

## PRODUÇÃO DE MATERIAL ANTIMICROBIANO A PARTIR DE ZEÓLITA 4A

W. A. Cardoso<sup>1</sup>; C. R. Melo<sup>2</sup>; Ev. Angioletto<sup>3</sup>; A. S. Serafim<sup>1</sup>; C. T. Pich<sup>3</sup>; E. Mendes<sup>1</sup>;  
E. Angioletto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Extremo Sul Catarinense; <sup>2</sup> Faculdade SATC; <sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina.

Rua Primeiro de Maio 130 CEP88850-000 Forquilha, SC Brasil  
wyllyan\_ac@hotmail.com

### RESUMO

*O desenvolvimento de materiais antimicrobianos e sua caracterização apresenta-se de fundamental importância para a saúde das populações, tendo em vista a constante mutação que os microrganismos apresentam e o aspecto de resistência que surgem com a constante utilização. Neste contexto, as zeólitas apresentam uma característica indispensável para materiais antimicrobianos que utilizam o efeito oligodinâmico, que é a facilidade de trocar íons. Os íons metálicos quando adsorvidos em quantidade superior a necessária para o metabolismo celular, passa a ser tóxico. Diversos íons metálicos apresentam essas características, entre eles o  $Cu^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Ce^{++}$ . Neste trabalho sintetizou-se e testou-se a troca das zeólitas 4A com o  $Cu^{++}$ ,  $Zn^{++}$  e  $La^{++}$ . Os microrganismos utilizados no teste foram *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *P. aeruginosa*. Os resultados obtidos demonstraram que os íons metálicos funcionam de forma seletiva para os microrganismos testados.*

Palavras Chave: Antimicrobiano, Zeólita, Troca Iônica, Efeito Oligodinâmico.

### INTRODUÇÃO

Microrganismos patógenos preocupam autoridades do mundo todo, pois são encontrados com relativa facilidade em diversas áreas, como hospitalares, odontológicas, de alimentos, medicamentos, implantes, entre outros. Estes microrganismos são principalmente bactérias, vírus, fungos e protozoários, que são encontrados em toda parte, no ar, solo e na água. As infecções são ocasionadas principalmente, por tocar, comer, beber ou respirar algo que contenha microrganismos, e matam muitas pessoas todos os anos. Um dos principais focos

de infecções são os hospitais, e importantes esforços estão sendo realizados para contorná-las nesses ambientes. No Brasil, há um programa específico de controle de infecção hospitalar que vem sendo desenvolvido há alguns anos, o “Programa Nacional de Controle de Infecção Hospitalar” (PCIH). Assim, o tema controle de infecções possui um importante apelo técnico científico e nesse contexto ocorre o uso dos materiais antimicrobianos.

Materiais com propriedades antimicrobianas tem sido desenvolvidos nos últimos anos por diversas vias e utilizando diferentes mecanismos de ação<sup>(1-3)</sup>. Entre os mecanismos mais utilizados está o efeito oligodinâmico, que é o controle de crescimento dos microrganismos com o uso de metais pesados<sup>(4,5)</sup>.

Podemos apontar como particularmente problemáticos os microrganismos multi resistentes (multi-R), como o MRSA – *Staphylococcus aureus* metacilina resistentes e o VRE - *Enterococcus* vancomicina resistentes que de forma rápida transformam seus genes, dificultando a sua eliminação<sup>(6)</sup>.

Por outro lado, as infecções fúngicas em seres humanos podem causar uma gama de infecções superficiais leves, tais como pé de atleta, candidíase ou ainda infecções mais graves que podem conduzir o indivíduo a morte<sup>(7,8)</sup>.

Em resumo, a utilização de materiais antimicrobianos focados no efeito oligodinâmico vão ajudar a mitigar, combater ou ainda erradicar estas infecções, o que se traduz em aumento de qualidade de vida.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Preparação dos princípios antimicrobianos

Como material base se utilizou em cada formulação 100g de zeólitas do tipo 4A que foram sintetizadas pelos autores em outro trabalho<sup>(9)</sup>. Com base na literatura, escolheu-se alguns metais que já foram utilizados com a finalidade de sintetizar materiais antimicrobianos<sup>(10-13)</sup>. Para cada íon testado Cu, Zn e La estabeleceu-se como limite para o metal de troca o percentual de óxido de sódio presente na zeólita, que é de 24%. Utilizou-se o nitrato de sódio como veículo e então realizou-se as formulações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das misturas utilizadas para realizar a troca iônica das amostras.

Princípio Ativo Cu	Massa (g)	Princípio Ativo Zn	Massa (g)	Princípio Ativo La	Massa (g)
CuCl <sub>2</sub>	35	ZnCl <sub>2</sub>	30	LaCl <sub>3</sub>	53
Zeólita	100	Zeólita	100	Zeólita	100
NaNO <sub>3</sub>	70	NaNO <sub>3</sub>	70	NaNO <sub>3</sub>	70

Cada mistura foi homogeneizada e levada ao forno mufla e submetida a tratamento térmico a 330°C por duas horas. Posteriormente as misturas foram retiradas e lavadas com água deionizada. Após encaminhou-se as amostras para a caracterização físico-química e microbiológica.

#### Técnicas utilizadas na caracterização zeólita sintetizada e das zeólitas trocadas com íons metálicos

As técnicas utilizadas na caracterização da zeólita sintetizada e daquelas trocadas com íons metálicos foram Fluorescência de Raios-X (FRX), Difração de Raios-X (DRX) e Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

As FRX foram realizadas em um equipamento modelo PW 2400 marca PHILIPS. As DRX em um equipamento modelo Shimadzu XRD-6000 utilizando tubo de cobre com 30 mA de corrente e 30 kVolts de ddp, identificou-se as fases por comparação de um perfil desconhecido com o conjunto de difração padrão coletado e mantido pelo *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS). A FTIR foi realizada com um equipamento Modelo IR Prestige-21 da marca Shimadzu. As pastilhas para análise foram preparadas com 1 % em massa de Brometo de Potássio (KBr); os espectros foram obtidos na região de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>.

#### Análises microbiológicas

##### Concentração inibitória mínima

Na realização deste ensaio, o inóculo foi preparado utilizando células bacterianas de *S. aureus* CCCD S007, *E. coli* CCCD E003, *C. albicans* CCCD CC001, *P. aeruginosa* CCCD P003. Os microrganismos *Sa.* e *Ec.* foram ativadas em tubos de ensaio com meio Luria-Beltrani (LB) e *Pa.* e *Ca.* foram ativadas com meio Infusão de Cérebro e Coração (BHI). Após semeou-se por esgotamento sobre

placas de Petri contendo meio Plate Count Agar (PCA) para *Sa. Ec.* e *Pa.*; e Sabouraud para *Ca.*. Após foram encaminhadas à estufa bacteriológica por 24 h a 37 °C. Na sequência com uma alça de platina recolheu-se uma colônia e fez-se crescer em meio LB para os microrganismos *Ec.* e *Sa.* Para *Ca.* e *Pa.* utilizou-se o BHI. A partir da preparação do inóculo foram estabelecidas suspensões contendo  $1 \times 10^6$  células/mL. Para isso foi utilizada a metodologia descrita como escala de MacFarland. Destas, utilizou-se 0,3mL e inoculou-se 2,7 mL de LB para a *Ec.* e *Sa.* e trabalhou-se com as mesmas quantidades para *Pa.* e *Ca.* que inoculou-se em BHI.

Para a concentração inibitória mínima realizou-se uma distribuição em triplicata, utilizando as massas de 500,0; 288,7; 166,7; 96,2; 55,5, em miligramas.

Após exposição por 24 horas, semeou-se em placas de PCA 50µL de cada tubo.

#### Difusão em ágar

A técnica de Difusão em Ágar foi utilizada para avaliar a atividade antimicrobiana dos compostos sintetizados, através da formação de halos de inibição durante o crescimento bacteriano.

As espécies de bactérias *Ec.*, *Sa.* e *Pa.* foram semeadas em PCA e a *Ca.* em ágar Sabouraud. Utilizou-se 55,5 mg dos princípios ativos testados para cada placa em duplicata. As culturas foram submetidas à temperatura de 37 °C por 24 h.

Após a incubação o diâmetro dos halos de inibição presentes foram mensurados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

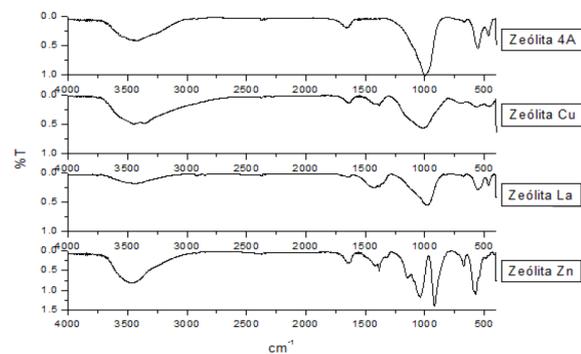
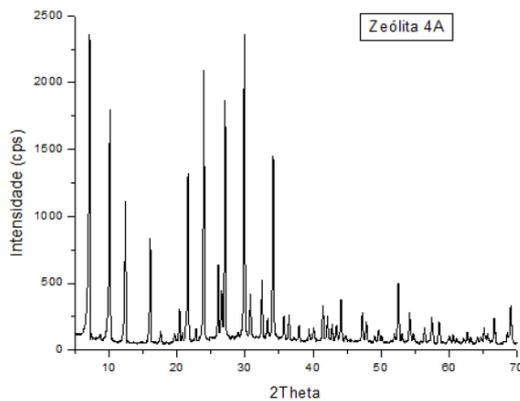
Na Tabela 2 se apresenta o resultado da análise química realizada por FRX. Como destaque pode ser observado que o conteúdo de sódio chega a 24%. Essa quantidade parametrizou a quantidade de íons metálicos que foram utilizados no processo de troca iônica para conferir a propriedade antimicrobiana devido ao efeito oligodinâmico. Na Figura 1 se apresenta o DRX da zeólita sintetizada e pode ser verificado que a estrutura cristalina é de uma zeólita tipo 4A típica identificada pelo cartão JCPDS 39-0222. Na Figura 2 se apresenta a análise por FTIR da zeólita sem

troca e das zeólitas onde a troca iônica foi realizada com Cu, La, Zn. As bandas referentes às vibrações internas dos tetraedros T-O-T e as referentes às ligações entre os tetraedros foram observadas nas zeólitas estudadas. Para a zeólita sem a troca iônica, as bandas em  $3415\text{ cm}^{-1}$  e  $1656\text{ cm}^{-1}$ , correspondem às moléculas de água presentes nas cavidades das zeólitas<sup>(14)</sup>. De 1200 a  $400\text{ cm}^{-1}$  corresponde à faixa que caracteriza os cristais cúbicos típicos de zeólita 4A<sup>(15)</sup>. As bandas 671, 553 e  $462\text{ cm}^{-1}$  (para a zeólita sintetizada) é devida a ligações internas dos tetraedros das estruturas zeolíticas. A banda de  $553\text{ cm}^{-1}$  pode estar associada com a vibração do anel duplo de quatro tetraedros (D4R), que é dominante na unidade de construção secundária da estrutura da zeólita 4A<sup>(16)</sup>.

Tabela 2- Caracterização química FRX da Zeólita sintetizada.

Elemento	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	PF
Teor [%]	28,62	0,07	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	24,30	<0,01	31,7	<0,01	13,30

Figura 1- DRX da zeólita sintetizada. Figura 2- FTIR das zeólitas: sintetizada, trocada com cobre, zinco e lantânio .



Na Figura 3 é apresentado o DRX da zeólita trocada com cobre. Pode-se interpretar que a estrutura cristalina da zeólita foi alterada profundamente após a troca iônica com cobre. Salienta-se que a zeólita 4A não altera a estrutura com a temperatura até  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , podendo-se inferir que a modificação observada é decorrente da troca iônica. Foram identificadas três fases cristalinas com a presença de uma porção considerável de material amorfo. As fases cristalinas foram identificadas pelos cartões JCPDS 45-0937 CuO; 18-0439  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$  ; 46-

1045  $\text{SiO}_2$ . Os picos observados no espectrograma de FTIR da Figura 2 evidenciam a modificação na estrutura da zeólita, quando ocorre a troca iônica com o cobre, corroborando com o resultado observado na figura 3. Os picos 3448 e 3356 Vibração de alongamento de  $\text{OH}^{(17)}$ . O pico em 1637 representa a ligação Si-OH e os picos entre 1384 e 447 deve-se na maioria a vibrações dos grupos Si-O-Si e Si-O-Al. O pico em  $1016 \text{ cm}^{-1}$  é referente à presença de cobre.

Figura 3 - DRX da zeólita trocada com cobre.

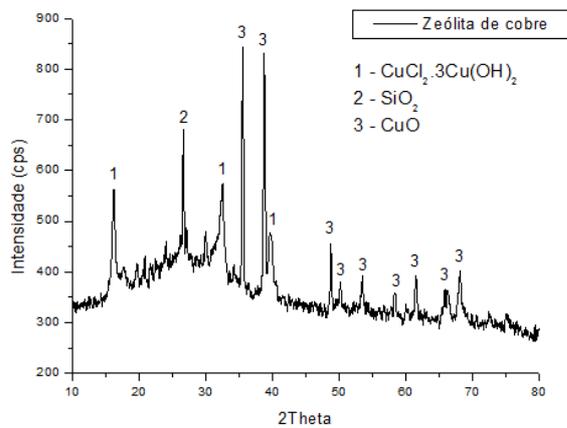
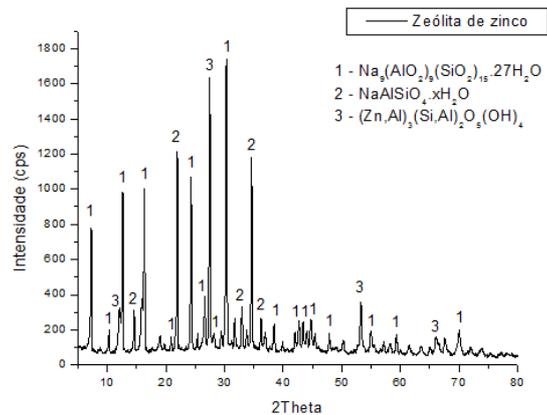


Figura 4 - DRX da zeólita trocada com zinco.

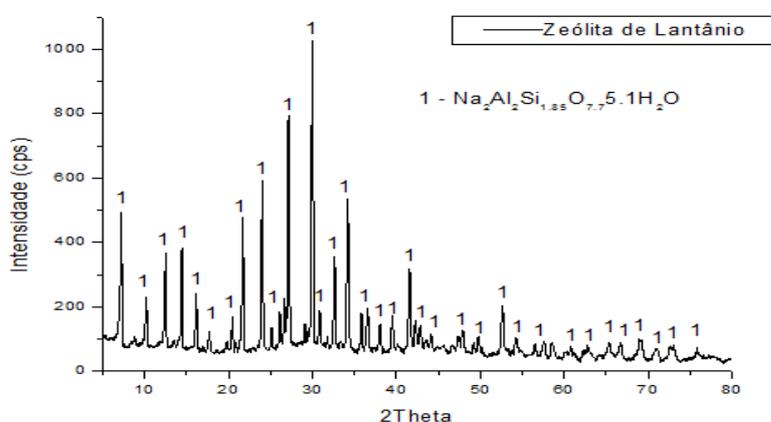


Na figura 4 se apresenta o difratograma de raios x da zeólita trocada com zinco. Observa-se comparando a Figura 4 com a Figura 1 que houve alteração da amostra no aspecto da cristalinidade. Foram identificadas três fases cristalinas com os cartões JCPDS 14-0298  $\text{Na}_9(\text{AlO}_2)_9(\text{SiO}_2)_{15} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ ; 44-0248  $\text{NaAlSiO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  e 14-0366  $(\text{Zn,Al})_3(\text{Si,Al})_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ .

Os picos do FTIR da zeólita trocada com Zn apresentados na Figura 2, não deixam dúvidas quanto a existência de outras espécies que estão interferindo nas vibrações. Pode ser observado que os picos em 3450 e 1645 estão presentes e decorrem de alongamento de ligações do tipo O-H e H-O-H. Os picos de 1039 se deve a alongamento assimétrico externo e o pico a 918 se deve ao alongamento assimétrico T-O. O pico a 673 é devido ao alongamento simétrico e o 570 é decorrente da ligação T-O-T. O pico a 466 é devido a ligação Si-O-Al. O pico devido a presença do óxido de zinco é apontado na literatura como estando localizado na área de  $460 \text{ a } 530 \text{ cm}^{-1}$ , entretanto, não se observa claramente essa diferença com relação à zeólita não trocada, apresentada na Figura 2.

Na figura 5 apresenta-se o difratograma de raios x da zeólita trocada com Lantânio. Observa-se que houve alteração da amostra no aspecto da cristalinidade. Foi identificada nova fase cristalina com cartão JCPDS 38-0241  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_{1.85}\text{O}_{7.7}\cdot 5.1\text{H}_2\text{O}$ . Na Figura 2 os picos referentes a análise efetuada por FTIR também apontam no sentido de mudanças quando comparado com o espectro da zeólita sem a troca iônica.

Figura 5 - DRX da zeólita trocada com lantânio.



A literatura consultada indica que pico em 3429 expressa a vibração de alongamento de  $\text{OH}^{(17)}$ . O pico em 1654 representa a ligação Si-OH e os picos entre 675 e 551 deve-se na maioria a vibrações dos grupos T-O-T simétrico e assimétrico. O pico em  $464\text{ cm}^{-1}$  é referente a vibração do Si-O-Al.

### Análises microbiológicas

#### Difusão Em Ágar

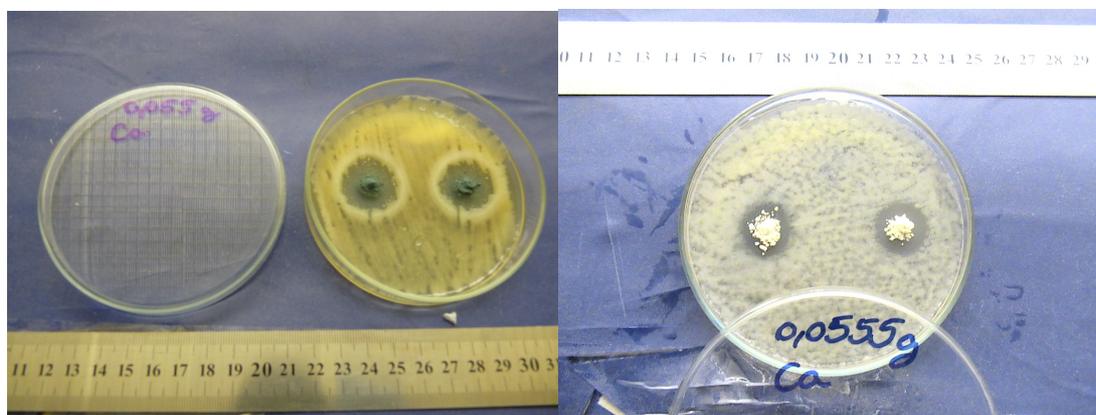
Foi observado que a zeólita sem o princípio ativo não apresentou nenhum halo que caracterizasse atividade antimicrobiana. Entretanto, quando foi colocada a zeólita trocada obteve-se as dimensões para os halos de inibição transcritas na tabela 03. Na Figura 6 se apresenta exemplo do surgimento do halo de inibição sobre o microrganismo Ca., utilizando a zeólita trocada com cobre e com o zinco. Se utilizou massas de 55,5mg dos princípios ativos para os testes de difusão em ágar.

Tabela 03 – Diâmetro dos halos inibitórios.

Quantidade (mg)	Cu <sup>2+</sup> Diâmetro do Halo (mm)				Zn <sup>2+</sup> Diâmetro do Halo (mm)				La <sup>3+</sup> Diâmetro do Halo (mm)			
	S.a	E.c	P.a	C.a	S.a	E.c	P.a	C.a	S.a	E.c	P.a	C.a
55,5	6,0	5,0	7,0	10,0	8,5	12,5	12,5	9,0	-	-	-	-

Analisando os dados da tabela 3 encontra-se uma maior atividade frente aos microrganismos testados para a zeólita trocada com zinco do que para aquelas trocadas com cobre e com lantânio, que não apresentou halo de inibição.

Figura 6 - Fotografia do efeito da difusão em ágar do (a) cobre e (b) zinco em *Cândida albicans*.



As análises utilizando o teste do halo inibitório indicaram que a zeólita trocada com o cobre possui atividade contra Ec. Sa. Pa. e Ca. Na Tabela 4 pode ser observado que das concentrações utilizadas somente aquela com 18,5 mg/mL não apresentou efeito contra os microrganismos testados. Assim a concentração inibitória mínima se situa entre 18,5 e 32,1 mg/mL. A concentração bactericida mínima ficou 55,57 mg/mL. Observa-se que um único tubo apresentou número baixo de microrganismos com a concentração de 96,23 mg/mL. Esse tubo foi descartado pois na interpretação dos autores significa possivelmente uma contaminação ao semear nas placas.

Ao contrário dos resultados esperados após a análise das dimensões dos halos inibitórios, o zinco não foi tão efetivo quanto o cobre para os testes de CIM e de CBM. Na tabela cinco se apresentam os resultados. Conforme pode ser observado em nenhuma concentração testada foi atingida a condição bactericida mínima. A análise individual dos microrganismos mostra que ocorre inibição com a

concentração de 96,23 mg/mL para Sa. e Ec.; a Pa. não é inibida em nenhuma concentração testada e a Ca. inibe somente com concentração de 166,00 mg/mL.

A zeólita trocada com lantânio não apresentou em nenhuma concentração trabalhada efeito inibitório ou bactericida que pudesse ser mensurado. Assim embora a literatura aponte como possível o uso deste como princípio ativo não foi o que esses autores observaram.

Tabela 04 – Atividade da zeólita trocada com cobre sobre os microrganismos.

Concentração (mg/mL)	Cu <sup>2+</sup>											
	S.a			E.c			P.a			C.a		
18,50	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
32,07	0	0	0	I	I	I	56	I	I	0	25	5
55,57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96,23	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0
166,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Número de Colônias Observadas

I - Incontável

Tabela 05 – Atividade da zeólita trocada com zinco sobre os microrganismos.

Quantidade (mg/mL)	Zn <sup>2+</sup>											
	S.a			E.c			P.a			C.a		
18,50	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
32,07	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
55,57	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
96,23	I	56	I	10	42	I	I	I	I	I	I	I
166,00	30	0	16	18	35	23	I	I	I	56	42	65

Número de Colônias Observadas

I - Incontável

Tabela 06– Atividade da zeólita trocada com Lantânio sobre os microrganismos.

Quantidade (mg/mL)	La <sup>2+</sup>											
	S.a			E.c			P.a			C.a		
18,50	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
32,07	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
55,57	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
96,23	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
166,00	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Número de Colônias Observadas

I - Incontável

## CONCLUSÕES

Conclui-se que a zeólita comporta-se como um bom veículo para a síntese de materiais antimicrobianos, pois a mesma foi identificada por DRX como sendo uma zeólita do tipo 4A. O tratamento de troca iônica realizado com todos os íons metálicos alterou a estrutura cristalina, sendo comprovado pelas análises de DRX sugerindo a inserção desses íons no material zeolítico. As análises utilizando FTIR permitiu inferir que todas as amostras trocadas apresentaram alteração nas bandas de vibração sugerindo a interferência desses íons na estrutura da zeólita.

As análises microbiológicas indicaram que a zeólita trocada com o cobre possui atividade contra *Ec. Sa. Pa.* e *Ca.* Das massas testadas somente aquela com concentração de 18,50 mg/mL não apresentou efeito contra os microrganismos testados. Assim a concentração inibitória mínima se situa entre aquelas de 18,50 e 32,07 mg/mL. A concentração bactericida mínima ficou 55,57 mg/mL.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de estudos PIBIT.

## REFERÊNCIAS

- (1) Wang, J., Wang, Z., Guo, S., Zhang, J., Song, Y., Dong, X., Wang, X., Yu, J., Antibacterial and anti-adhesive zeolite coatings on titanium alloy surface. *Microporous and Mesoporous Materials*, v.146, pg. 216–222, 2011.
- (2) Saengmee-anupharb, S., Srihirin, T., Thaweboon, B., Thaweboon, S., Amornsakchai, T., Dechkunakorn, S., Suddhasthira T., Antimicrobial effects of silver zeolite, silver zirconium phosphate silicate and silver zirconium phosphate against oral microorganisms. *Asian Pac J Trop Biomed*, v. 3, pg. 47-52, 2013.
- (3) Kubacka, A., Munoz-Batista, M. J., Ferrer, M., Fernández-García, M., UV and visible light optimization of anatase TiO<sub>2</sub> antimicrobial properties: Surface deposition of metal and oxide (Cu, Zn, Ag) species. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 140–141, pg. 680–690, 2013.
- (4) Kursunlua, A. N., Guler, E., Sevgi, F., Ozkalpb, B., Synthesis, spectroscopic characterization and antimicrobial studies of Co(II), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) complexes with Schiff bases derived from 5-bromo-salicylaldehyde. *Journal of Molecular Structure*, v. 1048, pg. 476–481, 2013.

- (5) MENDES, E. , Piletti, R. , Barichello, T. , Oliveira, C.M. , Kniess, C.T. , Angioletto, E. , Riella, H.G. , Fiori, M.A., The influence of particle size and AgNO<sub>3</sub> concentration in the ionic exchange process on the fungicidal action of antimicrobial glass. *Materials Science & Engineering. C, Biomimetic Materials, Sensors and Systems*, 2012.
- (6) Lemmena, S.W., Häfnera, H., Zoldanna, D., Stanzelb, S., Lütticken, R., Distribution of multi-resistant Gram-negative versus Gram-positive bacteria in the hospital inanimate environment. *Journal of Hospital Infection*, v. 56, pg. 191–197, 2004.
- (7) Hay, R., Superficial fungal infections. *Review Article Medicine*, v. 41, pg. 716-718. 2013.
- (8) Bicanic, T. A., Harrison, T. S., Systemic fungal infections. *Review Article Medicine*, v. 42, pg. 26-30, 2014.
- (9) Melo, C. R., Riella, H. G., Kuhnen, Ni. C., Angioletto, E., Melo, A. R., Bernardin, A. M., da Rocha, M. R., da Silva, L., Synthesis of 4A zeolites from kaolin for obtaining 5A zeolites through ionic exchange for adsorption of arsenic. *Materials Science & Engineering. B, Solid-State Materials for Advanced Technology*, v. 177, p. 345-349, 2012.
- (10) Kalinowska, M., Piekut, J., Bruss, A., Follet, C., Sienkiewicz-Gromiuk, J., Swisłocka, R., Rzączyńska, Z., Lewandowski W., Spectroscopic (FT-IR, FT-Raman, (1)H, (13)C NMR, UV/VIS), thermogravimetric and antimicrobial studies of Ca(II), Mn(II), Cu(II), Zn(II) and Cd(II) complexes of ferulic acid. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, v. 122, pg. 631, 2014.
- (11) Mahmoud., Mohamed., El-Dessouky., Coordination modes of bidentate lornoxicam drug with some transition metal ions. Synthesis, characterization and in vitro antimicrobial and antibreastic cancer activity studies., v. 122, pg. 598-608, 2014.
- (12) Bin, Z., Yan,L., Xiaoning,T., Suqiong,H., Gang X., Synthesis, characterization, and antimicrobial properties of Cu-inorganic antibacterial material containing lanthanum. *Journal of rare earths*, v. 28, p. 451, 2010.
- (13) Muñoz-Batista, M. J., Ferrer, M., Fernández-García, M., Kubacka, A., Abatement of organics and Escherichia coli using CeO<sub>2</sub> - TiO<sub>2</sub> composite oxides: Ultraviolet and visible light performances *Applied Catalysis B. Environmental*. V. 154–155, pg. 350–359, 2014.

- (14) KULPRATHIPANJA, S., Zeolites in Industrial Separation and Catalysis. Handbook. Wiley-VCH, 2010.
- (15) BRECK, D. W., Zeolite Molecular Sieves. John Wiley & Sons Inc, New York, 1974.
- (16) MARKOVIC, S.; DONDUR, V.; DIMITRIJEVIC, R. FTIR spectroscopy of framework aluminosilicate structures: carnegieite and pure sodium nepheline. Journal of Molecular Structure, v. 654, p. 223–234, 2003.
- (17) Weiwei, B., Lu, L., Haifeng, Z., ShucDi, G., Xuechun, X., Guijuan, J., Guimei, G., Keyan, Z., Removal of Cu<sup>2+</sup> from Aqueous Solutions Using Na-A Zeolite from Oil Shale Ash separation science and engineering. Chinese Journal of Chemical Engineering, v.21, pg. 974 – 982, 2013.
- (18) Fereshteh, Z., Loghman-Estarki, M. R., Razavi, R. S., Taheran, M., Template synthesis of zinc oxide nanoparticles entrapped in the zeolite Y matrix and applying them for thermal control paint. Materials Science in Semiconductor Processing, v.16, Pg. 547–553, 2013.
- (19) Du, X., Zhang, H., Li, X., Tan, Z., Liu, H., Gao, X., Cation location and migration in lanthanum-exchanged NaY zeolite. Chinese Journal of Catalysis, v. 34, pg. 1599–1607, 2013.

## PRODUCTION OF ANTIMICROBIAL MATERIALS FROM ZEOLITE 4A

### ABSTRACT

The development of antimicrobial materials and their characterization are fundamentally important to the health of entire populations, because of the constantly changes that the microorganisms presents and the appearance of resistance that arise with it's constant use. In this context, Zeolite materials shows an essential characteristic for antimicrobial materials that uses oligodynamic effect, which is the facility to exchange ions. When the metal ions are absorbed in an amount beyond the necessary for the cell metabolism, it becomes toxic. Several metal ions have these characteristics, including Cu<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup>, Ce<sup>++</sup>. In this study, we synthesized and tested the exchange of zeolites 4A with Cu<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup> and La<sup>++</sup>. The microorganisms used in the test were *E. colli*, *S. aureus*, *C. albicans*, *P. aeruginosa*. The results showed that the metal ions act selectively to the microorganisms.

Key words : Antimicrobial , Zeolite , Ion Exchange , oligodynamic effect