

SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS NA ZONA DA MATA MINEIRA⁽¹⁾

Arley Figueiredo Portugal⁽²⁾, Oldair Del'Arco Vinhas Costa⁽³⁾,
Liovando Marciano da Costa⁽⁴⁾ & Bruno Costa Moreira dos Santos⁽⁵⁾

RESUMO

O conhecimento de atributos químicos e físicos de solos nos mares de morros pode fornecer importantes subsídios ao planejamento sustentável dos seus recursos naturais. Nesse sentido, realizou-se a caracterização química e física de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos, no município de Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata mineira. Foram avaliadas áreas com seringueira, laranja, cana, pastagem e mata. Seringueira, laranja e pastagem estão instaladas há 15 anos, e a cana, há 1,5 ano, sendo antes pastagem. Todos os usos agrícolas tiveram histórico com cana por aproximadamente 100 anos. A amostragem foi realizada em trincheiras, com três repetições, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Foram analisados as seguintes propriedades químicas: matéria orgânica do solo (MOS), pH em H₂O, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H + Al, SB, CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), V, m e P-rem. As propriedades físicas analisadas foram: granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, curva de retenção de água, resistência do solo à penetração e estabilidade de agregados em água, bem como as relações capacidade de água disponível/porosidade total (CAD/PT) e água retida na capacidade de campo/porosidade total (CC/PT). Os resultados demonstraram que o solo, em todos os usos, apresenta baixa fertilidade e caráter distrófico, com Al³⁺ dominando o complexo de troca, com exceção do solo sob cana, que apresenta fertilidade média e teores negligenciáveis de Al³⁺ trocável no complexo de troca. O uso agrícola do solo reduziu a MOS. As características físicas nos usos com seringueira e cana assemelharam-se às da mata, ao passo que laranja e pastagem mostraram degradação física, evidenciada pelos maiores valores de

⁽¹⁾ Trabalho de iniciação científica do primeiro autor. Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em setembro de 2007.

⁽²⁾ Doutorando do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. PH Rolfs s/n, CEP 36571-000 Viçosa (MG). E-mail: arleysolos@yahoo.com.br

⁽³⁾ Doutor em Solos pelo Departamento de Solos, UFV. E-mail: oldairvinhas@hotmail.com.br

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. Bolsista do CNPq. E-mail: liovandomc@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo pela UFV. E-mail: brunocmsantos@rotmail.com

densidade e resistência do solo à penetração, e redução do espaço poroso e da estabilidade de agregados em água.

Termos de indexação: mar de morros, manejo do solo, química e física do solo.

SUMMARY: SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF AN INCEPTISOL UNDER DIFFERENT LAND USES, IN THE ZONA DA MATA OF MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

Knowledge on chemical and physical soil features in mountainous areas is very important for sustainable planning of natural resources. Thus, this study aimed to determine the soil chemical and physical attributes of an Inceptisol under different land uses, in Visconde do Rio Branco, in the Zona da Mata of Minas Gerais state. Five land uses were evaluated: orange, rubber tree, sugar-cane, pasture and forestry. Rubber tree, orange and pasture were cultivated during 15 years, and sugar-cane for 1.5 years. Prior to these uses the area had been cultivated with sugarcane for about a century. Sampling was carried out in three replicates (soil pits) at depths of 0–20 and 20–40 cm. The following chemical attributes were determined: soil organic matter (MOS); pH in H₂O, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H + Al, SB, CEC (t), CEC pH 7.0 (T), BS, aluminum saturation (m), P-rem. The following physical attributes were measured: texture, bulk density, particle density, porosity, water retention curve, soil penetration resistance and aggregate stability, as well as the ratios of available water/total porosity and field capacity/total porosity. Results showed that the soil fertility is low and exchangeable Al³⁺ very high under all land uses, apart from sugarcane, with medium values of soil fertility and negligible levels of exchangeable aluminum. The agricultural use decreased MOS. Land uses with rubber tree and sugarcane improved the soil physical properties to values comparable with the native site. On the other hand, in areas under orange and pasture the soil bulk density and resistance increased compared to the other land uses, while the aggregate stability and porosity decreased.

Index terms: Soil use and management of soil, soil chemistry and physics.

INTRODUÇÃO

A ocupação na região de Visconde do Rio Branco - MG deu-se por meio da cana-de-açúcar, havendo relatos de que esta foi a primeira cultura de importância econômica na região, por volta de 1880 (Ferreira, 1959; José, 1982; Brasil, 1983). Esse período de ascensão da atividade canavieira da região perdurou durante quase todo o século XIX, mas a partir da década de 1990 um período de crise assolou a região. Devido à crise do setor canavieiro, os produtores se viram obrigados a mudar de atividade, e grande parte deles, por falta de orientação técnica e pela maior facilidade de implantação, preferiu partir para a atividade pecuária (Sebrae, 2001). Nesse mesmo período, uma pequena parcela dos agricultores optou por desenvolver atividades voltadas à fruticultura e silvicultura.

No domínio de mares de morros, o solo, em particular o horizonte C, tende a ser muito profundo, e há tipicamente uma desproporção entre as profundidades do *solum* e do solo, caracterizando o processo francamente erosivo de rejuvenescimento pedogeomorfológico desse domínio. Em geral, nesse ambiente os solos são

pobres, tendendo a ser distróficos e álicos, na maior parte, ocorrendo solos eutróficos apenas nas partes mais baixas (Rezende & Resende, 1996). O profundo manto de intemperismo, com quase ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis, e o relevo acidentado vulnerabilizam profundamente os ecossistemas quanto às perdas de nutrientes (Rezende & Resende, 1996). Segundo esses autores, nas porções mais íngremes, freqüentemente com o horizonte C exposto, há arraste mais acentuado de nutrientes e de sementes e a cobertura vegetal não consegue se recompor, degradando-se ainda mais com a deficiência de água estacional, que, quando mais acentuada, mais aumenta a dificuldade de recuperação, aumentando a área de solo exposto e os processos erosivos. Dessa forma, os solos dos mares de morros são de difícil manejo, pois apresentam pobreza química acentuada e relevo muito acidentado, o que dificulta as atividades agropecuárias, principalmente no que diz respeito às práticas de adubação e mecanização.

Com o desmatamento, o solo é exposto à ação direta das gotas da chuva e raios solares, tornando-se fisicamente mais frágil, caracterizando assim o início da sua degradação. O uso, o manejo, o nível e o tempo

de utilização promovem alterações nas propriedades do solo; solos semelhantes, mas submetidos a diferentes usos e manejos, podem apresentar níveis de degradação diferentes (Roth & Pavan, 1991; Castro Filho et al., 1998).

O conhecimento aprofundado das características dos domínios pedológicos dos mares de morros do município de Visconde do Rio Branco poderá fornecer importantes subsídios ao planejamento sustentável dos seus recursos naturais, numa abordagem de causa e efeito, já considerada por diversos autores em outras regiões (Muggler, 1989; Costa, 1990; Resende et al., 1995). Assim, este trabalho teve como objetivo caracterizar química e fisicamente o Cambissolo Háptico Tb distrófico sob diferentes usos, visando criar bases teóricas para subsidiar o uso sustentável do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para o estudo está localizada no município de Visconde do Rio Branco, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. O centro da cidade situa-se nas coordenadas 21° 00' 40" de latitude sul e 42° 50' 20" de longitude WGR. O município possui área de 240,51 km² e a temperatura média anual é de 23,9 °C, com médias das máximas e mínimas de 31,9 e 16 °C, respectivamente. O índice pluviométrico anual no município é de 1.100 mm, com as chuvas concentradas no período de outubro a março (Ferreira, 1959; Sebrae, 2001), apresentando, de acordo com a classificação climática de Köppen, clima Cwa. Seu território possui relevo ondulado a forte ondulado, com altitude média de 350 m, e pertence ao Domínio dos Mares de Morros (Ab'saber, 1970).

O trabalho foi realizado em duas propriedades agrícolas do município. Com base no levantamento de solos realizado na região, na escala 1:50.000, que associa a ocorrência de Cambissolos nas encostas mais declivosas (Abrahão et al., 2000), foram separadas cinco áreas ocupadas com seringueira, laranja, cana, pastagem e mata natural, localizadas no terço médio das encostas, com declividade de 30 % e comprimento de rampa de aproximadamente 200 m. Em cada área (uso), foi aberta uma trincheira e feita a descrição morfológica dos solos (Santos et al., 2005), sendo o solo classificado como Cambissolo Háptico Tb distrófico (Embrapa, 2006) (Quadro 1). Nas áreas com seringueira, laranjeira e pastagem o solo se encontrava sob este uso há mais de 15 anos, e naquela com cana, há 1,5 ano. Anteriormente, as áreas com pastagem, seringueira e laranja foram ocupadas por cana-de-açúcar por aproximadamente 100 anos, segundo entrevista com os proprietários. A área com uso atual de cana teve histórico com a atividade canavieira, seguindo o uso com pastagem por aproximadamente 15 anos, tendo-se novamente a instalação recente da cana. Embora não seja a vegetação original, a mata

não sofreu alterações antrópicas durante o período de ocupação com a atividade canavieira (nos últimos 100 anos), servindo como referência para as características avaliadas.

O uso intensivo dos solos com a atividade canavieira levou a uma grande degradação destes, devido à intensa utilização do solo com essa cultura e às práticas de manejo adotadas, com queimadas e sem a preocupação com práticas conservacionistas.

Na pastagem de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) não há ocorrência de plantas espontâneas. O manejo é inadequado, com superpastejo e uso contínuo da pastagem durante todo o ano. Não são utilizados condicionadores de solo na pastagem.

Na cultura da laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), foi realizada a calagem somente na cova e foram colocados em torno de 10 L de esterco de curral e 400 g de superfosfato simples por cova. Não foram realizadas práticas de aração e gradagem na área, tendo sido utilizado o espaçamento de 7 x 4 m. O controle de plantas espontâneas foi feito utilizando herbicida pós-emergente (glifosato) na linha do plantio (4 L ha⁻¹); nas entrelinhas, utilizou-se roçadeira tratorizada, três vezes ao ano. A adubação do pomar foi realizada mediante análises do solo, utilizando-se calcário dolomítico, aplicado em julho e sem incorporação, superfosfato simples (250 g planta ano⁻¹, colocados de uma só vez), sulfato de amônio e cloreto de potássio (2 kg de 15-0-15 por planta por ano), aplicados três vezes ao ano. Também foi feita aplicação foliar de Ca, Mg, Zn, Mn e B três vezes por ano. Quando possível, aplica-se esterco de curral (20 L/planta). A produção anual de laranja é de 30 t ha⁻¹.

Na implantação da cultura da cana, foram realizadas aração e gradagem e feita a correção do solo com aplicação de calcário dolomítico, superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio. Na seringueira (*Hevea brasiliensis*) não foi realizada a correção e fertilização do solo, bem como não houve uso de máquinas ou práticas que revolvassem o solo, podendo-se observar considerável camada de resíduos vegetais depositada sobre ele. No plantio, foram utilizados termofosfato (400 g/cova) e torta de filtro da usina de cana-de-açúcar (5 L/cova). Foi feita a calagem somente na cova. O espaçamento é de 8 x 2,5 m (500 plantas ha⁻¹). São utilizados, aproximadamente, 300 g de fungicida ha ano⁻¹. A produção mensal de borracha é de 200 kg ha⁻¹.

A amostragem em cada área foi realizada em trincheiras. Para seringueira e laranjeira, as trincheiras foram localizadas na área de copa das referidas culturas, e para o canavial, nas entrelinhas. Em cada área selecionada, foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Para determinações de propriedades físicas, foram coletadas três unidades amostrais em cada profundidade, e também foi retirada uma amostra composta, formada pela mistura de 20 amostras

Quadro 1. Descrição dos principais atributos morfológicos dos horizontes A e B dos perfis do solo sob mata, seringueira, laranja, cana e pastagem

Hor.	Prof.	Cor (úmida)	Textura e estrutura	T	V
	cm		Mata	cmol _c kg ⁻¹	%
A	0 a 10	5 YR 5/3	Argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares e forte pequena granular.	14,4	9,0
Bi	22 a 65	5 YR 5/6	Argilosa; moderada/forte média blocos subangulares e fraca média granular.	10,5	5,0
			Seringueira		
A	0 a 10	5 YR 5/4	Argilosa; forte média e grande blocos subangulares e fraca média granular.	13,9	8,6
Bi	20 a 65	5 YR 6/4	Argilosa; moderada, pequena e média blocos subangulares.	10,5	2,9
			Laranja		
A	0 a 8	5YR 5/3	Argilosa; forte, médio e grande blocos subangulares.	14,7	13,9
Bi	18 a 60	5 YR 6/4	Argilosa; moderada/forte, média blocos subangulares.	13,9	9,9
			Cana		
A	0 a 10	5 YR 5/4	Muito argilosa; forte média e grande blocos subangulares e fraca média granular.	9,9	49,0
Bi	22 a 70	5 YR 6/4	Muito argilosa; moderada/forte, média blocos subangulares.	7,6	47,0
			Pastagem		
A	0 a 10	5 YR 5/4	Argilosa; forte, médio e grande blocos subangulares.	18,2	10,5
Bi	20 a 65	5 YR 6/4	Argilosa; moderada/forte, média blocos subangulares.	13,6	11,0

T: atividade da argila; V: saturação por bases.

simples, para obtenção da TFSA. Para determinar a resistência do solo à penetração, foram realizadas 10 repetições com penetrômetro de impacto.

As determinações químicas realizadas foram: carbono orgânico (CO) (Yeomans & Bremner, 1988), pH em H₂O, P, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Al³⁺, H + Al, SB, CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), V, m e P-rem (Embrapa, 1997).

As determinações físicas realizadas foram: granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total e curva de retenção de água, conforme método descrito por Embrapa (1997). A resistência à penetração foi determinada por meio de um penetrômetro de impacto, sendo os cálculos realizados segundo Stolf (1991).

Para se obter a estabilidade de agregados, utilizou-se método descrito por Kemper & Chepil (1965). A capacidade de água disponível (CAD) foi determinada subtraindo a água retida no solo sob tensão equivalente a 10 kPa (capacidade de campo) da quantidade de água retida na tensão equivalente a 1.500 kPa (ponto de murcha permanente), em m³ m⁻³. Foi utilizada a tensão de 10 kPa para representar a capacidade de campo (CC), com base em resultados obtidos por Reichardt (1988). Foram calculadas as relações CC/PT e CAD/PT.

Os efeitos dos tratamentos de uso do solo sobre suas propriedades físicas foram testados por meio de análise de variância. Analisaram-se os efeitos dos tratamentos em cada profundidade, separadamente. Quando as variáveis foram estatisticamente diferentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % (Banzato & Kronka, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo (Quadro 2) foram classificados com base em Alvarez V. et al. (1999). Os solos estudados apresentam acidez média a elevada e teores para o complexo de troca geralmente baixos a muito baixos, com acidez trocável e potencial altas, à exceção da área com cana, que apresentou nível médio para todas as características químicas avaliadas e acidez trocável muito baixa. De maneira geral, os valores de pH não variaram muito, ficando entre 4,4 e 4,6 para as áreas de mata, seringueira, laranja e pastagem. Exceção foi observada na área de cana, que apresentou valores de 5,8 em ambas as profundidades.

Quadro 2. Atributos químicos dos solos sob mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm

Uso	Prof.	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
	cm	H ₂ O	- mg dm ⁻³		- cmol _c dm ⁻³								— % —	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
Mata	0 a 20	4,50	1,44	23	0,33	0,26	1,20	6,27	0,65	1,85	6,92	9,4	64,9	3,47	27,7
	20 a 40	4,43	0,78	9	0,13	0,13	1,32	5,48	0,28	1,60	5,76	4,9	82,5	2,49	21,5
Seringueira	0 a 20	4,44	1,12	11	0,31	0,26	1,56	6,47	0,60	2,16	7,07	8,5	72,2	2,75	24,8
	20 a 40	4,35	0,78	5	0,05	0,10	1,80	5,74	0,16	1,96	5,90	2,7	91,8	2,16	21,4
Laranja	0 a 20	4,60	7,91	52	0,69	0,28	1,20	7,00	1,10	2,30	8,10	13,6	52,2	3,15	29,8
	20 a 40	4,47	3,17	48	0,40	0,18	1,56	6,53	0,70	2,26	7,23	9,7	69,0	2,36	23,4
Cana	0 a 20	5,84	2,37	29	2,12	0,78	0,00	2,97	2,97	2,97	5,94	49,9	0,0	2,29	35,9
	20 a 40	5,76	1,46	17	1,77	0,51	0,00	2,57	2,32	2,32	4,89	47,4	0,0	1,64	29,9
Pastagem	0 a 20	4,55	0,75	23	0,49	0,20	1,20	6,34	0,75	1,95	7,09	10,6	61,5	2,69	21,1
	20 a 40	4,57	0,42	11	0,46	0,13	1,32	4,82	0,62	1,94	5,44	11,4	68,0	2,03	17,3

Apesar de os valores de pH do solo na área de laranja estarem próximos aos da área de referência, observa-se que os teores de Ca²⁺ são mais elevados, principalmente na superfície, o que é resultado da calagem nessa área. Os valores baixos de nutrientes no solo cultivado com laranja devem-se à grande exportação pelos frutos e à facilidade de saída do sistema por arraste, devido ao declive (Rezende & Resende, 1996). A disponibilidade de P no solo das áreas estudadas está entre baixa e muito baixa, com teores que variaram de 0,42 a 7,91 mg dm⁻³; os maiores valores foram encontrados nas áreas de laranja e cana, em ambas as profundidades, e os menores, na área de pastagem. Os valores da soma de bases variaram de 0,16 a 2,97 cmol_c dm⁻³; os maiores foram também encontrados nas áreas de cana e laranja, e os menores, na mata, seringueira e pastagem.

Os teores de matéria orgânica do solo (MOS) foram classificados como médios em todos os solos, mas pode-se notar que o uso reduziu os teores de MOS. Esse resultado está de acordo com o de Houghton et al. (1991), para os quais ocorre o declínio no estoque de MOS após conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas. Em sistemas agrícolas, a dinâmica da MOS é influenciada não só pelo manejo, por meio da seleção de culturas e formas de preparo do solo, mas também pela adição de fertilizantes e materiais orgânicos, que influem positivamente nos processos de decomposição e mineralização da MOS (Leite, 2003). No solo sob cana, mesmo apresentando maiores teores de argila, que conferem maior proteção coloidal e dificultam a degradação do material orgânico (Bayer & Mielniczuk,

1999), ocorrem menores teores de matéria orgânica do solo. Esse resultado explica-se pelo recente revolvimento do solo sob cana, evidenciando o efeito do preparo do solo na aceleração da mineralização da MOS, como observado por Bayer & Mielniczuk (1997).

Os atributos químicos mostram que, de maneira geral, os solos avaliados apresentam baixos níveis de fertilidade e caráter distrófico, com os teores de Al³⁺ trocável dominando o complexo de troca, com exceção da cana e laranja, onde o Al³⁺ não domina o complexo de troca, apresentando maiores teores de nutrientes, em função das correções químicas. A provável explicação para essa ocorrência está ligada à cultura, por parte da maioria dos produtores, de que áreas utilizadas para agricultura devem ser corrigidas e adubadas, para que se obtenha retorno econômico, e áreas com pastagem devem ser aquelas marginais e menos férteis.

Atributos físicos do solo

Com base na análise granulométrica do solo (Quadro 3), pode-se classificá-lo, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Santos et al., 2005), como de classe textural argilosa, para todas as áreas, com exceção daquele com cana, classificado como muito argiloso. Percebe-se que o solo sob pastagem mostra menores teores de argila e maiores de areia grossa, ao passo que no solo sob cana ocorre o inverso.

A densidade do solo (Ds) (Quadro 3), na profundidade de 0 a 20 cm, foi menor nos solos de mata e seringueira, que não apresentaram diferenças estatisticamente

significativas entre si. Isso se deve ao fato de serem solos com pouca ou nenhuma intervenção, boa cobertura vegetal e entrada de carbono, bem como à presença de serapilheira, que favorece a fauna do solo. Esta fauna consiste de animais, como minhocas, cupins, formigas, besouros, etc., que passam toda ou parte de suas vidas no solo, e em muitas situações tem efeito significativo na estrutura e nas propriedades funcionais do solo (Hendrix, 1999). A cana também não diferiu da mata, o que provavelmente está associado ao revolvimento do solo pela aração e gradagem realizadas no plantio. Segundo Bertol et al. (2000), o preparo convencional do solo aumenta o volume de poros, a permeabilidade e o armazenamento de ar dentro da camada preparada. No entanto, na camada seguinte ocorre comportamento inverso ao da superfície, o que pode ser observado neste trabalho.

No solo com laranja, a DS na superfície apresentou valores significativamente mais elevados que os da mata, indicando que houve aumento da compactação e, ou, adensamento do solo com esse uso. Esse aumento justifica-se pelo tráfego de máquinas e consequente redistribuição da pressão exercida por estas no solo, assim como pela maior ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem. Segundo Lima et al. (2004), a compactação do solo na produção de citros é condicionada por fatores externos, especificamente pelo tipo, pela intensidade e pela frequência da pressão aplicada por máquinas agrícolas, e fatores internos, como textura e ciclos de umedecimento e secagem.

Sanches et al. (1999) constataram que, independentemente da posição de amostragem, seja na linha ou entrelinha da cultura da laranja, a DS foi maior do que no solo sob mata.

A pastagem apresentou valor de DS significativamente mais elevado que o de todos os solos. Esse quadro deve-se ao superpastejo, que tende a provocar degradação nas propriedades físicas do solo, refletindo em aumento da densidade e redução da porosidade total, macroporosidade e permeabilidade do solo. Na literatura são mencionados valores de pressão que variam entre 0,25 e 0,49 MPa para bovinos de 400 a 500 kg, podendo atingir a profundidade de 5 a 10 cm (Proffitt et al., 1993). Também o pastejo constante não permite que o capim cubra bem o solo, aumentando os ciclos de umedecimento e secagem, que promovem o rearranjo das partículas, causando o adensamento do solo (Oliveira et al., 1996). Nesse ambiente, a DS foi maior na superfície. Na profundidade de 20 a 40 cm, a DS não diferiu entre todos os solos. Somente a pastagem, na profundidade de 0 a 20 cm, apresentou porosidade total (Quadro 2) menor que 50 %, que, segundo Kiehl (1979), é considerado o valor ideal para um solo de boa qualidade física.

Com relação à retenção de água pelo solo (Quadro 3), nota-se que os valores de água retida na capacidade de campo (CC), no ponto de murcha permanente (PM) e na capacidade de água disponível (CAD) foram diferentes entre os usos. É notória a seqüência: cana < mata < seringueira < laranja <

Quadro 3. Densidade do solo (DS) e de partículas (DP), porosidade total (PT), retenção de água na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PM), capacidade de adsorção de água (CAD), relações CC/PT e CAD/PT, areia grossa (AG), areia fina (AF), silte (ST) e argila (ARG), para os diferentes usos e profundidades

Uso	Prof.	DS	DP	PT	CC	PM	CAD	CC/PT	CAD/PT	AG	AF	ST	ARG
	cm	g cm ⁻³		%		m ³ m ⁻³						%	
Mata	0 a 20	1,07 a	2,63 a	59,4 c	0,364	0,203	0,161	0,62 a	0,27 b	24	12	16	48
	20 a 40	1,21 a	2,66 a	54,7 a	0,436	0,242	0,194	0,80 ab	0,35 bc	24	9	12	55
Seringueira	0 a 20	1,16 a	2,62 a	55,9 c	0,406	0,232	0,174	0,73 b	0,31 c	24	14	11	51
	20 a 40	1,18 a	2,64 a	55,5 a	0,425	0,248	0,177	0,77 a	0,32 a	21	9	14	56
Laranja	0 a 20	1,31 b	2,63 a	50,3 b	0,419	0,249	0,170	0,83 c	0,34 c	27	10	8	55
	20 a 40	1,26 a	2,67 a	52,6 a	0,454	0,265	0,189	0,87 bc	0,36 c	35	8	5	52
Cana	0 a 20	1,20 ab	2,64 a	54,2 bc	0,312	0,192	0,120	0,58 a	0,22 a	16	10	14	60
	20 a 40	1,32 a	2,66 a	50,5 a	0,383	0,224	0,158	0,76 a	0,31 a	15	8	13	64
Pastagem	0 a 20	1,46 c	2,62 a	44,6 a	0,482	0,292	0,190	1,08 d	0,43 d	24	10	12	39
	20 a 40	1,30 a	2,65 a	51,1a	0,455	0,286	0,169	0,89 c	0,33 ab	24	10	17	40

Valores seguidos da mesma letra minúscula, em cada profundidade, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 %.

pasto, em ambas as profundidade avaliadas. A quantidade de água retida pelo solo, em equilíbrio com determinado potencial, é função do tamanho e do volume dos poros e da superfície específica das partículas da fase sólida (Baver, 1956). Assim, o menor valor de retenção de água para cana deve-se à maior aeração gerada pelo revolvimento do solo na recente implantação da cultura. Por sua vez, os maiores valores para laranja e pastagem devem estar relacionados à possível redução de macroporos e aumento de microporos, gerando poros com dimensões e geometria que favoreçam a retenção de água por capilaridade, disponível às plantas. Os maiores valores de DS e resistência à penetração (Figura 1) para laranja e pastagem corroboram essa afirmativa. Silva et al. (2000) observaram que, à medida que a compactação aumenta, há decréscimo na porosidade total e macroporosidade e aumento da microporosidade.

Os microporos são responsáveis pelo armazenamento de água disponível (Ruiz, 2003); a relação CAD/PT maior pode indicar menor proporção de macroporos. Assim, os valores menores dessa relação para cana e maiores para pastagem e laranja indicam que pasto e laranja têm menos macroporos e que a transformação de pasto em cana, com o revolvimento do solo, gerou grande volume de macroporos, descompactando o solo na superfície.

Segundo Olness et al. (1998), citados por Reynolds et al. (2002), a relação CC/PT ideal é 0,66, em que a atividade de microrganismos será ideal para mineralização da matéria orgânica e liberação de N para as culturas. Esse valor foi superado e aumentou para seringueira, laranja e pastagem na profundidade de 0 a 20 cm, ao passo que na profundidade de 20 a 40 cm todas as áreas apresentaram relação superior a 0,66. Mata e cana não diferiram e tiveram relação inferior a 0,66 em ambas as profundidades. Nota-se que mata, seringueira e cana mostraram valores mais próximos ao ideal, indicando boa relação para conteúdo de água na CC, enquanto laranja e pastagem apresentaram valores bem elevados, principalmente esta última. O índice muito elevado pode levar a uma aeração deficiente quando o solo estiver próximo à CC, uma vez que grande proporção dos poros estará ocupada por água, dificultando a atividade microbiana e a respiração radicular das plantas (Wendling et al., 2003).

Para resistência do solo à penetração (RP) (Figura 1), observa-se a seqüência mata = seringueira = cana < laranja < pasto, até 10 cm de profundidade; a 15 cm de profundidade, laranja e pasto se igualam estatisticamente. A 20 cm de profundidade, os solos começam a apresentar valores menos discrepantes de RP, havendo diferença significativa somente entre seringueira e as áreas com laranja e pastagem. A partir desta profundidade, mata e seringueira continuaram com menores valores de RP, e a pastagem, com os maiores até a profundidade de 30 cm, onde a RP se iguala entre os usos. A partir desta profundidade, a cana passa a ter os maiores valores de RP.

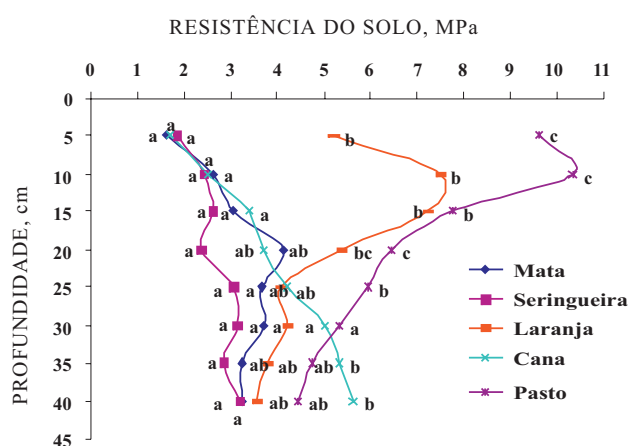


Figura 1. Resistência do solo à penetração para mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, com umidade do solo de 0,117; 0,229; 0,167; 0,166; e 0,154 kg kg⁻¹, respectivamente. Valores seguidos pela mesma letra, em cada profundidade, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Para mata, seringueira e cana houve menores valores de RP na superfície (0 a 20 cm) e maiores em profundidade, ao passo que para laranja e pasto ocorreu o inverso, com os maiores valores de 0 a 10 cm de profundidade. Esses resultados de RP se correlacionam com os valores de DS, indicando que a RP está se relacionando com o estado de compactação dos solos. A RP está relacionada com a permanência da continuidade dos poros (Genro Junior et al., 2004), de forma que os menores valores de RP na mata e seringueira, onde ocorrem menores perturbações, provavelmente estão relacionados com maior ocorrência de bioporos, que são mais estáveis e contínuos (Abreu, 2000). Na seringueira, a maior umidade do solo em relação aos demais ambientes (Figura 1) contribuiu para os menores valores de RP, uma vez que o solo mais úmido diminui a RP (Genro Junior et al., 2004).

Na cana, os menores valores na superfície devem-se à movimentação recente do solo nessa camada. Na laranjeira, os valores elevados na superfície decorrem principalmente da pressão exercida pelo tráfego de máquinas. Em um ano agrícola, é comum ocorrerem até 15 operações com o uso de máquinas, como adubações e pulverizações (Stolf, 1987), e os implementos agrícolas usados geralmente apresentam pneus mais estreitos, podendo exercer elevados valores de pressão sobre o solo. No pasto, onde se encontram os valores mais elevados de RP, esses valores possivelmente estão relacionados à redução de macroporos, como visto anteriormente, em conjunto com o sistema radicular da braquiária, com grande densidade de raízes, que preenchem grande proporção desses macroporos, dificultando a penetração no solo e, conseqüentemente, aumentando a RP (Abreu, 2000),

além da baixa umidade do solo no momento da avaliação (Figura 1), aumentando a RP do solo.

Os níveis críticos da RP variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada, sendo difícil estabelecer limites críticos, já que ela também varia com a DS e a umidade do solo. Neste trabalho, os valores de RP elevados para os solos com laranja e pastagem explicam-se pela baixa umidade do solo no momento da avaliação (Figura 1) e pela maior DS (Quadro 3).

Pela análise de estabilidade de agregados (Figura 2), na camada de 0 a 20 cm, pode-se notar que houve maior proporção de agregados na classe maior que 2 mm. Os solos de mata, seringueira e cana não apresentaram diferenças marcantes quanto à proporção de agregados maiores que 2 mm, enquanto laranja e pastagem mostraram valores menores de agregados nessa classe. A menor estabilidade de agregados nos solos de laranja e pastagem provavelmente se deve ao fato de esses ambientes estarem mais sujeitos à ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem, que, segundo Oliveira et al. (1996), diminuem a estabilidade de agregados dos solos. Nota-se também que o pasto teve melhor distribuição de agregados nas classes, o que pode favorecer o melhor ajuste dos agregados, aumentando o adensamento do solo. Kemper & Chepil (1965) mostraram que não só a estabilidade dos agregados é importante, mas também sua distribuição por tamanho, pois isso determina sua suscetibilidade ao movimento pela água (erosão), bem como as dimensões do espaço poroso nos solos cultivados.

Na profundidade de 20 a 40 cm, os solos com uso agrícola diferenciaram-se da mata. Seringueira e pastagem apresentaram valores próximos e maiores que laranja e cana, para classe de agregados maior que 2 mm. As demais classes mostraram valores semelhantes entre os usos.

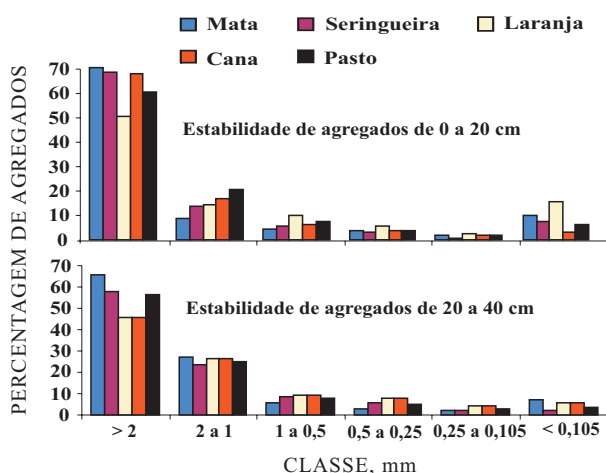


Figura 2. Distribuição e estabilidade de agregados em água para os solos sob mata, seringueira, laranja, cana e pastagem, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm.

Os resultados alertam para a necessidade de reestruturação no manejo utilizado na laranja e pastagem, de forma a se alcançar maior sustentabilidade na produção. Nota-se também que a conversão de pasto em cana levou à descompactação do solo e que a seringueira mostra-se alternativa interessante de uso agrícola para recuperação e manutenção estrutural do solo, especialmente nos Cambissolos, que nos mares de morros estão freqüentemente associados a relevos acidentados.

CONCLUSÕES

1. Os atributos químicos mostraram que o solo em todos os usos apresenta baixa fertilidade e caráter distrófico, com Al^{3+} dominando o complexo de troca, com exceção da cana, que apresenta fertilidade média e valores negligenciáveis de Al^{3+} trocável no complexo de troca. O uso agrícola diminuiu o teor de matéria orgânica do solo.

2. Os atributos físicos do solo nos usos com seringueira e cana assemelharam-se aos da mata, ao passo que os solos sob laranja e pastagem mostraram degradação física, evidenciada pelos maiores valores de densidade do solo, resistência do solo à penetração, redução do espaço poroso e estabilidade de agregados em água.

LITERATURA CITADA

- AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*, 20:1-26, 1970.
- ABRAHÃO, W.A.P.; FERNANDES FILHO, E.I.; MIRANDA, L.H.F. & RAMILO, G.A.I. Levantamento de solos e aptidão agrícola das terras do município de Ubá – MG. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa/Prefeitura de Ubá, 2000. 136p.
- ABREU, S.L. Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 65p. (Tese de Mestrado).
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTI, R.B. & LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359p.
- BANZATTO, P.A. & KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 247p.
- BAVER, L.D. Soil physics. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, 1956. 489p.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:105-112, 1997.

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.6-26.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J.M.; REIS, E.F. & DILLY, L. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. *Ci. Rural*, 30:91-95, 2000.
- BRASIL - Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983. 775p.
- CASTRO FILHO, C.; MUZZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotação de cultura e métodos de preparo das amostras. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:527-538, 1998.
- COSTA, L.M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Relação solo-eucalipto. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. p.237-264.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.
- FERREIRA, J. Enciclopédia dos Municípios Brasileiros. Rio de Janeiro, 1959. v.27. p.446-452.
- GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência do solo à penetração de um Latossolo Argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:477-484, 2004.
- HENDRIX, P.F. Soil fauna In: SUMNER, M.E., ed. Handbook of soil science. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.229-276.
- HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L. & FEFKOWITZ, D.S. Changes in the landscape of Latin American between 1850 and 1985. II Net release of CO₂ to the atmosphere. *For. Ecol. Manag.*, 38:173-199, 1991.
- JOSE, O. Visconde do Rio Branco: Terra-Povo-História. Belo Horizonte, Imprensa Oficial de Minas Gerais, 1982. 565p.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.495-509.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia - Relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:821-832, 2003.
- LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LIMA, H.V. & LEÃO, T.P. Heterogeneidade da compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pomar de laranja. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:409-414, 2004.
- MUGGLER, C.C. Relações geomorfológicas em área dos chapadões do Rio Corrente, sudoeste da Bahia. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1989. 88p. (Tese de Mestrado).
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; FIGUEIREDO, M.S. & REGAZZI, A.J. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:509-515, 1996.
- PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R. & EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown Earth. *Aust. J. Agric. Res.*, 44:317-331, 1993.
- REICHARDT, K. Capacidade de campo. *R. Bras. Ci. Solo*, 12:211-216, 1988.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: Base para distinção de ambientes. Viçosa, MG, NEPUT, 1995. 304p.
- REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicator of good soil physical quality: Density and storage parameters. *Geoderma*, 110:131-146, 2002.
- REZENDE, S.B. & RESENDE, M. Solos dos mares de morros: Ocupação e uso. In: ALVAREZ V.,V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.261-289.
- ROTH, C.H. & PAVAN, M.A. Effect of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisols. *Geoderma*, 48:351-361, 1991.
- RUIZ, H.A. Métodos de análise física do solo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 22p.
- SANCHES, A.C.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. & RIGOLIN, A.T. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:91-99, 1999.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 91p.
- SEBRAE – Diagnóstico da Fruticultura de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001. 202p.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:191-199, 2000.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impactos em resistência do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:229-235, 1991.
- STOLF, R.A. Compactação do solo e perspectivas da subsolagem em citros. *Laranja*, 2:283-308, 1987.

- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:487-494, 2003.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.