

ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE LATOSSOLOS ROXOS EM SISTEMAS DE MANEJO INTENSIVOS E DE LONGA DURAÇÃO⁽¹⁾

A. A. TOGNON⁽²⁾, J. A. M. DEMATTÊ⁽³⁾ & J. A. MAZZA⁽³⁾

RESUMO

Avaliaram-se, a partir de 1982, as alterações das propriedades químicas de latossolo roxo álico e eutrófico sob sistema de manejo intensivo e contínuo irrigado. Para isso, foram escolhidas três áreas localizadas na região de Guaíra (SP). Em duas áreas, selecionaram-se as seguintes condições de uso: mata natural, sistema convencional de preparo do solo, sistema convencional de preparo com irrigação e plantio direto. Na outra área, adotaram-se mata natural; plantio direto e plantio direto com irrigação. Coletaram-se amostras de solo em trincheiras para determinações específicas, inclusive as químicas como o pH em água e KCl, fósforo assimilável, carbono orgânico, cálcio, magnésio, potássio, manganês, cobre e zinco. A partir de 1982, tais áreas começaram a ser cultivadas intensamente, principalmente a irrigada, com as culturas de soja, milho ou sorgo e feijão, e na área não irrigada, com as culturas de soja e milho ou sorgo. Os resultados indicaram profundas alterações nas propriedades químicas, ficando evidentes as diferenças entre os solos. Nos álicos, houve acentuado incremento de bases, tanto na superfície como na subsuperfície, transformando-os em distróficos ou epieutróficos. Para o latossolo roxo eutrófico, houve ligeiro empobrecimento, mantendo-se ainda o caráter eutrófico. Quanto ao teor de matéria orgânica, tanto num sistema como no outro, houve redução menor para os solos sob cerrado e maior para aqueles sob mata. Apesar de os sistemas de manejo serem de elevada intensidade, a alta temperatura da região e a irrigação são fatores de oxidação dessa matéria orgânica. Com isso, o delta pH tendeu a ficar mais positivo em profundidade. Houve empobrecimento do micronutriente manganês e um ligeiro acréscimo de cobre e zinco para todos os solos.

Termos de indexação: sistemas de manejo, propriedades químicas, latossolo roxo.

SUMMARY: ALTERATIONS IN THE CHEMICAL PROPERTIES OF DUSKY RED LATOSOL IN INTENSIVE AND LONG DURATION TILLAGE SYSTEMS

The objective of this study was to evaluate, starting from 1982, alterations in the chemical properties of allic and eutrophic Dusky Red Latosol (eutrudox, hapludox, acrudox) in an intensive and continuously irrigated tillage system. Three areas located in the Guaíra region, São Paulo State, Brazil, were chosen. In two of these areas the following conditions of use were selected: natural forest, conventional soil tillage system, conventional soil tillage system with irrigation and direct plantation. The other area was prepared with natural forest, no tillage and no tillage with irrigation. Chemical properties including pH H₂O and pH KCl, phosphorus,

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em dezembro de 1994 e aprovado em março de 1997.

⁽²⁾ Pesquisador, Geólogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT, CEP 05508-901 São Paulo (SP).

⁽³⁾ Professor Doutor do Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

organic carbon, calcium, magnesium, potassium, manganese, copper and zinc were determined in the soil samples collected in the area. From 1982, the areas started to be intensively cultivated, mainly in the irrigated area with soybean, corn or sorghum and beans, and in the non-irrigated area with soybean and corn or sorghum. The results indicated profound alterations in the chemical properties, with a clear difference between alluvial and eutrophic soils. A pronounced increase in bases on the surface and subsurface was observed for alluvial soils, transforming them into dystrophic and epi-eutrophic soils. Slight depletion was observed in the eutrophic Dusky Red Latosol, but the eutrophic character was maintained. Organic matter was more reduced in forest soils than in cerrado soils. The high temperature of the region associated with irrigation tillage are factors contributing to the oxidation of the organic matter. Because of this, delta pH showed the tendency to be more positive at depth. With respect to micronutrients, depletion in Mn and a slight increase in Cu and Zn were observed for all soils.

Index terms: tillage systems, chemical properties, Dusky Red Latosol.

INTRODUÇÃO

Sistemas de manejo consistem em práticas agrícolas, como irrigação, plantio direto e rotação de culturas, enquanto nível de manejo se refere à condição tecnológica utilizada. De maneira geral, experimentos de longa duração no Brasil, relacionando as alterações das propriedades do solo com esses sistemas de manejo, são raros. Os trabalhos tornam-se ainda mais escassos quando em tais sistemas se inclui a irrigação associada ou não ao plantio direto.

Do ponto de vista químico, há uma série de modificações das propriedades do solo ao longo do tempo, principalmente quando cultivados no sistema de plantio direto (Muzilli, 1983; Centurion et al., 1985; Eltz et al., 1989). Nesse caso, há acumulação de nutrientes e matéria orgânica na camada superficial, devido a uma contínua aplicação de fertilizantes, numa pequena profundidade, aliada à deposição dos resíduos das culturas sobre a superfície, que permanecem ali pelo não-revolvimento do solo.

Apesar de o rendimento das culturas, na maioria dos casos, ser maior no plantio direto do que no convencional, no decorrer dos anos poderá haver problemas no rendimento, principalmente quando em condições climáticas desfavoráveis. Um dos inconvenientes pode estar relacionado com a acidificação em profundidade e desequilíbrios nutricionais (Peixoto & Eltz, 1986).

A região de Guaíra (SP) é caracterizada por apresentar uma agricultura com alto nível tecnológico de manejo, utilizando, inclusive, a irrigação. Normalmente, possui sistemas de manejo com elevada taxa de ocupação anual do solo pelas culturas, com média de 2,6 a 2,8 culturas por ano, sendo a soja, o milho ou sorgo e o feijão componentes da rotação. Têm sido levantadas, por agricultores e técnicos da região, questões relacionadas aos efeitos maléficos ou benéficos nas propriedades do solo, causados pelo plantio direto. Algumas situações de baixa produtividade em culturas de soja ou milho irrigados já foram constatadas. Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo melhor conhecer as alterações nas propriedades químicas dos latossolos roxos dessa região, que estão sob sistemas de elevado nível tecnológico de manejo. Com essas informações, espera-se fornecer subsídios aos técnicos para a tomada de decisões.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidas três áreas na região de Guaíra (SP), todas representadas por latossolo roxo, sendo que, em duas, os solos são álicos e, na outra, eutrófico. As duas primeiras apresentavam, originalmente, vegetação de cerrado e, a outra, vegetação de mata. O sistema de manejo intensivo foi introduzido a partir de 1982 com plantio direto ou sistema convencional com ou sem irrigação. Em cada área, foram abertos três perfis para coleta de amostras de solo. No quadro 1, tem-se a designação dos perfis observados, bem como os solos, localização e o histórico do uso da respectiva área.

Após a descrição morfológica, baseada em Lemos & Santos (1984), os perfis foram amostrados até 1 m e, a partir daí, com trado até a profundidade de 2 a 3 m. As amostras compostas foram constituídas de três amostras simples. As determinações químicas, efetuadas de acordo com EMBRAPA (1979), foram as seguintes: pH em H_2O e KCl; fósforo assimilável pelo método da resina; carbono orgânico pela oxidação com bicromato de potássio; cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, extraídos com resina trocadora de íons e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O potássio foi determinado pelo método fotométrico, utilizando-se ácido clorídrico $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, e a acidez trocável ($H + Al$) pelo volumétrico, com extração pelo acetato de cálcio em solução tamponada em pH 7,0. Os micronutrientes manganês, cobre e zinco foram extraídos por solução duplo ácido (ácido sulfúrico $0,025 \text{ mol L}^{-1} + HCl \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. A matéria orgânica foi calculada, multiplicando-se o teor de carbono orgânico pelo fator 2,5.

Nas áreas trabalhadas, ao longo do tempo, utilizaram-se corretivos e adubos (formulações simples N, P, K, adubos simples, uréia, sulfato de amônio, superfosfato simples). A frequência quanto ao uso de calcário ficou mais bem esclarecida no período de 1980-90, no qual se utilizava esse corretivo na quantidade para atingir 60% de saturação por bases, a cada um ou dois anos, de acordo com os resultados das análises de solo. Quanto às adubações, as formulações, em regra geral, eram ricas em fósforo e potássio, sendo para o fósforo sempre exigido que parte fosse na forma de superfosfato simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Sanchez (1976), quando os valores da CTC estão na faixa de 40 a 50 mmol_c kg⁻¹ de argila ou menor, a sua mineralogia é constituída por caulinita e óxidos (hematita e gibbsita). Tal mineralogia deve predominar nos solos estudados, pois na área I, a CTC, à profundidade de 2 m, apresenta valores na faixa de 20,8 e 22,1 mmol_c kg⁻¹ de terra e na área II, na faixa de 28,7 a 34,3 mmol_c kg⁻¹ de terra (Quadro 2).

A dinâmica do sistema solo tem relação direta com o teor de matéria orgânica e com a taxa de decomposição do material estabilizado (Sanchez, 1985). Uma vez removida a cobertura natural, o percentual da taxa de decomposição da matéria orgânica chega a 40 ou 60% do seu valor inicial, devido às práticas de manejo (Sanchez, 1985). Portanto, uma vez removida a cobertura natural (cerrado ou mata), com conseqüentes modificações na temperatura e umidade do solo, ocorre o aumento na taxa de decomposição da matéria orgânica, tendo como principal conseqüência a queda do seu teor no solo. Nos solos da área I, o teor de matéria orgânica da primeira camada do P11, perfil preservado sob cerrado, foi de 38 g kg⁻¹, permanecendo, praticamente, o mesmo no P12 e caindo para 35 g kg⁻¹ no P13, conforme se pode observar na figura 1a. Em profundidade, a queda do teor de matéria orgânica ocorre nas três parcelas,

porém as diferenças nos teores entre os tratamentos é pequena. Em relação aos perfis cultivados da área III (Figura 1c), cujo P31 tem o cerrado como vegetação natural, a diferença do teor de matéria orgânica entre os tratamentos, na camada de 0-30 cm, está na faixa de 12 a 15%. A partir dos 30 cm, praticamente, não houve diferença entre os teores de perfis, de matéria semelhante ao ocorrido para os perfis da área I.

Por outro lado, a matéria orgânica dos solos da área II apresentou decomposição bem mais acentuada do que naqueles sob cerrado. Na camada superficial (0-20 cm), a queda ficou na faixa de 25 a 40%. Essa queda continuou em profundidade e, aos 30 cm, a taxa permaneceu ainda alta, passando, na faixa de 20%, para 15% a 60 cm de profundidade e, a partir daí, ficando praticamente inalterada (Figura 1b).

Greenland & Nye (1959) determinaram que a constante de decomposição da matéria orgânica em floresta é de 52 g kg⁻¹ em ambiente údico e de 13 g kg⁻¹ em região de cerrado. Portanto, a maior queda no teor de matéria orgânica na área de mata pode estar relacionada ao próprio ambiente e à vegetação. No cerrado, por sua vez, devido à menor densidade de vegetação, o teor de matéria orgânica do solo tende a ficar em equilíbrio com as condições ambientais.

Nessa discussão, é preciso levar em consideração o uso do solo. A área I, perfil P13 (Figura 1a), que passou de cultivo convencional para plantio direto

Quadro 1. Localização, solos, caracterização do histórico do uso e manejo da terra referente às áreas observadas

Designação do perfil de solo	Histórico da área apresentada por cada perfil
Área I, localizada na Fazenda Lagoa do Fogão	
Latossolo roxo textura argilosa álico (Typic Acrudox)	
P11	Parcela com vegetação de cerrado preservada.
P12	Parcela, desde 1984, com plantio direto e irrigado por aspersão (PDI), distante 40 m do P11.
P13	Parcela com cultivo convencional (PC), entre 1960 e 1983 e, a partir daí, com plantio direto irrigado (PDI), distante 300 m do P11.
Área II, localizada na Fazenda Coqueiros	
Latossolo roxo textura argilosa eutrófico (Typic Eutrudox)	
P21	Parcela com vegetação de mata (floresta subtropical) preservada.
P22	Parcela desmatada em 1956, cultivada por sistema convencional (SC), de 1956 a 1990, sendo com algodão e milho, até 1973, e soja e sorgo até 1990.
P23	Parcela desmatada em 1956, cultivada com café de 1956 a 1965; com algodão de 1965 a 1973; com soja, de 1973 a 1981, por sistema convencional, e com soja-milho-feijão, de 1981 a 1983, por sistema convencional e irrigação por aspersão (SCI).
Área III, localizada na Fazenda Santa Clara	
Latossolo roxo textura argilosa álico (Typic Hapludox)	
P31	Parcela com vegetação natural de cerrado preservada.
P32	Parcela após desmatada, por volta de 1956, cultivada com algodão, milho e soja, em sistema convencional (SC) até 1977. A partir daí, procedeu-se à rotação soja-milho.
P33	Parcela semelhante ao local P32 até 1987; depois, cultivo de soja-milho-feijão sob sistema de irrigação (SCI).

Quadro 2. Características granulométricas e químicas dos perfis estudados

Profundidade	Argila	pH		P	Ca	Mg	K	Al	H + Al	S	T
		H ₂ O	KCl								
cm	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			mmolc kg ⁻¹				
Área I - P11											
00-25	450	5,0	4,4	16,0	3,9	5,1	1,3	9,2	72,0	10,3	82,3
25-45	480	5,2	4,5	3,0	0,1	1,2	0,4	6,4	47,0	1,7	48,7
50-70	520	5,0	4,7	1,0	0,5	0,7	0,3	2,2	34,0	1,5	35,5
90-100	470	5,1	5,2	1,0	0,1	0,6	0,2	0,8	25,0	0,9	25,9
190-210	490	5,5	5,6	1,0	0,2	0,4	0,2	0,8	20,0	0,8	20,8
290-310	470	5,6	6,0	1,0	0,5	0,4	0,1	1,0	16,0	1,0	17,0
Área I - P12											
05-20	600	5,5	4,6	15,0	12,5	2,6	1,4	2,2	52,0	16,5	68,5
25-50	650	5,3	4,7	1,0	6,0	2,6	0,9	1,8	38,0	9,5	47,5
50-70	640	5,1	4,9	1,0	1,8	1,3	0,4	0,8	28,0	3,5	31,5
90-110	670	5,1	5,4	1,0	2,3	1,7	0,3	0,6	22,0	4,3	26,3
110-210	690	5,1	5,8	1,0	0,4	1,0	0,7	0,6	20,0	2,1	22,1
Área I - P13											
00-24	330	5,8	5,7	24,7	26,6	10,8	1,7	0,8	25,0	39,1	64,1
25-50	410	5,5	5,6	0,7	9,3	4,6	1,4	0,7	25,0	15,3	40,3
65-85	400	5,2	5,7	0,4	11,6	3,4	1,1	1,0	22,5	16,1	38,6
110-130	460	5,2	6,5	0,4	9,9	3,3	1,2	0,8	16,4	14,4	30,8
200-220	530	5,3	6,9	0,4	3,3	2,5	0,6	0,9	13,4	6,4	19,8
290-310	430	6,0	7,1	0,4	2,0	1,4	1,7	0,9	12,0	5,1	17,1
Área II - P21											
00-20	310	6,7	6,3	14,0	65,9	13,8	2,1	0,8	16,0	81,8	97,8
20-40	390	7,0	6,3	17,0	33,8	16,1	1,5	0,6	18,0	51,4	69,4
40-70	550	6,9	6,1	12,0	22,2	10,5	3,2	0,6	20,0	35,9	55,9
90-110	530	6,7	5,9	3,0	5,8	4,6	4,0	0,6	22,0	14,4	36,4
190-210	490	6,3	6,0	1,0	3,0	5,1	0,6	0,6	20,0	8,7	28,7
Área II - P22											
03-18	360	6,2	6,2	26,5	69,5	18,2	1,9	1,0	25,0	89,6	114,6
25-40	430	6,0	5,8	5,8	43,9	9,4	0,7	0,7	27,7	54,0	81,7
50-65	470	6,1	5,9	5,4	34,3	8,4	0,6	0,8	25,0	43,3	68,3
80-100	430	6,1	6,0	2,9	28,2	10,0	0,9	0,9	22,5	39,1	61,6
140-160	420	6,2	6,5	0,7	12,4	4,8	0,7	0,9	16,4	17,9	34,3
Área II - P23											
00-10	440	5,6	5,4	50,5	32,1	10,5	3,0	1,1	27,7	45,6	73,3
15-35	550	5,2	5,1	3,3	15,8	6,8	2,8	1,2	27,7	25,4	53,1
50-70	510	5,8	5,7	1,1	16,9	4,3	0,9	0,8	18,2	22,1	40,3
90-110	520	5,9	6,1	0,7	23,8	5,6	1,2	0,9	16,4	30,6	47,0
190-210	470	4,9	6,0	0,4	7,9	4,8	1,1	0,9	18,2	13,8	32,0
Área III - P31											
00-20	430	5,2	4,4	9,0	1,5	2,0	0,9	10,6	80,0	4,4	84,4
25-45	560	5,2	4,6	1,0	0,1	0,2	0,4	4,2	42,0	0,7	42,7
60-90	560	5,2	5,5	1,0	0,1	0,5	0,2	1,2	31,0	0,8	31,8
100-120	540	5,2	5,5	0,4	4,0	1,3	0,1	1,0	20,0	6,2	26,4
200-220	540	5,4	5,8	0,4	4,0	1,1	1,2	0,9	18,0	6,3	24,5
300-320	470	5,7	6,2	0,4	6,0	1,5	1,2	0,7	13,0	8,5	22,0
Área III - P32											
00-20	390	5,6	5,6	20,3	22,7	12,7	0,7	1,0	30,8	36,1	66,9
25-45	620	5,8	5,7	1,1	8,2	4,7	0,6	0,8	20,2	13,5	33,7
60-80	560	4,7	5,6	0,4	6,6	2,8	0,9	1,0	22,5	10,3	32,8
100-120	480	4,5	5,7	0,4	2,8	1,2	0,5	0,8	20,2	4,5	24,7
200-220	480	4,6	5,8	0,4	4,6	1,4	1,0	0,8	20,2	7,0	27,2
300-320	490	5,2	6,3	0,4	10,3	2,0	1,1	0,8	13,4	13,4	26,8
Área III - P33											
00-15	340	5,8	5,6	19,6	19,1	11,9	0,7	0,8	34,3	31,7	66,0
20-40	480	5,5	5,4	1,8	6,9	3,8	0,7	0,9	34,3	11,4	45,7
65-85	490	5,1	6,4	0,4	2,6	2,0	0,6	0,8	18,2	5,3	23,5
100-120	430	5,2	6,6	0,4	2,0	1,8	0,5	1,0	14,8	4,3	19,1
200-220	490	5,3	6,7	0,4	1,6	1,4	0,6	0,9	14,8	3,6	18,4

irrigado, e a III, perfil P33 (Figura 1c), com situação de uso semelhante, favoreceu a manutenção dos teores de matéria orgânica em níveis razoáveis. Com a irrigação, a frequência de calagem e adubação aumentou, consideravelmente, assim como o número de culturas por ano, na faixa de 2,5. Com isso, o solo tende a ficar mais fértil e a matéria orgânica, mais estável (Sanchez, 1976), não se alterando, significativamente, em relação aos padrões das áreas I (Perfil 11) e III (Perfil 31). Por outro lado, o teor de matéria orgânica da área representada pelo perfil P32, cultivado desde 1956 somente no sistema convencional, sem irrigação, não diferiu, significativamente, do perfil P33, irrigado desde 1987 (Figura 1c).

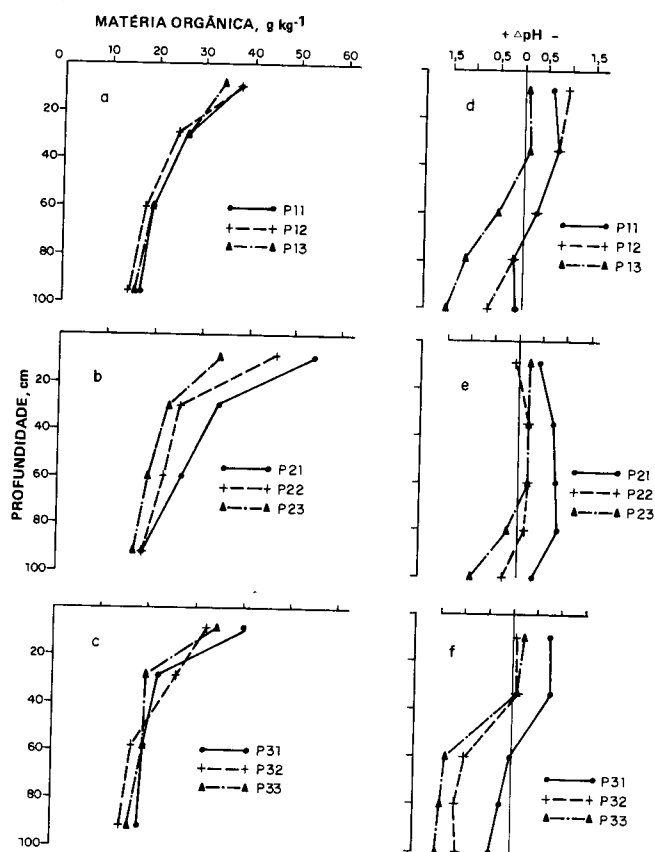


Figura 1. Distribuição da matéria orgânica, a, b, c e valores de ΔpH , d, e, f, sendo a, d: área I; b, e: área II; c, f: área III.

Como analisado anteriormente, os perfis da área II (Figura 1b) apresentaram queda mais acentuada no teor de matéria orgânica em profundidade, quando comparado com os das áreas I e III. Entretanto, mesmo nesse caso, com o uso intensivo do solo, o teor de matéria orgânica se manteve em níveis excelentes, na faixa de 45 g kg^{-1} , para o P22 e 34 g kg^{-1} para o P23. Esses valores são bem superiores aos níveis de matéria orgânica em solos desmatados e cultivados com cana-de-açúcar, como os encontrados por Costa Lima et al. (1992).

Em função dos diversos sistemas de manejo, podem observar-se diferenças nas propriedades químicas dos solos. No sistema do plantio direto (PD), não se constatarem os incrementos no teor de matéria orgânica observados por outros pesquisadores, como Eltz et al. (1989), Trein et al. (1991) e Testa et al. (1992) trabalhando com diversas culturas, entre elas, milho, soja, aveia, trevo e pastagem. Na área I (Perfis P12 e P13), onde foi usado o plantio direto desde 1983, o teor de matéria orgânica não ultrapassou o teor original do solo (Perfil P11), tanto em superfície como em profundidade. O mesmo ocorreu nos solos da área III, onde houve ligeiro acréscimo apenas na profundidade de 30-50 cm no P33.

Tal fato pode estar relacionado às características climáticas da região de Guaíra, de temperatura elevada, que, associado ao sistema de irrigação, tende a proporcionar umidade suficiente para a decomposição da matéria orgânica, conforme preconizado por Sanchez (1976): esse autor indica um aumento na taxa de decomposição da matéria orgânica e, à medida que o ambiente de umidade do solo passa do ústico (mais seco com taxa de 25 g kg^{-1}) para o ambiente údico (mais úmido com taxa de 53 g kg^{-1}). Os solos da área III com cultivo convencional (Perfil P33), seguido de irrigação (SCI), tiveram, praticamente, as mesmas tendências de queda no teor de matéria orgânica (Figura 1c). O mesmo ocorreu na área I (Perfis 12 e 13), onde foi realizado o plantio direto seguido de irrigação (Figura 1a). Nesse aspecto, a alta intensidade de manejo usado, com plantio direto e convencional irrigado, não permitiu uma diferenciação na taxa de decomposição da matéria orgânica. Tais resultados discordam dos apresentados por Muzilli (1983) e Centurion et al. (1985) trabalhando com sistemas de plantio, porém sem irrigação e de pequena duração. Em consequência dessa dinâmica da matéria orgânica, a CTC do solo também teve ligeira queda em seus valores, principalmente na camada superficial (Quadro 2).

O delta pH ($pH \text{ KCl} - pH \text{ H}_2\text{O}$) indica a situação do balanço de cargas do solo, se positivo ou negativo (Uehara & Keng, 1975; Yu & Zhang, 1986). Comparando-se o delta pH das análises dos solos, verificaram-se sensíveis diferenças entre os perfis localizados na área com cerrados comparados com os da área II com mata. Nos solos sob vegetação de cerrado (P11, 12, 13 - Figura 1d), o delta pH foi negativo na superfície, com balanço em torno de 0,5 para o P11, tornando-se positivo na faixa de 40 cm de profundidade para o P13 e 80 cm de profundidade para o P11 e P12. Nos solos sob mata (P21, 22, 23 - Figura 1e), por sua vez, o delta pH foi negativo até a faixa dos 70 a 80 cm de profundidade para os perfis P22 e P23, chegando até os 100 cm para o caso do P21 (Figura 1e). O aumento das cargas positivas em profundidade está relacionado com o tipo da mineralogia dos minerais da fração argila e com o teor de matéria orgânica.

Como comentado, a mineralogia desses solos é essencialmente oxídica com contribuição de caulinita. O ponto de carga zero dos óxidos de ferro e alumínio está na faixa de pH de 5,5 a 6,0 (Uehara & Keng,

1975). A dominância de cargas negativas na profundidade superficial das três áreas estudadas deve-se à influência da matéria orgânica, que tende a translocar o PCZ para faixas de pH mais ácido, apesar de o pH do solo das camadas superficiais estar próximo ou inferior ao PCZ dos minerais. Em profundidade, como há decréscimo no teor de matéria orgânica, as alterações das cargas elétricas se devem somente às condições do PCZ dos minerais componentes da fração argila desses solos. Assim, nos perfis da área II, perfil P21, o delta pH até os 210 cm é negativo (Quadro 2). Nas áreas cultivadas, P22 e P23, como houve decréscimo na matéria orgânica em profundidade, quando comparado com o P21, o delta pH fica positivo nas últimas camadas. O mesmo ocorre nos perfis da área III, P32 e P33, onde o delta pH se torna mais positivo para os perfis cultivados a partir dos 40 cm de profundidade, quando comparado com o P31. O balanço positivo de cargas tende a favorecer a lixiviação de bases.

De maneira geral, a relação Ca/Mg está na faixa de 2 a 5 para a maioria dos solos do Estado de São Paulo (Comissão de Solos, 1960). Entretanto, verificaram-se sensíveis diferenças entre os valores dessa relação entre os solos sob mata e sob cerrado do presente trabalho. O perfil P11 (sob cerrado) indicou valores extremamente baixos de Ca e Mg, diminuindo, também, em profundidade (Quadro 2). O perfil P31, também sob vegetação de cerrado, obteve valores baixos desses dois elementos, aumentando, porém, em profundidade. Entretanto, o teor de Mg é ligeiramente superior ao de Ca no P11 e em parte do P31, dando uma relação Ca/Mg inferior a 1,0 (Figura 1a, c), o que não é muito freqüente. Uma possível explicação seria a possibilidade de o magnésio ocluso estar sendo contabilizado como disponível, segundo Van Wambeke (1976). No perfil sob mata, P21, o teor de cálcio foi superior ao de magnésio em quase toda a extensão do perfil do solo estudado.

Por outro lado, ao longo dos anos de cultivo e com o uso de corretivos e adubos, houve aumentos na relação Ca/Mg, tanto na superfície como na subsuperfície. Nos horizontes superficiais dos perfis da área I, a relação Ca/Mg passou de 1,1 no P11, para 2,3 no P12, e para 5,0 no P13 (Figura 2a). Aumentos menos acentuados na relação Ca/Mg foram observados nos perfis da área III.

Em relação aos teores de bases, no caso de cálcio, magnésio e potássio, houve sensível enriquecimento tanto em superfície como em subsuperfície, principalmente para as áreas I e III dos cerrados. A saturação por bases do P11 passou dos 10% na superfície para 60% no P13 (Figura 2d). Em profundidade, até os 90 cm, a saturação por bases passou da faixa dos 5% no P11 para 45% no P13. Tendência semelhante se observou nos perfis da área III (Figura 2f). Na superfície, o valor da saturação para o P31 foi de 5%, passando para 50% no P33 e 60% no P32.

Comparando-se a saturação por bases (Figura 2e) do P21, sob mata sem cultivo, com os perfis P22 e P23, com cultivo, observou-se o seguinte: (a) o P21 com 84%

na profundidade de 20 cm, e 64% a 70 cm (Figura 2e), obteve maiores valores de V em relação aos perfis P22 e P23 até 70 cm; (b) apesar disso, o V% dos perfis P22 e P23 são considerados altos, na faixa de 60 a 70% até 100 cm de profundidade. Portanto, o uso agrícola, ao longo dos anos, nas áreas P22 e P23, reduziu os valores de V. Contudo, em relação ao P21, o teor de cálcio é maior em todo o perfil do P22 e em subsuperfície em P23, enquanto o magnésio é variável. Esse maior enriquecimento de cálcio pode ser devido ao uso de calcários ricos nesse elemento. Apesar do ligeiro empobrecimento de bases, principalmente no P23, os 33 anos de cultivo intensivo praticamente não alteraram, significativamente, sua fertilidade, permanecendo o solo ainda com o seu caráter eutrófico.

O incremento de bases em profundidade, aparentemente, promoveu uma redução no teor de alumínio. Na figura 3a, a saturação por alumínio na primeira camada passou de 43% no P11 para 18% no P12 e 3% no P13. A mesma tendência ocorreu nos perfis P32 e P33 em relação ao P31. Praticamente, ao longo de todo o perfil, a saturação por alumínio foi maior nos perfis P11 e P31, não cultivados (Figura 3a, c). Com toda a atividade agrícola, ao longo de 33 anos, os perfis P11

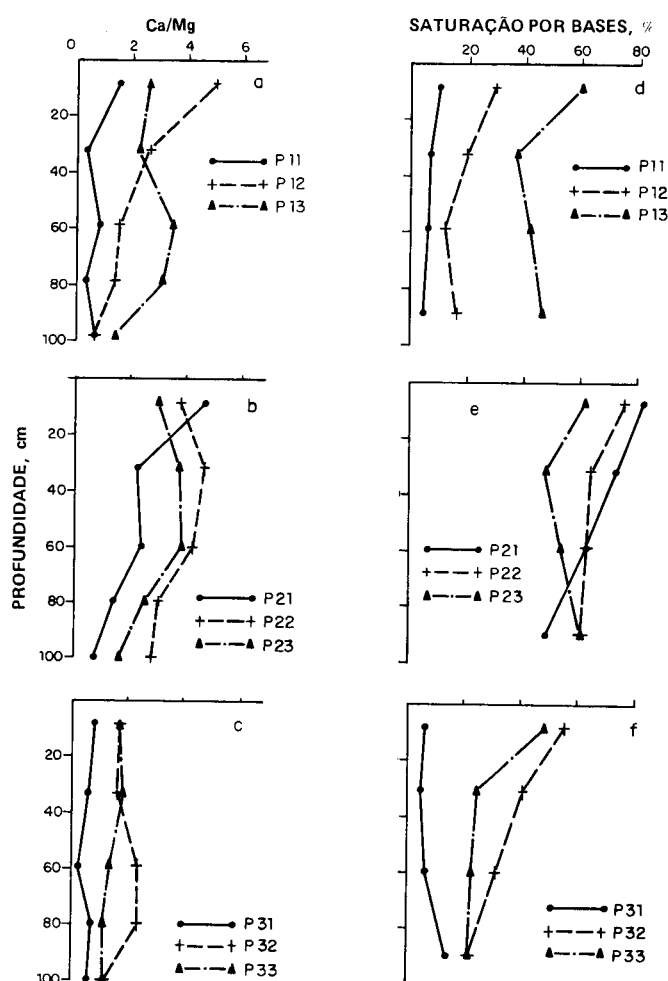


Figura 2. Relação Ca/Mg, a, b, c, e saturação por bases, d, e, f, sendo a, d: área I; b, e: área II; c, f: área III.

e P31, álicos, passaram a ser distróficos ou mesmo epieutróficos, como nos perfis P13 e P32. Entretanto, ao longo desses anos de cultivo intensivo, usando inclusive adubos contendo sulfatos, nitratos e cloretos, é inevitável um translocamento em profundidade de ânions acompanhados dos co-íons, no caso, cálcio, magnésio e potássio. Os ânions cloreto e nitrato não têm reação específica com a superfície dos óxidos de ferro e alumínio, porém o sulfato, sim, favorecendo, desse modo, a precipitação do alumínio em profundidade (Pavan & Bingham, 1982).

O enriquecimento químico dos solos em profundidade, ocorrido em função dos sistemas de manejo realizados nas áreas I e III, não tem sido comum na literatura, a não ser em áreas de cana-de-açúcar, com o uso associado de gesso e calcário em solos de textura média a arenosa (Morelli et al., 1992) e solos de cerrado no Brasil Central (Souza et al., 1986).

Em relação ao K, a sua distribuição em profundidade segue as mesmas tendências do cálcio e magnésio (Figura 3d, e, f). Na área I, o teor médio do perfil (Quadro 2), em potássio, passou de 0,4 mmol_c kg⁻¹ do P11 para 0,7 no P12 e 1,3 no P13, ao passo que na área III, aumentou de 0,6 mmol_c kg⁻¹ no P31 para 0,8 no P32 e 0,6 mmol_c kg⁻¹ no P33. Nesses casos, observa-se, portanto, um enriquecimento de potássio em profun-

didade. O teor desse nutriente passou de 1,3 nos primeiros 25 cm de solo do P11 para 1,7 no P13. Na faixa de 1,0 m de profundidade, os teores foram, respectivamente para os perfis P11 e P13, de 0,2, passando para 1,2: como se observa, um aumento na faixa de 6 vezes. Para os perfis da área III, também houve aumentos, porém menos expressivos. Por outro lado, a distribuição desse cátion em profundidade para os solos da área II é diferente dos demais solos (Figura 3e). Na camada superficial, houve um enriquecimento em K⁺ para o P23, justamente no tratamento irrigado, cuja frequência de adubação é maior do que no tratamento sem irrigação, P22. Em profundidade, houve acentuado empobrecimento desse cátion, sobretudo a partir dos 40 cm nos perfis P22 e P23.

No quadro 3, encontram-se os resultados obtidos para os micronutrientes dos solos. Verifica-se um empobrecimento com relação ao manganês para todos os perfis de solos, o que poderia estar associado à calagem, oxidação da matéria orgânica ou, ainda, a adubos fosfatados (Vitti & Malavolta, 1985). Quanto ao cobre e ao zinco, verificou-se um ligeiro acréscimo nos perfis de solos, o que também poderia estar associado à oxidação da matéria orgânica, gerando redução na complexação desses micronutrientes ou, ainda, no caso do zinco, à utilização de fertilizantes com o elemento.

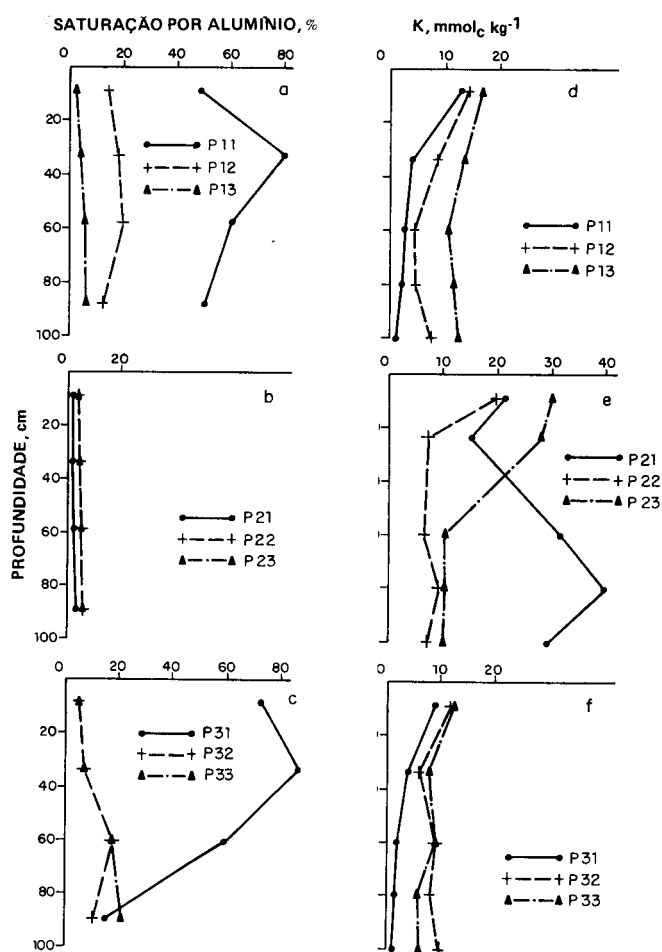


Figura 3. Saturação por alumínio, a, b, c, e K, d, e, f, sendo a, d: área I; b, e: área II; c, f: área III.

Quadro 3. Conteúdo de Mn, Cu e Zn nos perfis de latossolos roxos estudados

Perfil	Profundidade	Mn	Cu	Zn
	cm	mg kg ⁻¹		
P11	00-25	68	8,1	5,5
	25-45	41	7,6	10,6
	190-210	24	6,9	9,2
P13	00-24	38	10,8	7,4
	25-50	—	—	—
	110-130	17	9,4	9,4
P21	00-20	90	7,3	12,3
	20-40	56	6,3	6,1
	190-210	40	6,8	1,3
P22	3-18	—	—	—
	25-40	70	12,4	10,5
	80-100	45	14,9	10,2
P23	00-10	31	6,6	3,3
	15-70	47	7,9	4,2
	190-210	18	6,5	1,4
P31	00-20	70	8,5	3,3
	30-90	40	6,9	2,4
	200-220	21	7,2	0,9
P32	00-20	55	8,5	12,9
	25-45	32	6,3	4,3
P33	00-15	42	9,2	6,2
	20-40	37	7,8	8,0
	200-220	14	6,3	19,6

CONCLUSÕES

1. A utilização de um elevado nível de manejo, tanto em sistema convencional de preparo como em plantio direto, ambos seguidos de irrigação, proporcionaram uma série de alterações nas propriedades químicas dos latossolos roxos da região de Guaíra. Ficaram evidentes as diferenças entre os solos álicos com os eutróficos, quando submetidos aos sistemas de manejo plantio direto e convencional. Nos solos álicos, ocorreram acentuados incrementos de bases tanto na superfície como na subsuperfície, transformando-os em solos distróficos ou epieutróficos. Para os eutróficos, houve empobrecimento, mantendo-se, entretanto, o caráter eutrófico.

2. Quanto ao teor de matéria orgânica, tanto num sistema como no outro, houve redução menor para os solos sob cerrado e maior para aqueles sob mata. Apesar de os sistemas de manejo terem sido de elevada intensidade, a alta temperatura da região e a irrigação foram seus fatores de oxidação.

3. Aparentemente, não ocorreram alterações químicas das propriedades que motivassem tomadas de decisões imediatas.

LITERATURA CITADA

- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. & FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 3(9):267-270, 1985.
- COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Embrapa, Rio de Janeiro, 1960. p.634.
- COSTA LIMA, J.M.J.; COSTA LIMA, V. & DEMATTÊ, J.L.I. Alterações nas propriedades químicas de solos no agrossistema cana-de-açúcar. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, SP, 1992. Anais. p.116-117.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo Bruno álico. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:259-267, 1989.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, 1979. 250p.
- GREENLAND, D.J. & NYE, P.H. Increase in carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. *J. Soil Sci.*, London, 9:284-299, 1959.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Campinas, SBCS/SNLCS, 1984. 46p.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C. & DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 12(2):187-194, 1992.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 7:95-102, 1983.
- PAVAN, M.A. & BINGHAM, F.T. Toxicity of aluminum to coffee seedling grown in nutrient solution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 46(5):993-997, 1982.
- PEIXOTO, R.T.G. & ELTZ, F.L.F. Avaliação da fertilidade do solo em plantio direto na região dos Campos Gerais, Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., Londrina, PR, 1986. Resumos. Londrina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, EMBRAPA e IAPAR, 1986. p.56-57.
- SANCHEZ, P. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Wiley, 1976. 618p.
- SANCHEZ, P.A. Management of soil acid soils in the humid tropic of Latin America. In: Management of acid tropical soil for sustainable agriculture. IBSRAM, Proceedings, 2, 1985. p.63-107.
- SOUZA, D.M.G. de; CARVALHO, L.J.C.B. & MIRANDA, L.N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.J. Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. 1986. p.99-127.
- TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.F. & MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 16:107-114, 1992.
- TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia x trevo/milho, após pastejo intensivo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 15:105-111, 1991.
- UEHARA, G. & KENG, F. Management implications of soil mineralogy in Latin America. In: BONEMIZZA, E. & ALVARADO, A. Soil management in tropical America. *Soil Sci. Dept. North Carolina State University*, ed. 1975. p.351-363.
- VAN WAMBEKE, A. Management properties of Oxisols in Savanna Ecosystems. In: BONEMIZZA, E. & ALVARADO, A., eds. Soil management in tropical America. *Soil Sci. Dept. North Carolina State University*, 1976.
- VITTI, G.C. & MALAVOLTA, E. Fosfogesso-uso agrícola. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba, Fundação Cargill, 1985. p.161-195.
- YU, TIAN-REN & ZHANG, XIAO-NIAN. Physic-chemical properties of oxissol and ultissol in relation to soil management. In: PROC. INT. CONFERENCE ON THE MANAGEMENT IN TROPICS AND SUBTROPICS, China, 1986.