

CARACTERIZAÇÃO DE PODZÓLICOS AMARELOS IRRIGADOS E NÃO IRRIGADOS DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO⁽¹⁾

J. A. DANTAS⁽²⁾, M. C. SANTOS⁽³⁾ & R. J. HECK⁽⁴⁾

RESUMO

Investigações micromacromorfológicas, físicas, químicas e mineralógicas foram realizadas em solos Podzólicos Amarelos na região do submédio São Francisco, município de Petrolina, estado de Pernambuco. O objetivo do estudo foi caracterizar e identificar possíveis diferenciações nos solos, em função de seus posicionamentos no terreno, pela ação conjugada dos relevos de superfície e subsuperfície, subordinadas ou não a cinco anos de manejo com irrigação em cultura de manga. Foram utilizados dados de quatro perfis de solos, sendo dois em área irrigada e dois em outra contígua que apenas tinha sido recentemente desmatada. Observou-se que os solos não foram significativamente alterados em suas características morfológicas e mineralógicas pelo manejo com irrigação. Algumas características morfológicas, como presença de fragipãs e mosqueamentos, parecem estar relacionadas com a movimentação e acumulação de água subordinadas à conjugação dos relevos de superfície e subsuperfície. Modificações nas características químicas foram observadas, principalmente relativas à alta salinidade e sodicidade, especialmente nos horizontes mais profundos dos perfis da subárea não irrigada. Tais modificações também parecem relacionadas com a dinâmica da água subordinada ao relevo. Uma vez que alguns efeitos nocivos da irrigação foram observados na área contígua, que não estava sendo utilizada, ressalta-se a necessidade de sempre extrapolar a avaliação do impacto ambiental da irrigação além dos limites das áreas dos projetos. Também foi observado que a cimentação e a impermeabilidade nos horizontes mais profundos são, provavelmente, devidas à presença de micropãs formados por argilas iluviais.

Termos de indexação: salinização, sodicidade, micropãs.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Ciência do Solo. Trabalho financiado pela Agência Canadense para Desenvolvimento Internacional (CIDA) e Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF). Recebido para publicação em setembro de 1997 e aprovado em setembro de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador da EMPARN, Rua Major Laurentino de Moraes, 1220 - Tirol. Caixa Postal 188, CEP 59020-030 Natal (RN). (Tel. (084) 221-2301 - Fax: (084) 221-3171 - Telex (084) 2389). Bolsista da CAPES.

⁽³⁾ Professor Adjunto, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife (PE). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor Visitante, UFRPE.

SUMMARY: *CHARACTERIZATION OF IRRIGATED AND NONIRRIGATED YELLOW PODZOLIC SOILS FROM THE SÃO FRANCISCO RIVER VALLEY (BRAZIL)*

Micro-macromorphological, physical, chemical and mineralogical investigations were conducted on irrigated and non-irrigated Podzolic soils from Petrolina, Pernambuco, Brazil. The aim of this study was to characterize and evaluate differentiation among soils, as a function of their position in the landscape, due to the combined effects of surface and subsurface relief as well as five years of sprinkle irrigation on mango trees. Data from four profiles were used, two from the irrigated area and two from a contiguous area of natural vegetation just recently cleared. The morphology and mineralogy of the soils were apparently not much affected by irrigation. Some morphological characteristics such as fragipans and mottles could be related to the movement and accumulation of water, as controlled by the surface and subsurface relief. Chemical modifications, especially salinity and sodicity levels, occurred in the lower horizons of soils from the non-irrigated area. These modifications are also controlled by the dynamics of water movement. Since the non-irrigated area was more affected than the irrigated area, the need to extrapolate the evaluation of irrigation impact beyond the irrigation project area was emphasized. Cementation and impermeability, observed in the deeper horizons, were attributed to the formation of micropans by illuvial clays.

Index terms: salinization, sodicity, micropans.

INTRODUÇÃO

Os solos Podzólicos estão entre os que mais tradicionalmente têm sido utilizados em agricultura irrigada na região do submédio São Francisco. Esses solos, apesar de apresentarem baixa fertilidade natural e pouca retenção de água e nutrientes, oferecem, quase sempre, boas condições físicas e de drenagem interna, com impedimentos que comumente ocorrem a profundidades maiores que 1,20 m. São derivados dos sedimentos arenosos e arenoargilosos que constituem a maior parte da grande área pedimentar do Sertão Nordestino (Jacomine et al., 1973). Apresentam condições topográficas aplanadas, que favorecem a mecanização agrícola e o uso de irrigação.

Embora vários trabalhos caracterizem micromorfológica e, especialmente, macromorfológicamente os solos de formação pedimentar na região do submédio São Francisco (Pereira & Siqueira, 1979; Pereira & Cordeiro, 1987; Silva, 1989; Ribeiro et al., 1991; Santos et al., 1991; Heck et al., 1995), poucos são os que tentaram analisar a variabilidade espacial desses solos, considerando o posicionamento no terreno ou as conseqüências da utilização intensiva com irrigação nas propriedades morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas. O entendimento mais profundo da variabilidade espacial desses solos e da nova dinâmica imposta, quando manejados intensivamente com irrigação e as conseqüências que certamente promoverão, faz-se necessário para sua utilização racional.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi selecionada uma área com 1,2 ha, em solos Podzólicos (CODEVASF, 1976), situada à margem direita da BR 428, no sentido Petrolina-Recife, distante 8,7 km da saída de Petrolina. Está localizada na mesorregião do São Francisco Pernambucano (046) e da microrregião de Petrolina (180) de acordo com o IBGE (1991). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsw^h, muito quente e semi-árido, com estação chuvosa no verão e elevada evaporação. A temperatura média anual fica em torno de 26°C, e a precipitação pluviométrica, próxima de 400 mm anuais, é irregularmente distribuída, caracterizando uma semi-aridez bem acentuada (Jacomine et al., 1973; CODEVASF, 1976). Os solos são derivados dos materiais arenosos, arenoargilosos, argiloarenosos e macroclásticos que caracterizam a cobertura pedimentar atribuída ao fim do cretáceo ou início do terciário que recobre as rochas do pré-cambriano na região (Jacomine et al., 1973). A área amostrada foi dividida em duas subáreas, sendo uma cultivada com cultura de manga tipo Tommy Atkins irrigada por aspersão durante cinco anos, contígua à área recém-desmatada da sua vegetação natural de caatinga hiperxerófila e, ainda, sem utilização agrícola.

Uma grade composta de caminhamentos (10 x 10 m) foi assentada no campo, recobrando 60% da área irrigada e 40% da área desmatada. Levantamento topográfico foi feito em todas as intersecções da grade, com a finalidade de obter

mapa planialtimétrico da área (Figura 1). Foram executadas 100 sondagens com trado, nas intersecções da grade, até atingir a camada constituída por cascalhos e, ou, calhaus, com a finalidade de se avaliar a profundidade efetiva dos solos e determinar o relevo de subsuperfície (Figura 2).

Foram coletadas amostras de todos os horizontes de quatro perfis de solo, sendo dois na subárea irrigada e dois na não irrigada. A descrição morfológica dos perfis foi feita de acordo com Lemos & Santos (1984). As análises físicas e químicas de rotina foram procedidas conforme Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA, 1979), e a

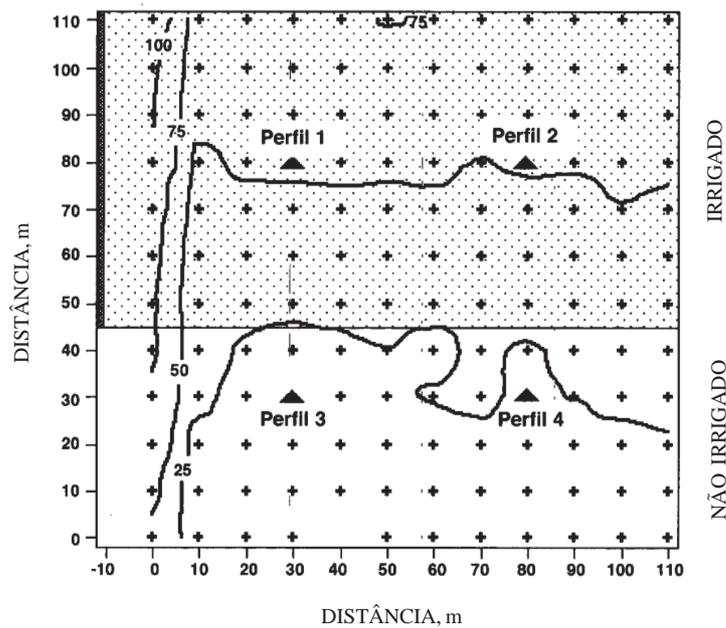


Figura 1. Mapa planialtimétrico com localização dos pontos cotados e tradados para verificação do relevo subsuperficial (cruzes) e localização dos perfis.

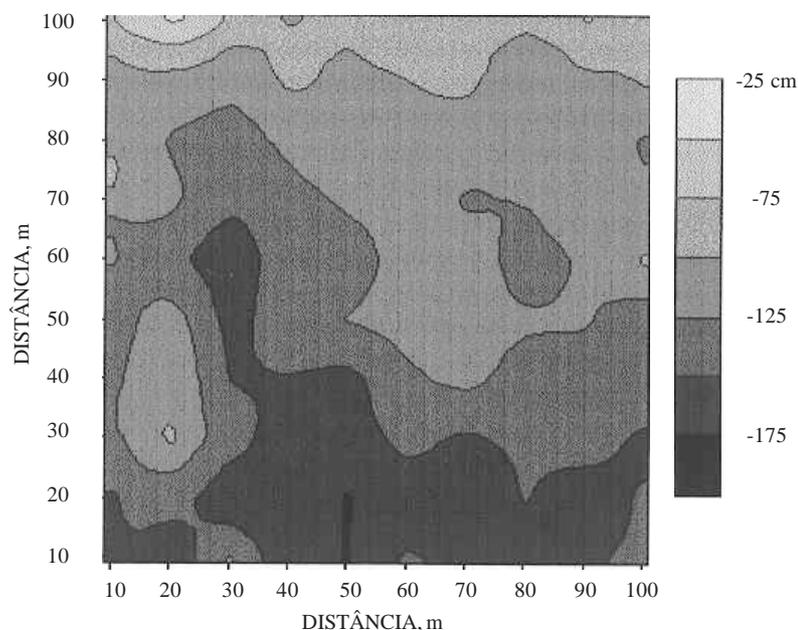


Figura 2. Mapa indicativo do relevo de subsuperfície.

classificação dos solos, segundo as normas adotadas pelo CNPS (EMBRAPA, 1988).

Para os estudos micromorfológicos, amostras indeformadas de cada horizonte foram coletadas com o auxílio de caixas de Kubiena com dimensões de 10,0 x 6,5 x 5,0 cm. Empregou-se o método proposto por Jongerius & Heintzberger (1963), tendo sido utilizada resina de poliéster, na impregnação, bem como um sistema automático do tipo PM2A da Logitech, no desbaste. As lâminas delgadas foram descritas com o auxílio de microscópio petrográfico Zeiss, empregando-se terminologia proposta por Brewer & Pawluk (1975), Brewer (1976) e Bullock et al. (1985). A adaptação dos termos para o português seguiu Stoops (1986) e Santos et al. (1991). As fotomicrografias das lâminas delgadas foram obtidas por meio de câmara fotográfica Zeiss MC 63A, acoplada ao microscópio. Nas legendas das fotomicrografias, foram usadas as abreviaturas XPL, para indicar que foram obtidas com o polarizador e o analisador insertos (nicóis cruzados), e PPL, quando apenas o polarizador estava inserto.

A mineralogia da fração grosseira (> 0,05 mm) foi identificada com o auxílio de microscópio petrográfico em lâminas delgadas do solo, de acordo com as propriedades óticas dos minerais. A mineralogia das frações silte e argila foi estudada por meio da técnica de difração de raios-X. Foram preparadas lâminas orientadas segundo a técnica sugerida por Jackson (1979), em amostras submetidas aos pré-tratamentos para remoção da matéria orgânica e óxidos livres (citrato-ditionito-bicarbonato). Os tratamentos aplicados corresponderam à saturação por potássio e por magnésio solvatado com glicerol em solução de etanol a 10 g L⁻¹. As lâminas saturadas por potássio foram analisadas em temperatura ambiente e, após aquecimento a 550°C, por duas horas. Os difratogramas foram obtidos em difratômetro de raios-X Rigaku, do laboratório de raios-X do Centro de Tecnologia da UFPE. Empregaram-se radiação de cobre, monocromador de grafite, potencial de 35 kV, corrente 15 mA, velocidade de 8°/min, velocidade de registro de 80 mm min⁻¹ e gráfico linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades físicas e morfológicas

De maneira geral, os quatro perfis estudados são, física e macromorfológicamente, bastante similares, especialmente no que diz respeito à cor, estrutura, consistência, profundidade, densidade, porosidade, distribuição granulométrica, água disponível e transição entre os horizontes (Quadros 1 e 2). A diferença mais acentuada entre os perfis está na presença de horizontes cimentados não mosqueados

(fragipã), entre os horizontes plínticos e a camada de cascalho e calhaus de quartzo, que ocorrem nos perfis 1 e 2 da subárea irrigada. Na subárea não irrigada, os perfis 3 e 4 não apresentam horizontes cimentados. É provável que tal diferença morfológica entre os solos seja o resultado do posicionamento dos perfis em relação ao relevo superficial e subsuperficial.

Percebe-se a ocorrência de um declive superficial suave na direção da subárea não irrigada, o que direciona as águas de escoamento superficial, típico do regime pluviométrico torrencial local, naquela direção. O relevo de subsuperfície, embora bem mais movimentado, não se caracterizando por um quase perfeito plano inclinado como o de superfície, apresenta as maiores profundidades no lado não irrigado. Essa conformação de subsuperfície também contribui para que a água que percola nos solos, ao atingir a camada impermeável, seja direcionada para as partes mais baixas da subárea não irrigada. O acúmulo das águas do lado não irrigado foi constatado durante a amostragem dos solos, quando se verificou a presença do lençol freático apenas nos perfis 3 e 4.

É possível especular que essa tendência de direcionamento das águas tenha ocasionado maior fluxo de ferro para as partes mais baixas do relevo, acumulando-se diretamente sobre a camada de cascalho e calhaus, constituindo o primeiro nível de impermeabilidade pedogeneticamente desenvolvido, como citado em vários levantamentos pedológicos na região. O dessecamento mais rápido das camadas do solo, acima da impermeabilidade nas partes mais altas da subsuperfície, pode ter contribuído para a formação dos fragipãs por um processo de amadurecimento físico ("physical ripening"), como especificado por Bryant (1989). Os maiores níveis de ferro nas partes mais baixas e profundas do relevo em subsuperfície permitiram o desenvolvimento maior de plintita. Os dados desta investigação são insuficientes para maiores considerações a respeito desses processos, permitindo apenas especulação.

Diante do exposto, verifica-se que a diferença mais significativa entre os solos das subáreas irrigadas e não irrigadas deveu-se às condições naturais da área, no caso o relevo. É possível que o manejo do solo com irrigação tenha promovido pequenas diferenciações em algumas características físicas e macromorfológicas; todavia, o pequeno número de dados, a representação por números não muito díspares e a conseqüente pouca significação estatística não permitem conclusões seguras.

Propriedades químicas

As propriedades químicas apresentadas no quadro 3 mostram solos com reação predominante fortemente ácida, sendo alguns horizontes extremamente ácidos, tendo os horizontes superficiais e os mais profundos com reação moderadamente ácida. Têm fertilidade natural muito baixa, com alta

Quadro 1. Características macromorfológicas

Horizonte	Profundidade m	Cor úmida Munsell	Textura ⁽¹⁾	Estrutura ⁽²⁾	Consistência ⁽³⁾		Transição ⁽⁴⁾
					Úmida	Molhada	
Perfil 1 (Irrigado)							
Ap	0,0-0,15	10 YR 4/4	areia	fr. peq. gr. gs. sp.	mfr.	npl. npeg.	cl. e pl.
BA	0,15-0,59	10 YR 5/4	ar. franca	fr. mpeq. e peq. bl.sub.	fr.	npl. npeg.	gr. e pl.
Bt1	0,59-0,95	10 YR 6/8	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	gr. e pl.
Bt2	0,95-1,25	10 YR 6/6	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	cl. e pl.
Btf	1,25-1,68	10 YR 6/4	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	abr. e ond
Btx	1,68-1,78	10 YR 6/3	ar. franca	maciça mod. coesa	mfr.	npl. npeg.	-
Perfil 2 (Irrigado)							
Ap	0,0-0,20	10 YR 4/4	areia	fr. peq. gr. gs. sp.	mfr.	npl. npeg.	cl. e pl.
BA	0,20-0,60	10 YR 5/4	ar. franca	fr. mpeq. e peq. bl.sub.	fr.	npl. npeg.	gr. e pl.
Bt1	0,60-0,95	10 YR 6/8	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	gr. e pl.
Bt2	0,95-1,30	10 YR 6/8	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	cl. e pl.
Btf	1,30-1,70	10 YR 6/3	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig pl. lig. peg.	abr. e ond
Btx	1,70-1,80	-	ar. franca	maciça mod. coesa	mfr.	npl. npeg.	-
Perfil 3 (Não irrigado)							
Ap	0,0-0,20	10 YR 5/4	areia	fr. peq. gr. gs. sp.	mfr.	npl. npeg.	cl. e pl.
BA	0,20-0,55	10 YR 5/8	ar. franca	fr. mpeq. e peq. bl.sub.	mfr.	npl. npeg.	gr. e pl.
Bt1	0,55-0,90	10 YR 6/8	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig. pl. lig. peg.	gr. e pl.
Bt2	0,90-1,25	10 YR 6/8	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig. pl. lig. peg.	cl. e pl.
Btf	1,25-1,65	10 YR 6/3	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	mfr.	npl. e lig. peg.	abr. e pl.
Perfil 4 (Não irrigado)							
Ap	0,0-0,20	10 YR 4/4	areia	fr. peq. gr. gs. sp.	mfr.	npl. npeg.	cl. e pl.
BA	0,20-0,55	10 YR 5/8	ar. franca	fr. mpeq. e peq. bl.sub.	mfr.	npl. npeg.	gr. e pl.
Bt1	0,55-0,96	10 YR 5/6	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig. pl. lig. peg.	cl. e pl.
Bt2	0,96-1,38	10 YR 4/6	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	fr.	lig. pl. lig. peg.	cl. e pl.
Btf	1,38-1,65	10 YR 6/3	fr. arenoso	fr. peq. bl. sub.	mfr.	npl. e lig. peg.	abr. e pl.

⁽¹⁾ ar.: areia; fr.: franco. ⁽²⁾ fr.: fraca; peq.: pequena; méd.: média; gr.: granular; gs.: grãos; sp.: simples; mpeq.: muito pequena; bl.: blocos; sub.: subangulares; mod.: moderada. ⁽³⁾ mfr.: muito friável; fr.: friável; npl.: não-plástico; npeg.: não pegajoso; lig.: ligeiramente; pl.: plástico; peg.: pegajoso. ⁽⁴⁾ cl.: clara; gr.: gradual; abr.: abrupta; pl.: plana; ond.: ondulada.

Quadro 2. Análises físicas de caracterização

Horizonte	Granulometria				Grau de floculação %	Densidade	
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila		Global	Partícula
	g kg ⁻¹					g dm ⁻³	
Perfil 1 (Irrigado)							
Ap	480	430	10	80	75	1,62	2,51
BA	490	340	70	100	80	1,57	2,56
Bt1	450	290	110	150	87	1,59	2,66
Bt2	400	320	100	180	89	1,66	2,59
Btf	390	310	120	180	72	1,65	2,68
Btx	460	350	130	60	67	1,63	2,58
Perfil 2 (Irrigado)							
Ap	650	270	20	60	67	1,62	2,59
BA	600	240	60	100	80	1,43	2,59
Bt1	490	270	10	140	86	1,54	2,59
Bt2	430	300	110	160	88	1,55	2,68
Btf	440	290	120	150	80	1,69	2,62
Btx	610	250	100	40	50	1,61	2,61
Perfil 3 (Não irrigado)							
Ap	540	370	20	70	60	1,60	2,63
BA	470	370	60	100	70	1,53	2,59
Bt1	440	330	90	140	86	1,59	2,66
Bt2	450	310	90	150	80	1,62	2,64
Btf	440	330	70	160	75	1,71	2,69
Perfil 4 (Não irrigado)							
Ap	560	340	30	70	60	1,43	2,54
BA	530	320	60	90	75	1,58	2,54
Bt1	460	320	90	130	85	1,59	2,53
Bt2	440	310	100	150	80	1,62	2,64
Btf	430	300	110	160	79	1,82	2,65

saturação por alumínio (acima de 50%), o que lhes confere o caráter álico e explica a reação bastante ácida supracomentada. A saturação por sódio é elevada, sendo, muito provavelmente, conseqüência da prática da irrigação, uma vez que mapeamento detalhado dos solos da área (CODEVASF, 1976) indica ausência do caráter sódico ou mesmo solódico. Similar comportamento foi observado para os níveis de condutividade elétrica, que passam a conferir aos solos o caráter salino, também como conseqüência da prática da irrigação. Observa-se que os níveis de condutividade elétrica, mais elevados nos horizontes superficiais dos solos irrigados, são ainda mais elevados nos horizontes mais profundos, acima da camada impermeável dos solos não irrigados. Essa distribuição, também observada por Heck et al. (1995), reflete a dinâmica de água e sais controlada pelo relevo superficial e subsuperficial. Seguindo os níveis da condutividade elétrica, verifica-se maior saturação por sódio e maiores valores para a razão de adsorção de sódio (RAS). A distribuição dos íons solúveis Cl^- e Na^+ (Quadro 4) também apresenta a mesma tendência observada para os níveis de condutividade elétrica e saturação por sódio, indicando que o cloreto de sódio é o principal sal, sendo acumulado nos horizontes acima das camadas impermeáveis, especialmente nos perfis da subárea não irrigada.

Esse fato chama atenção para o problema de proteção ambiental, atualmente bastante comentado, quando se procura conscientizar o homem sobre a necessidade do desenvolvimento sustentável. Embora a área irrigada esteja, de certa forma, sofrendo os efeitos negativos de salinização, como conseqüência do manejo com irrigação, o nível desse efeito foi bem mais acentuado nos horizontes mais profundos dos solos da área contígua, até então não utilizada. A análise ambiental como um todo, além dos limites da área utilizada, faz-se necessária, para que sejam tomadas medidas preventivas de degradação dos recursos naturais.

Mineralogia

As frações grosseiras areia e cascalho são constituídas, quase que em sua totalidade, pelo mineral quartzo. Apenas alguns poucos grãos, mais comumente na granulometria do silte grosso ou areia fina, apresentam características óticas de outro mineral que não o quartzo. Considerando o pequeno tamanho desses grãos, tornou-se difícil identificar sua mineralogia, embora algumas características óticas indiquem a possibilidade de serem tais acessórios turmalina e muscovita. Foram detectados também pouquíssimos opacos de coloração preta. Não foram observadas diferenças qualitativas ou quantitativas na distribuição mineralógica dos quatro perfis estudados.

Quadro 3. Análises químicas de caracterização

Horizonte	Complexo sortivo									Condutividade elétrica	Saturação		pH	
	Ca	Mg	K	Na	S	H	Al	T	V		Na	Al	H ₂ O	KCl
	cmol _c kg ⁻¹									%	%			
										S m ⁻¹				
Perfil 1 (Irrigado)														
Ap	1,6	0,5	0,36	0,13	2,6	0,4	0,0	3,0	87	0,5	4	0	6,8	6,3
BA	0,5	0,3	0,21	0,19	1,1	0,6	0,8	2,6	43	0,2	7	43	4,9	4,0
Bt1	0,4	0,1	0,14	0,21	0,9	0,3	2,0	3,2	27	0,3	7	70	4,2	3,7
Bt2	0,6	0,2	0,08	0,18	1,1	0,2	2,0	3,3	33	0,2	6	65	4,3	3,6
Btf	1,0	1,2	0,08	0,39	2,6	0,7	1,1	4,4	60	0,3	9	30	5,0	3,6
Btx	0,6	1,0	0,08	0,45	2,2	1,1	0,5	3,8	58	0,6	12	20	5,9	4,2
Perfil 2 (Irrigado)														
Ap	1,4	0,4	0,29	0,21	2,3	0,3	0,0	2,6	88	0,3	9	0	6,3	5,7
BA	0,5	0,2	0,20	0,17	1,0	0,2	1,0	2,2	45	0,2	8	51	4,8	4,0
Bt1	0,6	0,1	0,10	0,17	1,0	0,4	1,6	3,0	33	0,4	6	63	4,2	3,7
Bt2	0,7	0,4	0,09	0,21	1,4	1,5	1,7	4,6	31	0,5	5	54	4,1	3,6
Btf	1,0	0,9	0,07	0,53	2,5	1,9	0,8	5,2	48	0,7	10	24	4,9	3,6
Btx	1,2	3,0	0,14	1,13	5,5	1,1	0,5	7,1	78	0,4	16	8	6,0	4,0
Perfil 3 (Não irrigado)														
Ap	0,8	0,3	0,30	0,18	1,6	0,7	0,1	2,4	66	0,1	8	6	5,8	4,8
BA	0,4	0,2	0,20	0,23	1,0	0,5	1,0	2,6	40	0,1	9	50	4,9	4,0
Bt1	0,4	0,2	0,27	0,22	1,1	0,6	1,6	3,3	32	0,1	7	61	4,7	3,8
Bt2	0,5	0,3	0,12	0,16	1,1	1,8	1,7	4,6	23	0,2	4	62	4,3	3,6
Btf	0,9	1,2	0,10	0,51	2,8	0,5	0,6	3,8	73	0,6	14	17	5,3	3,8
Perfil 4 (Não irrigado)														
Ap	1,1	0,3	0,21	0,18	1,8	1,0	0,1	2,8	64	0,2	7	3	6,1	5,1
BA	0,3	0,1	0,25	0,15	0,8	0,9	1,0	2,7	30	0,2	6	55	4,8	3,8
Bt1	0,3	0,1	0,21	0,18	0,8	0,6	1,7	3,0	26	0,2	6	68	4,5	3,7
Bt2	0,5	0,3	0,12	0,19	1,1	0,3	1,9	3,3	33	0,5	6	64	4,0	3,6
Btf	0,9	0,6	0,10	0,51	2,1	0,6	1,7	4,3	48	0,8	12	45	4,3	3,6

Quadro 4. Íons solúveis

Horizonte	Profundidade m	Íons solúveis, mol L ⁻¹							RAS
		Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	
Perfil 1 (Irrigado)									
Ap	0,00 - 0,15	1,72	0,69	1,38	0,46	1,49	0,22	0,20	0,4
BA	0,15 - 0,59	0,88	0,28	0,47	0,69	0,13	0,09	0,40	0,9
Bt1	0,59 - 0,95	1,58	0,44	0,35	0,87	0,05	0,10	0,40	0,9
Bt2	0,95 - 1,25	0,64	0,21	0,11	0,62	0,07	0,11	0,30	1,0
Btf	1,25 - 1,68	0,40	0,12	0,07	1,28	0,09	0,22	0,60	2,5
Btx	1,68 - 1,78	0,92	0,39	0,12	3,09	0,16	0,15	2,90	3,8
Perfil 2 (Irrigado)									
AP	0,00 - 0,20	0,95	0,44	0,91	0,88	0,77	0,10	0,40	1,1
BA	0,20 - 0,60	0,69	0,26	0,42	0,51	0,11	0,07	0,20	0,7
Bt1	0,60 - 0,95	1,88	0,61	0,20	0,73	0,04	0,29	0,50	0,7
Bt2	0,95 - 1,30	1,86	1,13	0,12	1,01	0,04	0,28	1,10	0,8
Btf	1,30 - 1,70	0,92	0,34	0,07	3,16	0,06	0,18	2,30	4,0
Btx	1,70 - 1,80	0,80	0,28	0,18	1,96	0,20	0,20	1,30	2,7
Perfil 3 (Não irrigado)									
Ap	0,00 - 0,20	0,35	0,21	0,29	0,42	0,60	0,12	0,70	0,8
BA	0,20 - 0,55	0,53	0,22	0,33	0,47	0,31	0,19	0,20	0,8
Bt1	0,55 - 0,90	0,48	0,24	0,42	0,62	0,08	0,10	0,20	1,0
Bt2	0,90 - 1,25	1,02	0,46	0,09	0,57	0,23	0,10	0,30	0,7
Btf	1,25 - 1,65	0,85	0,49	0,09	3,17	0,24	0,11	1,00	3,9
Perfil 4 (Não irrigado)									
Ap	0,00 - 0,20	0,85	0,40	0,46	0,95	0,80	0,22	0,30	1,2
BA	0,20 - 0,55	0,79	0,20	0,47	0,69	0,13	0,21	0,30	1,0
Bt1	0,55 - 0,96	0,60	0,07	0,43	0,53	0,07	0,09	0,30	0,9
Bt2	0,96 - 1,38	2,43	0,83	0,25	0,63	0,04	0,11	0,40	0,5
Btf	1,38 - 1,65	1,42	0,47	0,26	4,45	0,01	0,41	1,00	4,6

Da mesma forma que nas frações grosseiras, a mineralogia do silte e da argila, determinada por difratometria de raios-X, apresentou-se bastante uniforme e pouco diversificada para os quatro perfis. Na fração silte, foram apenas observados reflexos mais fortes do mineral quartzo (0,33 e 0,44 nm) e reflexos muito fracos a 0,51 nm, provavelmente correspondentes à mica ou, mais especificamente, à muscovita (Figura 3).

A fração argila também se apresentou bastante uniforme em todos os horizontes dos quatro perfis, sendo constituída basicamente de caulinita. Verificou-se a presença de quartzo representado pelos reflexos a 0,33 e 0,44 nm, devendo corresponder a fração argila grossa (Figura 4).

Não foi possível observar alteração dos constituintes mineralógicos dos solos em função das modificações impostas pelo posicionamento em relação ao relevo superficial e subsuperficial, ou pela sua utilização na agricultura irrigada.

Micromorfologia

A pouca diferenciação macromorfológica observada entre os quatro perfis estudados também foi constatada micromorfológicamente. A seguir, descrevem-se essas características dos horizontes principais que compõem os perfis e, quando pertinentes, observadas as diferenciações.

Os horizontes A_p caracterizam-se por uma distribuição dos componentes matriciais, cujas frações grosseiras (areia), predominantemente, apresentam-se total ou parcialmente revestidas por uma camada fina de plasma. Essa organização matricial caracteriza o tipo quitônico, de acordo com a classificação de padrões de distribuição relacionada ou textura matricial de Stoops & Jongerius (1975). O plasma nesses horizontes mostra coloração mais escura que nos demais, caracterizando a complexação natural de argila com matéria orgânica, comum às camadas superficiais dos solos. Em algumas partes das lâminas dos horizontes A_p, há maior concentração de plasma preenchendo partes dos poros do empacotamento simples, nitidamente correspondendo ao tipo de textura intermediária do tipo quito-enáulica. Verificam-se, nos horizontes A_p dos perfis da subárea irrigada, eventuais concentrações maiores de plasma, normalmente envolvendo grãos de quartzo menores, com distribuição matricial interna do tipo porfírico. É provável que essas concentrações sejam partes dos horizontes B_t subjacentes, trazidos à superfície pelo manejo dos solos. Como consequência imediata do tipo de organização matricial mais característico e da extruturação fracamente desenvolvida, há predominância de uma porosidade do tipo empacotamento simples. Observa-se, também, grande quantidade de porosidade específica, ou seja,

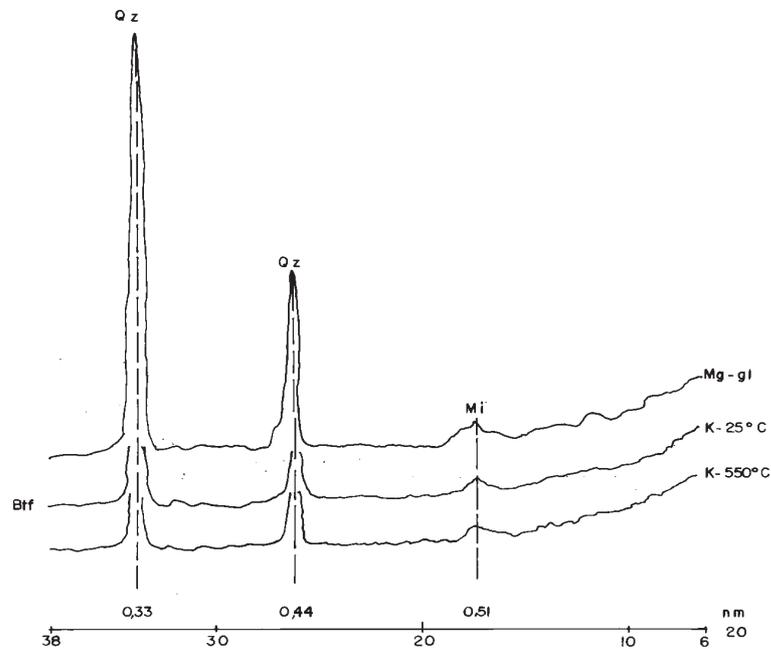


Figura 3. Difratoograma de raios-X da fração silte em amostras do horizonte Btf do perfil 1, após saturações por magnésio solvatado com glicerol e potássio e tratamentos térmicos a 25 e 550°C. (Qz: quartzo; Mi: mica).

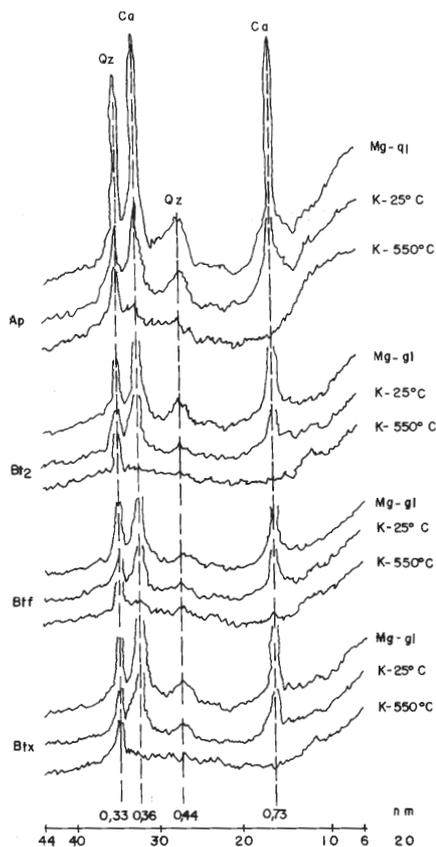


Figura 4. Difratoograma de raios-X da fração argila em amostras dos horizontes Ap, Bt2, Btf e Btx do perfil 1, após saturações por magnésio solvatado com glicerol e potássio e tratamentos térmicos a 25 e 550°C. (Ca: caulinita, Qz: quartzo).

desenvolvida pela atividade biológica. Nos solos da subárea não irrigada, além de haver nítida maior quantidade dessa porosidade específica, observa-se maior frouxidão no empacotamento dos grãos. Essa condição não só reflete o menor adensamento dos solos de superfície na subárea não irrigada, como também a condição vigente de solo mais solto no momento da amostragem, em consequência do recente desmatamento executado.

Nos horizontes B_t, apesar de os solos serem de textura média, existe uma distribuição matricial predominante. As frações grosseiras estão totalmente embebidas em plasma, caracterizando a contextura porfirica, segundo a classificação de Stoops & Jongerius (1975). O plasma apresenta-se com coloração amarelo-claro-acinzentada, eventualmente pontuado por pequenas manchas amarelo-avermelhadas que, tipicamente, correspondem a segregações de óxidos de ferro. Embora a predominância observada nas lâminas correspondentes a esses horizontes tenha sido de um plasma sem separações nítidas, ou seja, asséptico, foi possível observar alguns poucos grãos com revestimentos finos de argila ou mesmo alguns poucos e pequenos poros com revestimento de argila. Segundo Brewer (1976), essas separações seriam do tipo esquelvossépico (ou granovossépico). Ambas as feições apresentaram manifestação de anisotropia ótica indicativa dos arranjos por consequência de iluviação. Não foi possível observar diferenças significativas nas características micromorfológicas entre os solos das subáreas irrigadas e não irrigadas nesses horizontes.

Nos horizontes Btf, observa-se a mesma organização matricial porfírica verificada para os Bt, diferindo, no entanto, pelos mosqueamentos plínticos mais intensos. Fora das áreas mosqueadas, foram constatadas separações plásmicas esquelvossépicas, em quantidade ligeiramente superior às constatadas nos horizontes Bt suprajacentes, mas ainda de ocorrência pouco expressiva. Nas áreas dos mosqueados plínticos, no entanto, as separações plásmicas são intensas, sendo caracterizadas, principalmente, pela presença de plasma amarelo e, ou, avermelhado, freqüentemente formando microlaminações em disposição crescentiforme e com intensa manifestação de anisotropia ótica. Tais formações caracterizam os argilãs de canal que, pelas cores, devem ser formados por intercalações de hematitas (hematãs) e goetitas (goetãs) ou mesmo caulinitas (caulinitãs) (Figuras 5 e 6).

Nos horizontes Btx, mais bem caracterizados nos dois perfis da subárea irrigada, as características micromorfológicas mais marcantes dizem respeito à intensa quantidade de argila iluvial. Em algumas partes das lâminas delgadas, foram observados revestimentos contínuos de grãos com argila iluvial formando os típicos revestimentos em cúpula contínua ("link capping") de Bullock et al. (1985) ou, em alguns casos, o que estes autores classificam de micropã ("micropan") (Figuras 7 e 8). Em ambos os casos, tais revestimentos se dispõem aproximadamente paralelos à superfície dos solo e devem contribuir para a impermeabilidade de subsuperfície observada. À parte desses revestimentos contínuos, verifica-se, em toda a área das lâminas delgadas destes horizontes, grande preenchimento da porosidade com argila iluvial. É provável que esse preenchimento, formando pontes ou ligações entre as frações mais grosseiras,

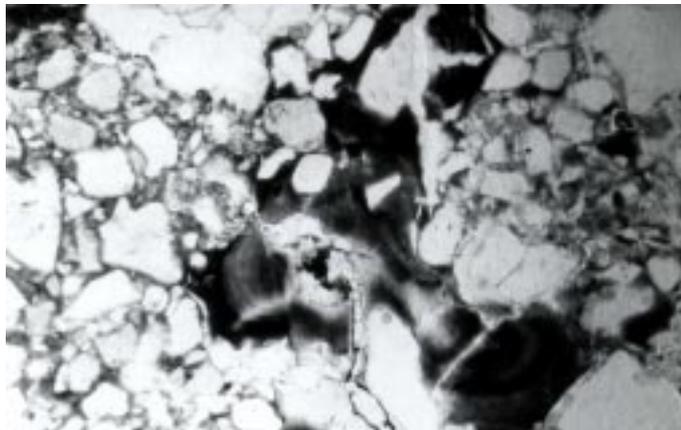


Figura 5. Micrografia do horizonte Btf do perfil 3, mostrando a presença de ferriargilãs de iluviação em canal. (PPL). Largura da micrografia corresponde a 2,8 mm.

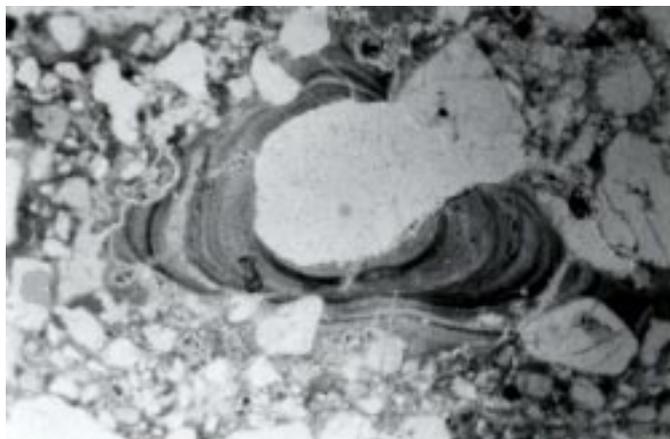


Figura 6. Micrografia do horizonte Btf do perfil 4, mostrando a presença de ferriargilãs de iluviação em canal. (PPL). Largura da micrografia corresponde a 2,8 mm.

contribua para as características de maior densidade e quebradice típica dos fragipãs, como já observado em outros estudos que envolvem a gênese dessas cimentações (Bryant, 1989; Smeck & Ciolkosz, 1989).

Classificação dos solos

De acordo com o levantamento detalhado dos solos da área do Projeto Nilo Coelho (CODEVASF, 1976), os solos da área estudada foram classificados como Podzólico Vermelho-Amarelo álico plíntico profundo textura arenosa/média fase caatinga hiperxerófila relevo plano. Considerando as características específicas dos perfis estudados, as modificações impostas pelo manejo com irrigação analisadas e a evolução dos conceitos utilizados para classificação dos solos utilizados no Brasil (Camargo

et al., 1987; Oliveira et al., 1992), os quatro perfis foram assim classificados: perfis 1 e 2, Podzólico Amarelo endoálico (epieutrófico) plíntico salino solódico profundo A fraco textura arenosa/média com fragipã fase caatinga hiperxerófila relevo plano; perfis 3 e 4, Podzólico Amarelo endoálico (epieutrófico) plíntico salino solódico profundo A fraco textura arenosa/média fase caatinga hiperxerófila relevo plano.

CONCLUSÕES

1. Verificou-se que a conjugação entre as formas do relevo superficial e subsuperficial condiciona o fluxo e as acumulações preferenciais das águas de chuva e, ou, irrigação nos solos.



Figura 7. Micrografia do horizonte Btx do perfil 1, mostrando revestimentos com argila iluvial, formando os típicos revestimentos em cúpulas contínuas ou micropãs (“link capping”; “micropan”) (Bullock et al., 1985). (PPL). Largura da micrografia corresponde a 2,8 mm.

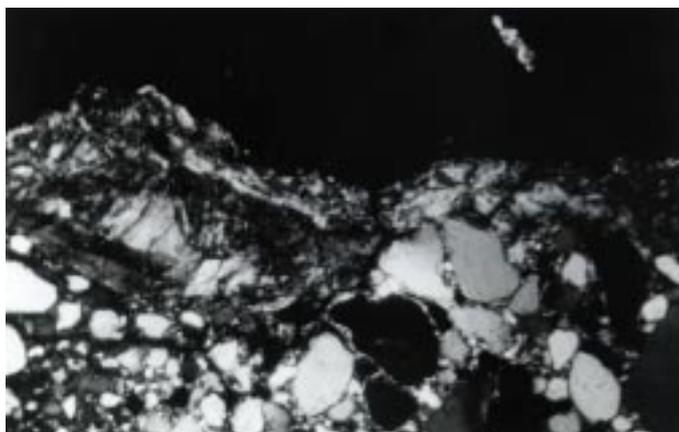


Figura 8. Micrografia do horizonte Btx do perfil 1, similar a mostrada na figura 7, mas obtida com polarização cruzada (XPL). Ressalta a manifestação de anisotropia ótica nos revestimentos em cúpulas contínuas ou micropãs (“link capping”; “micropan”) (Bullock et al., 1985). Largura da micrografia corresponde a 2,8 mm.

2. Nas investigações, não foram detectadas mudanças morfológicas, físicas e mineralógicas significativas entre os solos irrigados e não irrigados.

3. O manejo com irrigação afetou quimicamente os solos das subáreas irrigadas e não irrigadas, especialmente nos níveis de sodicidade e salinização e, por conseqüência, sua classificação taxonômica.

4. O aumento da salinização nos solos da subárea não irrigada, de forma mais acentuada que na subárea irrigada, mostra a necessidade de extrapolar as avaliações do impacto ambiental da irrigação além dos perímetros irrigados, para garantir sustentabilidade dos solos e do meio ambiente como um todo.

5. Constatou-se que a iluviação de argila nos horizontes mais profundos é, muito provavelmente, o principal processo na formação das cimentações e impermeabilidade das camadas mais profundas dos solos estudados.

LITERATURA CITADA

- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soil. New York, Robert E. Krieger, 1976. 428p.
- BREWER, R. & PAWLUK, S. Investigation of some soils developed in Hummocks of the Canadian subarctic and southern-artic regions. 1. Morphology and micromorphology. *Can. J. Soil Sci.*, 55:301-319, 1975.
- BRYANT, R.B. Physical processes of fragipans. In: SMECK, N.E. & CIOLKOSZ, E.J., eds. *Fragipans: their occurrence, classification, and genesis*. Madison, Soil Sci.Soc. Am., 1989. p.141-150. (Special Publication, 24)
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. *Handbook for thin section description*. Albrington, Waine Research Publications, 1985. 152p.
- CAMARGO, M.N.; KLANT, E. & KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamento pedológico no Brasil. *B. Inf. SBCS*, 12:11-33, 1987
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO-CODEVASF. Projeto Massangano. Levantamento pedológico detalhado e classificação de terra para irrigação. 1976. v.1. Trabalho executado pela GEOTÉCNICA S.A.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PASQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análises do solo. Rio de Janeiro, 1979. 247p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidade de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1988. 67 p. (Documentos SNLCS, 11)
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 1991. Rio de Janeiro, 1991. v.6. p.1-191.
- HECK, R.J.; SANTOS, M.C.D.; DANTAS, J.A. & TIESSEN, H. Salinização de solos Podzólicos irrigados com cultura de manga no submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, SBCS, p.2133-2135.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis. Advanced course*. 3.ed. Madison, University of Wisconsin, 1979.
- JACOMINE, P.K.T.; CALVACANTI, A.C. BURGOS, N. & PESSOA, S.C.P. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco. Recife, MA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1973. v.1. (Boletim Técnico, 26)
- JONGERIUS, A. & HEINTZBERGER, G. The preparation of mammoth-sized thin sections. *Wageninger, Soil Survey Paper*, 1. The Soil Survey Inst., 1963.
- LEMONS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 46p.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil. Guia auxiliar para ser reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP. 1992. 201p.
- PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.A. Alterações nas características químicas de um Oxissolo sob irrigação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 14:189-195, 1979.
- PEREIRA, J.R. & CORDEIRO, G.G. Efeito da irrigação e adubação sobre algumas características químicas de um vertissolo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 22:627-633, 1987.
- RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.C.D. & FERREIRA, M.G.V.X. Caracterização e gênese de Podzólicos Vermelho-Amarelos do sertão de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:75-81, 1991.
- SANTOS, M.C.D.; MERMUT, A.R. & RIBEIRO, M.R. Micromorfologia de solos com argila de atividade baixa no sertão de Pernambuco. *B. Inf. SBCS*, 15:83-91, 1991.
- SILVA, M.S.L. Efeito do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades do solo de tabuleiro do estado de Alagoas. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1989. 106p. (Tese de Mestrado)
- SMECK, N.E. & CIOLKOSZ, E.J. Summary. In: SMECK, N.E. & CIOLKOSZ, E.J., eds. *Fragipans: their occurrence, classification, and genesis*. Madison, Soil Science Society of America, 1989. p.151-153. (Special Publication, 24)
- STOOPS, G. Multilingual translation of the terminology used in the "Handbook for Soil Thin Section Description". *Pedologie*, 36:337-347, 1986.
- STOOPS, G. & JONGERIUS, A. Proposal for a micromorphological classification of soils materials. I. A classification of related distribution of coarse and fine particles. *Geoderma*, 13:189-200, 1975.