

LIBERAÇÃO DE CATIONS DE VERMICULITA  
INCORPORADA A SOLOS

Arary Marconi\*  
Ibrahim Octavio Abrahão\*  
Toshiaki Kinjo\*  
Ronaldo Ivan Silveira\*

RESUMO

Estuda-se a liberação de cations da vermiculita em solos, como consequência de processos de intemperização. Vermiculitas, em duas granulações diferentes, foram incorporadas a solos arenoso e argiloso, de baixa fertilidade, na proporção de 20% de vermiculita e tratados com água acidificada a pH 5. Os resultados das análises químicas permitem verificar que é grande a quantidade de cations solúveis (cálcio, magnésio e potássio) removidos da vermiculita, enquanto que silício, alumínio e ferro tendem a permanecer no sistema. Como

---

\* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes - ESALQ/USP.

efeito secundário, observa-se elevação do pH do solo, como consequência da liberação de cations.

## INTRODUÇÃO

O estudo da utilização da vermiculita como condicionador do solo, com a finalidade de melhorar suas características físicas, tem sido feito desde há algum tempo. Trabalhos como os de SALATI *et alii* (1980), AQUINO *et alii* (1981), MOREIRA e MINAMI (1977), DUNHAM (1967), confirmam a eficiência da vermiculita como condicionador do solo, principalmente na retenção de água.

Entretanto, pouco tem sido realizado no estudo desse mineral, no que se refere à sua influência nas características químicas do solo, seja no fornecimento de nutrientes às plantas, devido a processos de intemperização, seja na elevação da CTC do solo, uma vez que é alta a CTC da vermiculita.

O que se pretende, neste trabalho, é estudar o efeito no solo da liberação de íons da vermiculita, como consequência de processos de intemperização do mineral.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Vermiculita

Foi utilizada vermiculita procedente da Paulistânia (PI), empregada em 2 granulações: uma, denominada fina, encontrada normalmente em condições comerciais e outra, denominada moída, que é a vermiculita fina moída

e passada em peneira de 0,250 mm. Para ambas as granulações, foram utilizadas vermiculita natural e expandida, essa expansão realizada industrialmente.

O interesse da moagem está no aumento da área superficial, em contato com a água e as partículas do solo. É de se esperar que o mineral moído apresente resultados mais significativos que o não moído.

### Solos

Para as misturas solo-vermiculita, foram escolhidos 2 solos de baixa fertilidade, um arenoso, denominado série Paredão Vermelho e outro argiloso, denominado série Guamium, ambos da região de Piracicaba. As análises granulométrica e química (ions trocáveis) desses solos estão nos Quadros 1 e 2.

### Misturas solo-vermiculita

Foram montados tubos percoladores com misturas de solos e vermiculitas, onde se procurou estudar a intemperização das vermiculitas e a influência do tipo de solo nessa intemperização. Assim, o efeito de um solo arenoso, de macroporosidade mais elevada e onde a água é drenada mais rapidamente é comparado com o efeito de um solo argiloso, onde a drenagem é mais lenta e, como consequência, o solo se mantém úmido por tempo maior. Como testemunha, tubos percoladores contendo somente vermiculita e somente solos, foram também introduzidos.

Desse modo, tem-se a seguinte série de tubos percoladores:

1. Vermiculita fina natural (tubos 1A e 1B)
2. Vermiculita fina expandida (tubos 2A e 2B)
3. Vermiculita moída natural (tubos 3A e 3B)
4. Vermiculita moída expandida (tubos 4A e 4B)
5. Vermiculita fina natural + solo arenoso (tubos 5A e

Quadro 1. Análise granulométrica (%).

SÓLOS	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Areia total	Silte	Argila
Paredão Vermelho	0,9	3,9	30,4	38,2	11,2	84,6	0,4	15,0
Guamium	0,4	0,7	3,0	7,0	4,2	15,3	20,2	64,5

Quadro 2. Análise química (ions trocáveis)

SOLOS	meq/100 ml de terra						
	pH	$PO_4^{3-}$	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Al^{3+}$	$H^+$
Paredão Vermelho	4,4	0,03	0,01	0,24	0,01	0,72	1,92
Guamium	5,0	0,04	0,02	2,16	0,24	0,35	5,52

- 5B)
6. Vermiculita fina expandida + solo arenoso (tubos 6A e 6B)
  7. Vermiculita moída natural + solo arenoso (tubos 7A e 7B)
  8. Vermiculita moída expandida + solo arenoso (tubos 8A e 8B)
  9. Vermiculita fina natural + solo argiloso (tubos 9A e 9B)
  10. Vermiculita fina expandida + solo argiloso (tubos 10A e 10B)
  11. Vermiculita moída natural + solo argiloso (tubos 11A e 11B)
  12. Vermiculita moída expandida + solo argiloso (tubos 12A e 12B)
  13. Solo arenoso (tubo 13A)
  14. Solo argiloso (tubo 14A).

A proporção da mistura solo-vermiculita é de 4:1, ou seja, são adicionados 20% de vermiculita ao solo, em volume.

Cada tratamento recebeu água acidificada a pH 5,0 (ácido oxálico), com alternância entre estado de saturação e estado seco. A água lixiviada foi captada em recipientes e analisada quimicamente, para se conhecer a quantidade de cations lixiviados.

#### Análises Químicas

Foram realizadas análises de cations trocáveis, de elementos extraídos por  $H_2SO_4$  concentrado (extrato sulfúrico) e da água de percolação dos tubos percoladores. Os métodos de análise foram os normalmente empregados nas análises de solos e de água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 3, 4 e 5 mostram os resultados obtidos nas análises químicas.

Embora possa se considerar que o tempo de experimento não foi o ideal, alguns resultados interessantes foram obtidos.

Os resultados do Quadro 3 mostram que os cations de menor mobilidade nos solos permaneceram com teores relativamente constantes, após os tratamentos com água. Na testemunha solo arenoso houve acentuada diminuição no conteúdo de  $\text{SiO}_2$ . Entretanto, nas misturas vermiculita-solo arenoso, essa diminuição não ocorreu, mas, ao contrário, houve aumento no teor de  $\text{SiO}_2$ , nos solos. Na testemunha solo argiloso, o teor de  $\text{SiO}_2$ , permaneceu o mesmo, após os tratamentos, com pequeno aumento, porém, nas misturas vermiculita-solo argiloso. Em todas as amostras, os conteúdos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  não apresentaram modificações significativas, após os tratamentos com água.

Na água percolada (Quadro 4), como é esperado, ocorre maior concentração de  $\text{SiO}_2$ , em relação a  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , uma vez que é maior a mobilidade da sílica. A maior liberação de sílica resultou das amostras de vermiculita pura, acompanhada das amostras solo argiloso-vermiculita. Nos solos arenosos, as misturas com vermiculita apresentaram pouca remoção de sílica, quando comparados com a testemunha solo arenoso.

Os resultados mais significativos ocorrem para os cations de maior mobilidade,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , principalmente para o  $\text{Mg}^{2+}$ , que existe em quantidade maior na vermiculita. O teor de  $\text{MgO}$  nos solos é baixo (0,03% nos solos arenosos e 0,10 nos solos argilosos). Esses teores elevaram-se a níveis de 2 a 3 % com a adição da vermiculita, mas caíram sensivelmente nas misturas com vermiculita fina e em menor proporção nas misturas com ver-

Quadro 3. Resultados das análises de vermiculita, solo + vermiculita e solo, utilizando  $H_2SO_4$  concentrado, como extrator.

Amostra	%					
	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$MgO$	$CaO$	$Fe_2O_3$	$K_2O$
*1	34,65	2,55	20,92	4,83	5,34	0,60
**1A	32,05	4,08	0,23	3,61	7,97	0,53
**1B	33,10	3,83	0,22	2,75	5,58	0,49
2	37,10	3,83	23,16	0,97	5,54	0,20
2A	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2B	35,25	3,83	0,22	1,70	5,43	0,40
3	34,50	3,06	20,92	2,70	5,64	0,31
3A	34,60	4,59	0,23	2,24	5,76	0,45
3B	33,10	4,59	0,22	2,60	5,22	0,44
4	42,90	3,32	27,80	3,77	6,11	0,50
4A	31,70	4,85	0,25	1,36	5,40	0,41
4B	35,35	4,85	0,25	1,39	5,29	0,41
5	7,00	4,08	2,51	0,90	1,88	0,05
5A	5,50	4,08	1,09	0,25	1,36	0,05
5B	5,50	3,83	1,36	0,35	1,34	0,05
6	5,30	3,82	1,73	0,70	1,92	0,06
6A	4,50	4,08	0,15	0,13	1,23	0,02
6B	4,75	4,08	1,26	0,17	1,28	0,02
7	7,25	3,82	2,44	0,87	1,79	0,08
7A	7,00	3,83	2,06	0,37	1,66	0,07
7B	6,65	3,57	1,99	0,46	1,55	0,06
8	6,00	3,82	1,71	0,60	1,66	0,04
8A	6,00	3,57	1,64	0,25	1,51	0,04
8B	6,20	3,83	1,66	0,17	1,44	0,04
9	19,00	20,14	3,12	0,79	22,06	0,11
9A	19,00	20,66	1,76	0,45	21,66	0,06
9B	20,85	21,17	1,11	0,25	23,99	0,05
10	18,25	23,97	1,33	0,80	25,63	0,04
10A	18,25	21,93	0,46	0,29	22,56	0,03
10B	17,60	21,93	0,25	0,18	22,56	0,03

## Continuação do Quadro 4.

Amostra		Si	Al	Mg	Ca	Fe	K
9A	1	2,27	0,22	1,02	5,43	< 0,02	0,94
	2	1,40	0,25	5,74	12,10	< 0,02	1,03
	3	5,88	0,17	5,41	4,98	0,02	7,07
	4	5,77	0,16	2,55	2,56	< 0,02	6,12
9B	1	2,45	0,13	1,07	4,33	< 0,02	0,82
	2	1,45	0,10	5,96	11,27	< 0,02	1,50
	3	0,83	0,12	2,80	4,71	< 0,02	2,83
	4	26,56	0,19	24,78	17,91	< 0,02	20,47
10A	1	2,19	0,11	0,84	4,39	< 0,02	0,85
	2	2,23	0,09	1,07	3,47	< 0,02	0,91
	3	2,24	0,19	2,64	6,19	< 0,02	2,03
	4	2,66	0,23	11,83	15,76	< 0,02	11,17
10B	1	2,35	0,09	0,80	3,90	< 0,02	0,91
	2	2,30	0,17	1,20	2,81	< 0,02	1,03
	3	2,41	0,21	2,60	3,81	< 0,02	2,95
	4	9,25	0,36	9,68	9,77	0,05	8,48
11A	1	2,99	0,14	18,97	29,81	< 0,02	4,94
	2	1,13	0,11	28,54	32,08	< 0,02	6,12
	3	1,20	0,20	10,77	18,70	< 0,02	8,01
	4	5,56	0,26	2,56	2,48	< 0,02	5,45
11B	1	2,27	0,19	12,51	20,95	< 0,02	9,60
	2	1,27	0,17	17,00	29,93	< 0,02	4,37
	3	1,33	0,19	4,79	18,84	< 0,02	5,65
	4	1,71	0,28	21,10	42,76	0,03	8,64
12A	1	3,09	0,14	7,48	7,27	< 0,02	3,75
	2	3,12	0,15	8,69	8,22	< 0,02	4,83
	3	4,80	0,24	3,03	3,14	0,05	6,20
	4	6,65	0,26	13,02	17,80	< 0,02	11,56

Continua.

Quadro 4. Análise química de água lixiviada (ppm).

Amostra	Si	Al	Mg	Ca	Fe	K
1A 1	0,42	0,07	0,93	2,66	< 0,02	1,00
2	7,98	0,17	4,19	7,04	< 0,02	2,69
3	5,34	0,17	9,16	12,76	0,02	10,54
4	23,95	0,30	23,62	16,91	0,02	20,63
1B 1	0,76	0,09	1,25	3,73	< 0,02	1,15
2	7,81	0,13	4,21	7,86	< 0,02	2,81
3	5,58	0,18	10,78	14,98	0,02	11,32
4	1,00	0,38	11,36	21,61	< 0,02	4,34
2A 1	0,10	0,07	0,26	0,44	< 0,02	1,14
2	4,93	0,10	1,73	2,19	< 0,02	3,77
3	6,87	0,18	5,11	4,92	0,02	7,93
4	2,68	0,36	3,43	3,57	< 0,02	4,59
2B 1	0,13	0,05	0,26	0,45	< 0,02	0,97
2	4,82	0,12	1,65	2,17	< 0,02	3,75
3	1,01	0,20	3,29	6,09	< 0,02	2,47
4	1,72	0,29	21,10	4,17	0,03	9,11
3A 1	5,78	0,07	11,92	15,17	< 0,02	6,40
2	5,09	0,09	9,82	13,04	< 0,02	8,50
3	4,65	0,14	2,47	4,38	< 0,02	3,19
4	4,85	0,22	6,34	6,39	< 0,02	5,65
3B 1	5,80	0,09	12,10	15,28	< 0,02	8,70
2	5,20	0,16	9,87	12,95	< 0,02	8,50
3	4,39	0,06	2,48	4,20	< 0,02	2,79
4	3,28	0,22	0,84	4,95	< 0,02	0,59
4A 1	15,26	0,05	30,77	17,65	< 0,02	11,60
2	17,99	0,18	20,45	13,29	< 0,02	11,40
3	24,60	0,10	19,36	13,82	< 0,02	21,42
4	1,43	0,67	0,91	4,44	0,02	0,34
4B 1	15,78	0,19	26,90	15,60	< 0,02	10,26
2	16,80	0,13	19,73	13,41	< 0,02	10,40
3	22,69	0,09	15,00	10,75	< 0,02	18,42
4	2,69	0,19	1,46	3,66	< 0,02	0,99

Cont Inua

Continuação Quadro 4.

Amostra		Si	Al	Mg	Ca	Fe	K
5A	1	0,53	0,13	0,81	1,67	< 0,02	1,60
	2	0,50	0,17	9,04	17,02	< 0,02	2,81
	3	0,96	0,08	9,37	17,57	< 0,02	5,04
	4	6,39	0,22	4,18	7,07	0,02	3,80
5B	1	0,72	0,16	0,89	1,78	< 0,02	1,52
	2	0,49	0,20	9,21	16,70	< 0,02	2,99
	3	0,57	0,09	6,65	12,18	< 0,02	4,15
	4	0,30	0,27	10,99	21,89	0,04	4,88
6A	1	0,47	0,12	0,69	1,21	< 0,02	1,72
	2	1,40	0,28	1,10	1,42	< 0,02	1,34
	3	3,50	0,08	1,71	1,73	< 0,02	5,42
	4	1,41	0,21	6,26	12,12	0,02	1,39
6B	1	0,42	0,17	0,66	1,23	< 0,02	1,79
	2	1,65	0,28	0,96	1,26	< 0,02	1,55
	3	3,62	0,11	1,78	1,62	< 0,02	5,65
	4	7,09	0,17	3,85	6,79	0,02	3,69
7A	1	1,44	0,14	9,47	14,13	< 0,02	5,37
	2	1,10	0,18	31,99	56,43	0,02	8,60
	3	1,50	0,12	2,06	2,13	< 0,02	3,76
	4	1,91	0,25	2,15	2,44	0,02	2,97
7B	1	1,09	0,08	8,48	12,82	< 0,02	5,03
	2	0,92	0,10	27,48	48,48	0,03	8,50
	3	2,10	0,15	2,41	2,02	0,03	4,30
	4	2,84	0,20	1,88	3,03	< 0,02	1,06
8A	1	1,84	0,14	5,14	3,72	< 0,02	7,03
	2	3,95	0,20	9,46	8,74	< 0,02	6,30
	3	0,92	0,14	10,89	21,88	< 0,02	7,46
	4	2,17	0,21	21,84	37,38	0,02	6,59
8B	1	1,99	0,16	5,40	3,67	< 0,02	5,16
	2	4,51	0,22	11,92	10,79	< 0,02	7,17
	3	0,91	0,15	10,26	20,71	< 0,02	6,91
	4	1,42	0,12	6,74	13,50	< 0,02	2,16

Continua.

Quadro 3. Continuação

Amostra	%						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	
11	19,85	18,87	3,47	1,00	22,84	0,12	
11A	22,50	18,87	2,97	0,53	19,73	0,10	
11B	19,50	19,89	2,44	0,41	20,84	0,08	
12	19,00	20,91	2,37	0,69	23,77	0,07	
12A	18,50	20,40	2,17	0,28	20,95	0,05	
12B	21,75	20,66	2,16	0,27	20,31	0,07	
13	4,50	4,08	0,03	0,50	2,65	0,02	
13A	1,75	3,32	0,02	0,22	0,10	0,02	
14	17,30	21,93	0,10	0,44	24,81	0,03	
14A	17,50	22,19	0,10	0,39	21,70	0,03	

Amostra no início dos tratamentos

Amostras após os tratamentos (1ª e 2ª repetições)

Continuação do Quadro 4.

Amostra	Si	Al	Mg	Ca	Fe	K
12B 1	3,08	0,18	7,94	7,38	< 0,02	4,90
2	3,11	0,18	8,13	7,68	< 0,02	4,59
3	6,90	0,26	2,87	1,82	n.d.	5,65
4	1,98	0,22	11,43	20,51	0,02	5,65
13A 1	0,42	0,26	0,55	1,67	< 0,02	1,90
2	1,01	0,19	0,22	1,04	< 0,02	0,70
3	0,54	0,48	0,83	5,83	0,02	0,11
4	8,09	0,30	7,43	7,53	0,03	8,49
14A 1	3,02	0,12	0,75	5,33	< 0,02	0,65
2	2,90	0,15	0,58	4,43	< 0,02	0,55
3	2,40	0,29	1,14	8,31	< 0,02	0,41
4	5,65	0,90	6,31	5,85	0,58	5,33

Quadro 5. Resultados de análises de íons trocáveis de vermiculitas, solos + vermiculitas e solos (mg/100 ml de terra ou vermiculita).

Amostra	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>
1A	8,2	0,43	14,88	41,12	0,0
1B	8,5	0,41	15,56	42,76	0,0
2A	8,4	0,29	5,04	22,86	0,0
2B	8,3	0,27	4,80	20,56	0,0
3A	8,3	0,32	17,24	53,40	0,0
3B	8,4	0,25	17,24	52,52	0,0
4A	8,2	0,36	10,20	43,22	0,0
4B	8,3	0,31	10,36	44,12	0,0
5	5,3	0,11	1,76	2,56	2,40
5A	6,8	0,11	2,44	3,08	1,44
5B	6,8	0,12	3,12	3,60	1,28
6	5,0	0,10	0,50	1,15	2,56
6A	5,5	0,06	0,48	1,12	3,28
6B	5,2	0,06	0,29	0,87	3,49
7	6,5	0,30	4,80	5,49	1,92
7A	6,8	0,35	5,60	6,88	0,70
7B	7,1	0,30	5,98	8,10	0,40
8	6,2	0,36	2,25	5,56	2,24
8A	6,5	0,34	2,40	6,40	1,89
8B	6,5	0,36	2,32	6,48	1,92
9	5,4	0,95	3,60	3,96	4,40
9A	6,7	0,18	4,08	3,92	2,53
9B	6,6	0,13	3,36	2,96	3,60
10	5,1	0,10	2,00	1,76	5,00
10A	5,9	0,08	1,52	1,36	4,93
10B	5,7	0,07	1,48	1,00	4,96

Continua

Continuação do quadro 5.

Amostra	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>
11	6,2	0,40	6,56	9,12	3,52
11A	6,8	0,40	7,84	9,32	1,66
11B	6,9	0,36	6,40	7,32	2,08
12	5,9	0,44	3,61	7,12	4,40
12A	6,5	0,43	3,56	6,76	3,60
12B	6,4	0,42	3,52	6,88	3,23
13	4,8	0,25	0,08	0,08	3,00
13A	4,9	0,02	1,08	0,08	4,22
14	5,0	0,25	1,82	0,30	4,48
14B	5,2	0,03	1,52	0,60	5,36

miculita moída. Na análise de magnésio trocável, observa-se também elevação no teor desse elemento nos solos, com a introdução da vermiculita, porém, neste caso, os efeitos maiores ocorrem nas misturas com vermiculita moída. Esses resultados se repetem para CaO e K<sub>2</sub>O, porém com menor intensidade.

Observa-se diferenças significativas nos teores de magnésio, cálcio e potássio das amostras antes e após os tratamentos com água. A diminuição desses cátions nas amostras é mais sensível para o magnésio, principalmente nas amostras de vermiculita não misturada ao solo (amostras 1 a 4). Quando a vermiculita está incorporada ao solo, a diminuição nos teores de magnésio não é tão sensível, provavelmente devido à retenção desse cátions, como trocável, pelas partículas coloidais do solo. Essa tendência é confirmada pelos resultados das análises das águas percoladas, onde o teor de magnésio é bastante elevado, em relação aos demais elementos.

É importante observar, como efeito secundário, acentuada elevação do pH das amostras com vermiculita. Esse aumento do pH, embora ocorra para todos os tipos de vermiculita, é pronunciadamente maior para as amostras com vermiculita moída, tanto para a natural como para a expandida. Em todos os tratamentos, o aumento maior de pH se deu após os tratamentos com água.

Os tratamentos com vermiculita moída deram resultados mais significativos, na liberação de nutrientes às plantas, consequência evidente do aumento de superfície específica, que provoca maior contato da vermiculita com a água. Surpreendem os resultados verificados com a vermiculita natural, no mesmo nível e algumas vezes superiores aos apresentados pela vermiculita expandida. Esses resultados não seriam esperados, uma vez que, teoricamente, a estrutura mais fechada da vermiculita natural dificultaria a ação intemperizadora da água.

Embora os resultados melhores tenham se verificado com a vermiculita moída, não são desprezíveis os resultados obtidos com a vermiculita fina. Em todos os tratamentos com mistura vermiculita - solos, houve melhoria das condições nutricionais dos solos.

Acredita-se que, com maior tempo de intemperização esses resultados se acentuem, mostrando ser a vermiculita um mineral potencialmente importante na melhoria das qualidades químicas dos solos de baixa fertilidade, mesmo a vermiculita natural.

#### SUMMARY

#### RELEASE OF CATIONS FROM VERMICULITE MIXED WITH SOILS

The release of cations from the vermiculite in soils as a consequence of weathering processes was studied. Vermiculites, in two different particle-sizes, were mixed with sandy and clayey soils of low fertility, at the rate of 20% vermiculite, and treated with water acidified to pH 5. The results of chemical analyses showed that a large amount of soluble cations, such as calcium, magnesium, and potassium, was removed from the vermiculite, while silicon, aluminum, and iron tended to remain in the system. As a secondary effect, an increase in soil pH, as a consequence of the release of cations, was observed.

## LITERATURA CITADA

- AQUINO, A.R.N., 1981. Utilização da vermiculita no aumento da produtividade de solos de cerrado. Centro Nac. Pesq. Arroz e Feijão. Goiânia.
- DUNHAM, C.W., 1967. Nutricion of greenhouse crops in soils with added peat moss and vermiculite. Am. Soc. Horticultural Sci. 90: 462-466.
- MOREIRA, A.G. e K. MINAMI, 1977. Relatório de experimentos sobre a utilização de vermiculita na horticultura. ESALQ/USP, Piracicaba.
- SALATI, E.; K. REICHARDT e S. URQUIAGA, C., 1980. Efeitos da vermiculita na retenção e armazenamento de água por latossolos. Rev. bras. Ci. Solo, 4(3):125-131.