

# ALTERAÇÕES DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO INCUBADO COM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA ÁLCOOL-AÇUCAREIRA <sup>(1)</sup>

OTAVIO ANTÔNIO DE CAMARGO <sup>(2)</sup>, *Seção de Pedologia*, RONALDO SEVERIANO BERTON <sup>(2)</sup>, *Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Instituto Agrônomo*, RODOLFO N. GERALDI <sup>(3)</sup>, *Usina Costa Pinto*, e JOSÉ MARIA AIRES DA SILVA VALADARES <sup>(2)</sup>, *Seção de Pedologia, Instituto Agrônomo*.

## RESUMO

Foi feito um estudo de incubação (3, 7, 14, 30 e 60 dias), num Latossolo Roxo distrófico, com o objetivo de verificar os efeitos da adição de vinhaça "in natura", vinhaça concentrada, vinhaça seca, torta de filtro e cinza de caldeira em algumas características químicas desse solo com o tempo de incubação. Usaram-se os referidos resíduos como fonte de potássio e aplicaram-se quantidades correspondentes a 300 e 750kg/ha de K. Em todos os tratamentos, exceto nos incubados com cinza de caldeira, houve um abaixamento do pH entre o 3.<sup>o</sup> e o 60.<sup>o</sup> dia de incubação; no entanto, todos eles apresentaram pH mais elevado que o da testemunha no fim do ensaio, 60.<sup>o</sup> dia. O teor de nitrato diminuiu, com o tempo, para os tratamentos com vinhaça seca, torta de filtro e cinza de caldeira, sendo que o P solúvel em  $H_2SO_4$  0,05N só aumentou nesses dois últimos tratamentos. Praticamente, todo o K, Ca e Mg colocados apareceram em forma solúvel em  $HNO_3$  0,05N, com exceção do K para a cinza de caldeira e Ca e Mg para a torta de filtro.

## 1. INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos de indústria no solo é uma alternativa muito interessante de descarte, podendo até ser econômica se técnica-

(1) Financiado pelo convênio MIC/STI/FUNAT/IAC. Recebido para publicação a 21 de outubro de 1982.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

(3) Atual endereço: Usina Costa Pinto, Piracicaba (SP).

mente bem manejada. O conhecimento das relações entre os resíduos e o solo que os recebe é uma das primeiras e mais importantes fases para o conhecimento desse manejo.

A disposição de resíduos da indústria álcool-açucareira no solo, particularmente da vinhaça, vem de longa data (2). Entretanto, os primeiros estudos que discutem os efeitos desse efluente no solo só foram feitos mais de três décadas depois por ALMEIDA et alii (1). Estes autores mostraram que, ao contrário do que se pensava, o pH do solo aumenta com a aplicação de resíduos. GLÓRIA & MAGRO (3), MAGRO (4) e SANTOS et alii (7), mais recentemente, descreveram aumentos sensíveis do pH com a aplicação de doses crescentes de vinhaça.

A capacidade de troca catiônica (CTC) e a soma de bases também são características que têm sido estudadas em solos que receberam vinhaça ou mistura de vinhaça, e torta de filtro. VALSECHI & GOMES (9) observaram elevação no valor de CTC e soma de bases, resultados corroborados pelo trabalho de MAGRO (4). NUNES et alii (5) notaram aumento da soma de bases em Ultisol após 35 dias de incubação e não observaram nenhuma alteração no P assimilável e N-NO<sub>3</sub> e um acréscimo de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> com aumento das doses de vinhaça.

RANZANI (7) mostrou que a condutividade elétrica de solos que receberam vinhaça aumentou até 10,7 mmhos/cm quando utilizados 1.000m<sup>3</sup>/ha. Este valor é crítico, uma vez que excede muito aquele de 4 mmhos/cm, limite superior para plantas de tolerância média e baixa à salinidade.

São poucos os experimentos de que se tem conhecimento, feitos em condições controladas em casa de vegetação, em Latossolo Roxo distrófico, de muita importância geográfica e econômica para a cultura de cana-de-açúcar.

Este estudo tem como objetivo verificar os efeitos da adição de vinhaça, torta de filtro e cinza de caldeira, em algumas características químicas de um Latossolo Roxo distrófico, em função do tempo de incubação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Usou-se neste trabalho um Latossolo Roxo distrófico com pH 5,1; Al 0,1; Ca 3,0; Mg 0,6 e K 0,10 e mg/100mg; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 70ppm; P 1μg/g e matéria orgânica 1,7%. O solo foi coletado, seco ao ar, passado em peneira de 2mm, misturado aos resíduos nas proporções descritas adiante e colocado em caixas cúbicas de papelão, com 7cm de aresta.

Os resíduos usados foram vinhaça "in natura", vinhaça concentrada, vinhaça seca, torta de filtro e cinza de caldeira, cujas principais

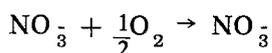
características se encontram no quadro 1. Foram ainda utilizados três outros tratamentos com KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e CaCO<sub>3</sub> para servir de comparação. Os resíduos e os sais foram misturados a 300ml de solo para perfazer as quantidades de potássio correspondentes a 300 e 750kg/ha de K, doses 1 e 2 respectivamente. Cada tratamento tinha três repetições, sendo todas as amostras mantidas a 70% da capacidade de campo durante todo o experimento.

Após 3, 7, 14, 30 e 60 dias, as caixas correspondentes aos diferentes tratamentos foram levadas para o laboratório para análise. Determinaram-se pH em água e em KCl 1N na relação 1:2,5; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> extraídos com HNO<sub>3</sub> 0,05N relação solo: solução 1:10; Al<sup>3+</sup> extraído com KCl 1N; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> extraídos com Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N e determinados de acordo com ONKEN & SUNDERMAN (6), carbono por oxidação da matéria orgânica pela solução sulfocrômica; condutividade elétrica do extrato solo: solução 1:1; e P solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05N. Deve-se salientar que os cátions trocáveis foram extraídos diretamente das amostras, sem preocupação de levar em consideração os sais solúveis.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 2 apresenta os resultados das análises feitas para os diversos tratamentos em diferentes tempos de incubação. Pode-se observar que entre os dias 3 e 14 para todos os tratamentos, inclusive para a testemunha, houve um pequeno aumento do pH, diminuindo em seguida, com tendência a se estabilizar na faixa dos 30-60 dias. Um dos fenômenos que pode ter interferido nesse aumento rápido do pH pode ser a quebra de proteínas dando proteoses, peptonas, polipeptídeos, aminoácidos e, finalmente, o íon amônio. Essa hipótese é bem razoável, uma vez que, pelo quadro 2, pode-se notar que houve sempre um aumento no teor de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> de todos os tratamentos, relativo ao tempo zero, do solo da amostra testemunha, que era 70ppm.

A diminuição do pH em seguida pode ser devida à nitrificação, numa reação do tipo:



Essa nitrificação pode ser constatada pelo aumento do teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> após o 14.<sup>o</sup> dia, na maioria dos tratamentos.

O metabolismo oxidativo da matéria orgânica enzimaticamente disponível também pode ter sido um fator que tenha corroborado para a diminuição do pH.

QUADRO 1 — Composição química dos resíduos (1)

Características	V. N.	V. C.	V. S.	T. F.	C. C.
pH	4,0	4,5(2)	7,5(2)	—	9,9(2)
Condutividade elétrica mmhos/cm)	6,0	21,0	3,0(2)	—	0,16(2)
Carbono (%)	1,3	19,5	34,6	10,9	—
N-total (%)	0,09	1,8	1,57	0,30	—
C/N	14	11	22	36	—
P-total (mg/litro)	14	70	170	1.240	1.417
K (mg/litro)	2.200	33.000	40.000	3.680	23.000
Ca (mg/litro)	837	12.000	23.000	16.670	4.180
Mg (mg/litro)	286	4.090	13.000	2.290	2.270

(1) V. N. = vinhaça "in natura"; V. C. = vinhaça concentrada; V. S. = vinhaça seca; T. F. = torta de filtro;  
C. C. = cinza de caldeira. (2) V. C. = 1:1; V. S., C. C. relação resíduo: água 1:50.

QUADRO 2 — Valores médios para características químicas do Latossolo Roxo distrófico submetido a diferentes tratamentos com resíduos em diferentes tempos de incubação (1)

Tratamento(2)	pH		C	Trocáveis					N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	C.E.	P
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>				
Testem. (3)	5,2	4,5	1,7	2,6	0,5	0,15	0,08	0,2	27	103	0,31	2
" (7)	5,4	4,7	1,8	2,7	0,4	0,17	0,03	0,2	41	105	0,40	2
" (14)	5,1	4,6	1,8	2,8	0,4	0,18	0,01	0,3	65	45	0,35	2
" (30)	5,1	4,6	1,8	3,1	0,5	0,17	0,02	0,2	41	70	0,42	2
" (60)	4,8	4,4	1,7	2,9	0,4	0,16	0,01	0,3	115	30	0,68	1
V.N. 1	5,1	4,7	1,9	3,2	0,5	0,47	0,02	0,1	23	95	0,60	2
" "	5,3	4,8	1,8	3,0	0,5	0,44	0,02	0,2	36	113	0,71	2
" "	5,1	4,7	1,9	3,3	0,6	0,50	0,01	0,3	56	55	0,66	2
" "	5,0	4,7	1,7	3,1	0,6	0,44	0,02	0,2	41	55	0,72	2
" "	4,9	4,5	1,8	3,2	0,6	0,47	0,01	0,1	113	36	0,92	1
V.N. 2	5,2	4,8	2,0	3,6	0,8	0,98	0,02	0,1	34	114	1,10	2
" "	5,3	4,9	2,0	3,4	0,7	0,89	0,02	0,2	29	107	1,15	2
" "	5,2	4,9	1,9	3,4	0,7	0,89	0,03	0,1	23	89	1,10	2
" "	5,2	4,8	1,9	3,3	0,7	0,85	0,01	0,2	36	74	1,15	1
" "	5,0	4,7	1,8	3,5	0,8	0,90	0,04	0,1	113	60	1,40	1
V.C. 1	5,3	4,7	1,8	3,1	0,6	0,57	0,02	0,1	23	89	0,55	2
" "	5,4	4,9	1,8	3,0	0,6	0,56	0,01	0,3	38	128	0,79	2
" "	5,2	4,8	1,8	3,2	0,6	0,54	0,02	0,3	56	82	0,70	2
" "	5,0	4,7	1,8	3,0	0,6	0,52	0,04	0,3	63	78	0,80	2
" "	4,9	4,6	1,9	3,4	0,6	0,56	0,02	0,1	113	45	0,97	1
V.C. 2	5,4	5,0	1,6	3,3	0,9	1,09	0,02	0,1	32	97	1,10	2
" "	5,4	5,0	1,8	3,4	0,9	1,01	0,02	0,2	40	136	1,25	2
" "	5,3	5,1	1,9	3,4	0,9	1,09	0,03	0,1	52	95	1,20	2
" "	5,2	4,9	1,8	3,3	0,8	0,92	0,02	0,2	59	76	1,00	2
" "	5,0	4,7	1,9	3,5	0,8	1,07	0,03	0,1	117	45	1,42	2

Continua

QUADRO 2. Continuação

Tratamento(2)	pH		C	Trocáveis				N-NO- <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	C.E.	P	
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					Al <sup>3+</sup>
	%			e.mg/100g				mmhos/cm		μg/ml		
V.S. 1	5,3	4,8	1,2	3,2	0,8	0,50	0,01	0,1	22	33	0,60	2
"	5,5	4,9	1,9	3,2	0,8	0,49	0,01	0,2	29	91	0,71	2
"	5,3	4,9	1,9	3,4	0,8	0,49	0,02	0,3	32	35	0,64	2
"	5,1	4,8	1,8	3,3	0,8	0,49	0,03	0,2	56	35	0,76	1
"	5,1	4,7	1,7	3,4	0,8	0,50	0,02	0,1	20	44	0,86	1
V.S. 2	5,6	5,2	2,1	4,1	1,4	0,97	0,04	0,1	29	37	1,20	3
"	5,6	5,2	2,0	3,9	1,3	0,94	0,02	0,1	32	74	1,30	2
"	5,6	5,3	1,8	4,0	1,3	0,94	0,02	0,1	22	31	1,05	2
"	5,4	5,3	1,8	4,4	1,3	0,94	0,02	0,0	32	37	1,10	2
"	5,5	5,1	1,8	4,1	1,4	0,96	0,02	0,1	18	40	1,30	2
Torta 1	5,6	5,3	2,8	6,2	1,0	0,49	0,06	0,3	176	4	0,85	85
"	5,9	5,4	2,8	5,6	0,9	0,47	0,02	0,3	32	74	0,75	54
"	6,0	5,6	2,8	6,1	0,9	0,47	0,01	0,2	22	39	0,68	70
"	5,8	5,6	2,5	6,0	0,9	0,49	0,02	0,1	11	50	0,70	62
"	5,9	5,5	2,4	6,3	0,9	0,49	0,01	0,1	18	58	0,78	50
Torta 2	6,0	5,8	4,3	9,0	1,5	0,85	0,03	0,6	542	12	1,30	100+
"	6,2	6,0	3,6	9,0	1,4	0,80	0,02	0,2	147	43	1,27	100+
"	6,3	6,2	3,6	9,7	1,4	0,79	0,04	0,4	52	29	1,00	100+
"	6,3	6,3	3,9	9,2	1,4	0,85	0,02	0,2	25	33	1,20	100+
"	6,4	6,2	3,0	10,2	1,5	0,90	0,02	0,2	20	34	1,50	100+
Cinza 1	5,4	4,7	1,8	2,9	0,6	0,38	0,03	0,1	22	74	0,30	14
"	5,4	4,8	1,8	3,2	0,6	0,38	0,02	0,3	29	118	0,40	11
"	5,5	4,7	1,8	3,0	0,6	0,34	0,03	0,2	32	82	0,35	10
"	5,1	4,6	1,9	3,2	0,9	0,36	0,04	0,2	22	45	0,57	11
"	4,9	4,5	1,7	3,3	0,5	0,38	0,01	0,2	26	20	0,60	9

Continua

QUADRO 2. Conclusão

Tratamento(2)	pH		C	Trocáveis				N-NO- <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	C.E.	P	
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>					mmhos/cm
Cinza 2	5,6	4,7	1,9	3,1	0,6	0,61	0,04	0,1	22	74	0,32	19
"	5,7	4,9	1,7	3,2	0,7	0,63	0,02	0,1	27	103	0,40	19
"	5,3	4,8	1,7	3,3	0,8	0,68	0,02	0,1	45	70	0,39	24
"	5,1	4,6	1,8	3,3	0,8	0,62	0,04	0,3	37	45	0,76	20
"	5,0	4,6	1,8	3,2	0,7	0,58	0,01	0,1	27	43	0,76	14
KCl 1	5,1	4,6	1,8	2,8	0,4	0,48	0,03	0,2	25	80	0,90	3
"	5,3	4,8	1,8	2,7	0,4	0,45	0,01	0,2	25	124	0,64	3
"	5,2	4,7	1,8	3,0	0,4	0,44	0,01	0,2	32	85	0,50	2
"	5,0	4,6	1,7	3,1	0,4	0,44	0,03	0,3	56	72	0,72	2
"	4,8	4,4	1,8	2,8	0,4	0,44	0,02	0,2	68	51	0,88	1
KCl 2	5,3	4,6	1,8	2,8	0,4	0,98	0,02	0,1	22	78	0,60	1
"	5,2	4,8	1,7	2,8	0,4	0,95	0,02	0,3	22	130	1,10	2
"	5,1	4,7	1,8	2,8	0,4	0,97	0,02	0,3	32	86	1,20	2
"	5,0	4,6	1,8	2,9	0,4	0,90	0,03	0,2	56	70	1,20	1
"	4,8	4,5	1,8	2,8	0,4	0,95	0,03	0,1	65	65	1,15	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1	5,2	4,6	1,8	2,8	0,4	0,58	0,03	0,1	27	77	0,69	1
"	5,3	4,7	1,8	3,0	0,4	0,44	0,02	0,2	32	132	0,53	2
"	5,3	4,6	1,8	2,8	0,4	0,44	0,01	1,0	32	83	0,48	1
"	5,1	4,5	1,7	3,0	0,4	0,41	0,03	0,4	63	66	0,60	2
"	4,8	4,4	1,7	3,0	0,4	0,41	0,01	0,2	70	58	0,74	2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 2	5,1	4,6	1,8	2,7	0,4	0,89	0,03	0,2	27	74	0,80	1
"	5,4	4,7	1,8	2,9	0,4	0,97	0,01	0,2	41	109	0,93	1
"	5,2	4,6	1,8	3,0	0,4	0,97	0,01	0,2	74	70	0,97	1
"	5,0	4,5	1,8	3,1	0,4	0,91	0,03	0,4	72	68	0,96	2
"	4,8	4,4	1,8	3,0	0,4	0,94	0,02	0,2	68	38	1,20	1

(1) Média de três repetições. (2) A mesma ordem foi obedecida para todos os tratamentos, ou seja, 3, 7, 14, 30 e 60 dias de incubação.

Em todos os tratamentos, exceto os incubados com cinza de caldeira, em que houve aumento, foi observado um abaixamento do pH entre o 3.<sup>o</sup> e o 60.<sup>o</sup> dia de incubação; no entanto, no término do ensaio, 60.<sup>o</sup> dia, todos os tratamentos apresentavam pH superior ao da testemunha, exceto aqueles com KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, em que os valores foram iguais ao dela. Os maiores valores encontrados foram para a vinhaça seca e torta de filtro, conseqüência da elevada quantidade de cálcio e magnésio adicionada e uma provável desnitrificação, uma vez que a soma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> tendeu a diminuir nesses tratamentos. Comparando-se os valores de pH da figura 1 com a curva de neutralização do Latossolo Roxo distrófico, usado neste estudo, tem-se uma noção do poder de neutralização de cada resíduo equivalente a CaCO<sub>3</sub>, cuja relação pode ser vista na figura 2 e quadro 3.

Esses resultados concordam em parte com a afirmativa de outros autores (3, 4, 8) que a colocação da vinhaça aumenta o pH do solo.

Não foi notada influência de sais solúveis na variação do pH nos diversos tratamentos, uma vez que a diferença entre pH em água e KCl não foi alterada.

A figura 3 mostra o comportamento das formas nítrica e amoniacal e a soma de ambas nos diversos tratamentos. Em todos eles, inclusive na testemunha, pode-se notar uma rápida fase de mineralização resultante de um "priming effect" devido à introdução de material orgânico no solo e de reumedecimento da amostra de solo que estava sob mata, conseqüência de um provável aumento de mineralização, razão pela qual a taxa de mineralização seria maior que a de imobilização. Após o sétimo dia, entretanto, pôde-se notar uma imobilização do nitrogênio amoniacal pelos organismos. Esse NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, em quase todos os tratamentos, começou a sofrer uma bipartição entre imobilização e formação de nitrato, fenômeno esse que variou de intensidade e comportamento com o tempo para diferentes tratamentos.

Os tratamentos com vinhaça "in natura", vinhaça concentrada, KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> obedeceram, para as formas estudadas, à mesma evolução apresentada pela testemunha. Houve nitrificação intensa nesses tratamentos, sendo que naqueles onde foram usados KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a produção de nitrato ao fim de 60 dias era menor que para os outros, inclusive a testemunha. Houve uma depressão na produção de nitrato decorridos cerca de 30 dias no tratamento com vinhaça "in natura", aumentando em seguida para alcançar o mesmo valor ou maior que a testemunha aos 60 dias. NUNES et alii (5) relatam uma diminuição no teor de nitrato aos 35 dias com solo tratado com vinhaça. Essa diminuição, no entanto, pode ter sido apenas temporária, não significando que, caso o experimento tivesse maior duração, o comportamento não pudesse ser outro.

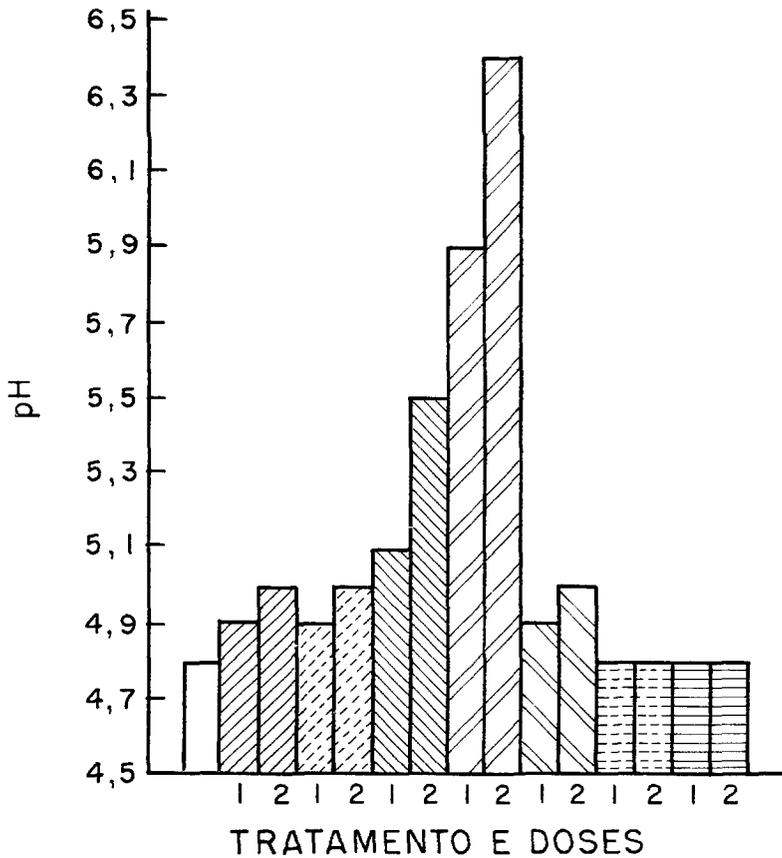


FIGURA 1 — Variação do pH para os diversos tratamentos e para as duas doses de potássio após 60 dias de incubação. Os numerals 1 e 2 representam as doses 1 e 2 de potássio: □ testemunha; ▨ vinhaça "in natura"; ▩ vinhaça concentrada; ▭ vinhaça seca; ▮ torta de filtro; ▯ cinza de caldeira; ▨ KCl; ▩ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

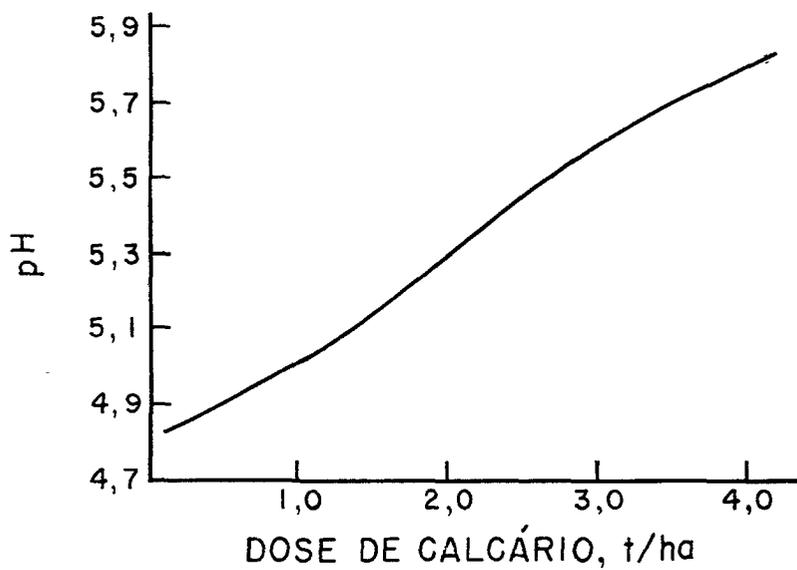


FIGURA 2 — Curva de neutralização do Latossolo Roxo distrófico após 60 dias de incubação.

QUADRO 3 — Poder de neutralização dos resíduos utilizados equivalente ao  $\text{CaCO}_3$  adicionado

Resíduo	$\text{CaCO}_3$ t/ha
Vinhaça natural — dose 1	0,5
Vinhaça natural — dose 2	1,0
Vinhaça concentrada — dose 1	0,5
Vinhaça concentrada — dose 2	1,0
Vinhaça seca — dose 1	1,3
Vinhaça seca — dose 2	2,7
Torta de filtro — dose 1	4,0
Torta de filtro — dose 2	4,0
Cinza de caldeira — dose 1	0,5
Cinza de caldeira — dose 2	1,0

Nos outros três tratamentos: cinza de caldeira, torta de filtro e vinhaça seca, a evolução do nitrogênio e do nitrato foi diferente. O nitrogênio inorgânico diminuiu, sendo que aos 60 dias de incubação estava em nível muito abaixo do da testemunha. Quanto ao nitrato, provavelmente não houve produção ou então saiu do sistema. Para cada um dos tratamentos, os mecanismos envolvidos devem ser diferentes. Assim, para a torta de filtro, houve grande queda no teor de nitrato, sugerindo uma imobilização muito grande, devido à alta relação C/N desse resíduo, por ter sido colocada uma quantidade elevada de torta para atingir os níveis de potássio desejáveis para o experimento. A grande quantidade de matéria orgânica incorporada ofereceu um substrato oxidável que deve ter interferido nas condições redox do meio, podendo ter causado uma desnitrificação intensa, devido ao elevado pH.

No caso da vinhaça seca, pode ter acontecido apenas uma imobilização, uma vez que houve diminuição do teor de amônio e nenhuma produção aparente de nitrato. Isso sugere também a não-proliferação de microrganismos nitrificadores ocasionada por algum fator que, com os dados disponíveis, não foi possível detectar. Cabe ressaltar que houve dificuldade em fazer uma mistura homogênea da vinhaça seca com o solo, fator que pode ter agravado a situação descrita.

O fósforo solúvel em  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N permaneceu invariável com o tempo para todos os tratamentos (quadro 2). Apenas os tratamentos que receberam torta de filtro (média da dose 1 =  $64\mu\text{g/g}$  de TFSA e da dose 2 >  $100\mu\text{g/g}$  de TFSA) e cinza de caldeira (média da dose 1 =  $11\mu\text{g/g}$  de TFSA e da dose 2 =  $19\mu\text{g/g}$  de TFSA) apresentaram o teor de P muito menor que o da testemunha. Cabe ressaltar aqui que o

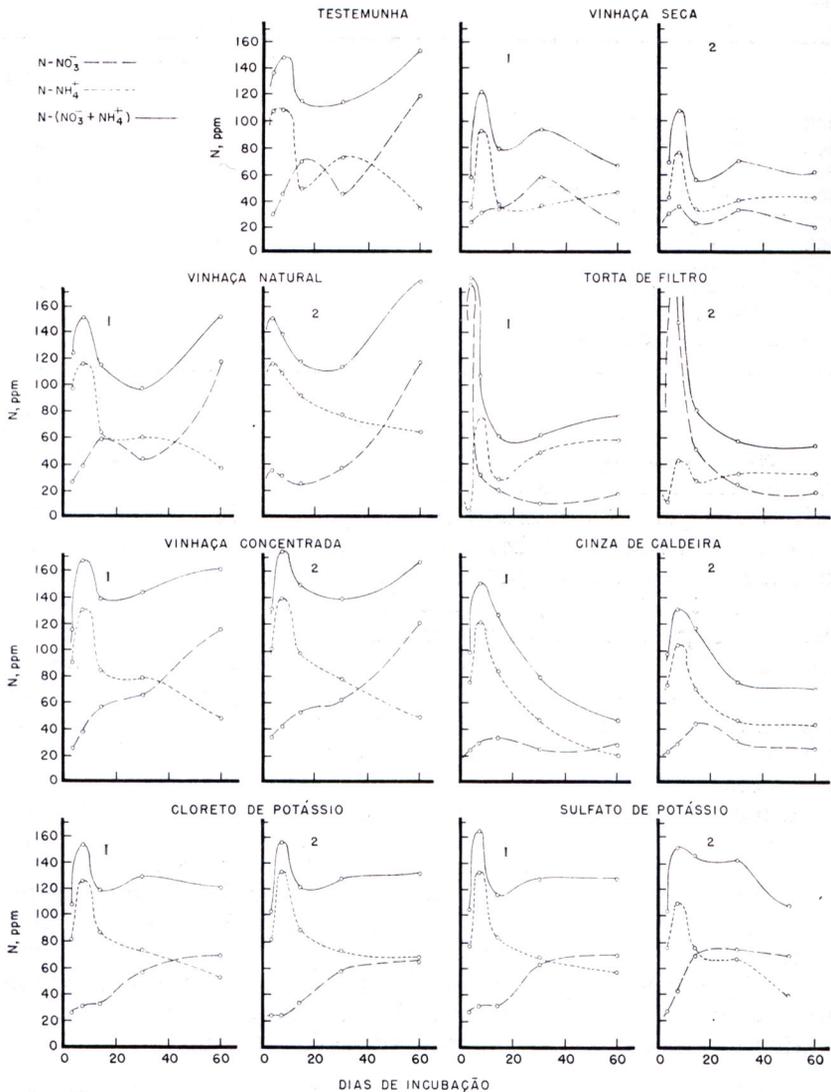


FIGURA 3 — Evolução no teor de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{N}(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$  em solo que recebeu diferentes resíduos e sais durante 60 dias de incubação.

fósforo das vinhaças é insolúvel em  $H_2SO_4$  0,05N, porquanto os resultados obtidos nestes tratamentos foram muito baixos ( $2\mu\text{g}/\text{grama}$ ) e semelhantes ao da testemunha.

Comparando-se as quantidades de K, Ca e Mg extraídos após 60 dias de incubação com aqueles colocados no solo junto com os resíduos ou sais, descontadas as da testemunha, encontraram-se os valores percentuais mostrados no quadro 4. Como seria de esperar, os teores absolutos dos três cátions aumentaram com o aumento da dose (quadro 2), concordando com outros autores (1, 4, 5); entretanto, a relação percentual mostra que, para o K, a extração ficou em torno de 80%, e, para o Ca e Mg, em torno de 100%. Essas relações mostram que existe uma solubilidade em  $HNO_3$  muito grande para os três cátions em quase todos os resíduos. As exceções ocorreram para a cinza de caldeira, cujo teor de potássio chegou a ser apenas 50% do colocado (dose 2), e para a torta de filtro, onde o cálcio e o magnésio tiveram solubilidade em ácido nítrico de 57 e 64% respectivamente. Cabe salientar que, para o caso da torta de filtro, foi colocada uma quantidade grande deste resíduo para atingir o teor de potássio necessário para o experimento, fato que pode ter influenciado os resultados.

QUADRO 4 — Relações entre os teores de K, Ca e Mg solúveis em  $HNO_3$  0,05N, aos 60 dias de incubação, e os colocados como resíduos nos diferentes tratamentos

Tratamento(1)	K	Ca	Mg
V.N. — 1	86	100	100
V.N. — 2	80	95	100
V.C. — 1	102	106	100
V.C. — 2	96	92	100
V.S. — 1	93	103	100
V.S. — 2	86	103	100
T.F. — 1	85	70	72
T.F. — 2	76	57	64
C.C. — 1	70	109	100
C.C. — 2	52	97	100
KCl — 1	81	—	—
KCl — 2	84	—	—
$K_2SO_4$ — 1	75	—	—
$K_2SO_4$ — 2	84	—	—

(1) V.N. = Vinhaça natural; V.C. = Vinhaça concentrada; V.S. = Vinhaça seca; T.F. = Torta de filtro; C.C. = Cinza de caldeira.

A condutividade elétrica do extrato de relação solo: solução 1:1 (quadro 1), em nenhum caso chegou a atingir limites elevados ( $>4$  mmhos/cm para o extrato de saturação) que pudessem influenciar o desenvolvimento das principais culturas do Estado de São Paulo. Esse valor é muito restrito para ensaios de incubação; é interessante notar, entretanto, que todos os resíduos oferecem uma quantidade de sais solúveis suficiente para elevar a condutividade na proporção que o fazem sais como KCl e  $K_2SO_4$ . Este fato é importante, pois, dependendo das condições climáticas, principalmente, e de manejo do resíduo, pode haver casos de salinização indesejável, como já mostrado por SANTOS et alii (8) e RANZANI (7).

#### 4. CONCLUSÕES

a) Aos 60 dias de incubação, houve um aumento do pH em todos os tratamentos, quando comparados com a testemunha, variando o equivalente em  $CaCO_3$  de 0,5t/ha para a dose 1 de vinhaça para 4,0t/ha para a torta de filtro.

b) Nos tratamentos com vinhaça "in natura", vinhaça concentrada, KCl e  $K_2SO_4$ , houve intensa nitrificação.

c) O P solúvel em  $H_2SO_4$  0,05N só aumentou em relação à testemunha nos tratamentos com torta de filtro e cinza de caldeira, não havendo, entretanto, variação com o tempo.

d) Os valores absolutos de trocáveis aumentaram para todos os tratamentos, sendo que em relação percentual ao colocado, o potássio da cinza de caldeira, o cálcio e o magnésio da torta de filtro foram baixos ( $<60$ ).

e) A condutividade elétrica não atingiu valores nocivos para plantas com as dosagens usadas; nota-se, entretanto, que houve elevação proporcional dos sais solúveis com a dose de resíduos, indicando que, dependendo das condições, há perigo de salinização do solo.

#### SUMMARY

#### EFFECTS OF SUGAR-ALCOHOL INDUSTRY RESIDUES ON THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A DYSTROPHIC DUSKY RED LATOSOL IN INCUBATION

A study in incubation (3, 7, 14, 30, and 60 days) was carried out in a Dusky Red Latosol in order to evaluate the effects of stillage, filter cake, and boiler ash for some chemical characteristics of that soil. All residues were used as potassium source and it was applied at the rate of 300 and 750kg/ha of K. After 60 days of incubation electrical conductivity and pH of all treatments showed to be higher than the control. The nitrate content decreased with time for the dry stillage, filter cake and boiler ash and  $H_2SO_4$  0.05N soluble in the last

two treatments. Practically all applied K, Ca and Mg, were recovered in the  $\text{HNO}_3$  0.05N soluble form, with the exception of K from boiler ash (50%) and Ca and Mg from the filter cake (57 and 64% respectively).

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o fornecimento dos resíduos usados neste trabalho à Usina São Martinho, Pradópolis (SP).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, J. R.; RANZANI, G.; VALSECHI, O. La vinasse dans l'agriculture. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DES INDUSTRIES AGRICOLES, 8., Bruxelles, 1950. p.13-21.
2. AMARAL, A. P. A vinhaça como adubo. Boletim da Agricultura, São Paulo, 18(1):125-131, 1917.
3. GLÓRIA, N. A. & MAGRO, J. A. Utilização agrícola de resíduos da usina de açúcar e destilaria na Usina da Pedra. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGRO-INDÚSTRIA AÇUCAREIRA, Águas de Lindóia, 1976. Anais. São Paulo, Copersucar, 1977. p.163-180.
4. MAGRO, J. A. Uso da vinhaça em cana-de-açúcar na Usina da Pedra. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 92:232-240, 1978.
5. NUNES, M. R.; VELLOSO, A. C. X.; LEAL, J. R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 16:171-177, 1981.
6. ONKEN, A. B. & SUNDERMAN, H. D. Colorimetric determinations of exchangeable ammonium, urea, nitrate and nitrate in a single soil extract. Agronomy Journal, 69:49-53, 1977.
7. RANZANI, G. Conseqüências da aplicação do restilo ao solo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 12:57-68, 1956.
8. SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P.; FERNANDES, M. S.; O'GRADY, P. C. Efeitos da vinhaça sobre o pH do solo, a germinação e o acúmulo de potássio em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 16:489-493, 1981.
9. VALSECHI, O. & GOMES, F. P. Solos incorporados de vinhaça e seu teor de bases. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 11:135-158, 1954.