

Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo

João Bosco Vasconcellos Gomes¹, José Coelho de Araújo Filho², Nilton Curi³

¹Embrapa Florestas, C.P. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

²Embrapa Solos, Rua Antônio Falcão, 402, CEP 51020-240, Recife, PE, Brasil

³Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil

*Autor correspondente:
jbvgomes@cnpf.embrapa.br.

Termos para indexação:

Caráter coeso
Formação Barreiras
Caulinita

Index terms:

Cohesive character
Barreiras Formation
Kaolinite

Histórico do artigo:

Recebido em 10/10/2011
Aprovado em 26/07/2012
Publicado em 28/09/2012

doi: 10.4336/2012.pfb.32.71.233

Resumo - Paisagens originárias dos sedimentos da Formação Barreiras ocupam área expressiva do território brasileiro. Muitas dessas paisagens apresentam elevada intensidade de uso agrícola, por uma combinação de clima e ocorrência de relevo plano a quase plano. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e comparar perfis de solo de superfícies pouco a medianamente entalhadas dos tabuleiros costeiros entre o sul da Bahia e Alagoas, descritos sob coberturas vegetais naturais (florestas) e cultivadas. Foram analisados sete perfis de solo e utilizados mais seis perfis, de outros trabalhos. Nas amostras, foi determinado: granulometria, C orgânico, Al, Ca, Mg, Al+H, K, Na, P, Fe, Ti e Si. Foi também analisada a difração de raios-X na fração argila. Os perfis de solo apresentam relevo plano, cores amarelas, estrutura do horizonte B fraca pequena a média em blocos subangulares e caráter coeso em subsuperfície. A textura é o atributo que mais diferencia os solos estudados entre si. Todos os solos são hipofêrricos e as difrações de raios-X mostram a predominância de caulinita na fração argila dos solos estudados. O CO foi o único atributo de solo testado que variou significativamente entre os materiais superficiais dos solos de floresta, comparativamente aos dos sistemas cultivados (cana, laranja, coco e eucalipto).

Coastal plain soils under natural forests and cultivation

Abstract - Landscapes formed on Barreiras Formation sediments occupy significant area on Brazilian territory. Many of these landscapes have highly intensive agricultural use, due to favorable climate and topography. The objective of this study was to characterize and to compare soil profiles situated on non-dissected coastal plains from southern Bahia to Alagoas, occurring under natural vegetation (forest) and agricultural use. Seven soil profiles were analyzed and data from six soil profiles obtained in other works were incorporated. Particle size distribution, organic C (OC), Al, Ca, Mg, Al+H, K, Na, P, Fe, Ti and Si were determined. Clay mineralogy was analyzed by X-ray diffraction. Soil profiles occur on flat relief, have yellow color, weak small to medium subangular blocky structure on B horizon and sub-superficial cohesive character. Texture was the most significant attribute that differentiated soil profiles from each other. All soils have low Fe content. X-ray diffraction results showed kaolinite dominance in the clay fraction. The soil OC was the only attribute tested that significantly varied between the surface materials of forest soils and the cultivated systems (sugarcane, orange, coconut and eucalyptus).

Introdução

Os tabuleiros costeiros (TC) acompanham grande parte do litoral oriental brasileiro entre o estado do Rio de Janeiro e a cidade de Natal (RN) (Silva et al., 1993). São paisagens formadas por platôs sedimentares associados à Formação Barreiras, Terciário (Filizola et al., 2001). Além da localização estratégica, apresentam elevada intensidade de uso agrícola, principalmente nas suas zonas de superfícies pouco entalhadas, com grande volume de solos planos a quase planos (Jacomine, 2001).

Para essas paisagens ocorre grande predomínio de formações naturais de floresta. Ocorrem ainda alguns enclaves de cerrados e fisionomias semelhantes às restingas, reguladas por solos de textura muito grosseira (Embrapa, 1975; Jacomine, 2001). As formações florestais variam entre a mata úmida e subúmida, a partir de faixas litorâneas sem déficit hídrico expressivo (sul da Bahia) ou com período seco, que pode se situar no inverno ou no verão (Silva et al., 1993), além de um gradiente climático no sentido litoral-interior (Silva & Nascimento, 2001).

As florestas das paisagens de TC sofreram intensa fragmentação desde os primórdios da colonização brasileira e mais intensamente com as políticas de ocupação do território por atividades agroindustriais da década de 1960 (Giulietti & Forero, 1990). As áreas de remanescentes florestais são escassas, ocorrendo casos como do estado de Sergipe, onde essas áreas praticamente inexistem. Nas suas áreas alteradas predominam cultivos perenes a semi-perenes, considerando a fragilidade desses solos ante o revolvimento da camada arável, característica associada à mineralogia caulínica da fração argila (Zangrande & Rezende, 1989; Resende et al., 2011). Solos de TC também apresentam forte deficiência de nutrientes e, de forma muito generalizada, presença de camada coesa em subsuperfície (Gomes et al., 2008; Lima Neto et al., 2009).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar e comparar perfis de solo de superfícies pouco a medianamente entalhadas dos TC entre o sul da Bahia e Alagoas, descritos sob coberturas vegetais naturais (florestas) e cultivadas, considerando a escassez dos remanescentes de vegetação natural dessas paisagens e visando contribuir na tomada de decisões sobre o manejo desses solos.

Material e métodos

Áreas de estudo e descrição dos solos

Cinco áreas de tabuleiros costeiros foram selecionadas para o estudo (Figura 1 e Tabela 1). Elas se encontram nos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, onde os TC totalizam uma área de aproximadamente 52.911 km². As áreas Nova Viçosa, BA (V) e Cruz das Almas, BA (R) apresentam clima tropical com todos os meses chuvosos (mês mais seco com mais de 60 mm de chuva). As áreas Coruripe, AL (C), Umbaúba, SE (U) e Acajutiba, BA (A) estão sob clima tropical chuvoso com verão seco (Silva et al., 1993). Nessas cinco áreas têm-se 13 perfis de solos que representam diferentes combinações de área e uso da terra, entre florestas (primárias ou secundárias com graus de alteração variável) e solos cultivados (Tabela 1). Sete perfis de solo foram coletados e seis perfis pertencem a levantamentos de empresas e outras fontes (Embrapa, 1991; Guia ..., 1998; Araújo et al., 1999), todos descritos conforme Santos et al. (2005). Todos os perfis estão distribuídos do topo à média encosta de superfícies pouco a medianamente dissecadas dos TC.

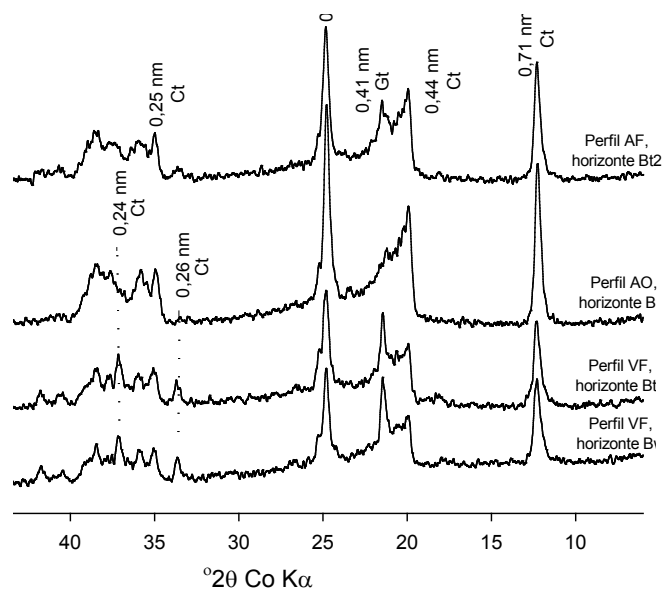


Figura 1. Localização das áreas estudadas nos estados de Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA). C – Coruripe; U – Umbaúba; A – Acajutiba; R – Cruz das Almas; e V – Nova Viçosa.

Tabela 1. Código, localização, uso da terra e características climáticas entre o sul da Bahia e Alagoas dos perfis de solo estudados em região de tabuleiros costeiros.

Código	Município	Coordenada geográfica	Uso da terra	Precipitação anual média (mm)	Clima (Köppen)
CF		9°59'57" S 36°14'33" W	Floresta primária, faixas estreitas entre glebas de plantio de cana-de-açúcar, com bom grau de conservação		
CC1	Coruripe, AL	9°59'59" S 36°15'04" W	Cana-de-açúcar industrial, subsolagem, irrigação, 2º corte pós-plantio, 35 anos de cultivo	1.634	As'
CC2		10°00'26" S 36°14'54" W	Cana-de-açúcar industrial, subsolagem, crotalaria, irrigação, 4º corte pós-plantio, 40 anos de cultivo		
UF		11°22'50" S 37°40'41" W	Floresta secundária, com grau de regeneração baixo		
UL1	Umbaúba, SE	11°22'48" S 37°40'41" W	Laranja pêra sob cavalo de limão cravo, 14 anos de idade, nível de aplicação de insumos intermediário, tratos culturais diversos (com e sem subsolagem, leguminosas entre-linhas e gradagem)	1.387	As'
UL2		11°22'41" S 37°40'36" W			
AF		11°43'30" S 37°58'09" W	Floresta secundária, com grau de regeneração intermediário		
AE	Acajutiba, BA	11°43'02" S 37°59'32" W	Eucalipto industrial de 3 anos	1.430	As'/Aw'
AO		11°39'42" S 38°03'08" W	Coqueiro anão, 25 anos de idade, nível de aplicação de insumos intermediário		
RF		12°39'58" S 39°06'27" W	Floresta primária em área de reserva natural, com grau de conservação baixo e área urbana vizinha		
RL	Cruz das Almas, BA	12°40'53" S 39°04'52" W	Áreas utilizadas com experimentação de laranja e outras cítricas por mais de 40 anos, plantios atuais de 5 a 25 anos, nível de aplicação de insumos intermediário para alto.	1.531	Af/Am
VF	Nova Viçosa, BA	17°47'25" S 39°55'31" W	Floresta secundária, com grau de regeneração bom	1.858	Af/Am
VE		17°47'17" S 39°55'41" W	Eucalipto industrial, rebrota de 1 ano de primeiro plantio colhido com 5 anos		

Análises de solos

As amostras de solo deformadas foram secas ao ar e passadas em peneira de malha 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises físicas e químicas seguiram as recomendações de Claessen (1997).

Para todos os solos, na TFSA foram determinados granulometria, pH em água, C orgânico (CO), elementos do complexo sortivo (Al, Ca, Mg, Al+H, K e Na) e P (Mehlich-1). Com os resultados obtidos nas análises do complexo sortivo foram calculadas a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca catiônica total (CTC) e as saturações por bases (V) e por Al (m).

Em horizontes selecionados dos perfis CF, VF, AF, AE, AO, RF, RL, VF e VE foram realizadas extrações de Fe, Al, Ti, P e Si após tratamento da TFSA com H_2SO_4 1:1 (volume). A partir dessas análises foram calculadas as relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki), $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ (Kr) e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Nos horizontes diagnósticos subsuperficiais (horizonte Bt ou Bw) dos perfis UL2, AF, AO e VE foram separadas amostras de argila a partir da TFSA por sedimentação após dispersão com NaOH $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ (Claessen, 1997), para análises de difração de raios-X (DRX). Os DRX são a técnica mais básica de identificação de minerais do solo (Resende et al., 2011).

Análises estatísticas

Os dados médios dos horizontes superficiais ($n = 13$) foram testados de forma univariada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para amostras de tamanho desigual, na comparação das coberturas vegetais atuais de floresta ($n = 5$) *versus* de produção (cana-de-açúcar, laranja, coco e eucalipto, $n = 8$). Amostras superficiais (horizontes A) foram testadas por serem, tradicionalmente, mais sensíveis aos efeitos da ação antrópica sobre o uso da terra do que amostras subsuperficiais. Correlação linear de Pearson entre diferentes atributos de solo foram determinadas. Uma análise de componentes principais (StatSoft, 2010) foi desenvolvida a partir de atributos químicos das amostras superficiais, descartando aquelas variáveis com redundância de comportamento ou com baixos coeficientes de correlação.

Resultados

Características gerais e morfológicas

Todos os perfis apresentaram relevo plano de topo de elevação, exceto o perfil UF, uma meia-encosta muito suave e plana (Tabela 2). A cor amarela foi altamente

predominante, com apenas um solo apresentando cores acinzentadas no seu horizonte diagnóstico e, por isso, classificado como Argissolo Acinzentado. A estrutura de todos os horizontes B (Bt ou Bw) foi fraca, pequena a média, blocos subangulares, por muitas vezes acrescida da adjetivação maciça ou com partes maciças. A presença de mosqueado também foi bastante comum, não estando descrita em apenas quatro (AE, RF, RL e VE) dos 13 perfis. A profundidade de ocorrência do mosqueado e a quantidade também variaram. Para alguns casos o mosqueado iniciou-se superficialmente, como um reflexo da diminuição do fluxo de água pela presença de coesão em subsuperfície. Um aspecto que diferenciou os perfis foi a textura, aliada a espessura da transição entre os horizontes A e B (Tabelas 2 e 3). Essas características influenciaram a expressão e a profundidade de ocorrência do caráter coeso, que estava presente em todos os perfis, ou seja, a presença de consistência muito dura a extremamente dura quando o solo está seco.

Características físicas e químicas

A textura do horizonte superficial variou de areia a franco-argilo-arenosa, com um predomínio de franco-arenosa (sete dos treze perfis). Os perfis de Cruz das Almas (RF e RL) apresentaram um teor de argila mais acentuado desde a superfície, sendo os perfis com maior diferencial neste aspecto. Os perfis de Coruripe também se destacaram quanto à textura do horizonte superficial por uma conjunção da sua textura grosseira com uma maior espessura (40 a 45 cm) relativamente aos outros perfis estudados. A textura do topo do horizonte B variou de franco-arenosa (textura média) a argila-arenosa, mas com predomínio de franco-argilo-arenosa (oito perfis dos treze) (Tabelas 2 e 3).

Nas características químicas, predominaram solos epieutróficos e epidistróficos, sendo que apenas um solo apresentou-se álico em superfície (média do horizonte A). Nos horizontes B predominou o caráter distrófico e apenas o perfil RF apresentou predomínio de caráter álico. A CTC dependente do teor de CO (Figura 2), apresentou médias de 4,18 e 3,05 cmolc dm^{-3} nos horizontes A e B, respectivamente. Valores de P e do complexo sortivo foram influenciados por adubações e correções nos perfis sob uso agrícola. Observou-se valor muito elevado de P do horizonte Ap do perfil CC1 (88,0 mg dm^{-3}).

Tabela 2. Características gerais dos perfis de solo estudados entre o sul da Bahia e Alagoas.

Código	Classe de solo ¹	Textura ²	Relevo	Drenagem	Espessura do horizonte A cm	Estrutura do primeiro horizonte B (inclusive BA) ³	Cor predominante do horizonte B	Profundidade de ocorrência de mosqueado	Presença e profundidade de horizonte cimentado
CF	PA dx fragipânico	fa/fra	topo plano	moderadamente drenado	40	fraca pequena - média bsa e ba com partes maciças	10YR 6/4	60	fragipã descontínuo - 90 cm
CC1	PA dx abrupto fragipânico	fa/r	topo plano	moderadamente drenado	45	maciça	10YR 6/4	46	fragipã - 76 cm
CC2	PA dx abrupto fragipânico	a/r	topo plano	moderadamente drenado	40	maciça	10YR 6/4	108	fragipã - 108 cm
UF	PA ex típico	fa/fra	meia encosta plana	bem a moderadamente drenado	17 (24)	maciça que se desfaz em fraca pequena - média bsa	7,5YR 5/7	17	ausente
UL1	PAC ex fragipânico	fa/r	topo plano abaciado	moderadamente drenado	20	fraca pequena - média bsa com partes maciças	10YR 6/3	42	85
UL2	PA dx fragipânico	fa/fra/ra	topo plano abaciado	moderadamente drenado	13	maciça que se desfaz em fraca média - grande bsa	10YR 4,5/3	49	65
AF	PA dx típico	fa/ra	topo plano	bem drenado	13	fraca pequena - média bsa	7,5YR 6/8	140	ausente
AE	PA ex típico	fa/fra	topo plano	bem drenado	15	maciça com partes fraca pequena - média bsa	10YR 5/8	ausente	ausente
AO	PA dx típico	fa/fra	topo plano	bem a moderadamente drenado	14	fraca pequena - média com partes maciças	10YR 6/4	145	ausente
RF	LAdx típico	fra/ra	topo plano	bem drenado	56	fraca pequena - média bsa	10YR 5/4	ausente	ausente
RL	LAdx típico	fra/ra	topo plano	bem drenado	38	fraca pequena - média bsa	10YR 5/4	ausente	ausente
VF	PA dx abrupto	fa/r	topo plano	bem drenado	15	fraca pequena - média bsa com partes maciças	10YR 6/6	superficiais, acima e no topo do B	ausente
VE	PA dx típico	af/fra	topo plano	bem drenado	17	fraca - moderada pequena - média bsa	10YR 5/8	ausente	ausente

¹Ordem e Subordem: LA = Latossolo Amarelo, PA = Argissolo Amarelo, PAC = Argissolo Acinzentado. Grande grupo: dx = Distrocioso, ex = Eutrocioso.²Textura: a = areia, af = areia-franca, fa = franco-arenosa, fra = franco-argilo-arenosa, ra = argila-arenosa, r = argila.³Estrutura: bsa = blocos subangulares, ba = blocos angulares.

Tabela 3. Algumas características físicas e químicas dos horizontes genéticos dos perfis de solo estudados entre o sul da Bahia e Alagoas

Horizonte	Profundidade cm	Areia	Silte dag kg ⁻¹	Argila	CO ¹ dag dm ⁻³	P mg dm ⁻³	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB ¹	CTC ¹	V ¹ m ¹	%
Perfil Coruripe floresta – CF																	
A1	0 – 12	58	34	8	2,00	3,5	5,7	2,16	1,66	0,08	0,04	0,00	2,59	3,94	6,52	60	4
A2	12 – 25	72	18	10	1,39	1,9	5,4	1,94	0,72	0,07	0,02	0,05	1,97	2,75	4,72	58	2
AB	25 – 40	70	16	14	1,19	1,0	5,1	1,41	0,5	0,08	0,02	0,10	2,42	2,01	4,43	45	5
Bt1	40 – 60	52	22	26	1,18	1,1	4,8	0,54	0,38	0,08	0,03	0,60	3,22	1,03	4,25	24	37
Bt2	60 – 85 (95)	50	10	39	0,81	1,5	4,6	0,24	0,48	0,09	0,02	1,00	2,98	0,82	3,80	22	55
Btx	85 (95) – 135 (150)	54	22	24	0,71	0,0	4,6	0,1	0,38	0,08	0,04	0,90	3,11	0,60	3,71	16	60
Perfil Coruripe cana-de-açúcar 1 – CC1																	
Ap	0 – 21	86	4	10	1,09	88,0	5,8	1,75	0,50	0,04	0,03	0,10	1,54	2,32	3,86	60	4
AB	21 – 45	80	4	16	0,58	1,8	6,6	1,51	0,36	0,05	0,02	0,15	0,15	1,94	2,09	93	7
BA	46 – 76	58	9	32	0,65	1,8	6,4	1,67	0,25	0,04	0,02	0,40	2,42	1,98	4,40	45	17
Btx1	76 – 132	31	14	55	0,30	0,9	5,0	0,81	0,41	0,02	0,02	1,07	3,69	1,26	4,95	25	46
Perfil Coruripe cana-de-açúcar 2 – CC2																	
Ap	0 – 20	88	7	5	0,68	30,0	7,1	1,64	1,34	0,03	0,02	0,00	0,00	3,03	3,03	100	0
AB	20 – 40	86	7	7	0,45	32,0	7,1	1,54	0,61	0,02	0,01	0,00	0,00	2,18	2,18	100	0
BA	40 – 65	78	8	14	0,34	40,0	6,2	1,23	0,83	0,05	0,01	0,03	2,19	2,12	4,31	49	1
Bt	65 – 108	62	12	26	0,24	3,0	5,0	0,83	0,62	0,03	0,01	0,71	3,00	1,49	4,49	33	32
Btx	108 – 200	53	12	35	0,22	2,0	5,0	0,83	0,61	0,02	0,01	0,52	2,64	1,47	4,11	36	26
Perfil Umbaúba floresta – UF																	
A1	0 – 12	78	15	7	2,09	0,9	4,7	1,52	0,89	0,08	0,04	0,10	2,34	2,53	4,87	52	4
A2	12 – 17 (24)	68	15	17	1,17	0,0	4,5	0,41	0,20	0,06	0,04	0,40	2,27	0,71	2,98	24	36
BA	17 (24) – 41 (65)	54	13	33	0,86	0,0	4,6	0,75	0,83	0,04	0,05	0,30	1,70	1,67	3,37	50	15
Bt1	41 (65) – 70 (85)	36	31	33	0,67	0,0	5,0	1,37	0,45	0,02	0,04	0,20	1,31	1,88	3,19	59	10
Bt2	70 (85) – 148	44	21	35	0,56	0,0	5,0	1,46	0,33	0,02	0,04	0,15	1,25	1,85	3,10	60	8
Bt3	148 – 200	47	25	28	0,49	0,0	5,0	1,34	0,31	0,01	0,05	0,05	1,06	1,71	2,77	62	3
Perfil Umbaúba laranja 1 – UL1																	
Ap	0 – 20	80	6	14	1,47	5,0	4,8	0,60	0,50	0,04	0,14	0,30	1,60	1,28	2,88	44	19
BA	20 – 40	67	6	27	0,75	1,0	4,7	0,70	0,40	0,02	0,12	0,30	1,40	1,24	2,64	47	19
Bt	40 – 85	57	8	35	0,75	0,0	4,8	1,00	0,60	0,02	0,08	0,20	0,90	1,70	2,60	65	11
Btx1	85 – 140	50	15	35	0,46	0,0	4,9	1,20	0,50	0,02	0,09	0,10	1,00	1,81	2,81	64	5

¹CO = C orgânico, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por Al.

Tabela 3. Continuação.

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	CO ¹	P	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB ¹	CTC ¹	V ¹	m ¹
cm			dag kg ⁻¹		dag dm ⁻³	mg dm ⁻³											%
Perfil Umbatuba laranja 2 - UL2																	
Ap	0 – 13	69	16	15	1,16	2,3	5,5	1,30	0,30	0,14	0,05	0,00	2,60	1,79	4,39	41	0
BA1	13 – 36	70	7	23	0,64	0,9	5,9	1,20	0,50	0,10	0,04	0,20	2,10	1,84	3,94	47	10
BA2	36 – 49	63	6	31	0,58	0,6	5,8	1,00	0,50	0,16	0,05	0,30	2,60	1,71	4,31	40	15
Bt	49 – 65 (105)	59	4	37	0,35	0,6	5,4	0,80	0,50	0,38	0,36	0,40	2,90	2,04	4,94	41	16
Btx1	65 (105) – 116 (146)	68	12	20	0,87	0,9	5,5	0,30	0,10	0,03	0,04	0,10	4,50	0,47	4,97	9	18
Perfil Acajutiba floresta – AF																	
A	0 – 13	69	11	19	1,97	0,0	4,9	1,56	0,86	0,08	0,09	0,10	1,82	2,59	4,41	59	4
Bt1	13 – 40	60	5	35	1,33	0,0	4,4	0,30	0,38	0,01	0,04	0,55	2,34	0,73	3,07	24	43
Bt2	40 – 100	58	9	33	0,81	0,0	4,5	0,30	0,12	0,02	0,04	0,30	1,68	0,48	2,16	22	38
Bt3	100 – 140	58	11	31	0,44	0,0	4,7	0,30	0,09	0,01	0,04	0,35	1,72	0,44	2,16	20	44
Perfil Acajutiba eucalipto – AE																	
Ap	0 – 15	64	16	20	1,97	8,7	5,6	3,66	0,99	0,08	0,04	0,00	1,59	4,76	6,35	75	0
BA	15 – 35	56	12	32	1,00	1,9	5,6	2,13	0,63	0,08	0,02	0,00	1,01	2,86	3,87	74	0
Bt1	35 – 65	48	12	39	0,67	1,2	5,5	1,37	0,8	0,06	0,07	0,05	1,39	2,30	3,69	62	2
Bt2	65 – 110	44	20	36	0,49	1,0	5,2	0,54	0,81	0,04	0,01	0,05	1,10	1,40	2,50	56	3
Bt/Bw	110 – 155	46	26	27	0,39	1,4	5,0	0,48	0,65	0,03	0,01	0,10	1,18	1,17	2,35	50	8
Perfil Acajutiba coco – AO																	
Ap	0 – 14	73	11	15	1,35	6,2	4,7	1,22	0,29	0,13	0,05	0,10	1,82	1,69	3,51	48	6
BA	14 – 40	67	8	25	0,79	0,0	4,5	0,54	0,27	0,10	0,05	0,40	1,84	0,96	2,80	34	29
Bt1	40 – 90	65	8	27	0,48	0,0	4,3	0,43	0	0,08	0,04	0,45	1,29	0,55	1,84	30	45
Bt2	90 – 145	63	8	29	0,48	1,2	4,5	0,34	0,13	0,05	0,03	0,25	1,18	0,55	1,73	32	31

¹CO = C orgânico, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por Al.

Tabela 3. Continuação.

Horizonte	Profundidade	Areia	Silte	Argila	CO ¹	P	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	SB ¹	CTC ¹	V ¹	m ¹
cm			dag kg ⁻¹		dag dm ⁻³	mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³					%
Perfil Cruz das Almas floresta – RF																	
A1	0–7	72	7	21	1,46	0,0	4,4	1,50	0,30	0,14	0,06	0,50	4,40	2,00	6,40	31	20
A2	7–21	73	5	22	0,49	0,0	4,1	0,20	0,20	0,04	0,02	0,70	2,60	0,46	3,06	15	60
AB1	21–38	73	4	23	0,32	0,0	4,1	0,20	0,20	0,04	0,02	0,70	2,50	0,46	2,96	16	60
AB2	38–56	64	6	30	0,59	1,0	4,3	0,10	0,10	0,04	0,02	1,00	3,20	0,26	3,46	8	79
BA	56–85	56	6	38	0,27	0,0	4,3	0,10	0,10	0,02	0,02	1,20	3,50	0,24	3,74	6	83
Bw1	85–130	55	7	38	0,24	0,0	4,3	0,10	0,10	0,01	0,02	1,20	2,90	0,23	3,13	7	84
Bw2	130–220	42	5	53	0,19	0,0	4,7	0,40	0,40	0,01	0,04	0,80	2,30	0,85	3,15	27	48
Perfil Cruz das Almas laranja – RL																	
Ap	0–9	62	10	28	0,89	10,0	6,0	2,00	0,5	0,53	0,09	0,00	1,70	3,12	4,82	65	0
AB	9–38	56	8	36	0,39	<1	5,2	0,70	0,20-	0,25	0,04	0,30	2,10	1,19	3,29	36	20
Bw1	38–72	53	9	38	0,31	<1	4,8	0,70	0,20-	0,14	0,03	0,30	1,90	1,07	2,97	36	22
Bw2	72–120	51	9	40	0,29	<1	4,7	0,65	0,15-	0,13	0,02	0,50	1,80	0,95	2,75	35	34
Bw3	120–160	37	8	55	0,26	<1	4,6	0,90	0,20	0,13	0,02	0,50	2,40	1,25	3,65	34	29
Perfil Nova Viçosa floresta – VF																	
A	0–15	77	16	7	2,04	0,7	6,3	4,23	0,52	0,09	0,04	0,00	0,18	4,88	5,06	96	0
BA	15–30	65	19	16	1,01	0,0	5,9	3,04	0,59	0,07	0,06	0,00	0,71	3,76	4,47	84	0
Bt1	30–60	41	15	44	0,89	0,0	5,1	1,39	1,13	0,08	0,06	0,05	1,63	2,65	4,28	62	2
Bt2	60–125	37	9	54	0,60	0,0	4,5	0,30	0,09	0,23	0,10	0,95	2,50	0,72	3,22	22	57
Bw	125–200	45	21	34	0,38	0,0	4,4	0,30	0,12	0,26	0,10	0,50	1,94	0,77	2,71	29	39
Perfil Nova Viçosa eucalipto – VE																	
Ap1	0–7	88	1	11	1,19	0,4	5,3	0,98	0,28	0,08	0,02	0,00	3,20	1,36	4,56	30	0
Ap2	7–17	88	0	12	1,05	0,4	5,5	1,22	0,24	0,06	0,01	0,00	2,20	1,53	3,73	41	0
BA	17–41	79	1	20	0,69	0,2	5,7	1,44	0,14	0,06	0,01	0,00	1,10	1,65	2,75	60	0
Bt1	41–75	57	1	42	0,65	0,1	5,9	0,87	0,16	0,05	0,01	0,00	0,90	1,09	1,99	55	0
Bt2	75–124	45	0	55	0,47	0,2	5,2	0,46	0,15	0,03	0,02	0,40	2,00	0,66	2,66	25	38
Bt3	124–150	44	1	55	0,50	0,1	4,8	0,01	0,13	0,01	0,01	0,70	2,30	0,16	2,46	7	81

¹CO = C orgânico, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, m = saturação por Al.

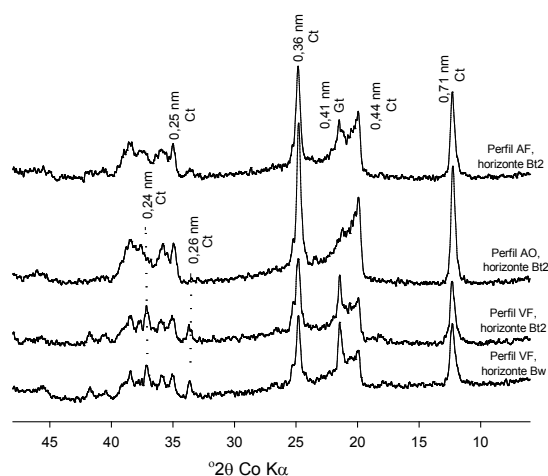


Figura 2. Valores da capacidade de troca catiônica (CTC) em função do C orgânico. Legenda: A – amostras do horizonte A; B – amostras do horizonte B. N = 74.

Todos os solos estudados eram hipoférricos, sendo os valores médios de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico de 2,0 e 3,8 dag kg^{-1} para o total dos horizontes A e B, respectivamente. As relações Ki, Kr e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ variaram pouco entre os horizontes A e B, sendo ligeiramente mais elevadas nas médias do horizonte B (Tabela 4).

Entre os atributos estudados, apenas o CO apresentou diferença significativa entre a média das amostras superficiais de solos sob floresta e sob cultivo (Tabela 5).

Mineralogia

As DRX disponíveis (perfis UL2, AF, AO e VF) mostraram a predominância de caulinita na fração argila dos solos estudados. Picos de goethita aparecem em horizontes dos perfis AF e VF (Figuras 3 e 4).

Tabela 4. Teores de óxidos obtidos pelo ataque sulfúrico e relações moleculares de alguns horizontes dos solos estudados.

Perfil	Horizonte	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Ki	Kr	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$
dag kg⁻¹								
CF	A1	4,4	4,6	0,8	0,7	1,60	1,44	8,97
	A2	5,2	5,1	0,6	0,9	1,72	1,60	13,34
	AB	7,8	8,2	0,9	1,3	1,62	1,51	14,27
	Bt1	13,7	12,8	1,3	1,1	1,81	1,70	15,36
	Btx	24,6	22,0	2,9	2,1	1,90	1,75	11,71
	Bw/Btx	24,2	23,2	2,7	2,1	1,77	1,65	13,30
UF	A1	4,8	5,1	0,7	0,5	1,60	1,48	11,46
	A2	8,2	8,2	1,2	0,7	1,70	1,55	10,69
	BA	14,6	12,3	2,1	1,2	2,02	1,82	9,13
	Bt1	17,4	15,3	2,3	1,3	1,92	1,76	10,52
	BC	20,0	18,5	3,0	1,8	1,84	1,66	9,59
AF	A	9,9	9,0	2,1	0,9	1,86	1,62	6,64
	Bt1	15,5	15,2	3,1	1,4	1,73	1,53	7,59
	Bt3	19,7	19,3	4,4	1,4	1,73	1,51	6,81

Tabela 4. Continuação.

Perfil	Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Ki	Kr	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
dag kg ⁻¹								
AE	Ap	11,0	10,5	2,6	1,0	1,78	1,53	6,30
	BA	15,8	14,1	3,9	1,3	1,90	1,61	5,63
	Bt1	17,9	17,5	4,9	1,5	1,74	1,47	5,54
	Bt/Bw	20,7	19,5	5,2	1,4	1,80	1,54	5,83
AO	Ap	7,7	7,7	1,0	0,5	1,71	1,58	12,04
	BA	13,0	12,8	1,1	0,8	1,72	1,63	18,10
	Bt1	13,6	13,3	1,3	0,8	1,73	1,62	15,94
	Bt3	17,1	15,6	1,6	1,0	1,85	1,74	15,02
RF	O/A	8,7	8,6	1,9	0,8	1,72	1,50	7,09
	A1	8,6	8,3	2,0	0,8	1,76	1,52	6,50
	A2	10,1	9,5	2,5	0,9	1,80	1,54	5,95
	AB1	10,7	10,1	2,9	1,0	1,80	1,52	5,45
	AB2	12,3	12,3	3,0	1,0	1,70	1,47	6,42
	BA	14,5	14,4	3,5	1,1	1,71	1,48	6,44
	Bw1	14,8	14,9	3,7	1,1	1,69	1,45	6,31
	Bw2	20,7	21,4	5,5	1,1	1,64	1,41	6,09
RL	Ap	11,2	9,0	3,8	1,6	2,11	1,66	3,71
	AB	13,3	11,7	4,3	1,6	1,93	1,56	4,26
	Bw1	13,7	12,7	4,5	1,5	1,83	1,49	4,42
	Bw3	20,5	18,4	6,8	1,7	1,89	1,53	4,24
VF	A	7,39	7,7	2,2	0,7	1,63	1,38	5,46
	BA	12,19	12,1	3,5	1,5	1,71	1,44	5,36
	Bt1	19,98	19,3	6,5	2,3	1,75	1,44	4,68
	Bw	22,31	21,1	8,0	1,7	1,79	1,44	4,14
VE	Ap1	3,38	2,6	1,0	0,2	2,18	1,77	4,25
	Bt1	18,63	15,2	5,7	0,1	2,08	1,68	4,18

Tabela 5. Valores médios e desvio padrão de alguns atributos físicos e químicos, segundo os grupos de uso da terra floresta (n = 5) e produção (n = 8), de amostras superficiais (horizonte A) de perfis de solo estudados entre o sul da Bahia e Alagoas.

Atributo	Unidade	Floresta	Produção
Argila	dag kg ⁻¹	12a ± 7 ⁽¹⁾	15a ± 7
C orgânico	dag dm ⁻³	1,91a ± 0,26	1,22b ± 0,39
P assimilável	mg dm ⁻³	1,02a ± 1,44	18,82a ± 29,4
pH H ₂ O	-	5,2a ± 0,78	5,6a ± 0,75
Ca	cmol _c dm ⁻³	2,19a ± 1,17	1,64a ± 0,93
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,85a ± 0,52	0,59a ± 0,38
K	cmol _c dm ⁻³	0,09a ± 0,03	0,13a ± 0,17
Al	cmol _c dm ⁻³	0,18a ± 0,19	0,06a ± 0,11
Al+H	cmol _c dm ⁻³	2,27a ± 1,52	1,76a ± 0,92
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	3,19a ± 1,19	2,42a ± 1,18
CTC	cmol _c dm ⁻³	5,45a ± 0,95	4,17a ± 1,13
V	%	60a ± 24	58a ± 22
m	%	6a ± 8	4a ± 7

(1) Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

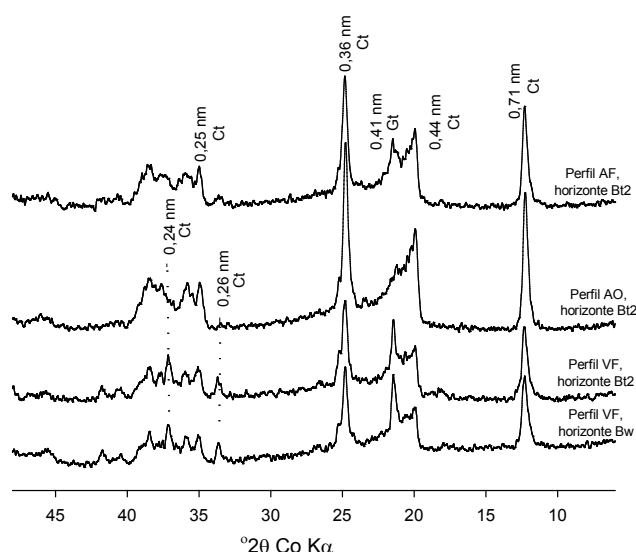


Figura 3. Difração de raios X de amostras de argila natural (não orientadas), horizontes B selecionados dos perfis AF, AO e VF. Ct = caulinita e Gt = goethita.

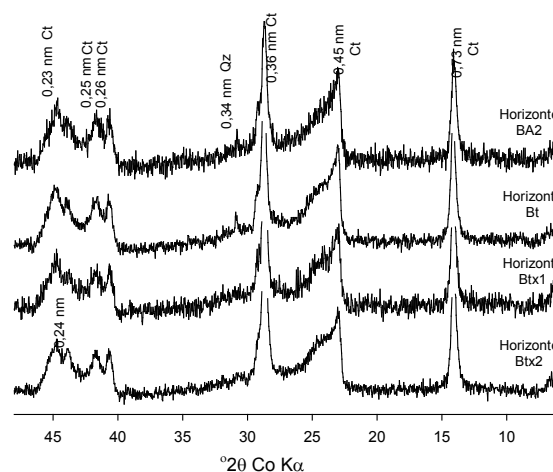


Figura 4. Difração de raios X de amostras de argila natural (não orientadas), perfil UL2, horizontes B selecionados. Ct = caulinita e Qz = quartzo.

Discussão

As DRX da fração argila, ao mostrarem grande predomínio de caulinita, são coerentes com o observado por outros trabalhos (Moreau et al., 2006b; Corrêa et al., 2008; Gomes et al., 2008). Essa mineralogia extremamente caulinitica e uniforme (Figuras 3 e 4) é esperada para os topos aplainados dos TC e faz com que a variação da textura do solo ganhe em importância na distinção de ambientes e no comportamento agrícola dos solos (Universidade Federal de Viçosa, 1984; Gomes et al., 2008). No caso do universo de solos estudados, espera-se que o manejo da coesão nos Latossolos de Cruz das Almas (RF e RL) seja relativamente mais complexo, por possuírem teores de argila em superfície (horizonte A) que chega a ser maior que o topo do horizonte B de parte dos outros perfis. Os solos de Umbaúba e Acajutiba não ficam longe disso, por apresentarem topo do horizonte B com profundidade ≤ 20 cm e teores de argila ≥ 27 dag kg⁻¹. O contrário ocorre com os perfis de Coruripe. Embora fragipânicos, a espessura acentuada (40 e 45 cm) e o baixo teor de argila do horizonte A dos perfis (CF, CC1 e CC2) facilitam o manejo agrícola, ou seja, o caráter coeso dependerá de maior período de deficiência de água para se expressar e também se expressará de forma mais forte em maior profundidade. Foi considerado que a expressão da coesão também é influenciada pela distribuição de chuvas ou pelo uso de irrigação (Moreau et al., 2006a; Gomes et al., 2008).

A correlação entre argila e CO é negativa ($r = -0,56$, $p < 0,01$) (Figura 5). Essa correlação negativa ainda ocorre para as amostras isoladas do horizonte A ($r = -0,42$, $p < 0,05$) e é antagônica a muitos trabalhos com solos de argila de atividade baixa (Feller & Beare, 1997; Plante et al., 2006). A mineralogia extremamente caulinítica da fração argila dos solos estudados impõe uma estrutura fraca em blocos, menor porosidade e menor permeabilidade (Ferreira et al., 1999; Resende et al., 2011). Essas características podem trazer consequências ao estoque de CO no solo. É provável que, nos solos de TC, o efeito protetor da fração fina sobre o CO do solo seja sobrepujado por uma condição física mais profícua que inclua horizontes superficiais mais espessos e de textura mais grosseira. O modelo começa a ser alterado se o aumento de argila em profundidade não ocorrer ou ocorrer em profundidades que resultem em uma diminuição na economia de água do perfil de solo. Em vista disso, a CTC, além de apresentar valores absolutos muito baixos, é muito dependente do teor de CO ($r = 0,58$ para o total dos materiais e $r = 0,73$ para as amostras do horizonte A, ambos $p < 0,01$, Figura 2), e não apresenta correlação significativa com o teor de argila.

Os teores baixos de Fe_2O_3 são extremamente correlacionados com o teor de argila (Figura 6, $r = 0,73$, $n = 43$, $p < 0,01$), não sendo constatado uma perda de Fe em superfície, como sugerido por Moreau et al. (2006a) para solos da Formação Barreiras. As relações K_i , K_r e $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ são coerentes com as observadas por outros trabalhos para solos desenvolvidos da Formação Barreiras (Filizola et al., 2001; Moreau et al., 2006a; Gomes et al., 2008).

O teor médio de CO foi significativamente maior ($p < 0,05$) nos materiais de solo superficiais da floresta comparativamente aos de sistemas cultivados (Tabela 5). Teores mais altos de CO em solos florestais são atribuídos, em geral, à degradação imposta pelo uso e ao maior aporte global de matéria orgânica proporcionada pela floresta, proveniente da deposição contínua e variada de substratos orgânicos (Cardoso et al., 2010). Embora este tenha sido o único atributo significativamente diferente entre o agrupamento de solos florestais e os cultivados, um bom isolamento dos materiais superficiais sob

floresta foi alcançado pelo segundo eixo da análise de componentes principais (ACP) (Figura 7), muito influenciado pelo CO e, em segundo plano, pela CTC. Esse isolamento só não foi total pela sobreposição de um dos sítios de eucalipto aos de floresta. Além disso, o outro sítio sob eucalipto ficou, relativamente aos outros sistemas de cultivo, mais próximo aos sítios sob floresta no plano de ordenamento.

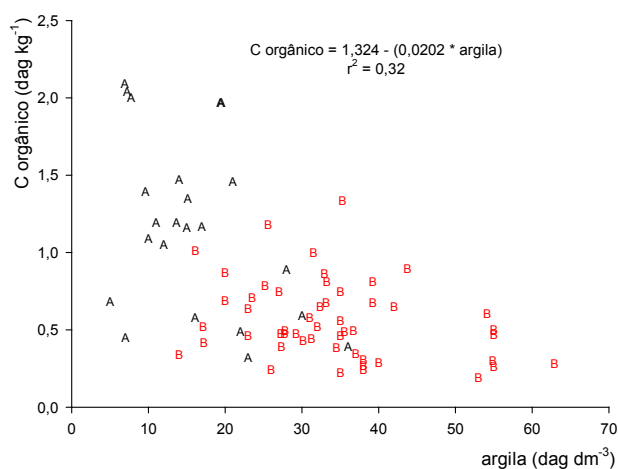


Figura 5. Teores de C orgânico em função da argila. Legenda: A – amostras do horizonte A; B – amostras do horizonte B. N = 74.

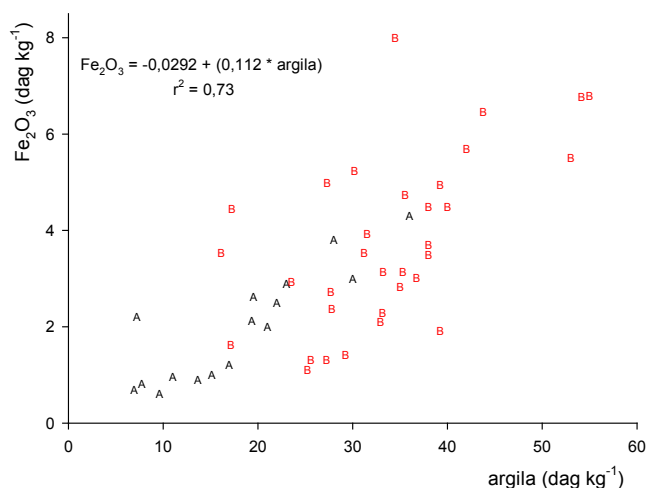


Figura 6. Teores de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico em função da argila. Legenda: A – amostras do horizonte A; B – amostras do horizonte B. N = 49.

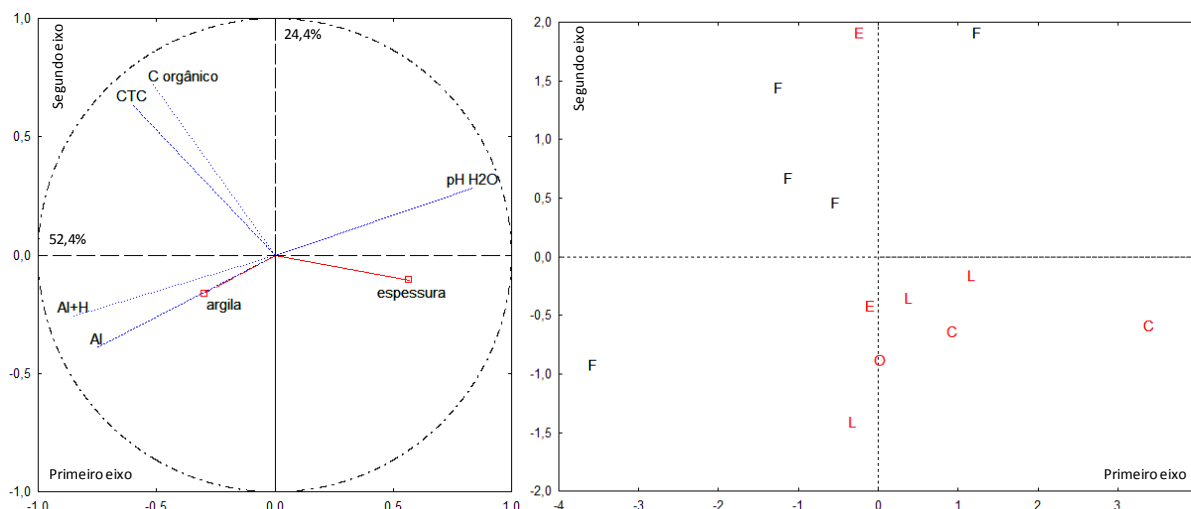


Figura 7. Análise de componentes principais de amostras superficiais dos solos estudados e agrupados pelo uso atual. (A) Círculo de autovetores das variáveis (CTC = capacidade de troca catiônica), sendo vetores em vermelho de variáveis suplementares, e autovalores dos eixos; (B) Plano de dispersão de pontos. Códigos de cada grupo: F = floresta, C = cana-de-açúcar; L = laranja; O = coco; E = eucalipto (usos da terra diferentes de floresta, em vermelho).

Conclusões

O teor de CO é negativamente correlacionado com o teor de argila nos solos estudados, todos de topo a meia encosta de tabuleiros costeiros.

A mineralogia da fração argila é amplamente dominada pela caulinita, conforme indicam os resultados de DRX e coerente com a ocorrência de teores baixos de Fe_2O_3 , valores da relação Ki entre 1,60 e 2,18 e, conseqüentemente, solos desenvolvidos em materiais da Formação Barreiras.

O CO do solo foi o único atributo testado que variou significativamente entre os materiais superficiais dos solos de floresta, comparativamente aos dos sistemas cultivados (cana, laranja, coco e eucalipto).

Referências

- ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; NOGUEIRA, L. R. Q.; BARRETO, A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região dos tabuleiros costeiros e da baixada litorânea do estado de Sergipe**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa, 4).
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURTI, N.; FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, p. 1028-1035, 2010.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURTI, N.; TORRES, T. C. P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 32, p. 297-313, 2008.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Sergipe**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CPP; Recife: SUDENE-DRN, 1975. 506 p. (EMBRAPA-CPP. Boletim técnico, 36; SUDENE-DRN. Série recursos de solos, 6).
- EMBRAPA. **Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS, 1991. 126p. (Embrapa-CNPMP, Boletim de Pesquisa, 39).
- FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p. 69-116, 1997.
- FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURTI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 23, p. 507-514, 1999.
- FILIZOLA, H. F.; LAMOTTE, M.; FRITSCH, E.; BOULET, R.; ARAÚJO F., J. C.; SILVA, F. B. R.; LEPRUN, J. C. Os fragipãs e duripãs das depressões dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro: uma proposta de evolução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 25, p. 947-963, 2001.

- GIULIETTI A. M.; FORERO, E. "Workshop" diversidade taxonômica e padrões de distribuição das angiospermas brasileiras: introdução. **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 4, p. 3-9, 1990.
- GOMES, J. B. V.; BOLFE, E. L.; CURI, N.; FONTES, H. R.; BARRETO, A. C.; VIANA, R. D. Variabilidade espacial de atributos de solos em unidades de manejo em área piloto de produção integrada de coco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 30, p. 1021-1030, 2008.
- GUIA da excursão técnica: solos coesos de tabuleiros costeiros. Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira; Campinas: Fundação Cargill, 1998. 84 p.
- JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 19-46.
- LIMA NETO, J. de A.; RIBEIRO, M. R.; CORRÊA, M. M.; SOUZA J., V. S.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. de A. e L. Caracterização e gênese do caráter coeso em Latossolos Amarelos e Argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 33, p. 1001-1011, 2009.
- MOREAU, A. M. S. dos S.; KER, J. C.; COSTA, L. M.; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 30, p. 1007-1019, 2006a.
- MOREAU, A. M. S. dos S.; COSTA, L. M.; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 30, p. 1021-1030, 2006b.
- PLANTE, A. F.; CONANT, R. T.; STEWART, C. E.; PAUSTIAN, K.; SIX, J. Impact of soil texture on the distribution of soil organic matter in physical and chemical fractions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 70, p. 287-296, 2006.
- RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros**: interpretação e aplicações. 2. ed. Lavras, MG: UFLA, 2011. 206 p.
- 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: SBCS, 2005. 100 p.
- SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO F., J. C.; LEITE, A. P. **Zonamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1993. 387 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 80).
- SILVA, G. C.; NASCIMENTO, M. T. Fitossociologia de um remanescente de mata sobre tabuleiros no norte do estado do Rio de Janeiro (Mata do Carvão). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 24, p. 51-62, 2001.
- STATSOFT. **Statistica**: data analysis software system: version 9.1. 2010.
- 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, MG, 1984. 153 p. (Convênio n. 545-81 Cia. Vale do Rio Doce – Universidade Federal de Viçosa).
- ZANGRANDE, M. B.; REZENDE, S. B. Características de um Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto dos platôs litorâneos do norte do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 36, p. 147-172, 1989.