



Influência de aditivos de turfa na adsorção de micronutrientes em aplicações como fertilizantes agrícolas

C. A. Melo^{1,2}; C. C. Bueno²; L. K. de Oliveira^{1,2}; L. F. Fraceto²; A. H. Rosa²

1- Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Av. Três de Março, 511 – CEP: 18087-180 – Sorocaba- SP – Brasil

Telefone: (15) 3238-3400 – Fax: (15) 3228-2842 – Email: ahrosa@sorocaba.unesp.br

2- Instituto de Química - Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Rua Prof. Francisco Degni, 55 – CEP: 14800-060 – Araraquara-SP – Brasil

Telefone: (16) 3301-9500 – Fax: (16) 3322-2308

RESUMO: Devido à expansão da agricultura, esta consome, atualmente, uma grande porcentagem das terras mundiais. De maneira inevitável, o aumento da produção agrícola implica em aumentar também outros problemas que acompanham o sistema da agricultura atual, como esgotamento de nutrientes e da biomassa pedológica. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os processos de adsorção de micronutrientes em amostras de turfas visando uma possível aplicação em solos agrícolas. Para isso, experimentos de adsorção foram estudados em diferentes valores de pH e a partir de uma solução metálica multi-elementar. A capacidade de adsorção máxima ocorreu em pH 6,0 e a ordem de afinidade observada em geral foi: Cu > Fe > Co > Ni > Zn = Mn. Assim, a presente investigação revelou a viabilidade da utilização de turfas enriquecidas com micronutrientes como fertilizantes agrícolas de alto valor agregado, além de servirem como uma potencial alternativa para recuperação da qualidade pedológica, visto que agregam ao solo grandes teores de matéria orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: adsorção; turfa; micronutrientes; eficiência agrícola

ABSTRACT: Due to the expansion of agriculture, it currently ranks a large percentage of the world's land. Unavoidably, increased agricultural production implies in surging another problem that attends to the current system of agriculture, such as nutrient and soil biomass depletion. In this context, the aim of this study was to evaluate the adsorption of micronutrients in samples of peats targeting a possible application in agricultural soils as fertilizers. For this purpose, adsorption experiments were conducted at different pH values and from multielement metal solution. The maximum adsorption capacity occurred at pH 6.0 and the order of adsorption affinity was observed in general as Cu > Fe > Co > Ni > Zn = Mn. As a result, the present investigation shows the feasibility of using enriched peat with micronutrients as agricultural fertilizers with high aggregate value, as well as attending as a potential alternative for soil quality recovery, since they supplement organic matter content to the soil.

KEYWORDS: adsorption, peat; micronutrients; agricultural efficiency



1. INTRODUÇÃO

Atualmente cerca de um bilhão de pessoas no mundo sofrem de fome crônica (Foley, 2011). Com as previsões de que em 2050 a população mundial irá aumentar em dois ou três bilhões de pessoas (aproximadamente nove bilhões), estudos já demonstram o grande desafio que será dobrar a produção e a eficiência dos sistemas agrícolas.

Hoje a agricultura consome uma grande porcentagem das terras mundiais e, de maneira inevitável, o aumento da produção agrícola implica em aumentar também outros problemas que acompanham o sistema da agricultura atual: esgotamento de nutrientes e da biomassa pedológica, aumento do volume de fertilizantes e agroquímicos utilizados, o baixo rendimento da colheita e desperdício dos recursos financeiros (Foley, 2011).

Neste cenário, a sustentabilidade agrícola precisa seguir uma estratégia multidisciplinar e ser alcançada simultaneamente com a garantia de uma produção agrícola de alto rendimento e qualidade por intermédio de uma produção eficiente e tecnológica. Sendo assim, é cada vez mais crescente a necessidade de tecnologias agrícolas relacionadas à melhoria da qualidade dos solos, visando uma produção sustentada, como, por exemplo, o manejo da fertilidade e da rotação de culturas (Embrapa, 2006).

O problema no manejo da fertilidade dos solos está intimamente ligado ao déficit anual médio de nutrientes no Brasil e, neste sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliem em um melhor aproveitamento dos fertilizantes na agricultura se faz necessário.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os processos de adsorção de micronutrientes em amostras de turfas tropicais visando uma possível aplicação em solos agrícolas como fertilizantes. As turfas são materiais considerados como um tipo de solo rico em matéria orgânica (MO) formada a partir do processo de decomposição e humificação de material vegetal por meio da biota do solo sob condições anóxicas, na maioria das vezes (Rocha *et al.*, 2004). A principal constituição das turfas são os compostos de lignina, celulose e substâncias húmicas, que são responsáveis pela interação e ligação com espécies químicas diversas, tornando possível sua utilização como

fertilizantes em culturas agrícolas (Stevenson, 1994; Kiehl, 1985).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Coleta das amostras de turfa

A amostragem foi feita em dois locais diferentes no estado de Sergipe, Brasil: Turfeira de Santo Amaro das Brotas - TSA (36°58'52"W; 10°49'3"S) e Turfeira da Serra de Itabaiana - TSI (37°20'25"W; 10°45'29"S). As coletas das duas amostras de turfas foram feitas em Fevereiro de 2011, por amostragem composta (n=5) a uma profundidade de 0 a 20 cm da superfície. As amostras foram armazenadas em sacos de polietileno, secas ao ar, trituradas e homogeneizadas em gral de porcelana e peneiradas a 2 mm.

2.2. Caracterização Físico-Química e Elementar

O pH foi determinado em água e em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ segundo Rosa *et al.* (2000) utilizando-se de pHmetro MS-TECNOPON-PA210. A determinação da MO foi feita por gravimetria a partir da calcinação à 750 °C por 4 horas em forno mufla (Marconi-MA385/3) de 5,0 g das amostras de turfas (TSA e TSI) (Batista *et al.*, 2009). A granulometria foi determinada de acordo com o método da pipeta segundo Suguio (1973), sendo as amostras de turfas tratadas previamente com H₂O₂ devido à grande quantidade de MO. As amostras de turfas TSA e TSI foram previamente calcinadas à 400 °C em forno mufla por 4 horas e em seguida procedeu-se a decomposição com HNO₃ e H₂O₂ concentrados por 4 horas a 150 °C em chapa aquecedora. Após o resfriamento até a temperatura ambiente, as amostras foram avolumadas e transferidas para tubos Falcon para posterior análise dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco.

A concentração dos micronutrientes foi determinada por emissão atômica com plasma acoplado indutivamente em um ICP-OES (Agilent-720), com nebulizador tipo "seaspray". As condições instrumentais utilizadas foram: potência de radiofrequência de 1,10 kW, fluxo de argônio do plasma de 15,0 L min⁻¹ e pressão do nebulizador de 200 kPa. Foram utilizadas soluções padrão multi-elementar para calibração



preparadas a partir de solução estoque multi-elementar (100,0 mg L⁻¹).

A análise elementar foi feita em um analisador elementar Thermo Finningan Flash EA1112, sendo carbono, hidrogênio e nitrogênio determinados pelo método da combustão.

2.3. Adsorção das turfas com os micronutrientes: tempo de equilíbrio e efeito do pH

Os experimentos de adsorção foram feitos em batelada utilizando-se de 1,0 g de cada amostra de turfa (TSA e TSI), as quais foram transferidas para béquer com 100 mL de água desionizada. Os micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco foram adicionados à solução na concentração de 10 mg L⁻¹ de cada um a partir de uma solução multi-elementar. O pH foi ajustado em diferentes valores 3,0; 4,5; 6,0 e 8,0 com solução de HCl ou NaOH 6,0 mol L⁻¹. Em tempos pré-determinados (0, 10, 30, 60, 120, 240, 1440, 2880 e 4380 minutos), alíquotas de 5 mL foram retiradas para análise. As alíquotas foram centrifugadas a 3500 rpm e a concentração dos micronutrientes foi determinada por emissão atômica. A capacidade adsorptiva dos micronutrientes adsorvidos nas amostras de turfas foi calculada conforme Equação 1. Os experimentos foram feitos em triplicata.

$$q_{eq} = \frac{(C_i - C_f)V}{m} \quad (1)$$

em que C_i é a concentração inicial de cada micronutriente, C_f é a concentração final de cada micronutriente, V é o volume usado e m é a massa de turfa utilizada.

Foi avaliada a influência do uso de diferentes massas nas adsorções das turfas com os micronutrientes. Desta maneira, foram utilizados quatro diferentes massas: 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g de cada amostra de turfa (TSA e TSI) as quais foram transferidas separadamente para um béquer contendo 100 mL de água desionizada. O pH foi ajustado para 6,0 com solução de HCl ou NaOH 6,0 mol L⁻¹. Os micronutrientes foram adicionados à solução na concentração de 10,0 mg L⁻¹ a partir de uma solução multi-elementar. Alíquotas foram retiradas após o tempo de 240 minutos e os micronutrientes cobre, manganês,

cobalto, ferro, níquel e zinco foram determinados por emissão atômica. Os experimentos foram feitos em triplicata.

2.4. Estudo cinético das adsorções

Para os estudos cinéticos, 2,0 g de turfa (TSA e TSI) foram adicionados em béquer com 100 mL de água desionizada. Em seguida, os micronutrientes foram adicionados à solução na concentração de 10,0 mg L⁻¹ a partir de uma solução multi-elementar. O pH foi ajustado para 6,0 com solução de HCl ou NaOH 6,0 mol L⁻¹. Alíquotas foram retiradas em tempos pré-determinados (0, 10, 30, 60, 120, 240, 1440, 2880 e 4380 minutos) e os micronutrientes cobre, manganês, cobalto, ferro, níquel e zinco foram determinados por emissão atômica. Foram aplicados os modelos cinéticos de pseudo primeira ordem e de pseudo segunda ordem. Os experimentos foram feitos em triplicata.

2.5. Isotermas de adsorção dos micronutrientes em turfas

As isotermas de adsorção foram obtidas variando-se a concentração dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco de 5,0; 10,0; 30,0; 50,0; 80,0 e 100,0 mg L⁻¹ a partir de solução multi-elementar. Cerca de 2,0 g das amostras de turfas (TSA e TSI) foram adicionados em um béquer com 100 mL de água desionizada juntamente com os micronutrientes nas concentrações descritas anteriormente. O pH foi ajustado em 6,0 com solução de HCl ou NaOH 6,0 mol L⁻¹. Os experimentos foram feitos em triplicata e após o tempo de equilíbrio de 240 minutos, alíquotas de 5 mL foram retiradas para posterior análise dos micronutrientes por emissão atômica. Os modelos matemáticos de Langmuir e Freundlich foram utilizados para descrever o mecanismo de adsorção dos micronutrientes pelas amostras de turfas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização Físico-Química e Elementar

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros físico-químicos das amostras de turfa TSA e TSI. Observa-se que a amostra TSA apresenta valores de MO acima de 80 %, indicando uma intensa atividade química e



biológica, as quais podem estar associadas aos fatores tempo e clima.

Por outro lado, a amostra TSI apresenta teores abaixo de 60 % de MO, se caracterizando assim, como uma turfa com uma atividade recente de decomposição. Isto também pode ser evidenciado por meio dos valores de pH que foram ligeiramente maiores e, portanto, indicando estágios iniciais de decomposição. Com relação à granulometria, observa-se que a amostra TSA apresenta valores de argila superiores às amostras TSI, o que pode influenciar diretamente na capacidade de adsorção dos micronutrientes (Kiehl, 1985).

Tabela 1. Valores dos parâmetros físico-químicos determinados nas amostras de turfas TSA e TSI.

	TSA	TSI
MO [†] / %	83,1	55,2
Cinzas / %	16,9	44,8
pH (H ₂ O)	3,8	4,3
pH (CaCl ₂)	2,9	3,5
Areia / %	56,3	57,9
Silte / %	1,0	4,0
Argila / %	42,6	37,6
Cu µg g ⁻¹	15,0	3,5
Co µg g ⁻¹	LD	LD
Fe µg g ⁻¹	88,5	35,5
Mn µg g ⁻¹	181,7	51,1
Ni µg g ⁻¹	17,5	5,4
Zn µg g ⁻¹	45,2	9,7

LD: 2.24 µg g⁻¹; ND: não detectável; [†]MO: matéria orgânica; ‡: dados não disponíveis.

Já a composição elementar referente ao carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, bem como as razões atômicas estão apresentadas na Tabela 2. Observa-se que a amostra TSA apresentou razões H/C e O/C menores que a TSI. A razão H/C possibilita inferir a porcentagem de saturação de carbono em uma molécula orgânica. Quando menor a razão H/C, maior será a aromaticidade das amostras de turfas. De modo

semelhante, a razão O/C indica o conteúdo de carboidratos. Assim, quanto menor esta razão, menos carboidratos estão presentes nas amostras. Desta maneira, pode se verificar que a amostra TSA apresenta maior aromaticidade quando comparada com a amostra TSI.

Tabela 2. Composição elementar (%) de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e razões atômicas para as amostras TSA e TSI.

	C	H	O	N	H/C	O/C	C/N
TSA	36,6	2,5	28,2	3,1	0,81	0,58	13,8
TSI	24,3	1,9	20,2	2,0	0,95	0,63	14,4

3.2. Adsorção das turfas com os micronutrientes: tempo de equilíbrio e efeito do pH

O tempo de equilíbrio pode variar em função do tipo de material adsorvente, bem como em função das espécies metálicas utilizadas nos experimentos de adsorção (Soares e Casagrande, 2009). Assim, o tempo de equilíbrio onde as adsorções dos micronutrientes foram máximas, ou seja, não houveram variações significativas nas concentrações, foi determinado e a partir dos gráficos apresentados na Figura 1 observa-se que em 240 minutos o equilíbrio é alcançado para os micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco para ambas as amostras de turfas (TSA e TSI) avaliadas.

Na Figura 1 também é possível verificar um comportamento quanto à ordem de afinidade de adsorção dos micronutrientes. Para todos os pH avaliados, com exceção do pH 8,0, as adsorções seguiram a seguinte ordem de afinidade dos micronutrientes:

$Cu^{2+} > Fe^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Mn^{2+}$. Esta ordem pode ser explicada em função da seletividade relativa para os cátions metálicos a qual é explicada em termos do princípio ácido-base duro-mole de Lewis (Pearson, 1963).

O cátion metálico Cu^{2+} é um ácido mole, enquanto que Mn^{2+} é considerado um ácido duro, e os demais cátions Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} e Zn^{2+} não pertencem a uma classe definida de ácidos moles ou duros. Uma vez que as turfas possuem uma constituição de minerais argilosos, considerados como bases moles, a afinidade de adsorção se deu primeiramente pelos cátions considerados ácidos

moles (Cu^{2+}), seguidos dos cátions intermediários e por último pelo cátion ácido duro (Mn^{2+}).

ativos constituídos de grupos ácidos estão ionizados negativamente e, portanto, são passíveis de interação com espécies catiônicas.

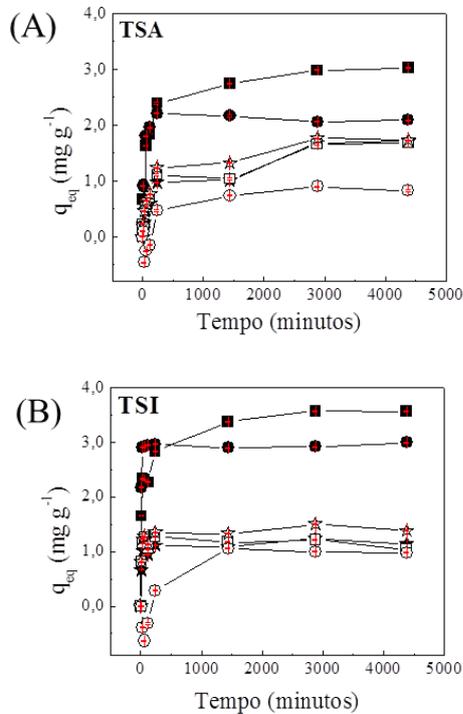


Figura 1. Adsorção dos micronutrientes cobre (■), cobalto (-★-), ferro (-●-), manganês (-□-) níquel (-☆-) e zinco (-○-) nas amostras de turfas TSA e TSI, em função do tempo.

Já na Figura 2 estão apresentados gráficos em função dos pH avaliados para as adsorções dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco para as amostras de turfas (TSA e TSI). Observa-se que conforme o aumento do pH, até o pH 6,0, há um aumento na capacidade de adsorção dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco frente ambas as turfas. Observa-se que para os micronutrientes cobalto, níquel e zinco na amostra TSA não foi observado diferença entre os pH 6,0 e 8,0, porém para os micronutrientes cobre, ferro e manganês as capacidades de adsorção em pH 8,0 foram menores quando comparado ao pH 6,0. Este comportamento é devido a precipitação destes elementos na concentração de $10,0 \text{ mg L}^{-1}$ no pH 8,0. Para a amostra TSI, os micronutrientes cobre, ferro e manganês também foram precipitados. Os demais cobalto, níquel e zinco, as capacidades adsorptivas foram ligeiramente maiores em pH 8,0. É esperado que quanto maior o pH, mais os sítios

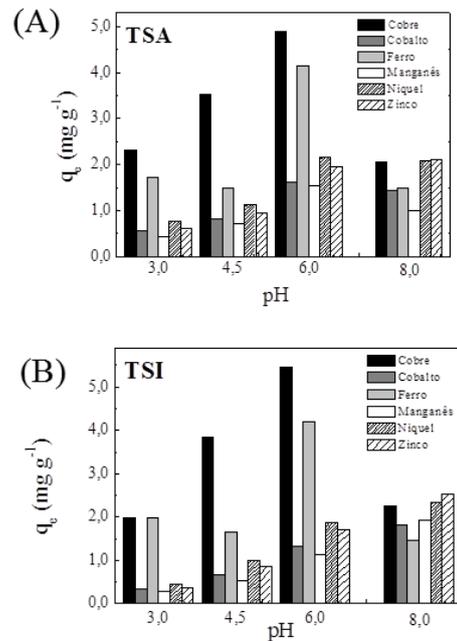


Figura 2. Capacidades máximas de adsorção dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco nas amostras de turfas TSA e TSI nos quatro valores de pH avaliados.

3.3. Estudo cinético das adsorções

A Tabela 3 mostra os valores das constantes de velocidade e os coeficientes de correlação para cada modelo aplicado, pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem, calculados para os experimentos com os micronutrientes. A partir dos coeficientes de determinação (R^2 maior que 0,9), verifica-se que o modelo que melhor se ajustou nas adsorções das turfas com os micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco foi o modelo de pseudo segunda ordem. De acordo com os valores das constantes de velocidade (k^2) pode se observar que a ordem de adsorção dos micronutrientes foi: $\text{Fe}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$ e Zn^{2+} para ambas as amostras TSA e TSI.

Tabela 3. Valores das constantes de velocidade, coeficientes de correlação e capacidade adsorviva calculada para os modelos de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem para as turfas TSA e TSI com os micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco.

TSA 2,0 g; pH 6,0		Pseudo primeira ordem			Pseudo segunda ordem		
Q _{eq} , experimental	k ₁ (h ⁻¹)	Q _{eq,cal} culado (mg g ⁻¹)	R ²	k ₂ (h ⁻¹ g mg ⁻¹)	Q _{eq,cal} culado (mg g ⁻¹)	R ²	
							C
u		02	2	36	10 ⁻²	7	5
C	0,64	12,5	0,27	0,2	3,911.	0,76	0,93
o		05	9	51	10 ⁻³	3	8
Fe	0,16	20,7	0,34	0,0	3,745.	0,16	0,98
		26	8	76	10 ⁻²	9	5
M	0,57	12,1	0,27	0,2	7,008.	0,62	0,97
n		59	6	43	10 ⁻³	7	6
Ni	0,74	11,9	0,34	0,2	3,825.	0,87	0,94
		55	9	49	10 ⁻³	8	8
Z	0,83	11,2	0,37	0,2	3,416.	0,97	0,95
n		79	7	14	10 ⁻³	7	3

TSI 2,0 g; pH 6,0		Pseudo primeira ordem			Pseudo segunda ordem		
Q _{eq} , experimental	k ₁ (h ⁻¹)	Q _{eq,cal} culado (mg g ⁻¹)	R ²	k ₂ (h ⁻¹ g mg ⁻¹)	Q _{eq,cal} culado (mg g ⁻¹)	R ²	
							C
u		77	7	64	10 ⁻²	5	7
C	0,55	31,1	0,28	0,7	6,162.	0,62	0,97
o		67	6	75	10 ⁻³	3	8
Fe	0,17	2,19	0,18	0,1	5,595.	0,10	0,89
		6	5	35	10 ⁻²	5	3
M	0,41	25,6	0,27	0,8	1,623.	0,44	0,99
n		70	3	05	10 ⁻²	0	4
Ni	0,70	30,3	0,35	0,7	4,591.	0,80	0,97
		22	8	58	10 ⁻³	1	6
Z	0,79	29,2	0,40	0,7	4,274.	0,89	0,97
n		97	0	45	10 ⁻³	5	9

3.4. Isotermas de adsorção dos micronutrientes em turfas

Os dados obtidos para o experimentos feitos com os micronutrientes adicionados a partir de uma solução multi-elementar podem ser visualizados na Tabela 4. Verificou-se que as adsorções utilizando a amostra TSA são melhores

descritas pelo modelo de Langmuir ($0,979 < R^2 < 0,996$). Esse modelo assume a formação de uma monocamada com um número limitado de sítios de ligação; sendo observado com maior frequência em sistemas que ocorrem por quimissorção e/ou troca iônica (Liu E Wang, 2009).

Tabela 4. Coeficientes de Langmuir e Freundlich e coeficientes de correlação para as adsorções dos micronutrientes cobalto, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco adsorvidos a partir de solução multi-elementar para as amostras de turfas TSA e TSI.

TSA 2,0 g; pH 6,0	Langmuir			Freundlich		
	k _L (L mg ⁻¹)	q _m (mg g ⁻¹)	R ²	k _F (mg g ⁻¹)	n	R ²
Co	0,65	1,01	0,9	0,945	16,8	0,431
	6	9	86		04	
Cu	5,14	1,38	0,9	1,522	14,5	0,734
	3	9	96		14	
Fe	--	--	--	--	--	--
Mn	0,37	0,57	0,9	1,004	8,77	0,744
	5	5	79		1	
Ni	1,11	1,35	0,9	1,128	12,1	0,673
	3	2	92		56	
Zn	0,17	1,34	0,9	1,430	6,12	0,973
	4	9	96		9	

TSI 2,0 g; pH 6,0	Langmuir			Freundlich		
	k _L (L mg ⁻¹)	q _m (mg g ⁻¹)	R ²	k _F (mg g ⁻¹)	n	R ²
Co	10,6	0,13	0,9	0,319	3,05	0,992
	76	6	78		7	
Cu	1,02	4,29	0,9	1,861	2,76	0,996
	2	3	72		4	
Fe	10,8	0,05	0,3	0,311	13,2	0,252
	06	4	00		45	
Mn	12,5	0,07	0,9	0,213	4,85	0,894
	75	6	33		0	
Ni	7,24	0,25	0,9	0,647	4,53	0,969
	2	8	76		3	
Zn	0,66	1,92	0,9	0,520	3,75	0,993
	3	4	94		9	

Já os processos utilizando a turfa TSI mostraram bons coeficientes tanto para o modelo de Langmuir quanto para o de Freundlich, sendo os processos com os micronutrientes Co²⁺ e Cu²⁺ melhores descritos pelo modelo de Freundlich ($R^2 > 0,992$) e os demais por Langmuir. A isoterma de Freundlich não prevê a saturação do adsorvente



supondo uma cobertura superficial infinita (multicamadas). A afinidade dos micronutrientes foi obtida através dos valores de q_m (capacidade máxima adsorvida) para os processos que seguem o modelo de Langmuir e por K_F para os que adotam a isoterma de Freundlich, e foi observada a seguinte ordem: $Cu^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Mn^{2+}$ para as duas amostras de turfa.

4. CONCLUSÕES

Os processos de adsorção dos micronutrientes cobre, cobalto, ferro, manganês, níquel e zinco nas amostras de turfas TSA e TSI mostraram que o tempo de equilíbrio foi alcançado em 240 minutos e as melhores capacidade adsorptiva foi obtida em pH 6,0 utilizando 2,0 g de amostra de turfa. A ordem de afinidade das adsorções observadas, em geral, foi $Cu > Fe > Co > Ni > Zn = Mn$, obedecendo, assim, a teoria de Pearson e Irving-Williams. O modelo cinético de pseudo segunda ordem foi melhor ajustado aos dados mostrando um possível compartilhamento de elétrons entre os átomos das espécies adsorptivas e a superfície do material adsorvente. As isotermas de adsorção mostraram que os dados se ajustaram ao modelo de Langmuir, o qual prevê a formação de uma monocamada com um número limitado de sítios de ligação, prevalecendo a quimissorção e/ou troca iônica.

Dessa forma, a presente investigação revelou a viabilidade da utilização de turfas enriquecidas com micronutrientes como fertilizantes agrícolas de alto valor agregado. Adicionalmente, as turfas enriquecidas podem não somente fornecer nutrientes básicos para o desenvolvimento eficiente das culturas agrícolas, como também servirem como uma alternativa potencial para recuperação da qualidade pedológica, visto que agregam ao solo grandes teores de matéria orgânica.

5. REFERÊNCIAS

BATISTA, A. P. S. *et al.* Biosorption of Cr(III) using in natura and chemically treated tropical peats. *J. Hazard. Mater.*, v. 163, n. 2/3, p. 517-523, Apr. 2009.

EMBRAPA, *Fertilidade de solos*, Embrapa - Milho e Sorgo, J. C. Cruz, ed., Sistemas de Produção, 2006.

FOLEY, J. A. "Can we feed the world & sustain the planet?," *Scientific American*, vol. 305, no. 5, pp. 42-48, 2011.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Agronomica Ceres, 1985.

LIU, Y.; WANG, J. *Fundamentals and applications of biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics*. New York: Nova Science Publishers, 2009.

PEARSON, R. G. Hard and soft acids and bases. *J. Am. Chem. Soc.*, v. 85, n. 22, p. 3533-3539, 1963.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C.; FURLAN, M. Humic substances of peat: study of the parameters that influence on the process of alkaline extraction. *Quím. Nova*, v. 23, n. 4, p. 472-476, jul./ago. 2000.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; MOUTA, E. R. Effect of ionic strength and pH on cadmium adsorption by Brazilian variable-charge soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 40, n. 13/14, p. 2132-2151, 2009.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. New York: Wiley, 1994

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer as agências: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal e Nível Superior (CAPES). Adicionalmente, os autores também gostariam de agradecer a Bruno Barboza Cunha pela ajuda com a amostragem de turfa.