



XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

“EDUCAR para PRESERVAR el suelo y conservar la vida en La Tierra”

Cusco – Perú, del 9 al 15 de Noviembre del 2014
Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco

RELAÇÕES ENTRE O CARBONO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLOS HÚMICOS, NORDESTE-BRASIL

Araujo, J.K.S. ¹; Souza-Júnior, V.S. ^{1*}; Marques, F.A. ²; Souza, R.A.S. ³; Voroney, P. ⁴

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco

* Autor correspondente: Email: valdomiro@ufrpe.com Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil; 55 81 3320 6220

² Embrapa Solos/UEP Nordeste

³ Universidade Federal Rural da Amazônia

⁴ University of Guelph

RESUMO

A ocorrência de Latossolos com horizonte A húmico (Lh) espesso (> 100 cm) é rara no Nordeste do Brasil. Nessa região, tais solos ocorrem comumente em elevadas altitudes, constituindo ambientes diferenciados da região semiárida circundante, sendo intensamente utilizados para a agropecuária. A estabilidade da matéria orgânica do solo (MOS) em Lh ainda é pouco compreendida, assim, testou-se as hipóteses: i) o acúmulo de carbono (C) é favorecido pela menor taxa de decomposição da MOS decorrente da maior altitude; e ii) a associação do C com as formas de ferro (Fe) e alumínio (Al) é um mecanismo importante para a proteção da MOS. Objetivou-se relacionar os atributos químicos com a variação do C em profundidade, e obter subsídios para explicar a preservação do C nestes solos. Foram selecionados cinco perfis de Lh em diferentes condições de clima, vegetação e altitude, e os seus atributos químicos determinados, como pH, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ e K⁺ trocáveis, H + Al, P disponível, C total, orgânico e lábil. Fe e Al nas formas cristalinas, de baixa cristalinidade e formas associadas à MOS extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, oxalato ácido de amônio e pirofosfato de sódio, respectivamente. Os Lh apresentam acúmulo de C relativamente alto, independente da altitude, e relacionado à reação ácida, distrofia e elevada saturação por Al. O Fe de baixa cristalinidade apresentou maior correlação (r = 0,61, P<0,05) com as formas de C do que as formas de Al livre (r = 0,46, P<0,05) e amorfo (r = 0,44, P<0,05).

PALAVRAS-CHAVE

Horizonte A húmico; solos altimontanos; carbono orgânico do solo

INTRODUÇÃO

Latossolos com horizonte A húmico (Lh) hiperdesenvolvido (>100 cm) são caracterizados por uma coloração escura, refletindo o expressivo conteúdo de carbono orgânico (CO) distribuído em profundidade.

O horizonte A húmico é definido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS – EMBRAPA, 2013) como um horizonte mineral superficial com valor e croma (cor do solo úmido) ≤ 4 , saturação por bases (V%) $< 65\%$, e espessura e conteúdo de CO dentro de limites específicos. A ocorrência de Lh têm sido constatada frequentemente em ambientes de clima ameno ou associados a elevadas altitudes nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, com algumas ocorrências em áreas altimontanas no Nordeste (Ker, 1997).

Segundo Lepsch e Buol (1986), os Lh são remanescentes preservados, resultantes da acumulação de MOS sob diferentes condições climáticas pretéritas. Silva e Vidal Torrado (1999) sugerem que o espessamento e melanização do horizonte A húmico em Latossolos poderia também ser resultado da decomposição e redistribuição de materiais carbonizados pela fauna do solo. Marques et al. (2011), por sua vez, verificou que a estabilização do C em Lh da região Sul, Sudeste e Nordeste está relacionada principalmente a interação do C com estruturas de Al pobremente cristalinas. Outros autores também reportam à formação de complexos organominerais para explicar a estabilização do C nestes solos (Silva, 1997; Silva e Vidal Torrado, 1999; Calegari, 2008).

A manutenção desses solos estaria associada as superfícies estáveis, ao clima frio, acidez e a alta saturação por alumínio (Queiroz Neto e Castro, 1974; Ker, 1997).

Estudos relacionados a gênese do horizonte A húmico em Latossolos e a estabilidade da matéria orgânica são escassos na região Nordeste do Brasil. Ademais, por se tratar de solos que, na maioria das vezes, compõem ambientes que apresentam características climáticas privilegiadas, distintas da região semiárida circundante, são intensamente utilizados para fins agrícolas e extremamente importantes para a economia regional.

Diante disso, o objetivo desse estudo foi caracterizar quimicamente Lh de diferentes condições de clima, vegetação e altitude na região Nordeste do Brasil, e relacionar os atributos químicos à preservação da MOS.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados cinco perfis de solo em condições contrastantes de clima e altitude a fim de possibilitar a investigação dos fatores de formação do solo na acumulação da matéria orgânica. Todos os perfis de solo estão situados em posição de topo, em relevo plano a suave ondulado, e em áreas de preservação ambiental.

A localização, unidade geomorfológica, coordenadas geográficas, solo, altitude, clima e vegetação dos locais estudados podem ser visualizados na Tabela 1.

Foram coletadas amostras em todos os horizontes para as análises químicas, segundo Santos et al. (2005). As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Foram realizadas as seguintes análises químicas de acordo com EMBRAPA (1997): pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, com relação solo:solução de 1:2,5; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulometria; K⁺ trocável determinados por espectrofotometria de chama, após extração com Mehlich-1, o qual extraiu também o P disponível, que foi determinado por colorimetria; H + Al foi extraído com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹. Foram calculados: capacidade de troca de cátions (T); saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m).

Os teores de carbono total (CT) foram determinados por combustão seca (950°C) num analisador elementar. Enquanto que os conteúdos de carbono orgânico (CO) foram analisados por via úmida com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,4 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997). O carbono lábil (CL) foi

determinado por meio da oxidação com solução de permanganato de potássio (KMnO_4) $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ (Mendonça e Matos, 2005).

Tabela 1. A localização, unidade geomorfológica, coordenadas geográficas, solo, altitude, clima e vegetação dos locais estudados

Localização	Unidade geomorfológica	Coordenada	Solo	A ^a (m)	Clima	Material de origem	Vegetação
P1 - Itambé (PE)	Depressão Periférica	07° 25' 23,2" S 35° 10' 51,5" W	LAd	178	As'	Sedimentos argilo-arenosos	Subcaducifólia
P2 - Paudalho (PE)	Tabuleiros Costeiros	07° 51' 58,2" S 35° 12' 17,1" W	LAdx	143	As'	Sedimentos argilo-arenosos	Subcaducifólia
P3 - Brejão (PE)	Planalto da Borborema	07° 32' 12" S 37° 13' 69" W	LAdx	820	Cs'a	Sedimentos argilo-arenosos	Subperenifólia
P4 - Crato (CE)	Chapada do Araripe	07° 14' 24,8" S 39° 29' 15,1" W	LAd	947	Cs'a	Sedimentos argilo-arenosos	Subcaducifólia
P5 - Crato (CE)	Chapada do Araripe	07° 14' 54,1" S 39° 29' 50,7" W	LAd	963	Cs'a	Sedimentos argilo-arenosos	Subcaducifólia

^a Altitude

O ferro e o alumínio nas formas cristalinas, Fe_d e Al_d respectivamente, foram determinados após extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra e Jackson, 1960), e as formas pobremente cristalinas, Fe_o e Al_o , foram extraídas por uma única extração com oxalato ácido de amônio (OAA) (McKeague e Day, 1966). Os teores de Fe e Al foram extraídos por pirofosfato de sódio, o qual possui capacidade de extração destes elementos ligado à matéria orgânica (McKeague; Brydon; Miles, 1971). O teor de Fe e Al nos extratos foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica.

Foi realizada a análise de correlação linear entre as frações de C e os atributos químicos dos solos em superfície e subsuperfície, usando-se o programa SAS (9.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis estudados apresentaram elevada acidez e baixo teor de nutrientes (Tabela 2) proporcionados pelo material parental pré-intemperizado. Além disso, a liberação de H^+ durante a decomposição da MOS, possivelmente, também contribui com a acidificação dos solos, principalmente, em superfície (Guppy et al. 2005).

Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ trocáveis, e P disponível foram baixos nos perfis de solo, já nos perfis P5 e P6, esses teores tenderam a ser ainda mais reduzidos, provavelmente devido à elevada lixiviação favorecida pelo relevo tabular da Chapada do Araripe, uma vez que estes perfis apresentam drenagem mais acentuada que os demais. O perfil P2 apresentou maior valor de pH, teores de cátions trocáveis e P disponível mais elevados em relação aos demais perfis. Esses resultados podem ser atribuídos ao uso anterior do solo, já que se trata de área com vegetação secundária.

Os teores de Al^{3+} trocáveis foram elevados em todos os perfis, exceto no P2, com os maiores valores superficialmente e na fração intermediária do horizonte A (Tabela 2). A maior parte dos sítios do complexo de troca do solo é ocupada por $\text{H} + \text{Al}$, e a CTC quase que totalmente dependente da MOS. A maior ocorrência de complexos estáveis com a matéria orgânica pode explicar a menor saturação por alumínio em P4.

Os teores de CT foram relativamente altos em todos os perfis estudados, independente da altitude (Tabela 2). Em todos os perfis, mais da metade do estoque total de C encontra-se em subsuperfície,

Tabela 2. Atributos químicos dos perfis de solos estudados.

Hor.	Prof. (cm)	pH		Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)						V --- % ---	m	P mg kg ⁻¹	CT ----- g kg ⁻¹ -----	CO -----	CL -----	DCB		OAA		Pirofosfato	
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺	T							Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al
P1 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Itambé)																					
A1	0-20	4,8	3,4	1,22	0,57	0,08	1,62	13,20	16,71	11	46	2,8	30,4	25,4	5,5	20,2	5,3	1,4	2,0	3,2	15,5
A2	20-45	4,9	3,9	0,27	0,13	0,02	2,64	14,61	17,69	2	86	0,6	24,6	16,7	3,8	22,6	6,0	1,7	2,5	3,3	18,5
A3	45-75	5,2	4,0	0,07	0,22	0,02	2,57	11,21	14,27	3	84	0,7	21,4	12,0	2,5	24,7	6,3	1,4	2,7	4,8	16,8
A4	75-97	5,1	3,9	0,07	0,09	0,01	1,92	8,40	10,65	3	85	1,0	13,2	8,8	1,5	20,5	5,6	1,0	2,0	4,5	12,9
A/B	97-120	4,9	3,9	0,12	0,14	0,01	1,81	4,50	6,74	6	81	1,1	10,3	5,5	0,9	25,9	6,4	0,4	2,0	4,4	8,8
B/A	120-155	4,9	3,9	0,08	0,24	0,02	1,62	2,63	4,73	10	77	1,1	6,3	3,7	2,3	25,7	5,2	0,2	1,7	1,3	2,3
Bw	155-200	5,0	4,0	0,07	0,55	0,01	1,10	2,11	3,98	19	59	1,3	5,5	4,2	0,6	30,6	5,1	0,1	1,7	0,2	1,0
P2 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Paudalho)																					
A1	0-20	5,8	4,7	3,93	1,11	0,18	0,15	6,81	12,35	44	3	5,6	19,3	15,3	5,2	13,0	5,1	0,5	1,3	1,7	7,9
A2	20-50	4,8	3,8	0,64	0,16	0,04	1,40	6,37	8,74	11	59	1,0	12,9	12,7	2,1	20,8	7,4	0,5	1,8	3,6	13,1
A3	50-88	4,9	3,9	0,43	0,02	0,03	1,37	5,22	7,21	8	69	0,8	10,3	10,2	1,4	19,2	7,1	0,5	1,8	3,4	11,2
AB	88-115	4,9	3,9	0,55	0,06	0,01	1,15	3,27	5,18	15	60	0,6	7,7	4,6	0,9	24,4	4,9	0,3	1,6	3,8	8,8
BA	115-145	5,2	3,9	0,72	0,09	0,01	0,84	2,10	3,89	24	47	0,8	6,8	4,4	0,7	31,0	5,4	0,2	1,5	3,2	6,9
Bw	145-180	5,3	4,1	0,78	0,22	0,03	0,59	2,26	4,03	29	34	0,9	6,3	4,2	0,1	35,3	8,1	0,2	1,5	0,9	1,6
P3 – Latossolo Amarelo Distrocoeso húmico (Brejão)																					
A1	0-15	4,7	3,8	1,11	1,32	0,10	1,19	9,72	13,47	19	32	4,1	30,3	26,3	6,7	9,1 ^a	...	1,6	...	0,5	...
A2	15-35	4,7	4,0	0,32	0,81	0,08	1,61	7,05	9,89	12	56	3,1	18,7	17,0	3,4	10,6 ^a	...	1,9	...	0,9	...
A3	35-67	4,7	4,1	0,20	0,82	0,02	1,45	5,84	8,36	13	57	2,1	12,8	10,4	1,9	12,7 ^a	...	1,6	...	1,0	...
AB	67-100	4,9	4,2	0,20	0,77	0,03	1,19	5,72	7,98	13	53	2,2	10,9	9,1	1,0	13,9 ^a	...	1,7	...	0,9	...
BA	100-135	5,1	4,3	0,14	1,00	0,01	0,83	4,28	6,30	19	41	1,9	8,2	7,2	0,9	13,7 ^a	...	1,8	...	0,9	...
Bw	135-190	5,0	4,4	0,09	1,33	0,01	0,47	3,19	5,13	29	24	1,9	7,3	5,2	1,1	16,6 ^a	...	0,8	...	0,4	...
P4 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)																					
A1	0-20	5,0	3,9	0,06	0,06	0,10	2,18	14,39	16,98	2	84	1,8	38,7	31,0	4,8	41,1	17,5	2,7	3,4	9,8	21,1
A2	20-40	5,3	4,2	0,06	0,04	0,03	1,74	12,74	14,77	2	85	0,3	27,4	21,3	5,2	57,2	23,8	2,9	4,2	11,0	24,4
AB	40-70	5,4	4,2	0,03	0,03	0,01	1,40	9,48	11,01	1	91	1,0	19,8	17,5	3,2	41,5	17,0	1,8	2,6	11,0	24,9
BA	70-110	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	1,13	5,07	6,30	1	92	0,9	12,2	7,6	0,9	42,9	18,1	1,4	2,6	5,5	13,4
Bw	110-160	5,7	4,4	0,08	0,03	0,01	0,69	5,86	6,69	2	83	1,2	9,7	4,0	1,2	43,8	14,7	1,4	2,3	5,0	12,4
P5 – Latossolo Amarelo Distrófico húmico (Crato)																					
A1	0-28	4,9	3,9	0,10	0,09	0,10	2,39	15,77	18,52	2	87	2,3	42,1	31,4	8,0	35,4	15,7	2,1	2,8	8,0	19,2
AB	28-55	5,4	4,2	0,06	0,03	0,01	1,39	9,04	10,57	1	91	0,7	23,3	10,4	3,1	24,2	16,2	2,0	3,0	5,4	15,7
BA	55-80	5,4	4,3	0,05	0,03	0,00	1,03	6,43	7,56	1	91	1,1	14,4	7,3	1,8	31,4	15,2	1,4	2,6	4,8	13,4
Bw1	80-120	5,4	4,3	0,05	0,02	0,01	0,67	4,32	5,07	1	88	1,1	10,3	5,1	0,9	38,3	17,3	1,5	2,2	5,3	14,1
Bw2	120-150	5,3	4,4	0,03	0,07	0,01	0,44	3,49	4,04	2	80	1,1	8,4	6,0	0,7	45,2	16,3	1,2	2,2	4,0	11,5

^a Feito apenas três extrações
...não determinado

evidenciando a potencialidade destes para estocar C. Os perfis P5 e P6, localizados no Crato, apresentam os maiores teores de CT no horizonte mais superficial. Enquanto o P2 apresenta o menor teor de C, provavelmente por localizar-se numa sub-região costeira com clima Tropical, quente e úmido (As'), que favorece a decomposição da MOS. No entanto, deve-se levar em consideração que o estado de conservação da vegetação na área de coleta do perfil é precário, o que poderia potencializar a ação do clima.

Tais condições químicas podem constituir limitantes à atividade microbiológica decompositora, e, portanto, favorecer a preservação da MOS.

Contrariando as expectativas, o perfil P1 (Itambé), localizado sob condição climática desfavorável a manutenção de altos teores de C, apresentou o maior espessamento (120 cm) do horizonte A em relação aos demais perfis, e acumulou quantidades de C maiores ou semelhantes àqueles encontrados em solos situados em áreas com clima diferenciado (P3, P4 e P5). Isto demonstra a importância relativa de outros fatores na preservação do C nestes solos em detrimento do clima atual.

O CO e o CL representaram, em média, mais de 80 e 20 % do CT, respectivamente, na superfície do horizonte A em todos os perfis.

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear (r) entre as formas de C do solo e entre esses e outras variáveis dos horizontes A e B

Parâmetro	Horizonte A ^a			Horizonte B ^b		
	CT	CO	CL	CT	CO	CL
CT	1			1		
CO	0,94*	1		0,65*	1	
CL	0,90*	0,90	1	0,31	0,06	1
pH	-0,05	-0,20	0,00	0,54	0,23	0,03
CTC efetiva	0,27	0,30	0,49*	-0,58*	-0,26	0,06
Al ⁺³ trocável	0,46*	0,33	0,17	0,03	-0,13	0,42
m	0,17	0,03	-0,15	0,64*	0,20	0,32
P	0,22	0,31	0,47*	-0,17	0,24	0,14
Fe _p	0,47*	0,39	0,28	0,77*	0,23	0,09
Al _p	0,44	0,33	0,25	0,74*	0,19	0,03
Fe _d	-0,24	-0,10	-0,20	-0,30	0,28	-0,30
Fe _o	0,61*	0,55*	0,40	0,55	0,41	-0,12
Al _d	0,46*	0,35	0,30	0,69*	0,27	0,02
Al _o	0,44*	0,29	0,23	0,45	0,00	-0,04

* significativo a P < 0,05

^a número de observações(n)=20

^b n=13

No horizonte A e B, mais de 40 e 70 %, respectivamente, da variação da MOS foi associada ao Fe e Al, como mostrado pelas extrações por pirofosfato. Esses resultados mostram que a fração orgânica está associada à fração mineral do solo, sendo este, um importante mecanismo para preservação e acúmulo do C nesses solos. O acúmulo de CT no horizonte A húmico foi relacionado, principalmente, as formas de Fe de baixa cristalinidade (Fe_o) (r = 0,61, P<0,05), e ao Al livre (r = 0,46, P<0,05) e Al de baixa cristalinidade (r = 0,44, P<0,05). Enquanto o Fe cristalino (Fe_d) foi negativamente associado às frações de C (Tabela 3). Enquanto no horizonte B, a variação de CT dependeu significativamente do Al_d (r = 0,69, P<0,05). Marques et al. (2011) verificaram que os compostos orgânicos foram predominantemente associados às formas de alumínio pobremente

cristalinas em Lh do Sul e Sudeste do Brasil, e que a associação do C com as formas de Fe não foi significativa. Por outro lado, Fontes et al. (1992) observaram a associação de ácidos húmicos com goethitas em Lh do Nordeste brasileiro.

CONCLUSÕES

Os Lh apresentaram acidez elevada, distrofia, acúmulo de C relativamente alto, independente da altitude.

O acúmulo de C no horizonte A húmico, bem como a sua espessura não são claramente influenciados pela altitude.

O acúmulo de C no horizonte A húmico é favorecido pela menor decomposição da MOS, a qual tende a ser retardada pelas propriedades químicas do solo, como distrofia, elevada saturação por alumínio e interações entre as formas de C com o Fe e Al de baixa cristalinidade, e as formas de Al livre (Al_d).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Mateus Rosas Ribeiro "in memoriam" pela supervisão do trabalho, e José Fernando WF Lima pelo suporte técnico nas atividades de campo.

BIBLIOGRAFIA

- Calegari, M.R. 2008. Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em Latossolos. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ-USP. 259p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de métodos de análise de solo. CNPS, 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. 353p.
- Fontes M.R., S.B. Weed e L.H. Bowen, 1997. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some oxisols from Brazil. *Soil Science Society of America Journal* 56:982-990.
- Guppy, C.N., N.W. Menzies, P.W. Moody, e F.P.C. Blamey. 2005. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. *Australian Journal Soil Research* 43:189-202.
- Ker J.C. 1997. Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos* 5:17-40.
- Lepsch I. e S.W. Buol. 1986. Oxisol-landscape relationships in Brazil. In: International soil classification workshop; classification characterization and utilization of oxisols, 8. Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: EMBRAPA, SMSS, ATD, UPR, 1986. Pt1. p.174-189.
- Marques F.A., M.R. Calegari, P. Vidal-Torrado, e P. Buurman. 2011. Relationship between soil oxidizable carbon and physical, chemical and mineralogical properties of umbric Ferralsols. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35:25-40.
- Mckeague J.A., J.E. Brydon e N.M. Miles. 1971. Differentiation of Forms of extractable Iron and Aluminum in Soils. *Soil Science Society of America Journal* 35:33-38.
- Mckeague J.A. e J.H. Day. 1966. Dithionite and oxalate - extractable Fe and Al as Aids in differentiating various classes of soils. *Canadian Journal of Soil Science* 46:13-22.
- Mehra J.P. e M.L. Jackson. 1960. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with bicarbonate sodium. *Clays and Clay Minerals* 7:317-327.
- Mendonça, E.S., E.S. Matos. 2005. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. UFV. Viçosa Brasil, 77p.
- Queiroz Neto, J.P., S.S. Castro. 1974. Formações Superficiais e Latossolos Vermelho-Amarelo Húmico na área de Bragança Paulista. Estado de São Paulo, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia 18, Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre: SBG, pp. 65-83
- Santos, R.D., R.C. Lemos, H.G. Santos, J.C. Ker, e L.H.C. Anjos. 2005. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. SBCS, Viçosa Brasil, 100p.
- Sas Institute, 2006. Sas user's guide: statistics. Version 9.1. Cary.
- Silva, A.C. 1997. Dinâmica da cobertura pedológica de uma área cratônica do Sul de Minas Gerais. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ-USP. 191p.
- Silva, A.C. e P. Vidal-Torrado. 1999. Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23:329-341.