamente.

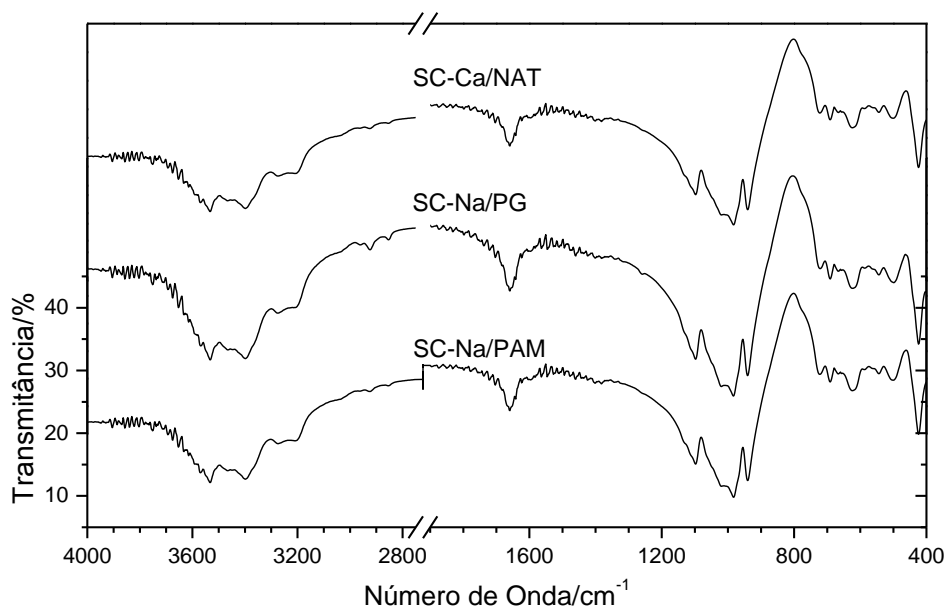


Figura 2. Espectros de absorção de IV-FT das amostras SC-Na/NAT, SC-Na/PGR e SC-Na/PAM.

A Figura 2 mostra os espectros no infravermelho das amostras de esolecita natural e substituídas, em que os perfis gráficos dos espectros são muito semelhantes. As bandas em 3534, 3467, 3399, 3274 e 3207 e 3532 cm⁻¹ são típicas de vibração simétrica e assimétrica de grupos O-H interno e externo a rede cristalina da esolecita, em 1100, 984 e 939 são bandas de vibrações de Si-O e Si-O-Si, e as demais em 692, 622, 502 e 424 são de vibrações de Al-O, Al-O-Si e Al-O-Al, respectivamente.

Entretanto, os difratogramas dessas amostras (Figura 3), também mostraram padrões gráficos muito semelhantes entre si. Os resultados de DRX foram comparados com a base de dados da IZA (2014) confirmando a ocorrência de fase do mineral Esolecita (SC). Algumas reflexões alternaram em intensidades, isso pode ser devido a fatores de espalhamentos da radiação do Na⁺ e Ca²⁺ ou de cuidado durante a preparação das amostras. Também, foi observado a ocorrência de algumas reflexões desconhecidas, ou melhor, outra fase mineral desconhecida, desta forma sugere que a amostra não apresenta um elevado grau de pureza.

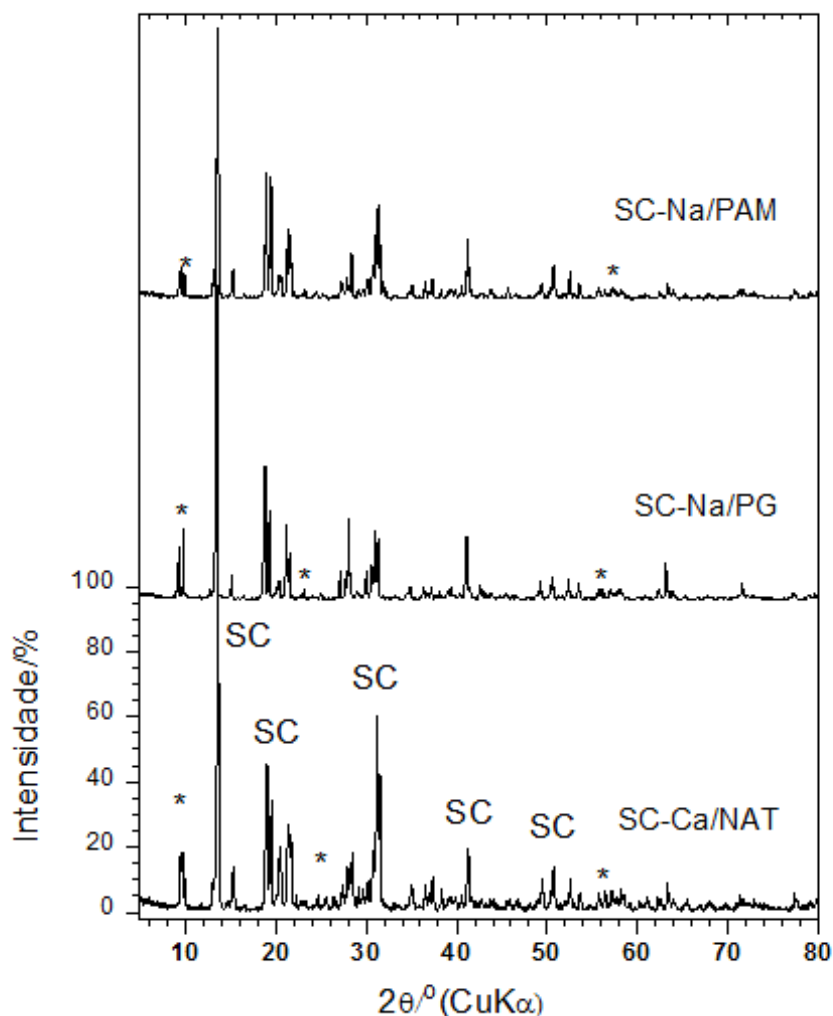


Figura 3. Difrátogramas de raios X das amostras de Escolecita: SC-Na/NAT (amostra in natura); SC-Na/PGR (troca catiônica por gravimetria) e SC-Na/PAM (troca catiônica por agitação). As intensidades destacadas com * são referentes a uma amostra desconhecida.

Para os estudos de adsorção, primeiramente foi realizado os testes de absorção do corante azul de metileno (MB), para em seguida fazer os testes com o Ni^{2+} em meio aquoso. Para o MB, foi verificado que duas horas é o tempo necessário para se atingir a capacidade máxima de adsorção a temperatura ambiente pelos materiais objeto de estudo.

A Figura 4 mostra o resultado dos testes de adsorção do MB pelos materiais, bem como as curvas ajustadas pelos modelos de Langmuir e Freundlich, observa-se que a amostra SC-Ca/NAT apresentou maior adsorção em comparação com a SC-Na/PG e SC-Na/PAM, onde a adsorção máxima atingida foi de $4,6 \text{ mg g}^{-1}$, enquanto que as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM, tiveram valores de $3,3$ e $3,7 \text{ mg g}^{-1}$, respectivamente ().

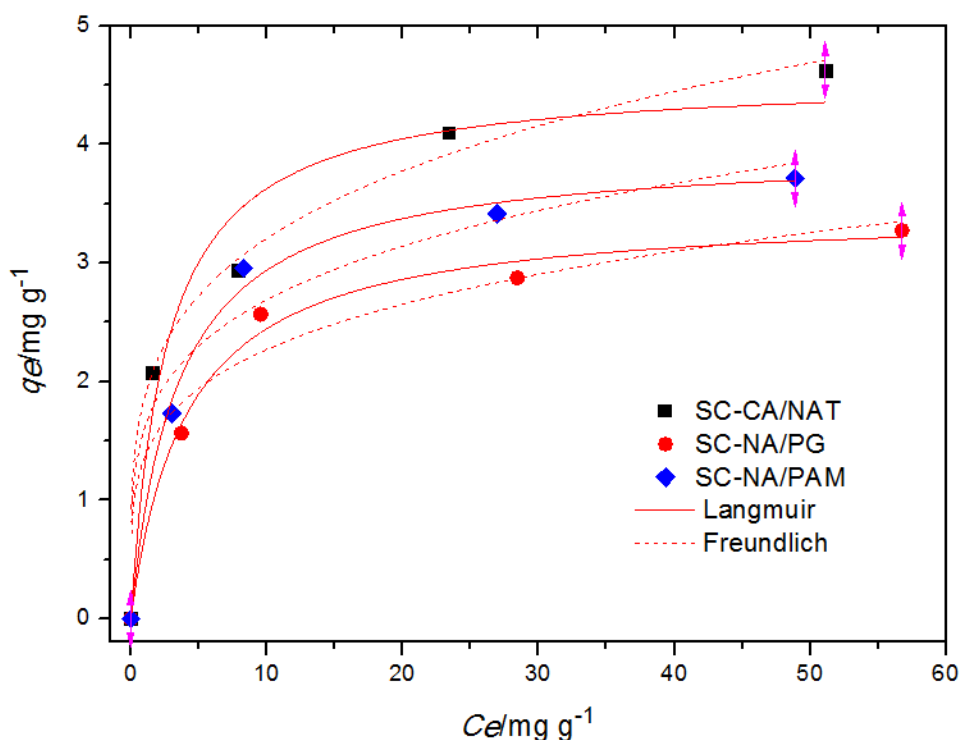


Figura 4. Isotermas de adsorção do corante Azul de metileno nas zeólitas SC-Ca/NAT, SC-Na/PG e SC-Na/PAM.

O aumento na capacidade de adsorção pode ser atribuído a um aumento na área específica da superfície e um aumento no volume dos poros, pois a adsorção de moléculas de corantes é limitada em poros mais estreitos, devido a suas grandes estruturas moleculares, portanto, a presença de áreas de superfície e poros mais amplos sempre resulta em uma melhor capacidade de adsorção de corantes.(VALIX, *et al.*, 2006 e GIL *et al.*, 2011).

Tabela 1. Parâmetros dos modelos das isotermas de Langmuir e Freundlich para as zeólitas SC-Ca/NAT, SC-Na/PG e SC-Na/PAM.

Adsorventes	Isoterma de Langmuir			Isoterma de Freundlich		
	$q_m/mg\ g^{-1}$	k_L	R^2	$K_f/mg\ g^{-1}$	n	R^2
SC-Ca/NAT	4,58	0,3827	0,831	1,8643	4,24	0,981
SC-Na/PG	3,96	0,2879	0,969	1,6038	4,45	0,826
SC-Na/PAM	3,45	0,2438	0,950	1,3560	4,46	0,836

Os dados experimentais da amostra SC-Ca/NAT ajustaram-se melhor ao modelo da isoterma de Freundlich, onde o valor do coeficiente de correlação da reta foi 0,981, nesse modelo a adsorção ocorre na formação de multicamadas. Enquanto que as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM melhor ajustaram-se ao modelo da isoterma de Langmuir, onde a adsorção máxima ocorre em monocamada.

Os preliminares testes de adsorção do Ni^{2+} pelos materiais ainda não foram satisfatórios, estamos buscando atingir uma metodologia alternativa em virtude da disponibilidade do reagente e a parte de instrumental, ou melhor, adequar o método de espectrofotometria no UV-vis.

5. CONCLUSÃO

O teor de perda de H₂O de 10,9(1) % para SC-Ca/NAT foi, foi menor comparada com uma esolecita estequiométrica (13,8 %), esse valor que o mineral tem grau de pureza aproximadamente 80 %.

Os resultados obtidos pelo DRX e IV-TF mostram que não há diferença significativa entre as amostras de esolecita natural (SC-Ca/NAT) e modificada (SC-Na/PG e SC-Na/PAM), respectivamente.

O resultado do teste de adsorção da amostra SC-Ca/NAT frente ao MB apresentou maior capacidade de adsorção em comparação com as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM. Os dados de adsorção da amostra SC-Ca/NAT foi melhor ajustada com o modelo de isoterma de Freundlich, enquanto que as amostras SC-Na/PG e SC-Na/PAM se ajustaram melhor ao modelo de Langmuir.

6. AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPq pela bolsa de IC. e a UFAM pela infraestrutura para realização do trabalho em tela.

7. REFERÊNCIAS

- AHSAN, S.; KANECO, S.; OHTA, K.; MIZUNO, T.; KANI, K.; Investigation of ammonia removal from polluted waters by Clinoptilolite zeolite; *Water Reseach*. v. 35, p. 3738, 2001.
- BISNOT, M. C.; JARDIM, W. F.; O emprego de técnicas analíticas na especiação de metais pesados e sua importância para o estudo de ambiente. *Caderno temático*, v. 2, UNICAMP, Campinas, 2004.
- BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J.; Evaluation of heavy metal removal from aqueous solution onto scolecite. *Water Research*, v. 36, n. 19, p. 4795-4800, 2002.
- CHUI, Q. S. H.; Uso de vermiculita massapé paulistana como adsorvente de metais. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 58-63, 2005.
- CORREIA, T. A.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A. D. E.; MIQUELLUTI, D. J.; SOUZA, M. C. DE; Zeólitas como materiais alternativos para remoção de Zn^{+2} de soluções Aquosas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. Lages, v. 9, n. 2, p. 187-194, 2010.
- CORREIA, T. A.; CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A. DE.; MIQUELLUTI, D. J.; SOUZA M. C.; Caracterização de zeólitas do Município de Urupema, SC, e sua capacidade de remoção de Cu^{+2} de soluções aquosas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. Lages, v. 9, n.1, p.29-38, 2010.
- COTTA, J. A. O.; Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, São Paulo, Brasil. *Química Nova*, v. . 29, n. 1, p. 40-45, 2006.
- DAL BOSCO, S. M; JIMÉNEZ, R. S.; CARVALHO, W. A.; Aplicação da zeólita natural escolécita na remoção de metais pesados de efluentes industriais: competição entre os cátions e processos de dessorção. *Eclética Química*, v. 29, n. 1, p. 47-56, 2004.
- FATIN-ROUGE, N.; DUPONT, A.; VIDONNE, A.; DEJEU, J.; FIEVET, P.; FOISSY, A. Removal of some divalent cations from water by membrane-filtration assisted with alginate. *Water Research*, v. 40, p. 1303-1309, 2006.
- FUNGARO D. A.; IZIDORO, J. C. DE.; Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 735-740, 2006.
- GIL, A.; ASSIS, F.C.C.; ALBENIZ, S.; KORILI, S.A.; Removal of dyes from wastewaters by adsorption on pillared clays. *Chemical Engineering Journal*, v. °168, n. °3, p. °1032-1040, 2011.

GOLDHABER, S. B.; Trace element risk assessment: essentiality vs toxicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 328, p. 232-242, 2003.

GUEDES, J. A.; LIMA, R. F. S.; SOUZA, L. C.; Metais pesados em água do rio Jundiá – Macaíba/RN. *Revista de Geologia, São Paulo*, v. 18, p. 131-142, 2005.

IZA - International Zeolite Association. Base de dados do site: <http://izasc.ethz.ch/cgi-bin/collection2.py> . Acessado em 14 de julho de 2014.

JIMENEZ, R. S.; DAL BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A.; Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolécita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. *Química Nova*, v 27, n. 5, p. 734-738, 2004.

MURATA, K. J.; FORMOSO, M. L. L.; ROISENBERG, A.; Distribution of zeolites in lavas of southeastern Parana basin, state of Rio Grande do Sul, Brasil, *The Journal of Geology*, v. 95, n. 4, p. 455-467, 1987.

PARK, J. B.; LEE, S. H.; LEE, J. W.; LEE, C. Y.; Lab scale experiments for permeable reactive barriers against contaminated groundwater with ammonium and heavy metals using clinoptilolite (01-29B). *Journal of Hazardous Materials*, v. 95, n. 1-2, p. 65-79, 2002.

ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A. F.; Metais pesados nos sedimentos de corrente , como indicadores de risco ambiental – Vale do Rio dos Sinos, RS. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, p. 35-47, 2002.

VALIX, M; CHEUNG, W. H; MCKAY, G. Roles of the textural and surface chemical properties of activated carbon in the adsorption of acid blue dye. *Langmuir*. v. °20, p. °4574-4582, 2006.

WOINARSKI, A. Z.; SNAPEB, I.; STEVENSA, G.W.; STARKB, S. C.; The effects of cold temperature on copper ion exchange by natural zeolite for use in a permeable reactive barrier in Antarctica”. *Cold Regions Science and Technology*, v. 37, n. 2, p. 159-168, 2003.

WOINARSKI, A. Z.; STEVENS, G. W.; SNAPE, I.; A natural zeolite permeable reactive barrier to treat heavy-metal contaminated waters in Antarctica: Kinetic and fixed-bed studies. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 84, n. 2, p. 109-116, 2006.

ZHENLI, L. H.; XIAOE, E.; YANG, P. J. S. J.; Trace Elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. v. 19, n. 2-3, p. 125-140, 2005.

8. CRONOGRAMA

Nº	Descrição	2013					2014						
		08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
1	Revisão Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	Aquisição e preparação da matéria-prima (MP)	■	■										
3	Troca catiônica do Na ⁺ por Ca ²⁺ na MP		■	■	■								
4	Caracterização das MP's - BET				■	■							
5	Caracterização das MP's - IV-FT					■	■						
6	Caracterização das MP's - DRX						■	■					
8	Elaboração do relatório parcial						■						
9	Testes de adsorção com Azul de Metileno							■	■	■			
10	Testes de adsorção com Ni ²⁺								■	■	■		
11	Ajuste dos modelos de L-F								■	■	■		
12	Análise dos resultados										■	■	
13	Preparação do relatório final											■	■

Legenda:



Realizado



Parcialmente realizado



Não realizado