

ADSORÇÃO DE NÍQUEL POR DOIS SOLOS: TERRA BRUNA ESTRUTURADA SIMILAR E PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO¹

LEDA POMBO², VALNITA SALGADO³, SERGIO VOLKWEISS⁴ e EGON KLAMT⁵

RESUMO - O níquel (Ni) é elemento considerado poluente ambiental, e, quando disponível em excesso, pode ocasionar problemas de toxidez às plantas e animais que delas se alimentam. O objetivo deste trabalho é estudar a adsorção de Ni nos solos TBES (Unidade Carlos Barbosa) e PVA (Unidade Bom Retiro), verificando a aplicabilidade da equação de Langmuir e testando a elevação do pH dos solos pela calagem como forma de diminuir sua disponibilidade. O teste de adsorção foi efetuado em amostras dos horizontes superficiais destes solos, em diferentes valores de pH, obtidos com calagem, com soluções de concentrações variáveis de Ni. Efetuou-se a dessorção com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N pH 7,0 em ambos os solos e no solo PVA, com pH de 5,3 e 5,5, respectivamente com CaCl_2 1 M e HCl 0,01 N. Em ambos os solos, as adsorções de Ni obedecem à equação de Langmuir; nos extratos de adsorção de Ni, em ambos os solos, o Mg aumentou e o K diminuiu com a elevação do pH do solo pela calagem. A quantidade de Ni a ser aplicada aos solos depende do nível de pH a ser atingido pela calagem, sendo o pH em torno de 6,0 o recomendado. As quantidades de Ni dessorvidas com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N pH 7,0, de ambos os solos, e com CaCl_2 1 M do solo PVA com pH = 5,3, foram pequenas, porém as quantidades de Ni dessorvidas com HCl 0,01 N do solo PVA com pH = 5,5 foram elevadas.

Termos para indexação: poluição, toxidez, calagem.

NI ADSORPTION BY SIMILAR STRUCTURED BROWN EARTH AND BY RED-YELLOW PODZOLIC SOIL

ABSTRACT - Ni is considered an ambiental pollutant and when present in excess causes toxicity to plants as well as to animals that ingest them. The objective of this work is to study Ni adsorption by two Ultisols: a Structured Brown Earth - SBE (Carlos Barbosa Unit) and Red-Yellow Podzolic (RYP) soil (Bom Retiro Unit), verifying the applicability of the Langmuir equation and testing the effect of pH on its availability. The adsorption tests were carried out on soil surface samples under different values of pH and with increasing concentrations of Ni in solution. Desorption was performed with $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N pH 7,0 in samples of both soils and in samples of the RYP soil, whose pH was elevated to 5,3 and 5,5 by liming, respectively with CaCl_2 1 M and HCl 0,01 N. In both soils the Ni adsorption can be represented by the Langmuir equation; in extraction solutions of both soils, Mg increased and K decreased with the increasing of pH by liming. The amount of Ni to be applied to both soils depends on the level of pH to be attained by liming being the recommended pH about 6,0. The amounts of Ni desorbed with $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N pH 7,0 to both soils and with CaCl_2 1 M to RYP soil whose pH was elevated to 5,3 were small, but the amounts of Ni desorbed with HCl 0,01 M to the RYP soil with pH 5,5, were elevated.

Index terms: pollution, toxicity, liming.

INTRODUÇÃO

Geoquimicamente, o Ni encontra-se quase sempre associado ao Co e comumente substituindo os íons Mg e Fe em muitos minerais, como a serpentina, por exemplo.

No estado puro, dada a sua grande resistência à corrosão, o Ni é empregado em indústrias de galvanoplastia como revestimento eletrolítico, servindo para proteger ligas de Fe ou Cu e melhorar as propriedades térmicas e mecânicas de numerosas ligas. Resíduos destas indústrias podem conter elevado conteúdo de Ni.

Nos solos, segundo Allaway (1968), a concentração total de Ni varia de 10 ppm a 1.000 ppm. Para Mitchell (1945), solos derivados de rochas ígneas básicas ou sedimentos argilosos podem conter de 50 ppm a 500 ppm de Ni, ao passo que solos derivados de arenitos, calcários e rochas ígneas ácidas podem conter menos do que 50 ppm de Ni.

Plantas cultivadas em solos contaminados por Ni, pela adição de resíduos industriais contendo Ni, co-

¹ Aceito para publicação em 22 de fevereiro de 1989.

² Eng. - Ind. Química, M.Sc., Inst. de Pesq. Agron. da Secret. de Agric. do Rio Grande do Sul. IPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

³ Farmacêutica Química, Secret. de Agric. do Rio Grande do Sul. IPAGRO.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Adjunto, Dep. de Solos, Fac. de Agron. da UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS.

⁵ Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Titular, Dep. de Solos, Fac. de Agron. da UFRGS. Todos bolsistas do CNPq.

mo os de galvanoplastia, ou em locais próximos a jazidas minerais contendo Ni, podem apresentar toxicidade por este elemento, como evidenciado por Hunter & Vergano (1952), Soane & Saunder (1959), e Halstead et al. (1969), em aveia, milho, alfafa e tabaco, cultivados em solos encontrados próximos a rochas contendo serpentina. Halstead et al. (1969) estudaram o efeito do pré-tratamento com doses de 0 ppm; 20 ppm; 50 ppm; 100 ppm e 150 ppm de Ni, em solos franco-arenosos e arenosos, sobre o rendimento e concentração de Ni em aveia e alfafa. Concluíram que grão e palha de aveia, contendo respectivamente mais de 60 ppm e 28 ppm de Ni, assim como alfafa contendo mais de 44 ppm de Ni, apresentaram efeitos tóxicos de Ni. Segundo os mesmos autores, estes efeitos variam com as espécies de plantas, e o nível tóxico de Ni nos solos varia com as propriedades desses solos, sendo difícil indicar níveis críticos para solos ou plantas. Porém, segundo Allaway (1968), o Ni é tóxico às plantas em concentrações superiores a 50 ppm.

A elevação do pH do solo pela calagem, determinando o aumento da sua capacidade de adsorção, tem sido usada como meio de diminuir a disponibilidade dos metais pesados às plantas. Isso se dá porque, segundo Cavallaro & McBride (1980), a elevação do pH de uma solução de solo pode levar à formação de produtos de hidrólise que têm diferentes afinidades pelas cargas permanentes e outros sítios de troca. Pode, também, mudar a natureza dos sítios de troca hidrolizando ou precipitando íons Al^{+3} que ocupam os sítios de troca, criando mais sítios de troca. Por outro lado, constituintes do solo com cargas dependentes de pH como óxidos de Fe e Al e matéria orgânica têm suas cargas negativas aumentadas pela elevação do pH do solo. Crooke (1981) testou a elevação do pH do solo com Na_2CO_3 ou $CaCO_3$, para reduzir a disponibilidade do Ni a plantas de aveia em um experimento em vasos com solos cujo material de origem continha o mineral serpentina. Concluiu que a elevação do pH destes solos aumentou a capacidade de adsorção de Ni, reduziu o Ni extraído com CH_3COONH_4 1 N pH 7,0 e o absorvido pelas plantas de aveia.

Harter (1983) estudou o efeito do pH do solo sobre a adsorção de Pb, Cu, Zn e Ni. A quantidade dos metais retirados foi dependente do pH do solo, aumentando drasticamente acima de pH 7,0 ou 7,5. Também, testou a extração dos metais retidos pelo solo com HCl 0,01N, supondo que a ação deste ácido é semelhante à da raiz da planta, estimando os nutrientes disponíveis para as plantas. Verificou que,

em média, 70% a 80% do Ni foi extraído com HCl 0,01 N, questionando o conceito de manejo do pH para imobilizar os metais adicionados ao solo.

Os solos Terra Bruna Estruturada similar - TBES - (Unidade Carlos Barbosa), argiloso, medianamente profundo e bem drenado, localizado no Distrito Industrial de Bento Gonçalves, RS, e o Podzólico Vermelho-Amarelo - PVA - (Unidade Bom Retiro), arenoso nos horizontes A₁ e A₂, argilo-arenoso nos horizontes B₂₁, e argila nos horizontes B₂₂ e B₃, profundo, bem drenado, localizado no Polo Petroquímico do Sul, em Triunfo, RS, foram escolhidos para descarte de resíduos industriais: o primeiro, das várias indústrias de galvanoplastia existentes na região, e o segundo, dos resíduos industriais tratados na Estação de Tratamento da SITEL (Sistema Integrado de Tratamento dos Efluentes Líquidos, do Polo Petroquímico do Sul). Ambos os solos são ácidos, pobres em elementos nutritivos; o valor S é baixo, mas o Al e H + Al são elevados; contendo colóides dependentes de pH, tais como matéria orgânica (2,1% no TBES e 2,2% no PVA) e óxidos de ferro (1,2% em ambos os solos), têm sua capacidade de adsorção elevada pelo aumento do pH dos mesmos.

O objetivo deste trabalho é estudar a adsorção de Ni nos solos TBES (Unidade Carlos Barbosa) e PVA (Unidade Bom Retiro), verificando a aplicabilidade da equação de Langmuir e testando a elevação do pH dos solos pela calagem como forma de diminuir sua disponibilidade para as plantas e animais que delas se alimentam.

MATERIAL E MÉTODOS

Para estudar a adsorção de Ni foram utilizadas amostras de Terra Bruna Estruturada similar (TBES), pertencente à Unidade de Mapeamento Carlos Barbosa (Brasil 1973), localizado no Distrito Industrial de Bento Gonçalves, RS, e Podzólico Vermelho-Amarelo-PVA -, pertencente à Unidade de Mapeamento Bom Retiro (Brasil 1973), localizado no Polo Petroquímico em Triunfo, RS, escolhidos para lançamento de resíduos industriais. Efetuou-se a adsorção com soluções de Ni obtidas por diluição do Padrão Titrisol da Merck ($NiCl_2$), em quantidades adequadas, usando-se $Ca(NO_3)_2$ $5 \times 10^{-3}M$ como eletrólito suporte. As soluções com concentrações de 0 ppm; 4,3 ppm; 13,8 ppm; 14,9 ppm; 17,8 ppm; 21,7 ppm; 27,4 ppm; 31,4 ppm; 33,5 ppm; 38,0 ppm; e 44,1 ppm de Ni e 0 ppm; 14,7 ppm; 15,1 ppm; 19,9 ppm; 25,8 ppm; 30,2 ppm; 33,8 ppm; 41,3 ppm; 44,5 ppm e 48,9 ppm de Ni foram adicionadas, na relação 1: 10, respectivamente, a amostras dos solos TBES e PVA tratados com calcário, em quantidades correspondentes a 0; 0,5; 1 e 2 vezes a quantidade recomendada pelo método SMP, para elevar o pH dos solos a 6,0 (Rolas 1981). Nestas amostras, determinou-se pH em água na relação de 1:1, obtendo-se para o solo TBES os valores de pH 4,0; 5,0; 5,8 e 6,3 e para o solo PVA, os valores de pH 4,4; 5,3; 5,5 e 5,8. Após 48 horas de agita-

ção, centrifugou-se, determinando no sobrenadante pH; Ni e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e K por fotometria de chama. O Ni adsorvido foi calculado pela diferença entre as concentrações inicial e final deste elemento.

A isoterma de adsorção desenvolvida por Langmuir para quantificar a adsorção de gases por sólidos tem sido usada com sucesso, em sistemas sólido-líquido. Pode ser representada pela equação: $c/x/m = 1/kb + c/b$, onde c = concentração final do elemento na solução, em ppm; x/m = quantidade do elemento adsorvida em miligrama por grama de solo; b = adsorção máxima, e k = constante ligada à energia de ligação do íon ao solo. Grafando-se $c/x/m$ versus c , obtém-se uma linha de declividade $1/b$ e interseção $1/kb$. Para verificar se as adsorções de Ni dos solos em estudo obedeciam à equação de Langmuir, os parâmetros c e x/m foram determinados; calcularam-se os coeficientes de correlação entre as variáveis c e $c/x/m$. Como estes coeficientes foram elevados, calcularam-se as equações de Langmuir, assim como b (adsorção máxima) e k (constante ligada à energia de ligação). Também, grafou-se c versus x/m , obtendo-se as curvas de adsorção, determinando-se, nestas curvas, b (adsorção máxima), quando um patamar fora alcançado. Estes valores de b obtidos pelas curvas de adsorção foram comparados com os obtidos através das equações de regressão.

Após retirado o sobrenadante, as amostras dos solos foram equilibradas por uma hora com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 N pH 7,0, centrifugadas, determinando-se o Ni desorvido no sobrenadante. Da mesma forma, determinou-se Ni (desorvido) em amostras do solo PVA cujo pH fora previamente elevado a 5,3 e 5,5 com calcário, usando-se como extrator, respectivamente, CaCl_2 1 M, após adsorções com soluções de 0 a 6,8 me/100 g de Ni e HCl 0,01 N após adsorção com soluções de 0 a 1,70 me/100 g de Ni.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curvas de adsorção de Ni em função das concentrações de Ni nas soluções de equilíbrio a diferentes valores de pH dos solos são apresentados na Fig. 1 para o solo TBEs, e na Fig. 2, para o solo PVA. Em ambos os casos, constatou-se que a elevação do pH do solo pela calagem aumentou a capacidade de adsorção de Ni, concordando com Crooke (1981), Harter (1983) e Halstead et al. (1969). Nestas curvas, determinaram-se as adsorções máximas ao solo TBEs (pH = 4,0) e solo PVA (pH = 4,4), respectivamente, de 28 e 27 $\mu\text{g/g}$, não sendo possível fazê-lo aos valores de pH mais elevados para ambos os solos, pois não foi alcançado um patamar nas curvas de adsorção. Na Tabela 1 são apresentados os dados de correlação entre as variáveis c e $c/x/m$, as equações de regressão (equações de Langmuir) aos diversos valores de pH dos solos TBEs e PVA, e os valores de b e k calculados através das mesmas. Para ambos os solos, a correlação entre as variáveis c e $c/x/m$ foi elevada, muito significativa ($P = 0,01$), assim como as adsorções máximas de Ni aumentaram com a elevação do pH dos solos. Os dados de adsor-

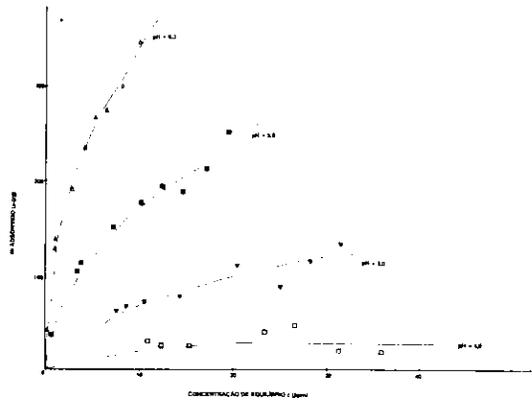


FIG. 1. Curvas de adsorção de Ni do solo TBEs aos valores de pH de 4,0; 5,0; 5,8 e 6,3.

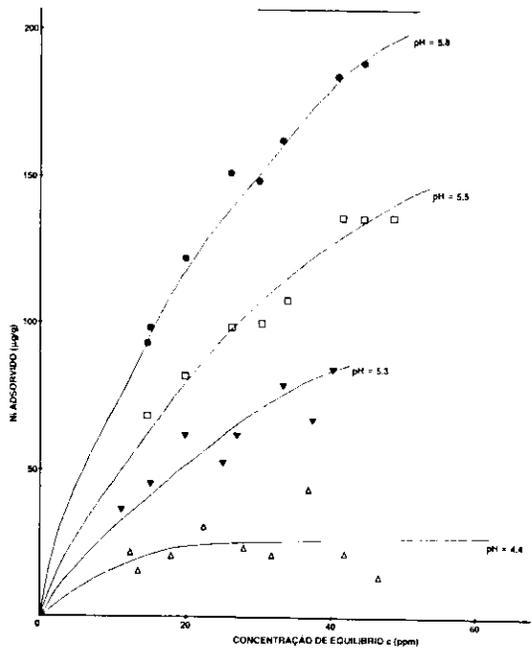


FIG. 2. Curvas de adsorção de Ni do solo PVA aos valores de pH de 4,4; 5,3; 5,5 e 5,8.

ção máxima obtidos nas curvas de adsorção para o solo TBEs ao pH 4,0 e para o solo PVA ao pH de 4,4 são maiores do que os obtidos pelas equações de Langmuir. Os valores de K (constante ligada à ener-

gia de ligação) foram positivos ao pH natural dos solos, indicando sítios com baixa capacidade de adsorção, mas forte energia de ligação.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados das determinações de pH, Mg e K nos extratos de adsorção, respectivamente, para os solos TBEs e PVA. Em ambos os solos, o pH dos extratos aumentou com a elevação do pH do solo pela calagem. O Mg nos extratos aumentou com a elevação do pH do solo pela calagem e com o aumento da adsorção, indicando competição do Ni com o Mg pelos sítios de troca. O K diminuiu na solução, com a elevação do pH do solo pela calagem, pois, pelo aumento da capacidade de troca de cátions, passou para a forma trocável também disponível para as plantas.

As percentagens de Ni desorvidas com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7,0 (Fig. 3 e 4) foram pequenas para ambos os solos, situando-se, para a maioria das amostras, entre 0% e 30% para o solo TBEs e de 0% a 40% para o solo PVA, devido à baixa capaci-

dade do íon amônio em extrair o Ni adsorvido. Também, as percentagens do Ni adsorvido ao solo PVA com pH = 5,3 extraídas com CaCl_2 1M, situando-se, para a maioria das amostras, entre 20% e 40%, foram superiores às quantidades extraídas também ao solo PVA com pH = 5,3, com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7,0, situando-se, para a maioria das amostras, entre 10% e 30% (Fig. 4). As percentagens de Ni extraídas com HCl 0,01 N ao solo PVA com pH = 5,5 (Fig. 4), situando-se, para a maioria das amostras entre 70% e 100%, foram bem mais elevadas que as quantidades extraídas também ao solo PVA com pH = 5,5 com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7,0, situando-se, para a maioria das amostras, entre 20% e 40% (Fig. 4); isso põe em dúvida o conceito de manejo do pH do solo para imobilizar os metais pesados adicionados ao solo, como evidenciado por Harter (1983), já que os íons adsorvidos em valores de pH mais elevados são facilmente extraíveis, como demonstram os dados de extração com HCl 0,01 N.

TABELA 1. Coeficientes e equação de Langmuir; correlação (r) entre c e c/x/m para adsorção de Ni do solo TBEs aos valores de pH de 4,0; 5,0; 5,8 e 6,3 e do solo PVA aos valores de pH de 4,4; 5,3; 5,5 e 5,8.

Solo	pH	b (mg/g)	K (ppm ⁻¹)	Equação	r
TBEs	4,0	16,9	9	$x/m = 0,002 c / (c - 6,566)$	0,882*
TBEs	5,0	111,5	- 2	$x/m = 0,111 c / (c + 4,354)$	0,919*
TBEs	5,8	239,8	- 1	$x/m = 0,240 c / (c + 3,217)$	0,957*
TBEs	6,3	356,6	- 2	$x/m = 0,356 c / (c + 1,530)$	0,980*
PVA	4,4	13,4	8	$x/m = 0,013 c / (c - 9,407)$	0,871*
PVA	5,3	74,8	- 3	$x/m = 0,075 c / (c + 5,313)$	0,888*
PVA	5,5	145,0	- 1	$x/m = 0,145 c / (c + 5,646)$	0,944*
PVA	5,8	209,6	- 1	$x/m = 0,210 c / (c + 4,112)$	0,974*

* = Muito significativo (P = 0,01).

TABELA 2. Determinação de Ni adsorvido ao solo TBEs, aos valores de pH de 4,0; 5,0; 5,8 e 6,3, após adição de 0 a 1,50 me/100 g de Ni; Mg e K nos extratos de adsorção.

Ni adicionado ($\frac{\text{me}}{100 \text{ g}}$)	Ni adsorvido ($\frac{\text{me}}{100 \text{ g}}$)	pH = 4,0			pH = 5,0			pH = 5,8			pH = 6,3					
		pH	Mg (ppm)	K (ppm)	Ni adsorvido ($\frac{\text{me}}{100 \text{ g}}$)	pH	Mg (ppm)	K (ppm)	Ni adsorvido ($\frac{\text{me}}{100 \text{ g}}$)	pH	Mg (ppm)	K (ppm)				
0,00	0,00	4,0	4,8	1,4	0,00	5,4	30,5	1,0	0,00	6,2	92,6	1,4	0,00	6,3	63,3	0,8
0,15	-	4,0	4,8	1,4	0,07	5,8	33,9	0,7	0,12	6,2	48,6	1,0	0,14	6,4	62,1	0,8
0,47	0,01	3,8	9,4	2,4	0,21	5,8	32,2	0,8	0,35	6,1	53,1	0,9	0,43	6,4	64,0	0,8
0,51	0,09	4,0	6,8	1,4	0,22	5,6	32,8	1,1	0,38	6,3	50,8	1,0	0,47	6,4	63,3	0,8
0,60	0,08	4,0	4,5	1,3	0,24	5,8	33,9	0,8	0,41	6,0	53,7	1,0	0,55	6,6	65,0	0,9
0,74	0,08	4,0	5,1	1,6	0,26	5,9	33,9	0,9	0,51	6,1	54,2	0,9	0,65	6,6	62,1	0,9
0,83	0,13	4,0	4,9	1,8	0,32	5,7	30,3	1,0	0,60	6,1	53,1	0,8	0,80	6,6	65,5	0,9
1,07	0,16	4,0	4,5	1,4	0,37	5,9	33,9	1,0	0,65	6,2	50,8	1,0	0,90	6,5	65,5	1,2
1,14	0,07	4,0	5,1	1,5	0,28	5,7	31,6	1,0	0,63	6,2	49,7	1,2	0,93	6,2	68,9	1,2
1,30	0,06	4,0	5,8	1,5	0,33	5,9	31,3	1,0	0,71	6,2	52,0	1,3	1,02	6,3	67,8	0,9
1,50	-	4,0	5,2	1,4	0,43	5,9	33,9	1,0	0,84	6,2	51,7	1,0	1,17	6,7	66,7	1,0

TABELA 3. Determinação de Ni adsorvido ao solo PVA, aos valores de pH de 4,0; 5,3; 5,8 e 6,3 após adição de 0 a 1,66 me/100 g de Ni; pH, Mg e K nos extratos de adsorção.

Ni adicionado me (100 g)	pH = 4,4				pH = 5,3				pH = 5,5				pH = 5,8			
	Ni adsorvido me (100 g)	Mg (ppm)	K (ppm)	pH	Ni adsorvido me (100 g)	Mg (ppm)	K (ppm)	pH	Ni adsorvido me (100 g)	Mg (ppm)	K (ppm)	pH	Ni adsorvido me (100 g)	Mg (ppm)	K (ppm)	pH
0,00	0,00	10,5	13,7	4,2	0,00	17,7	11,8	5,6	0,00	26,1	10,4	6,1	0,00	32,0	5,9	6,4
0,50	0,08	12,9	14,0	4,2	0,13	17,8	12,0	5,2	0,23	25,8	10,0	6,1	0,32	32,5	5,8	6,4
0,51	0,06	11,6	14,4	4,2	0,12	18,1	11,8	5,4	0,23	25,8	10,6	6,1	0,33	31,3	5,6	6,4
0,68	0,07	12,8	14,4	4,2	0,15	18,1	11,6	5,6	0,28	23,2	10,6	6,1	0,42	33,6	5,6	6,3
0,88	0,11	11,6	14,8	4,2	0,21	18,1	11,6	5,5	0,34	22,7	10,0	6,1	0,52	32,2	5,6	6,3
1,03	0,08	10,8	14,6	4,2	0,18	18,2	11,8	5,6	0,34	22,2	10,0	6,3	0,51	33,5	5,6	6,3
1,15	0,07	11,2	14,4	4,2	0,21	17,8	11,2	5,5	0,37	21,7	10,4	6,1	0,55	33,3	6,0	6,3
1,41	0,15	10,7	14,4	4,2	0,27	18,0	11,6	5,6	0,47	23,3	10,4	6,2	0,63	29,9	5,6	6,3
1,51	0,08	11,2	14,6	4,2	0,23	18,0	11,6	5,6	0,47	27,0	9,8	6,2	0,65	33,0	5,8	6,2
1,66	0,05	11,5	14,2	4,2	0,29	18,0	11,8	5,4	0,47	26,0	7,4	6,2	0,67	33,3	5,8	6,2

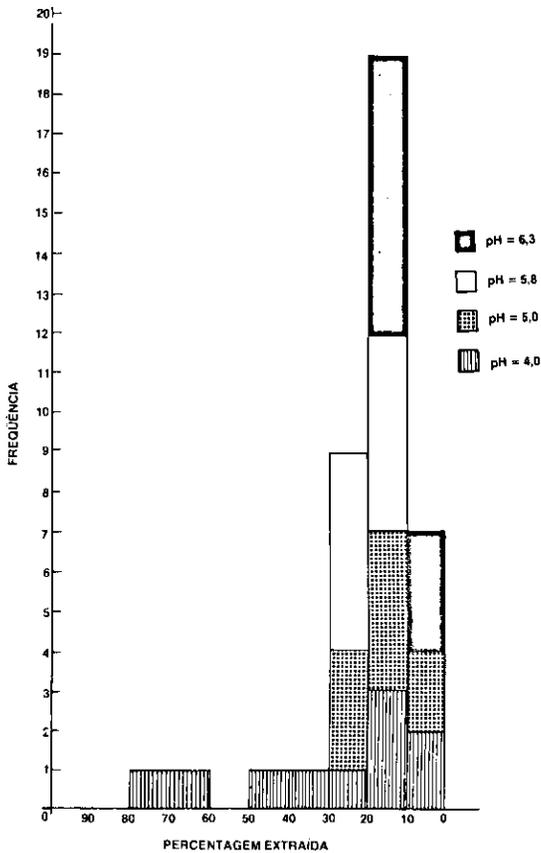


FIG. 3. Percentagens de Ni desorvido do solo TBEs, aos valores de pH de 4,0; 5,0; 5,8 e 6,3.

CONCLUSÕES

1. As adsorções de Ni dos solos Terra Bruna Estruturada similar - TBEs - (Unidade Carlos Barbosa) e Podzólico Vermelho-Amarelo - PVA (Unidade

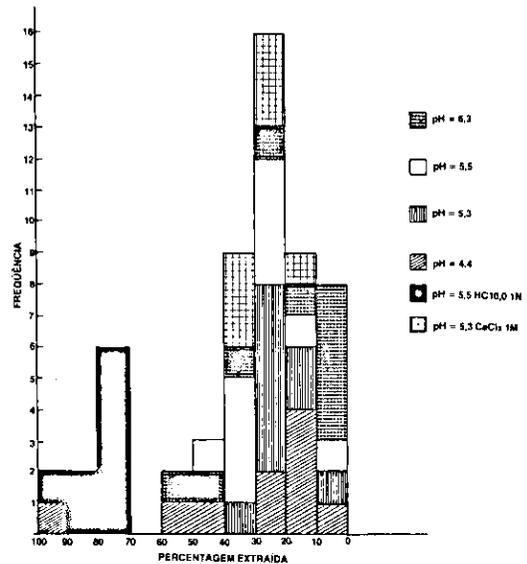


FIG. 4. Percentagens de Ni desorvidas do solo PVA com CH₃COONH₄ 1N pH 7,0 aos valores de pH de 4,4; 5,3; 5,5 e 6,3; com HCl ao pH inicial de 5,5 e com CaCl₂ 1M ao pH de 5,3.

Bom Retiro), aos diversos valores de pH estudados, obedecem à equação de Langmuir; no extrato de adsorção de Ni, para ambos os solos e soluções empregadas, o Mg aumentou, e o K diminuiu com a elevação do pH do solo pela calagem.

2. A quantidade de Ni a ser aplicada aos solos depende do nível de pH a ser atingido pela calagem, sendo o pH em torno de 6,0 o recomendado.

3. Em ambos os solos e em todos os valores de pH estudados, as quantidades de Ni desorvidas com $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7,0 e no solo PVA cujo pH fora elevado a 5,3 com calcário foram pequenas; porém, no solo PVA, cujo pH fora elevado a 5,5, as quantidades de Ni desorvidas com HCl 0,01 M foram elevadas.

REFERÊNCIAS

- ALLAWAY, W.H. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Adv. Agron.*, New York, **20**:235-74, 1968.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- CAVALLARO, N. & MCBRIDE, M.B. Activities of Cu^{2+} and Cd^{2+} in soil solutions as affected by pH. *Soil Sci Soc. Am. J.*, Madison, **44**:729-32, 1980.
- CROOKE, W.M. Nickel uptake from a serpentine soil. *Soil Sci.*, Baltimore, **81**:269-73, 1981.
- HALSTEAD, R.L.; FINN, B.J.; MACLEAN, A.J. Extractability of Nickel added to soils and its concentration in plants. *Can. J. Soil Sci.*, Ottawa, **49**:335-42, 1969.
- HARTER, R.D. Effect of Soil pH on Adsorption of lead, copper zinc and nickel. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, **47**:47-51, 1983.
- HUNTER, J.G. & VERGANO, O. Nickel toxicity in plants. *Ann. Appl. Biol.*, **39**:279-84, 1952.
- MITCHELL, R.L. Cobalt and nickel in soils and plants. *Soil Sci.*, Baltimore, **60**:63-70, 1945.
- ROLAS, Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, **56**:1-32, 1981.
- SOANE, B.D. & SAUNDER, D.H. Ni and chromium toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia. *Soil Sci.*, Baltimore, **88**:322-30, 1959.