

# CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS DE AMBIENTES AGRÍCOLAS NOS CHAPADÕES DO RIO CORRENTE, SUDOESTE DA BAHIA<sup>1</sup>

CRISTINE CAROLE MUGGLER<sup>2</sup>, NILTON CURI<sup>3</sup>, MARX LEANDRO NAVES SILVA<sup>4</sup> e JOSÉ MARIA DE LIMA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se com este estudo a caracterização pedológica de ambientes agrícolas, visando a fixação de bases para uso e manejo sustentado dos solos e transferência de conhecimentos para áreas similares. A área em estudo localiza-se na parte sudoeste do Estado da Bahia, à margem direita do rio Corrente, afluente da margem esquerda do rio São Francisco. Nesta área de considerável potencial agrícola e hidrográfico, vários projetos de irrigação estão em andamento, na quase totalidade das vezes, sem estar embasados em estudos sistemáticos de solos. Foram identificados cinco ambientes: várzeas; terraços; patamares localizados acima dos terraços; áreas de chapada; e áreas dissecadas, cada qual com seu conjunto de solos característicos. Os fatores cruciais intervenientes nos processos pedogenéticos nestas condições são o material de origem e o relevo, os quais, considerados de forma integrada, explicam as propriedades e características das classes de solo. A cor, textura e o grau de coesão são conseqüências da atuação desses fatores e covariam com diversas propriedades do solo, permitindo, dessa forma, a sua utilização numa segura e eficiente transferência de conhecimentos para sistemas similares.

Termos para indexação: solos, uso sustentado, transferência de conhecimento.

## PEDOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL ENVIRONMENTS AT CORRENTE RIVER TABLELANDS, SOUTHWEST OF BAHIA STATE, BRAZIL

**ABSTRACT** - This study aimed to pedological characterization of agricultural environments, in order to fix bases for sustainable use and management of soils and for knowledge transfer to similar areas. The study area is located in the southwest of Bahia State, at the right margin of Corrente river, affluent of the left margin of São Francisco river. In this area, which has considerable agricultural and hydrological potential, various irrigation projects are in development, in almost all cases without being based upon systematic soil studies. Five environments were identified: lowlands; terraces; platforms located above the terraces; tableland areas; and dissected areas, each one with its set of characteristic soils. The crucial factors acting in the pedogenetic processes in these conditions are the parent material and the relief, which, considered in an integrated way, explain the characteristics and properties of the soil classes. The color, texture and cohesion degree are consequence of those factors and co-vary with diverse soil properties, allowing, in this manner, their utilization for a secure and efficient transfer of knowledge to similar systems.

Index terms: soils, sustainable use, knowledge transfer.

## INTRODUÇÃO

Existem extensas áreas na região Nordeste do Brasil, a exemplo da região sudoeste da Bahia, à margem esquerda do rio São Francisco, que apresentam considerável potencial agrícola, levando-se em conta as características dos solos e do relevo, sendo o clima fator limitante, com precipitações médias anuais baixas e mal distribuídas (EMBRAPA, 1976). Entretanto, o potencial hídrico desta área favorece a

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 18 de dezembro de 1995.

Extraído da Dissertação do primeiro autor, apresentada ao Dep. de Ciência do Solo da Univ. Fed. de Lavras (UFLA).

<sup>2</sup> Geól., M.Sc., Prof., Dep. de Solos da Univ. Fed. de Viçosa (UFV), CEP 36570-000 Viçosa, MG.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof., Dep. de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>4</sup> Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), R. Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ.

utilização de práticas de irrigação, que vêm sendo adotadas com maior frequência, fomentando e intensificando o uso agrícola dessa vasta região.

Não obstante a extensão desta área e o conjunto de fatores predominantemente favoráveis à sua utilização agrícola, constata-se a carência de estudos detalhados de uso e manejo de solos (EMBRAPA, 1976; Brasil, 1982). A potencialidade e a extensão de ocorrência dos solos desta área tornam necessária a realização de estudos básicos, de modo a estabelecer relações mais íntimas dos solos com os demais componentes do meio ambiente e assim possibilitar melhor planejamento de uso da terra, com a introdução de alternativas de utilização agrícola mais adequadas às condições locais.

A área em estudo, localizada à margem esquerda do rio São Francisco no sudoeste da Bahia, apresenta inter-relações pedológicas e ambientais que guardam informações indispensáveis ao uso agrícola. Muitas vezes, a falta de embasamento em estudos mais pormenorizados dos solos é a causa do insucesso na tentativa do uso sustentado da área, a exemplo de grandes projetos de irrigação lá presentes.

O objetivo deste trabalho foi a caracterização pedológica dos vários ambientes agrícolas, visando à fixação de bases para uso e manejo sustentado dos solos e para transferência de conhecimentos para áreas similares.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo localiza-se na parte sudoeste do Estado da Bahia, à margem direita do rio Corrente, afluente da margem esquerda do rio São Francisco (Fig. 1). Essa área, com aproximadamente 5.000 ha, está inserida na microrregião Chapadões do Rio Corrente, parte da zona fisiográfica do Médio São Francisco (IBGE, 1970). O clima da região é tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso, enquadrado como Aw na classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.000 mm. A má distribuição de chuvas é o fator crítico no planejamento agrícola regional. A cobertura vegetal está representada, em sua maior parte, pela floresta caducifólia e pela caatinga hipoxerófila. É comum um tipo de vegetação conhecida localmente como "greamal", que parece representar um estágio avançado de degradação da vegetação original.

A geologia da área consiste basicamente em três conjuntos. O primeiro é representado pelo grupo Bambuí, dominante na área. O segundo consiste em uma seqüência

sedimentar pelito-carbonática de sedimentos argilo-arenosos terciários e quaternários. O terceiro, de ocorrência mais restrita e localizada, sob formação de caatinga, é constituído por calcários brechóides quaternários. A região situa-se no domínio geomorfológico das depressões pediplanadas do rio São Francisco, onde as altitudes variam de 400 a 600 m e os relevos residuais podem atingir até 900 m (Brasil, 1982).

Os solos predominantes são latossolos vermelho-amarelos álicos e distróficos de textura média e areias quartzosas distróficas, ocorrendo também em razoáveis extensões podzólicos vermelho-amarelos eutróficos de textura média/argilosa; secundariamente ocorrem latossolos vermelho-escuros, cambissolos e solos litólicos (EMBRAPA, 1976; Brasil, 1982), e nas áreas de várzea são encontrados solos aluviais e hidromórficos, com caráter vértico e/ou plíntico (Curi et al., 1986).

A área foi intensamente percorrida, observando-se o modelado geral, a paisagem, os solos, as rochas e os materiais de origem, com o objetivo de uma percepção integrada do meio físico que permitisse a estratificação inicial dos ambientes. Procedeu-se ao delineamento preliminar, à descrição e à amostragem dos solos, rochas e materiais de origem para as análises de laboratório em cada estrato ambiental. O delineamento final dos ambientes e das unidades de solos correspondentes foi feito com base em fotografias aéreas verticais, na escala 1:25.000.

A caracterização física consistiu de análise granulométrica (Day, 1965), densidade do solo e de partículas (Blake & Hartge, 1986a; 1986b), determinação da área superficial específica (Heilman et al., 1965) e água retida a -0,002; -0,004; -0,006; -0,01; -0,03; -0,1; -0,5 e -1,5MPa (Klute, 1986). O volume total de poros (VTP) foi determinado segundo Danielson & Sutherland (1986). A distribuição de poros por tamanho (macro e microporosidade) foi determinada em amostras com estrutura indeformada, utilizando-se unidade de sucção a 60 cm de altura de coluna de água. A porcentagem de água retida nas amostras, após atingir o equilíbrio, corresponde à microporosidade, sendo a macroporosidade obtida por diferença, segundo Grohmann (1960). No Vertissolo foi determinado o coeficiente de expansão linear (COLE), segundo Franzmeier & Ross (1968).

A terra fina seca ao ar (TFSA) foi submetida ao ataque sulfúrico e à análise do complexo sortivo e do carbono orgânico (Vettori, 1969; EMBRAPA, 1979). Os óxidos de ferro livres totais ( $Fe_e$ ) foram determinados em duas extrações sucessivas pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra & Jackson, 1960).

A mineralogia qualitativa da fração argila foi obtida por difratometria de raios X (DRX), enquanto caulinita e gibbsita foram quantificadas na fração argila desferificada,

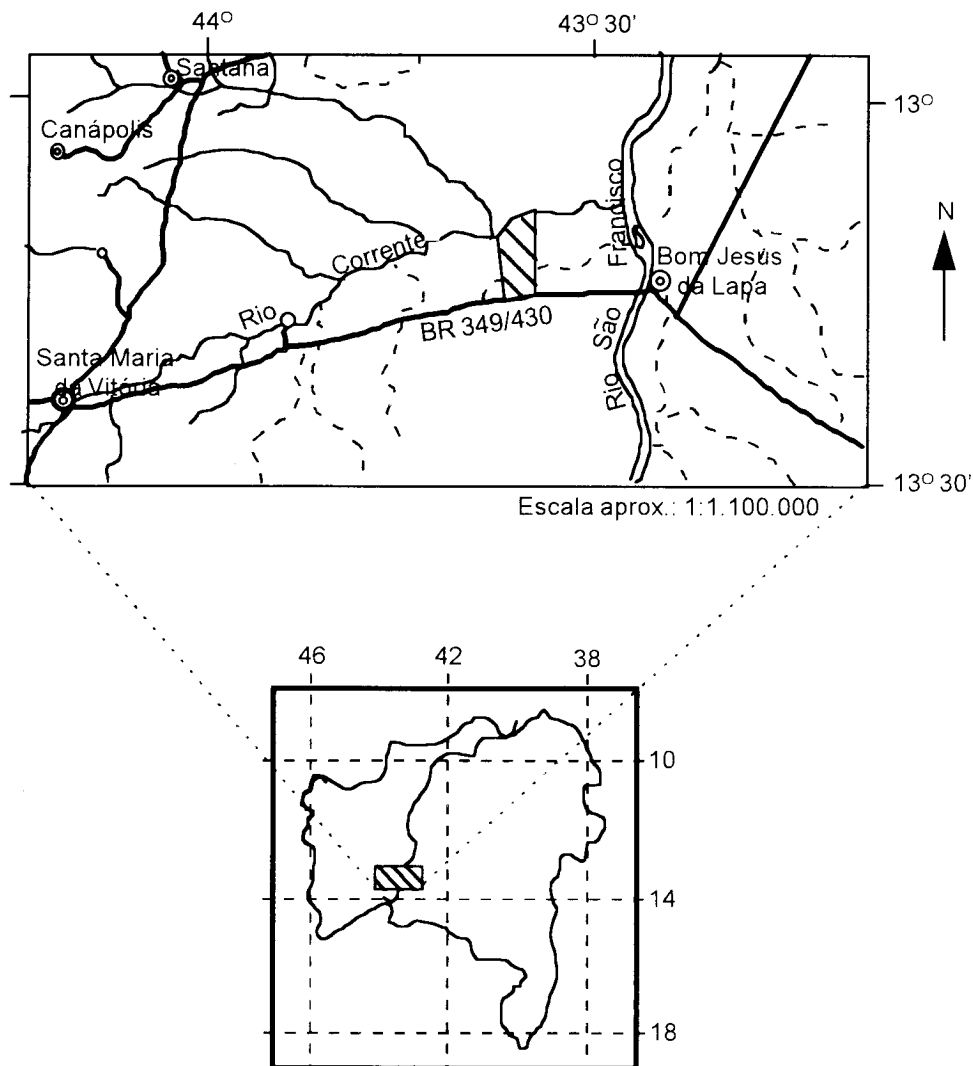


FIG. 1. Localização geográfica da área estudada (Brasil, 1982).

por meio de análise térmica diferencial (ATD). A mineralogia dos óxidos de ferro foi analisada na fração argila tratada com NaOH 5M, para dissolução da caulinita e gibbsita e concentração dos óxidos de ferro (Kämpf & Schwertmann, 1982), sendo os teores de hematita e goethita quantificados com base nos difratogramas de raios X e teor de  $Fe_2O_3$ . O teor de substituição em alumínio na goethita foi estimado de acordo com o método de Schulze (1982) e na hematita utilizou-se o método de Schwertmann et al. (1979).

As rochas foram descritas macro e microscopicamente, e neste último caso foram confeccionadas seções delgadas

para o microscópio petrográfico (Kerr, 1974). Já as rochas pulverizadas foram submetidas à DRX. Foram também realizadas a separação e a identificação de minerais leves e pesados da fração areia fina (Marshall & Haseman, 1942).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A marcante influência do material de origem e do relevo nas características dos solos levou à estratificação da área em cinco ambientes representados na Fig. 2 e caracterizados a seguir.

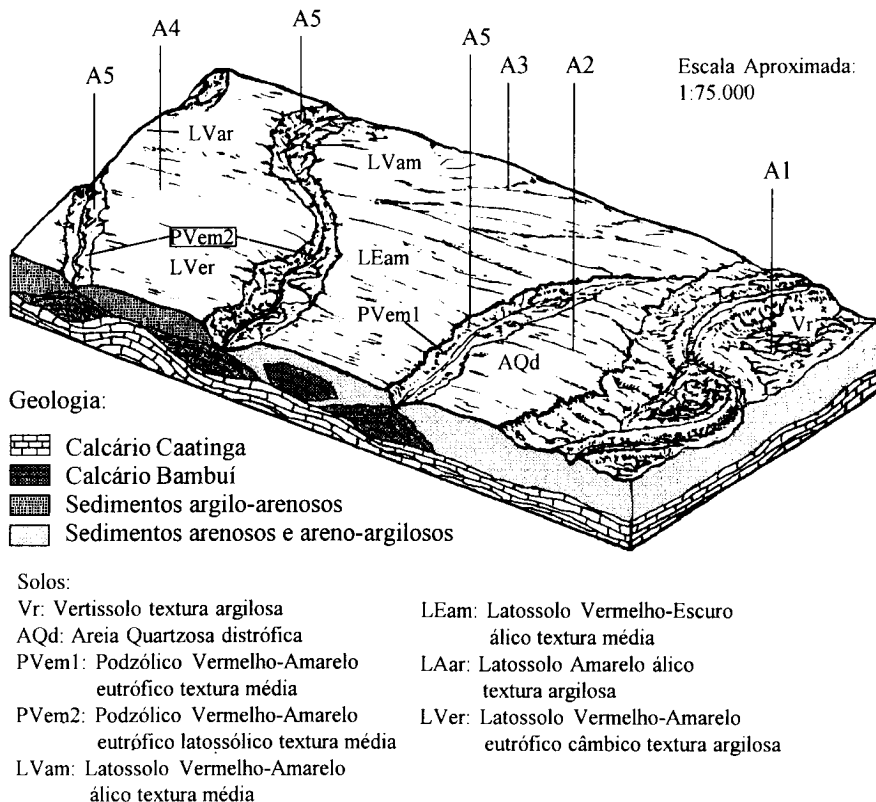


FIG. 2. Bloco diagrama da área estudada, distinguindo os vários ambientes (A1 a A5).

O ambiente de várzea (A1), periodicamente inundado pelo rio Corrente, recebe freqüentes contribuições de sedimentos fluviais. Nesse ambiente predominam solos aluviais e hidromórficos (principalmente vertissolos), eutróficos, com textura indiscriminada, situados em cotas de 430 m, sob vegetação de caatinga hipoxerófila que grada à floresta caducifólia de várzea. Os vertissolos (Vr) ocorrem nas porções depressionais da várzea e têm considerável expressão geográfica (160 ha).

O segundo ambiente (A2) consiste nas áreas de terraço com relevo plano, próximas à várzea, em cotas de 430-440 m. Nesse ambiente ocorrem areias quartzosas distróficas (epieutróficas) (AQd), desenvolvidas sobre sedimentos arenosos de idade quaternária, sob vegetação original de caatinga hipoxerófila.

Em patamares um pouco mais elevados (altitudes de 440-450 m) foi identificado o terceiro ambiente

(A3), onde ocorrem latossolos álicos de textura média, originados de sedimentos areno-argilosos de idade terciária-quaternária, sob vegetação original de caatinga hipoxerófila. A pedoforma mostra ligeira variação, o que condiciona uma diferença na cor desses solos. Nas porções em que a mesma é mais convexa os latossolos são vermelho-escuros (LEam) e naquelas em que é mais côncava os latossolos são vermelho-amarelos (LVam).

O teto da paisagem local é representado por chapadas planas e estabilizadas, situadas em altitudes de 460-470 m, constituindo o quarto ambiente (A4). Neste ambiente ocorrem solos álicos (epidistróficos), argilosos, desenvolvidos a partir de sedimentos argilo-arenosos terciários-quaternários, com influências localizadas de calcários. Consistem em latossolos amarelos álicos argilosos (LAar) e latossolos vermelho-amarelos eutróficos câmbicos argilosos (LVer), sob vegetação original de floresta

caducifolia/caatinga hipoxerófila nos LAar e caatinga hipoxerófila nos LVer.

O quinto ambiente (A5) é relacionado às rupturas topográficas, predominantemente suaves, resultantes do dissecamento e entalhamento da chapada e dos patamares situados acima dos terraços (terceiro e quarto ambientes) por cursos d'água intermitentes, que produziram calhas suaves em altitudes variáveis de 430 a 450 m. Ai são encontrados podzólicos vermelho-amarelos eutróficos, latossólicos ou não, de textura média (PVem1 e PVem2), com afloramentos de calcários nos locais mais intensamente dissecados.

Tais solos são desenvolvidos a partir de sedimentos provenientes da alteração de rochas carbonáticas da Formação Caatinga, com contribuição de sedimentos argilo-arenosos terciário-quaternários. A vegetação original é a floresta caducifolia.

**Caracterização física**

Os solos da área mostram considerável variação textural (Tabela 1), desde arenosos (AQd) até argilosos (LAar, LVer e Vr). Os menores teores de argila nas porções mais superficiais dos solos (excetuando-se os vertissolos e as areias quartzosas)

**TABELA 1. Granulometria, área superficial específica (ASE), densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp) dos solos estudados.**

Solo	Prof. ----cm----	Hor.	AG <sup>1</sup>	AF	S	A	ASE --10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> .kg <sup>-1</sup> --	Dp -----kg.dm <sup>-3</sup> -----	Ds
<b>Ambiente 1 (A1)</b>									
Vr	0 - 8	A	10	170	300	520	337	1,73	... <sup>2</sup>
	8 - 20	B	20	180	320	480	367	1,50	...
<b>Ambiente 2 (A2)</b>									
AQd	0 - 20	A	90	880	0	30	...	1,59	2,70
	20 - 40	C	30	930	10	30	97	...	...
	400	C	40	870	20	70	...	...	...
<b>Ambiente 3 (A3)</b>									
LVam	0 - 20	A	20	880	20	80	...	1,52	2,66
	60 - 80	Bw	10	820	30	140	120	...	...
	400	BC	10	790	20	180	...	...	...
<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LEam	0 - 20	A	20	910	10	60	...	1,49	2,63
	60 - 80	Bw	20	820	30	130	117	...	...
	400	Bw	10	760	80	150	...	...	...
<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LAar	0 - 20	A	20	720	70	190	...	1,27	2,77
	60 - 80	Bw	10	540	80	370	129	...	...
	400	BC	10	610	190	190	...	...	...
<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LVer	0 - 20	A	20	700	60	220	...	1,23	2,73
	20 - 80	Bw	10	530	70	390	139	...	...
	400	BC	10	490	250	250	...	...	...
<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
PVem1	0 - 20	A	30	580	200	190	...	1,50	2,70
	60 - 80	Bt	20	490	190	300	230	...	...
<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
PVem2	0 - 20	A	20	590	200	190	...	1,39	2,63
	60 - 80	Bt	10	570	110	310	200	...	...

<sup>1</sup> AG: areia grossa; AF: areia fina; S: silte; A: argila.

<sup>2</sup> Valor desconhecido.

podem ser explicados pelo arraste superficial de partículas mais finas por erosão laminar (Universidade Federal de Viçosa, 1984) e pela translocação de argila para as camadas subsuperficiais (podzólicos).

A área superficial específica (Tabela 1) é mais elevada nos vertissolos e nos solos estritamente podzólicos (PVem1), os quais contêm argilas de maior atividade. A densidade do solo é essencialmente influenciada pela estrutura, sendo mais elevada no horizonte superficial dos vertissolos (Tabela 1).

As curvas de retenção de umidade (Fig. 3) mostram especialmente a influência da textura, em que os solos com teores mais elevados de argila retêm mais água em todas as tensões. Essa tendência pode ser observada também na Fig. 4, que ressalta os estreitos limites de disponibilidade de água para as plantas. A disponibilidade de água (diferença entre o teor de água retida a  $-0,01$  e  $-1,5$  MPa) foi mais elevada nos ambientes 4 e 5, mostrando que não somente o

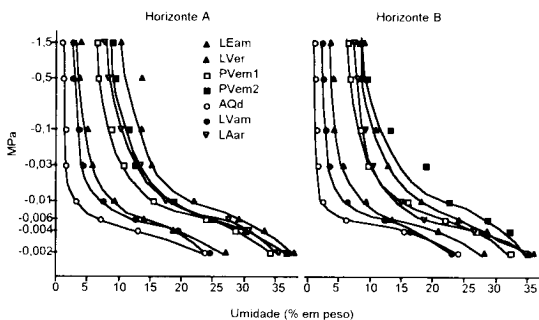


FIG. 3. Curvas de retenção de umidade dos solos estudados.

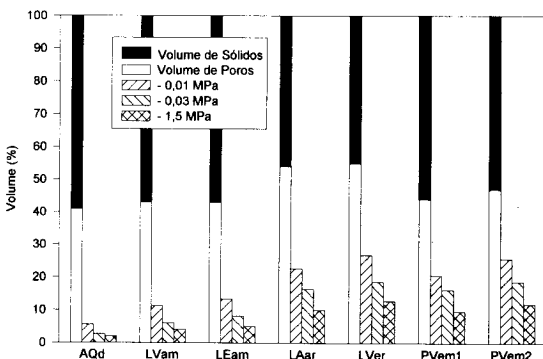


FIG. 4. Histograma de volume de sólidos, poros e água retida a  $-1,5$  MPa;  $-0,03$  MPa e  $-0,01$  MPa do horizonte A dos solos estudados.

teor de areia fina é importante, mas também o efeito combinado dessa areia fina e da argila, especialmente naqueles solos que têm teores de silte e argila muito baixos. Esse fato torna-se importante quando se sabe que, em solos com estas características, a contribuição da areia fina na retenção de água é substancial (Medeiros, 1977). Além de influenciar a retenção de água, teores elevados de areia fina podem produzir maior empacotamento das partículas (Resende & Resende, 1983), favorecendo a formação de camadas compactadas com o uso intensivo de máquinas, particularmente sob condições de irrigação, especialmente nos ambientes 2 e 3.

Nos vertissolos, o COLE, o qual é uma estimativa do componente vertical de expansão de uma amostra de solo com estrutura natural indeformada, mostrou valores característicos de solos com dominância de esmectitas na fração argila (Franzmeier & Ross, 1968), indicando maior potencial de expansão do horizonte C (hor. A: 0,08 e hor. C: 0,11), o que é corroborado pela sua maior área superficial específica (Tabela 1). Este aspecto físico dos vertissolos é fator crítico para seu manejo. Na estação chuvosa ou sob condições de irrigação, a massa de solo expande-se, tornando difícil o seu manejo, por causa da elevada plasticidade e pegajosidade.

Levando-se em consideração os aspectos físicos observados, o manejo desses solos, especialmente se feito sob irrigação, exige cuidados especiais, particularmente no que se refere aos ambientes de terraço (A2) e dos patamares acima dos terraços (A3), onde se localizam as AQd e os latossolos álicos de textura média. Nestes ambientes, a disponibilidade de água é ainda mais baixa (Fig. 3), implicando turnos de rega mais frequentes, com o objetivo de manutenção de níveis satisfatórios de água, especialmente na camada superficial do solo, onde a evaporação é maior.

Por outro lado, o controle da quantidade de água fornecida deve ser cuidadoso, de modo a minimizar as perdas de nutrientes por lixiviação, já que estes solos apresentam baixa CTC efetiva (Tabela 2).

No ambiente das áreas dissecadas (A5), os podzólicos apresentam teores de areia fina ligeiramente mais baixos, mostrando em contrapartida teores mais elevados de silte (Tabela 1), sem considerar os vertissolos, o que, associado à existência de

**TABELA 2. Complexo sortivo, carbono orgânico (C org.), pH e fósforo disponível (P disp.) dos solos estudados.**

Solo	Prof. --cm--	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S <sup>(1)</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	t <sup>(2)</sup>	V <sup>(3)</sup>	m <sup>(4)</sup>	C org. g.kg <sup>-1</sup>	pH		P disp. mg.kg <sup>-1</sup>
												H <sub>2</sub> O	KCl	
<b>Ambiente 1 (A1)</b>														
Vr	0 - 8	145	24	2	171	2	34	173	83	1	12	5,5	... <sup>(5)</sup>	2
	8 - 20	120	28	3	151	2	38	153	79	1	13	5,2	...	3
<b>Ambiente 2 (A2)</b>														
AQd	0 - 20	12	5	0,6	18	1	11	19	60	5	14	5,5	4,6	3
	20 - 40	1	0	0,2	1	1	6	0,2	15	45	4	5,7	4,6	2
<b>Ambiente 3 (A3)</b>														
LVam	0 - 20	8	5	0,3	13	2	8	15	57	13	3	5,4	4,6	2
	60 - 80	1	0	0,1	1	4	6	5	10	78	1	5,2	4,4	2
LEam	0 - 20	5	3	0,3	8	3	5	11	51	26	4	5,3	4,4	2
	60 - 80	1	0	0,2	1	5	8	6	15	81	1	5,0	4,3	1
<b>Ambiente 4 (A4)</b>														
LAar	0 - 20	13	4	1,3	18	3	20	21	49	14	12	5,3	4,3	2
	60 - 80	5	2	0,2	7	7	9	14	31	50	6	5,2	4,2	1
LVer	0 - 20	24	10	1,6	36	2	25	38	57	5	13	5,6	4,6	2
	20 - 80	20	6	0,3	26	3	8	29	71	10	2	5,4	4,4	2
<b>Ambiente 5 (A5)</b>														
PVem1	0 - 20	102	19	4,9	128	1	12	129	91	1	15	6,3	5,6	2
	60 - 80	100	12	2,8	116	1	6	117	94	1	6	6,7	5,6	2
PVem2	0 - 20	68	18	2,4	89	1	19	99	76	1	16	6,0	5,2	3
	60 - 80	36	13	0,4	49	1	9	50	83	2	1	6,6	5,3	2

<sup>1</sup> Soma de bases trocáveis.

<sup>2</sup> Capacidade efetiva de troca de cátions.

<sup>3</sup> Saturação por bases.

<sup>4</sup> Saturação por alumínio.

<sup>5</sup> Valor desconhecido.

gradiente textural entre os horizontes A e Bt e também à sua significativa coesão natural, reduz significativamente a infiltração de água, aumentando a sua suscetibilidade à erosão, agravada ainda mais pelo relevo mais acidentado.

Deve ser ressaltado o grau de coesão dos LAar, que, embora não sejam tão coesos como os latossolos amarelos típicos, são bem mais coesos que os demais solos estudados, com exceção dos Podzólicos. Essa característica implica cuidados adicionais no manejo desses solos, especialmente sob irrigação, no sentido de impedir o secamento excessivo e, com isso, restringir o volume de solo possível de ser explorado pelas raízes das plantas.

### Caracterização química

A Tabela 2 mostra os resultados das análises de rotina de fertilidade dos solos estudados. A influência do material de origem (Fig. 2) nessas propriedades é considerável. Dessa forma, os solos desenvolvidos sobre sedimentos argilo-arenosos e arenosos têm teores em cátions básicos e conseqüentes valores de saturação por bases bem menores do que aqueles dos solos influenciados por calcários, como é o caso dos LVer e dos podzólicos, além dos vertissolos, pela sua gênese. O reciclo de nutrientes pela vegetação primitiva atenua tais diferenças no horizonte superficial. Os teores de micronutrientes acompanham essas mesmas tendências (Muggler, 1989).

Os teores de P disponível (Tabela 2) são baixos em todos os solos, inclusive nos vertissolos, dada a pobreza desse nutriente nos materiais de origem, inclusive os calcários. A origem inorgânica desses calcários é responsável pela pobreza em fósforo. Este aspecto torna necessária a adubação fosfatada corretiva nesses solos quando em cultivo.

Nos vertissolos, os valores de pH em água (5,5 e 5,2 na superfície e subsuperfície, respectivamente) aparentemente contrastam com seus elevados teores de bases trocáveis, sendo essa característica bastante comum nestes solos em regiões tropicais. Nesses casos, o H trocável parece desempenhar papel de maior influência do que em outros solos (Ahmad, 1983). As relações pH-Al trocável são diferentes nessa classe de solo (em pH 5,0 somente até 10% da CTC está saturada por Al), em comparação a outros solos (ultissolos, oxissolos ou inceptissolos), na qual até cerca de 70% da CTC está saturada pelo cátion Al, naquela condição de acidez.

Os teores de óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico (Tabela 3) também variaram em função dos materiais de origem dos solos. Assim, nas AQd os teores são baixos dada a absoluta predominância da fração areia, constituída essencialmente de quartzo. A pequena variação dos teores em profundidade evidencia a homogeneidade química desses solos. Os latossolos de textura média (LVam e LEam) apresentam teores de óxidos um pouco mais elevados – têm um pouco mais de argila – mas mostram a mesma tendência, inclusive com os índices Ki e Kr, evidenciando a considerável homogeneidade do material de origem, pelo menos até 4 m de profundidade.

Nos latossolos argilosos os teores dos óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico (Tabela 3) aumentam em profundidade e são maiores nos LVer, o que pode ser explicado pela influência do calcário (Fig. 2), especialmente em relação aos teores de  $Fe_2O_3$ , que são 4% a 29% maiores, em concordância com os resultados de Medeiros (1977). Mesmo sen-

**TABELA 3.** Teores de óxidos extraídos pelo ataque sulfúrico, óxidos de ferro livres totais ( $Fe_d$ ) e índices Ki e Kr dos solos estudados.

Solo	Prof. -----cm-----	Ataque sulfúrico					$Fe_d$	Ki	Kr
		$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	$P_2O_5$			
<b>Ambiente 2 (A2)</b>									
AQd	20 - 40	18	41	3	1,3	0	40	0,75	0,71
	400	22	43	5	1,1	... <sup>1</sup>	45	0,87	0,81
<b>Ambiente 3 (A3)</b>									
LVam	60 - 80	50	71	17	2,8	0	76	1,2	1,0
	400	60	89	28	3,8	...	81	1,1	1,0
LEam	60 - 80	47	61	22	2,6	0	78	1,3	1,1
	400	61	84	20	3,4	...	91	1,2	1,1
<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LAar	60 - 80	142	134	25	6,5	0	26	1,8	1,6
	400	178	162	26	6,9	...	24	2,0	1,7
LVer	20 - 80	164	162	41	6,7	0	65	1,7	1,5
	400	219	192	53	7,6	...	61	1,9	1,7
<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
PVem1	60 - 80	169	131	55	5,8	0,2	65	2,2	1,7
PVem2	60 - 80	158	152	28	5,2	0	37	1,8	1,6

<sup>1</sup> Valor desconhecido.



do os calcários pobres em ferro, a concentração residual desse elemento proveniente de minerais acessórios, – magnetita e clorita, dentre outros – (Muggler, 1989), aliada ao elevado pH no ambiente de intemperismo e pedogênese, o qual promove a imediata precipitação desse elemento na forma de óxidos, faz com que praticamente todo o ferro fique preso no sistema. Sendo a drenagem interna nesses solos muito acentuada, eles são mais secos e favorecem a precipitação de hematita em vez de goethita, explicando dessa forma suas cores mais vermelhas (Tabela 4).

Os solos podzólicos acompanham as mesmas tendências dos latossolos argilosos, no que se refere às variações dos teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, evidenciando maior ou menor influência de calcário no seu material de origem. Assim, o PVem2, um solo mais intemperizado e com maior contribuição de sedimentos em sua formação, mostra teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bem inferior.

**Caracterização mineralógica**

Na fração areia, os minerais leves predominam em todos os solos e, entre esses, o quartzo, normalmente hialino, é dominante (Muggler, 1989). Os grãos de quartzo são mais arredondados nas AQd e mais arredados nos podzólicos, especialmente nos PVem1. Películas descontínuas de óxidos de ferro revestindo a superfície dos grãos de quartzo são comuns nos PVem1, LEam e LVer, e ocorrem também nos horizontes superiores das AQd e nos LVam. Nos latossolos argilosos observa-se grande quantidade de agregados argilo-arenosos avermelhados nas amostras coletadas a 4m de profundidade. São agregados que apresentam maior resistência à dispersão, sendo esta estabilidade provavelmente conferida por processos sedimentares. Esse aspecto reforça a idéia de que os latossolos argilosos e os latossolos de textura média desenvolveram-se sobre materiais

**TABELA 4. Cor do solo, caracterização mineralógica qualitativa da fração areia e identificação e quantificação (ou não) da fração argila e substituição isomórfica em alumínio (SIA) dos solos estudados.**

Solo	Prof.	Cor úmida	Fração areia		Fração argila						SIA			
			Leves	Pesados	Ct <sup>1</sup>	Gb	2:1 (Em,Vm, Mi)			Gt	Hm	Mh	Gt	Hm
			-----g kg <sup>-1</sup> -----											
Vr	8 - 20	2,5Y 5/4	1000	0,0	<b>Ambiente 1 (A1)</b>									
					X <sup>2</sup>	-- <sup>3</sup>	X	.... <sup>4</sup>	...	...	...	...	...	
					<b>Ambiente 2 (A2)</b>									
AQd	20 - 40	2,5Y 5/6	999,8	0,2	600	20	--	70	--	--	190	--		
	400	10YR 5/6	999,7	0,3	510	20	--	80	--	--	170	--		
					<b>Ambiente 3 (A3)</b>									
LVam	60 - 80	10YR 5/8	999,8	0,2	700	20	--	150	--	--	180	--		
	400	9YR 5/8	999,8	0,2	680	40	--	160	--	--	230	--		
					<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LEam	60 - 80	2,5YR 3/6	999,6	0,4	640	30	--	110	40	X	310	120		
	400	2,5YR 3/6	999,5	0,5	590	30	--	110	50	X	260	100		
					<b>Ambiente 4 (A4)</b>									
LAar	60 - 80	10YR 5/8	999,7	0,3	490	20	--	50	--	--	140	--		
	400	7,5YR 5/8	999,7	0,3	600	X	--	40	--	--	200	--		
					<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
LVer	20 - 80	5YR 4/6	998,6	1,4	540	30	--	110	10	--	240	160		
	400	5YR 5/8	999,3	0,7	490	30	--	110	X	--	180	120		
					<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
PVem1	60 - 80	5YR 3/4	998,7	1,3	420	20	X	90	20	--	130	70		
					<b>Ambiente 5 (A5)</b>									
PVem2	60 - 80	5YR 4/6	999,5	0,5	590	20	--	60	10	--	190	120		

<sup>1</sup> Ct: caulinita; Gb: gibbsita; 2:1: argilominerais (Em: esmectita; Vm: vermiculita; Mi: mica); Gt: goethita; Hm: hematita; Mh: maghemita.

<sup>2</sup> Identificado, porém não quantificado.

<sup>3</sup> Não ocorre.

<sup>4</sup> Não determinado.

de origem diferentes, configurando distintos episódios de sedimentação, os quais tiveram necessariamente caráter textural diferente. A predominância absoluta de quartzo nas areias dos solos também reforça essa constatação e descarta a idéia de que os latossolos argilosos tenham se desenvolvido a partir do mesmo material de origem dos latossolos de textura média, por um intemperismo mais intenso e/ou prolongado.

O resíduo pesado é essencialmente composto de concreções metálicas, magnéticas ou não, minerais opacos não magnéticos (ilmenita e rutilo), zircão e concreções manganosas. Teores ligeiramente maiores de minerais pesados ( $d > 2,97$ ) são observados nos solos que têm influência de calcário em maior ou menor grau.

A mineralogia da fração argila é predominantemente caulinitica e mostra baixos teores de gibbsita (Tabela 4), o que pode ser explicado pela presença de quartzo na areia fina e na argila desses solos, que, mesmo lentamente, libera sílica para a solução, favorecendo a formação de caulinita e inibindo a de gibbsita (Kämpf, 1971; Goedert et al., 1976; Espíndola & Carvalho, 1986). Os baixos teores de ferro e titânio (Tabela 3) também são fatores favoráveis à estabilidade da caulinita (Murray & Lyons, 1960). Quartzo e anatásio foram identificados em todos os solos.

Os podzólicos vermelho-amarelos, senso estrito, e os vertissolos mostram uma variedade mineralógica superior à dos demais solos, tendo sido detectada a presença de argilominerais expansivos (2:1) e mica.

Nos latossolos de textura média, o avermelhamento da cor (Tabela 4) é essencialmente função da distribuição diferencial de hematita e goethita, já que os teores de ferro "total" são similares (Tabela 3). A diferença de cor observada entre esses dois solos pode ser explicada pela pedoforma, que nas áreas de solos amarelos é mais côncava, ao passo que nas áreas de solos vermelhos é ligeiramente convexa. A variação de pedoforma observada pode ser devido à existência de calcário em grandes profundidades (Fig. 2), que possibilitaria a formação de dolinas, traduzindo-se, na superfície, por abaciamientos amplos. Nessas condições, pode-se aventar a possibilidade de uma drenagem mais restringida, que mantém um am-

biente mais úmido e menos aerado, favorecendo a goethita em detrimento da hematita (Carmo et al., 1984; Oliveira et al. 1991). No ambiente mais úmido (LVam), há a complexação do ferro pelos compostos orgânicos, impedindo a formação de ferriidrita – precursor necessário à formação de hematita – (Schwertmann & Taylor, 1977) e, dessa maneira, de hematita; assim, formar-se-ia somente goethita (Kämpf & Schwertmann, 1983). Por outro lado, menor grau de umidade condiciona temperatura média mais elevada nos LE, o que favorece a desidratação de ferriidrita em hematita (Kämpf & Schwertmann, 1983; Schwertmann, 1988). A possibilidade de ter hematita herdada nos LE não encontra suporte, já que a hematita tem considerável substituição em alumínio (Tabela 4), o que não ocorre na mesma proporção na hematita litogênica.

## CONCLUSÕES

1. Os fatores críticos intervenientes nos processos pedogenéticos foram o material de origem e o relevo, os quais, considerados de forma integrada, explicam as propriedades e características das classes de solo.

2. A cor, textura e o grau de coesão são conseqüências da atuação desses fatores e covariam com diversas propriedades do solo, permitindo dessa forma a sua utilização numa segura e eficiente transferência de conhecimentos para sistemas similares.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, N. Vertisols. In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E.; HALL, G.F. **Pedogenesis and soil taxonomy**. II. The soil orders. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.91-123.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. v.1, p.363-375.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. v.1, p.377-382.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SD 23**. Brasília, Rio de Janeiro, 1982. 655p.

- CARMO, D.N.; CURI, N.; RESENDE, M. Caracterização e gênese de Latossolos da Região do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.235-240, 1984.
- CURI, N.; CARMO, D.N.; SANTANA, D.P. **Levantamento pedológico e aptidão agrícola das terras da Fazenda Porto Alegre, Bom Jesus da Lapa (BA)**. [S.l.: s.n.], 1986. 103p.
- DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.545-566.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. 1965. p.545-566.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório**; reconhecimento de solos da margem esquerda do Rio São Francisco. Recife, 1976. 404p. (Boletim Técnico, 38).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- ESPÍNDOLA, C.R.; CARVALHO, W.A. Relações entre a natureza dos solos e suas posições na paisagem na bacia do Capivari (Botucatu, SP). **Científica**, São Paulo, v.14, p.29-37, 1986.
- FRANZMEIER, D.P.; ROSS, S.J. Soil swelling: laboratory measurement and relation to other soil properties. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.32, p.573-577, 1968.
- GOEDERT, W.J.; SYERS, J.K.; COREY, R.B. Relações caulinita-quartzo-gibbsita em solos desenvolvidos de basalto no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., 1976, Campinas. **Anais...** Campinas: SBSC, 1976. p.495-498.
- GROHMANN, F. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.21, p.319-328, 1960.
- HEILMAN, M.D.; CARTER, D.L.; GONZALES, C.L. The ethylene glycol monoethyl ether (EMEG) technique for determining soil-surface area. **Soil Science**, Baltimore, v.100, p.409-413, 1965.
- IBGE. **Divisão do Brasil em microrregiões homogêneas**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1970. p.223-232.
- KÄMPF, N. **Mineralogia e gênese de alguns solos da região Nordeste do Planalto Riograndense**. Porto Alegre: UFRGS, 1971. 105p. Dissertação de Mestrado.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Relações entre óxidos de ferro e cor em solos cauliniticos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.27-31, 1983.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5M NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. **Clays and Clay Minerals**, New York, v.30, p.401-408, 1982.
- KERR, P.F. **Optical mineralogy**. New York: McGraw Hill, 1974. p.3-10.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.635-662.
- MARSHALL, C.E.; HASEMAN, J.F. The quantitative evaluation of soil formation and development by heavy mineral studies. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.7, p.448-453, 1942.
- MEDEIROS, L.A.R. **Caracterização e gênese de solos derivados de calcário e de sedimentos terciários da região da Jaíba, Norte de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1977. 107p. Dissertação de Mestrado.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, New York, v.7, p.317-327, 1960.
- MUGGLER, C.C. **Relações geopedológicas em área dos chapadões do rio Corrente, Sudoeste da Bahia**. Lavras: ESAL, 1989. 88p. Dissertação de Mestrado.
- MURRAY, H.H.; LYONS, S.C. Further correlations of kaolinite crystallinity with chemical and physical properties. **Clays and Clay Minerals**, New York, v.1, p.11-17, 1960.

- OLIVEIRA, J.B.; RESENDE, M.; CURI, N. Caracterização e classificação de Latossolos Variação Una e solos correlatos da região de Guaira (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.207-218, 1991.
- RESENDE, M.; REZENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, p.3-25, 1983.
- SCHULZE, D.G. **The identification of iron oxides by differential X-ray diffraction and influence of aluminium substitution on the structure of goethite**. München: Technischen Universitat München, 1982. 133p. Tese de Doutorado.
- SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxides. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, B.A.; SCHWERTMANN, U. **Iron in soils and clays minerals**. Dordrech: D. Riedel Pub. Comp., 1988. p.203-250.
- SCHWERTMANN, U.; FITZPATRICK, R.W.; TAYLOR, R.M.; LEWIS, D.G. The influence of aluminum on iron oxides. 2. Preparation and properties of Al-substituted hematites. **Clays and Clay Minerals**, New York, n.27, p.105-112, 1979.
- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M. Iron oxides. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. Madison: Soil Science Society of America, 1977. p.145-176.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e da região Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, 1984. 153p.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969. 34p. (Boletim Técnico, 7).