

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

MODIFICAÇÕES MORFOLÓGICAS E FÍSICAS DE UM LATOSSOLO ARGILOSO SOB PASTAGENS⁽¹⁾

G. A. F. FREGONEZI⁽²⁾, M. BROSSARD⁽³⁾,
M. F. GUIMARÃES⁽⁴⁾ & C. C. MEDINA⁽⁴⁾

RESUMO

O estudo foi realizado no Triângulo Mineiro e teve como objetivo avaliar as modificações morfológicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, quando comparadas uma pastagem antiga de baixa produtividade (BCO) e duas pastagens renovadas (BRP e BRC), utilizando uma área de Cerrado (CER) como referência. As análises físicas e morfológicas permitem concluir que: (a) existem impedimentos estruturais para o desenvolvimento radicular na pastagem antiga (BCO); (b) a porosidade formada por fissuras nas pastagens renovadas compensa a menor porosidade encontrada nos torrões; (c) a macrofauna de invertebrados teve importante papel na formação e na estabilidade de agregados e na regeneração dos volumes estruturais compactos; (d) nas pastagens renovadas, formadas somente por gramíneas ou consorciadas com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, os impedimentos estruturais deixam de existir; (e) o método do perfil cultural é recomendável em avaliações morfológicas de solos cultivados com pastagens.

Termos de indexação: perfil cultural, agregação, porosidade, cerrados, manejo de pastagens.

SUMMARY: *MORFOLOGICAL AND PHYSICAL TRANSFORMATION IN A CLAYEY OXISOL UNDER PASTURES*

This study was carried out in the Western region of Minas Gerais, Brazil to evaluate the morphological changes in a Yellow-Red Latosol, after a conversion of a 20 year old Brachiaria decumbens pasture, under intensive pasture systems; a pure Brachiaria

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Estadual de Londrina – UEL. Trabalho desenvolvido no âmbito do projeto IRD-EMBRAPA Cerrados "Levantamento de Propriedades Morfológicas e Físico-químicas de Solos sob pastagens no Cerrado. Recebido para publicação em setembro de 1999 e aprovado em fevereiro de 2001.

⁽²⁾ Departamento de Agronomia, CCA, Universidade Estadual de Londrina - UEL. Caixa Postal 6001, CEP 86051-990 Londrina (PR). Bolsista da CAPES.

⁽³⁾ Pesquisador IRD (ex-Orstom), Caixa Postal 7091, CEP 71619-970 Brasília (DF). E-mail: brossard@cpac.embrapa.br

⁽⁴⁾ Professor Associado Departamento de Agronomia, CCA, UEL. E-mail: mfatima@uel.br; mediina@uel.br

decumbens and an association of this grass with the legume Stylosanthes guianensis. Through morphological and physical characterization, it could be concluded that: (a) there were structural obstructions to radicular development in the old pasture soil; (b) the soil macrofauna played an essential role in the formation of stable aggregates and in the regeneration of initial compact soil volumes; (c) the fissural porosity under the recovered pastures had compensated the lowest porosity observed in the clods; (d) the recovered pasture's soil's physical constraints were eliminated; (e) the methodological "cultural soil profile" approach seems to be successful for diagnosis under grass cultivation.

Index terms: cultural profile, aggregate, porosity, cerrado, pasture management.

INTRODUÇÃO

A busca da sustentabilidade sócio-econômica da exploração agrícola ou a procura de uma nova condição de equilíbrio do sistema de produção passam pelo manejo adequado dos solos. No Triângulo Mineiro, Baccaro (1994) mostra que a erosão é um fator essencial na alteração do recurso solo. Observações anteriores revelam a grande extensão das pastagens cultivadas na mesma região (Lima et al., 1989), as quais, quando bem manejadas, constituem uma cobertura vegetal protetora do solo. No entanto, dependendo do tipo de solo e da topografia, as trilhas desenvolvidas pelo gado provocam o início dos processos erosivos (Bertoni & Lombardi Neto, 1991; Lima et al., 1989).

A degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural, que a torna incapaz de sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras (Macedo, 1995). As pastagens representam uma forma racional de conservação das características e propriedades físicas do solo, desde que bem manejadas, com reposição de nutrientes e lotação adequada. Todavia, o que se observa com frequência é a adoção das práticas de manejo, que culminam com a degradação do solo (Moraes, 1993). Conforme estimativas de Macedo & Zimmer (1993), 50% das pastagens cultivadas no bioma Cerrado estão degradadas ou em processo de degradação.

Numerosos trabalhos, a partir de Duley (1939), têm enfatizado o papel das características físicas nos primeiros centímetros superficiais do solo. Desde os anos 70s, importantes trabalhos mostram a influência determinante da organização da parte superficial no comportamento da dinâmica da água de solos tropicais (Casenave & Valentin, 1989). As observações superficiais podem ser completadas pela análise do perfil cultural (Henin et al., 1960; Manichon, 1982). Este método, utilizado no Brasil desde os anos 90s (Guimarães et al., 1997; Tavares Filho et al., 1999; Mello Ivo & Mielniczuk, 1999),

permite enfatizar diferenciações decorrentes do trabalho do solo, compreender os processos de compactação e selamento, relacionar a distribuição de raízes com o comportamento estrutural (Tamia et al., 1999) e identificar problemas de infiltração e de alimentação hídrica de plantas. O método foi aplicado poucas vezes em estudos de pastagens (Müller, 1998) e pode ser importante ferramenta na escolha de estratégias de amostragens.

O objetivo do trabalho foi avaliar as modificações morfológicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Triângulo Mineiro, comparando pastagens monoespecíficas de *Brachiaria decumbens* de baixa produtividade com outras duas áreas renovadas, sendo uma monoespecífica e outra consorciada com *Stylosanthes guianensis*, usando, como referência, uma área de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O estudo foi feito no leste do Triângulo Mineiro, no município de Uberlândia, e as parcelas de estudo localizadas uma ao lado da outra (19°20' S, 48°10' W). O relevo das parcelas é plano a suave ondulado, com aproximadamente 900 m de altitude. Os solos são argilosos e foram identificados como Latossolos Vermelho-Amarelos desenvolvidos sob Sedimentos Cenozóicos. No quadro 1, são encontradas as principais características físico-químicas das parcelas estudadas.

A precipitação média anual, a 4 km da área estudada, é de 1.574 mm, variando de 887 a 2.198 mm (1981-1997). O regime pluviométrico caracteriza-se por um período chuvoso de seis a sete meses e uma estação seca concentrada de maio a setembro. A temperatura média anual está entre 20 e 24°C. Segundo a classificação, trata-se de um regime termoxeroquímico de caráter atenuado. O índice xerotérmico - número de dias biologicamente secos - situa-se entre 40 e 100 (EMBRAPA, 1982).

Quadro 1. Principais características físico-químicas das parcelas estudadas

Parcela	Horizonte	Argila	pH H ₂ O	CTC	B Latossólico	
					Profundidade de início	Cor (seco)
	cm	g kg ⁻¹		mmol _c kg ⁻¹	cm	
Cerrado (CER)	0-20	582	67,2	2,21	50-55	5 YR 5/6
	50-70	640	39,2	2,12		
	190-200	nd	22,4	nd		
Pastagem convencional (BCO)	0-20	506	68,5	2,44	50	5 YR 5/8
	50-70	620	41,9	2,3		
Pastagens renovadas						
Gramínea (BRP)	0-10	614	73,0	2,17	50-60	5 YR 5/8
	35-60	628	48,0	2,24		
Consoiciada (BRC)	0-15	590	70,0	2,41	50-55	5 YR 5/8
	40-50	645	44,5	2,57		

Foram avaliados três tipos de manejo com *Brachiaria decumbens*, sendo: Brachiaria convencional (BCO); Brachiaria renovada (BRP); Brachiaria renovada consorciada com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão (BRC) e tendo, como referência, uma área de Cerrado nativo (CER).

No tratamento BCO, a pastagem tinha 20 anos, era de baixa produtividade, apresentando áreas de solo exposto, provavelmente em razão de preparo com condições hídricas inadequadas. Nesta área, não se fazia reposição de nutrientes, tampouco controle do número de animais (animais/ha).

Nos tratamentos BRP e BRC, as pastagens foram renovadas em novembro e dezembro de 1992, respectivamente. O solo foi preparado duas vezes com grade de discos e recebeu calcário e fertilizantes de acordo com suas necessidades. Sessenta dias depois, foi realizada a semeadura de arroz (cultura utilizada na renovação) e das forrageiras. Após o estabelecimento das forrageiras, iniciou-se o pastoreio (1993); o número de animais foi adequado à disponibilidade das forrageiras, sendo reduzido durante a estação da seca (Ayarza et al., 1998; 1999).

As observações e as coletas de amostras foram efetuadas no final da estação chuvosa e, nos últimos 60 dias antes das observações, ocorreram sete episódios pluviométricos, somando 73 mm.

Morfologia dos solos

A morfologia dos solos foi observada em duas trincheiras por parcela (Figura 1). Consistiu na

descrição dos modos de organização e do estado interno dos volumes de solo encontrados no perfil, fazendo-se a diferenciação dos visualmente alterados pelo manejo agrícola daqueles não alterados (Tavares Filho et al., 1999).

Em cada tratamento e para cada estrutura encontrada no perfil cultural, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, as quais foram utilizadas para as determinações físicas e químicas.

A densidade de partículas foi medida pelo método do balão volumétrico com álcool etílico, com três repetições, e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico (347 cm³) com seis repetições, tendo sido a granulometria determinada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Para avaliar mais detalhadamente as características das diferentes estruturas, foram realizadas medidas de densidade dos torrões, com cinco repetições, pelo método do querosene (Mathieu & Pieltain, 1998). A partir desses dados, calcularam-se os valores de porosidade total, utilizando as densidades do solo obtidas pelos métodos do anel volumétrico e do querosene. A porosidade fissural foi calculada pela diferença entre a porosidade total obtida nos anéis e a porosidade interna dos torrões.

A estabilidade de agregados foi determinada por meio do método descrito por Kiehl (1979).

Foi utilizado o teste t a 95% nos resultados de densidade de solos feitos pelo método do querosene (Figura 2) e dos resultados de estabilidade de agregados (Figura 4).

RESULTADOS

Morfologia dos solos

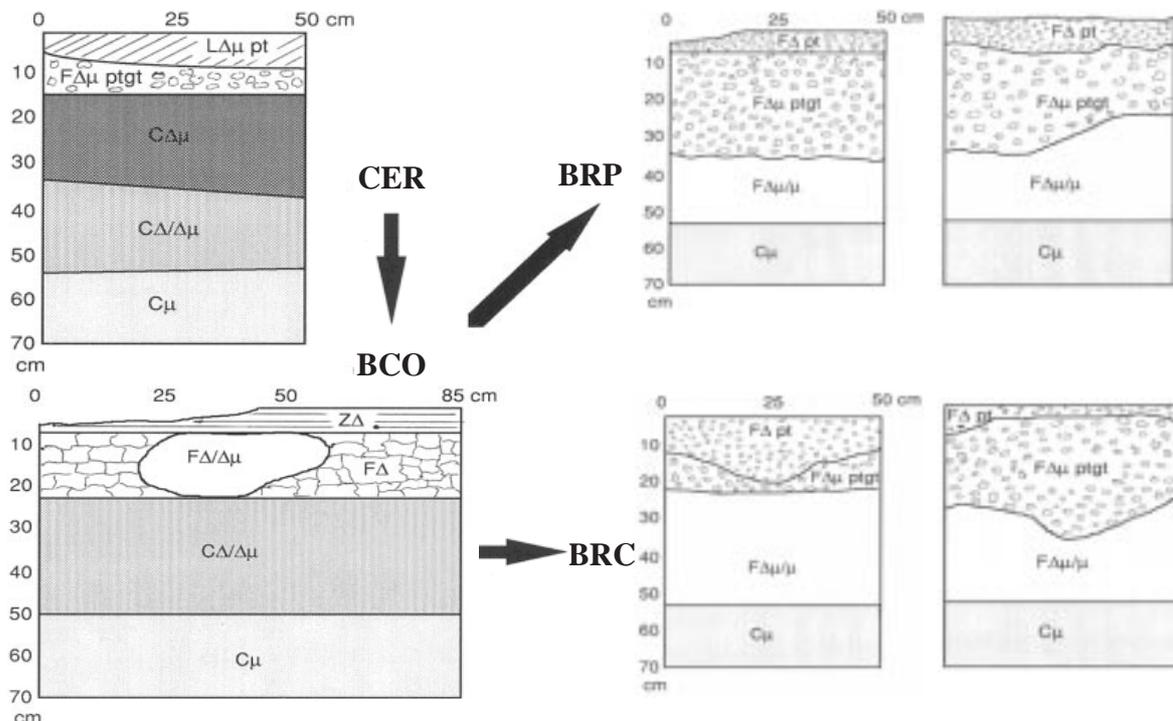
As observações feitas em duas trincheiras por parcela estudada encontram-se sintetizadas na figura 1 e no quadro 2.

O solo sob vegetação de cerrado, CER, apresentou uma liteira de folhas, ramos e cascas parcialmente fragmentados e decompostos. A superfície do solo não revelou sinais de escoamento e foi caracterizada por microrrelevo de zoólitos (edifícios biológicos superficiais de formigas e térmitas). Nos perfis, observaram-se: uma primeira camada grumosa; seguida de uma camada fissurada, composta de torrões mais ou menos compactos; uma camada de estrutura maciça adensada; uma camada de transição para o Bw e, finalmente, o horizonte Bw, correspondente à estrutura C_{μ} do perfil cultural.

A parcela convencional BCO apresentou uma microtopografia em linhas de sulcos e camalhões (1,2 m entre os centros das duas). Apareceram zoólitos, entre alguns termiteiros pouco elevados.

A *Brachiaria decumbens* cobriu 100% do solo nos sulcos e 70-80% nos camalhões; a forrageira verde nos sulcos e amarelada nos camalhões. Observou-se liteira foliar seca parcialmente decomposta. As plantas daninhas foram representadas por algumas manchas de capim-gordura espalhadas na área e raras plantas lenhosas de rebrote de cerrado (contagem de 30 plantas/ha), mais abundantes na borda da parcela ao lado da vegetação nativa. Observaram-se crostas, essencialmente sob os camalhões, de superfície rugosa, cobertas por líquens, finamente fissuradas, com fissuras anastomosadas e raros poros verticais de diâmetro de 2 a 5 mm; a estrutura mostrou-se laminar de espessura de 5 mm até 1 cm, com palha não decomposta associada; as raízes finas e achatadas.

Nos sulcos, a crosta foi muito menos desenvolvida, fissurada, sem líquens, de superfície lisa a rugosa, laminar com 1-2 mm de espessura, friável e finamente grumosa. Dentro da crosta, as raízes apareciam enoveladas e a liteira abundante na estrutura laminar, dando aparência muito orgânica. Nos perfis, a camada laminar (descrita anteriormente) foi contínua desde a superfície, seguida por uma



ZΔ = estrutura essencialmente laminar; LΔμ = torrões soltos, com média porosidade visível; FΔ = porosidade entre os torrões predominantemente fissural e estado interno dos torrões compactados; FΔμ = porosidade fissural e de empilhamento de agregados arredondados; FΔ/Δμ = transição de FΔ para FΔμ; FΔμ /μ = transição de FΔμ para Cμ; CΔμ = contínuo com porosidade predominante de empilhamento de agregados arredondados; CΔ/Δμ = contínuo com porosidade de empilhamento de agregados com aspecto mais compacto que o CΔμ; Cμ = típica estrutura encontrada nos Latossolos, horizonte Bw; gt = grandes torrões; pt = pequenos torrões resultantes da atividade de minhocas. (as setas indicam as modificações observadas a partir do perfil CER de referência).

Figura 1. Esquema dos perfis culturais, indicando as modificações nos tratamentos aplicados nas diferentes parcelas.

Quadro 2. Resumo de descrição morfológica das estruturas e volumes encontrados no perfis culturais

CER	BCO	BRP	BRC
<p>0- ~5 cm: presença de agregados arredondados centimétricos, formados por minhocas e terra fina; agregação pelas raízes, muitas e bem distribuídas; porosidade de empilhamento de agregados; forte atividade biológica; limite claro e ondulado. (LΔμ pt)</p>	<p>0- ~5 cm: estrutura laminar; poucas raízes, horizontais e achatadas; porosidade visível nula; pouca atividade biológica; limite abrupto. (ZΔ)</p>	<p>0- ~5 cm: agregados subangulares compactos; faces alisadas, forte agregação devido às raízes e atividade biológica; muitas raízes, horizontais e subdiagonais, interagregados e raramente intra-agregados; porosidade fissural, forte atividade biológica de formigas e cupins; limite abrupto. (FΔ pt)</p>	<p>0- ~10 cm: agregados grumosos compactos, milimétricos a centimétricos; provenientes da atividade de minhocas; muitas raízes horizontais e verticais, ramificadas, interagregados; porosidade fissural de empilhamento de agregados; forte atividade biológica com presença de minhocas, cupins, e formigas; limite claro. (FΔ pt)</p>
<p>~5- ~15 cm: agregados arredondados; muitas raízes, bem distribuídas; porosidade fissural e biológica (cavidades) forte; presença de mosqueado com tonalidades amarelas, vermelhas e cinzas; limite difuso e ondulado (FΔμ gt pt)</p>	<p>~5- ~20 cm: presença de dois volumes; - agregados subangulares; poucas raízes, horizontais, achatadas, interagregados; porosidade fissural e cavidades; pouca atividade biológica; (FΔ) - transformação do volume anterior, com presença de porosidade de empilhamento de microagregados, produto de atividade biológica. (FΔ/Δμ) limite claro e ondulado.</p>	<p>~5- ~35 cm: agregados subangulares pequenos e grandes; muitas raízes ramificadas que diminuem em profundidade, interagregados; porosidade fissural e de amontoamento de microagregados; forte atividade biológica com presença de cavidades de térmitas; limite claro e ondulado. (FΔμ pt gt)</p>	<p>~10- ~30: agregados grumosos pequenos e grandes compactos; muitas raízes verticais, ramificadas, interagregados; porosidade fissural e de empilhamento de agregados; atividade biológica forte; presença de minhocas e formigas; limite claro. (FΔμ pt gt)</p>
<p>~15-~35 cm: maciça que se desfaz em agregados subangulares recobertos por microagregados; poucas raízes inter e intragregados; forte porosidade de empilhamento de microagregados e muitas cavidades de origem biológica; matriz escura com manchas avermelhadas; limite gradual. (CΔμ)</p>	<p>~20- ~50 cm: início da estrutura maciça; transição para o Bw; poucas raízes verticais; porosidade de empilhamento de microagregados e cavidades; pouca atividade biológica; limite gradual. (CΔμ/Δμ)</p>	<p>~35- ~60 cm: transição para o Bw; com estruturas subangulares a prismáticas conservadas; poucas raízes; presença de cavidade de térmitas; limite gradual. (FΔμ/μ)</p>	<p>~30- ~55: transição para o Bw; com estruturas subangulares a prismáticas conservadas; poucas raízes, predominantemente diagonais; presença de grandes cavidades de térmitas preenchidas por material microagregado escurecido; limite gradual. (FΔμ/μ)</p>
<p>~35- ~50 cm: início da estrutura maciça; transição para o horizonte Bw; limite gradual. (CΔ/Δμ)</p>			
<p>> 50 cm: Bw. (Cμ)</p>	<p>> 50 cm: Bw. (Cμ)</p>	<p>> 60 cm: Bw. (Cμ)</p>	<p>> 55 cm: Bw. (Cμ)</p>

camada maciça fissurada com agregados compactos, mas que apresentava alguns volumes menos compactos, produtos da atividade biológica. Em seguida, apareceu uma camada maciça ligeiramente compactada, que se transformava gradualmente em Cμ.

Na parcela renovada sob *Brachiaria decumbens*, BRP, observaram-se resíduos vegetais, liteira de

folhas secas parcialmente decompostas e fragmentadas, e liteira em pé (refugo de pastejo). O tapete vegetal mostrou-se contínuo e o microrrelevo de zóolito pouco visível por causa da vegetação. Nos perfis, observou-se uma primeira camada de pequenos agregados compactos seguida de uma camada menos compactada, onde apareceram também grandes

agregados; em seguida, uma camada ainda fissurada, com vestígios de adensamento e muita atividade biológica, que se transformava gradativamente em $C\mu$.

Na parcela renovada BRC, *Brachiaria* + *Stylosanthes*, a liteira mostrou-se preta, espessa, seca, parcialmente decomposta e fragmentada, formada de resíduos vegetais diversos, principalmente folhas e resíduos lenhosos, e de liteira em pé dentro da gramínea. O tapete vegetal foi contínuo e a superfície do solo apresentava um microrrelevo de zoólito pouco acentuado, dificilmente visível. Nos perfis, observou-se uma camada fissurada inicialmente composta de pequenos agregados compactos, seguida de outra com pequenos e grandes agregados também compactos; após, encontrava-se uma camada ainda fissurada, que se tornava menos compacta para se transformar gradualmente em $C\mu$.

Granulometria dos volumes estruturais

Não se observaram variações nos resultados das análises granulométricas entre os diferentes volumes estruturais amostrados nos perfis (Quadro 3). No entanto, os volumes amostrados a 5-20 cm do BCO apresentaram menores teores de argila e maiores de silte. A heterogeneidade da granulometria nas parcelas não foi avaliada.

Densidades e porosidade

Os valores médios de densidade do solo e do desvio-padrão variaram de 0,66 a 0,87 kg dm^{-3} . No CER, os valores foram de 0,66 a 0,87 \pm 0,33 kg dm^{-3} ,

para $C\mu$ e $C\Delta\mu$, respectivamente; no BCO, de 0,69 a 0,86 \pm 0,03 kg dm^{-3} , para $C\mu$ e $F\Delta/\Delta\mu$, respectivamente; no BRP, de 0,72 a 0,82 \pm 0,05 kg dm^{-3} , para $C\mu$ e $F\Delta\mu$ pt gt, respectivamente, e no BRC, de 0,76 a 0,86 \pm 0,08 kg dm^{-3} , para $C\mu$ e $F\Delta\mu$ pt gt, respectivamente.

Os valores de densidade de torrões dos diferentes volumes estruturais amostrados nos perfis (Figura 2) mostraram-se mais elevados para BRC; e semelhantes em BRP e CER. Percebeu-se forte heterogeneidade nos volumes BCO. Embora as densidades nas camadas 0-5 cm de BCO e do BRP não tenham sido avaliadas, a transformação de CER em BCO provocou um aumento de densidade de torrões nas camadas superficiais até 20 cm, passando de 1,06-1,12 para 1,24-1,31 kg dm^{-3} . Já a transformação de BCO em BRP provocou um decréscimo nas densidades da camada superficial até 25 cm, indo de 1,24-1,31 para 1,12 kg dm^{-3} , equivalente ao encontrado em CER. Finalmente, a transformação de BCO em BRC levou ao aumento na densidade dos torrões da camada superficial 25 cm, passando de 1,24-1,31 para 1,32-1,36 kg dm^{-3} .

A maior porosidade fissural relativa à porosidade total foi a da parcela com *Brachiaria* consorciada (BRC) (Figura 3). Em CER, a porosidade fissural era heterogênea e para os outros três tratamentos diminuiu em profundidade, das camadas fissuradas para as camadas contínuas, e dos torrões mais compactados para os mais abundantes, em amontoamento de pequenos agregados.

Quadro 3. Granulometria dos volumes estruturais

Parcela	Profundidade	Tipo de estrutura	Areia	Silte	Argila
	cm			g kg^{-1}	
CER	0-5	L $\Delta\mu$ pt	340	95	563
	5-15	F $\Delta\mu$ pt gt	280	120	600
	15-35	C $\mu\mu$	290	138	573
	35-50	C $\Delta/\Delta\mu$	225	85	690
	> 50	$C\mu$	243	118	640
BCO	0-5	Z Δ	nd	nd	nd
	5-20	F $\Delta/\Delta\mu$	268	228	505
	5-20	F Δ	280	213	508
	20-50	C $\Delta/\Delta\mu$	220	140	640
	> 50	$C\mu$	223	128	620
BRP	0-5	F Δ pt	nd	nd	nd
	5-35	F $\Delta\mu$ pt gt	230	156	614
	35-55	F $\Delta\mu/\mu$	243	130	628
	> 55	$C\mu$	255	130	615
BRC	0-10	F Δ pt	290	145	565
	10-35	F $\Delta\mu$ pt gt	220	165	615
	35-50	F $\Delta\mu/\mu$	178	178	645
	> 50	$C\mu$	nd	nd	nd

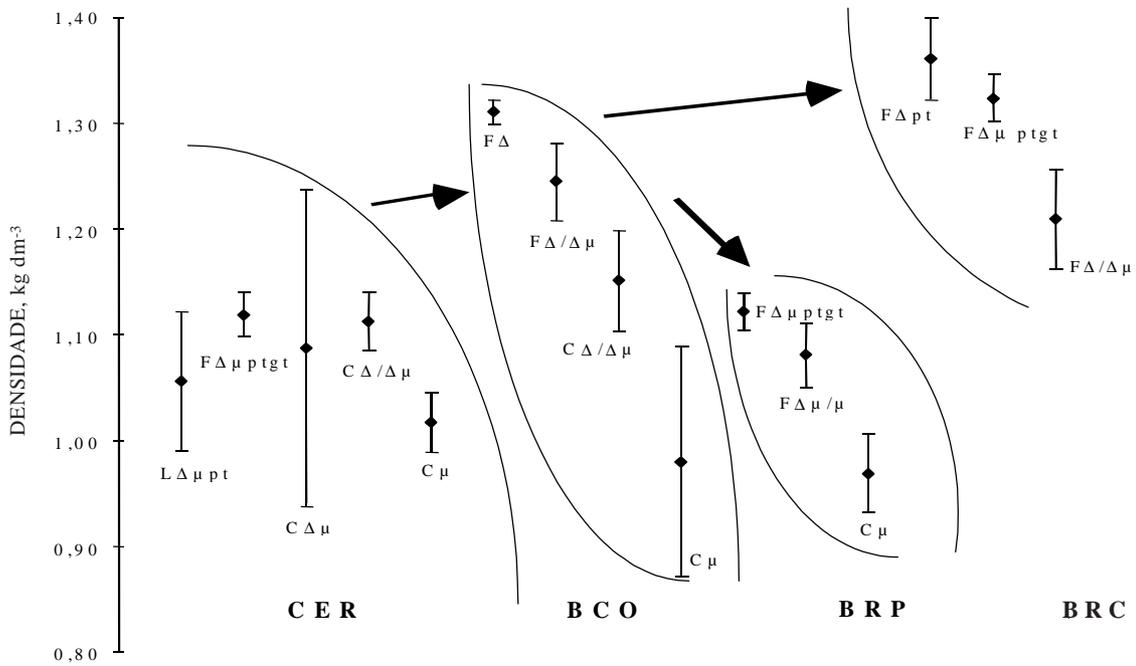


Figura 2. Densidade do solo nos torrões (kg dm^{-3}) dos diferentes volumes estruturais amostrados nos perfis.

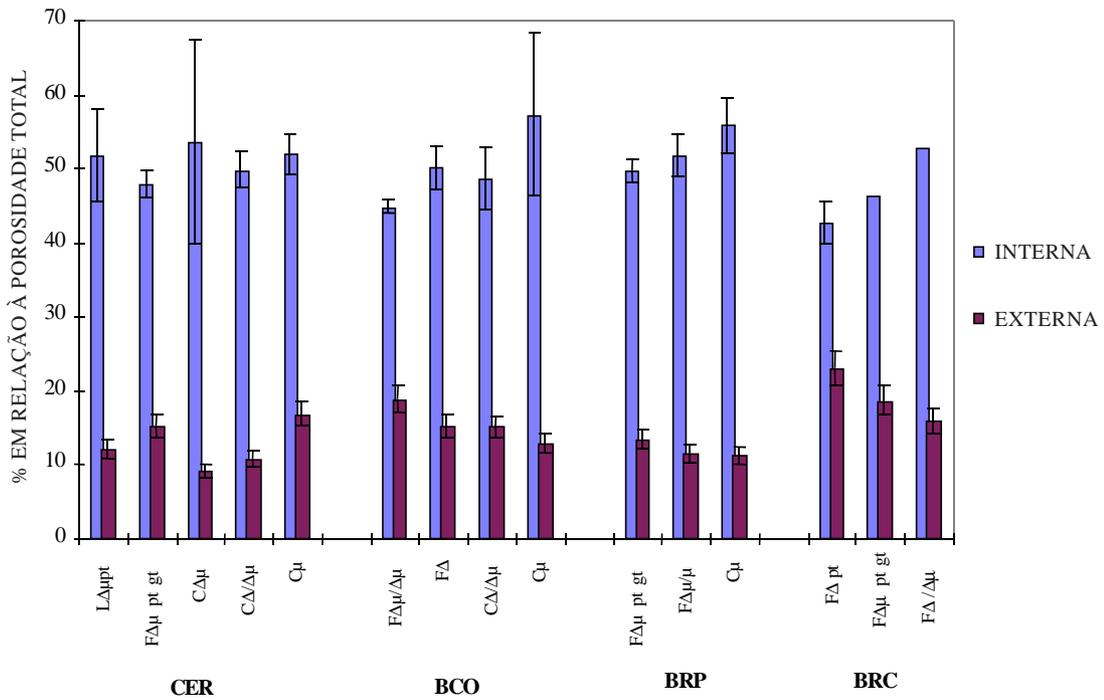


Figura 3. Porosidades (fissural e interna) dos torrões dos volumes estruturais.

Estabilidade dos agregados

No quadro 4, encontra-se a distribuição ponderal dos agregados, que se caracteriza pelo acúmulo na fração 1-4 mm (91-98% do solo peneirado). Pelo fato de ser a fração 0,5-1 mm pouco representativa, < 1%, a não ser no caso dos volumes C_{μ} , em que se podem

atingir de 2-3,5%, decidiu-se por fazer agrupamentos das frações < 1 mm e > 1 mm.

Os agregados maiores diminuíram com a profundidade em todas as parcelas, o que já era esperado pelas observações morfológicas. Nas condições experimentais utilizadas, a estabilidade

Quadro 4. Distribuição de agregados inferiores e superiores a 1 mm (% solo seco a 105°C)

Profundidade	cm	Volume estrutural	< 1 mm		1-4 mm	
			Média	s ⁽¹⁾	Média	s ⁽¹⁾
CER	0-5	L $\Delta\mu$ pt	3,57	0,24	96,43	0,24
	5-15	F $\Delta\mu$ pt gt	8,39	4,47	91,59	4,48
	15-35	C $\Delta\mu$	2,80	0,71	97,20	0,71
	35-50	C $\Delta/\Delta\mu$	8,13	1,03	91,87	1,03
	> 50	C μ	7,95	1,50	92,05	1,50
BCO	0-5	Z Δ	nd	nd	nd	nd
	5-20	F $\Delta/\Delta\mu$	4,64	0,91	95,36	0,91
	5-20	F Δ	3,40	0,11	96,60	0,11
	20-50	C $\Delta/\Delta\mu$	4,85	0,12	95,15	0,12
	> 50	C μ	8,41	1,96	91,59	1,96
BRP	0-5	F Δ pt	nd	nd	nd	nd
	5-35	F $\Delta\mu$ pt gt	2,42	1,00	97,58	1,00
	35-55	F $\Delta\mu/\mu$	4,01	0,17	95,99	0,17
	> 55	C μ	5,85	1,03	94,15	1,04
BRC	0-10	F Δ pt	nd	nd	nd	nd
	10-35	F $\Delta\mu$ pt gt	2,00	0,50	98,00	0,50
	35-50	F $\Delta/\Delta\mu$	2,23	0,15	97,77	0,15
	> 50	C μ	4,79	2,48	95,21	2,48

⁽¹⁾ Desvio-padrão.

dos agregados nesses solos foi alta. A variabilidade mais importante apareceu nos volumes estruturais contínuos (C μ), ou seja, naqueles que continham agregados livres de pequenas dimensões. Nesses volumes, a fração < 1 mm foi mais abundante, o que não significa instabilidade estrutural, mas, sim, proporção importante de agregados de tamanho inferior a 1 mm.

A figura 4 apresenta a percentagem da fração mais fina (< 0,5 mm) das camadas aráveis. A percentagem da fração fina (< 0,5 mm) foi relativamente pequena, chegando, no máximo, a 7,7%, e a tendência foi diminuir depois da renovação das pastagens.

DISCUSSÃO

A descrição do estado físico do solo é feita sobre objetos heterogêneos no volume de observação ou de medida, integrando os diferentes estados decorrentes dos processos climáticos, biológicos ou técnicos de transformação da estrutura.

O primeiro grupo de fatores da organização espacial e de sua evolução no decorrer do tempo pode ser considerado como constante a médio prazo para determinado horizonte. Trata-se dos elementos

granulométricos e da natureza mineralógica das partículas. Neste trabalho, os dados de granulometria dos perfis foram homogêneos.

A macrofauna de invertebrados do solo, particularmente aquela constituída por insetos sociais, como térmitas e formigas geófagas, exerceu importante papel no transporte de material ao construir os ninhos em profundidade (Bachelier, 1978). O volume F $\Delta/\Delta\mu$ do BCO é característico do retrabalhamento do volume F Δ pelos térmitas. Na superfície das parcelas, houve nítida atuação de térmitas e de formigas do gênero *Atta*, das quais foi observado um ninho a dois metros de profundidade. O transporte e a mistura de material de horizontes mais profundos para a superfície, observados nos perfis, poderiam auxiliar na explicação das variabilidades de granulometria e de densidade de partículas observadas.

O segundo grupo de fatores deu origem às limitações encontradas nos solos, modificadas de acordo com o manejo adotado. Já nas camadas profundas, percebeu-se menor influência da intensidade desses fatores, pela constância do pedoclima e da dinâmica atual dessa parte do solo. Em profundidade, a morfologia estrutural e as propriedades decorrentes foram consideradas como características desses solos (Monnier, 1994), fato observado na comparação das parcelas estudadas.

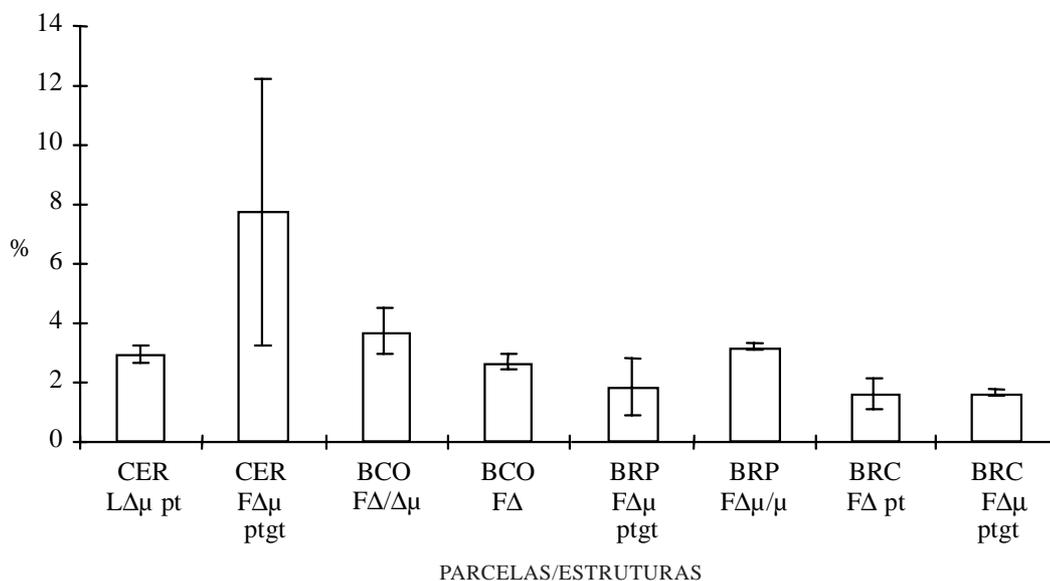


Figura 4. Valores médios e desvios padrões da fração < 0,5 mm, obtidos na peneiragem em água das camadas aráveis (% solo seco 105°C).

A morfologia do solo e as propriedades físicas avaliadas sofreram modificações até à profundidade de 50-60 cm. Nos horizontes mais superficiais diretamente expostos aos agentes climáticos e às técnicas de cultivo, a morfologia estrutural foi completamente transformada de um cerrado (CER) a uma pastagem antiga de baixa produtividade (BCO), e desta para pastagens altamente produtivas (BRP e BRC). A primeira camada de 5 cm do cerrado encontrava-se completamente selada na pastagem degradada (BCO). Este remanejamento superficial pode ter sido causado pelo pisoteio dos animais em condições hídricas desfavoráveis, conforme demonstraram experimentalmente Kondo & Dias Jr. (1999).

Na camada de 5-23 cm, o perfil BCO compactou-se em relação ao CER. O caráter geral FΔ, agregados subangulares, maior densidade de torrões e achatamento das raízes pode ser sido provocado pela instalação da pastagem e pelas más condições de sua utilização. O uso de implementos agrícolas inadequados, em particular grades de discos pesados, provoca desestruturação excessiva das camadas superficiais e, no decorrer do tempo, um adensamento da camada subsuperficial (Blancaneaux et al., 1993). A porosidade, estando em parte fechada, fez com que a água fosse mantida na superfície, fato atestado pelos véus de líquens observados, favorecendo a formação da crosta de superfície (Valentin & Bresson, 1997), mesmo sem gado. O adensamento dessas camadas subsuperficiais foi também observado em Latossolos Vermelho-Escuros e foi atribuído à argila dispersa em água (Carvalho Jr. et al., 1998).

Não houve diferença entre os resultados do fracionamento de agregados, por ser o método utilizado mal adaptado à avaliação da instabilidade estrutural de solos que apresentam agregados maiores que 6,35 mm de diâmetro, uma vez que despreza esses agregados, utilizando a peneira de malha 6,35 mm para uniformizar as amostras. O simples fato de incorporar peneiras com malhas superiores a 6,35 mm permitiria avaliar a instabilidade ou a estabilidade dos agregados maiores que 6,35 mm.

Métodos que levam em conta energias diferenciadas de desagregação (Albrecht et al., 1992) ou de ciclos de umedecimento-secagem também seriam adequados. Para Oliveira et al. (1996) os Latossolos cauliniticos mostraram-se mais instáveis que os gibsíticos em ciclos de umedecimento-secagem. Não foram feitas análises mineralógicas nos perfis, mas os levantamentos pedológicos ressaltaram o caráter gibsítico dos solos estudados (EMBRAPA, 1982).

Na camada superficial do BCO, o incremento de densidade nos torrões pode ser em parte compensado por um aumento na porosidade fissural, principalmente do volume trabalhado pela macrofauna FΔ/Δμ.

A passagem da BCO para a BRP provocou diminuição da densidade do solo nos torrões na camada arável, explicada pela forte atividade radicular e da macrofauna, que, neste caso, promoveram o caráter μ, ou seja, presença de agregados muito pequenos arredondados, produtos do trabalho de formigas e cupins. Esta agregação, estruturalmente estável, foi bem descrita anteriormente (Eschenbrenner, 1986; Garnier-Sillam et al., 1988).

Já a passagem de BCO para BRC provocou aumento na densidade dos torrões, grumosos, de tamanho pequenos e grandes, produtos da atividade de duas espécies de minhocas observadas. Amontoados uns sobre os outros e ligados pelas raízes, promoveram uma porosidade fissural grande, a maior encontrada, que respondeu pelo funcionamento desses solos. Tais observações concordam com pesquisas recentes, que ressaltam dois grandes grupos de minhocas geófagas tropicais, segundo o tipo de estrutura que geram (Blanchart et al., 1999).

Observou-se redistribuição pela macrofauna de material de horizontes mais profundos por todo o perfil, em particular nas parcelas recuperadas. A alta estabilidade dos agregados desses solos, principalmente nas camadas superficiais formadas por torrões, pode ser atribuída à forte atividade biológica (Silva & Mielniczuk, 1997). Os volumes C_p apresentaram agregados muito pequenos, estáveis, típicos dos Latossolos (Kertzman, 1996).

CONCLUSÕES

1. Concluiu-se que as pastagens antigas de baixa produtividade caracterizaram-se pelo desenvolvimento de impedimentos estruturais no solo. Esses fatores podem ser amenizados com o restabelecimento de pastagens, seja monoespecíficas de gramínea seja consorciadas com leguminosa.

2. A porosidade fissural compensou as baixas porosidades nos torrões, sendo importante avaliar os diferentes tipos de porosidades para a melhor compreensão do funcionamento hídrico do perfil.

3. A macrofauna de invertebrados edáficos desempenhou importante papel na formação e estabilidade dos agregados, na formação da rede de fissuras e na regeneração dos volumes estruturais compactos, o perfil cultural permitiu sua fácil percepção.

LITERATURA CITADA

- ALBRECHT, A.; RANGON, L & BARRET, P. Effets de la matière organique sur la stabilité structurale et la détachabilité d'un vertisol et d'un ferrisol (Martinique). Cah. Orstom Sér. Pedol., 27:121-133, 1992.
- AYARZA, M.; VILELA, L.; BARCELOS A.O.; BALBINO L.C.; BROSSARD M. & PASINI A. Integration culture - élevage dans les Cerrados au Brésil: une solution pour des systemes durables. Agric. Dévelop., 8:91-98, 1998.
- AYARZA, M.; VILELA, L.; PIZARRO, E.A. & COSTA, P.H. Agropastoral systems based on legumes: an alternative for sustainable agriculture in the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R. & AYARZA, M.A., eds. Sustainable land management for oxisols of the Latin American Savannas, Cali, CIAT, 1999. p.22-36.
- BACCARO, C.A.D. As unidades geomorfológicas e a erosão nos chapadões do município de Uberlândia. Soc. & Natur., Uberlândia, 6:19-33, 1994.
- BACHELIER, G. La faune des sols, son écologie et son action. IDT 38, Paris, Orstom, 1978. 391p.
- BERTONI, G. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ceres, 1991. 367p.
- BLANCANEAU, P.; FREITAS, P.L.; AMÁBILE, R.F. & CARVALHO, A. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des cerrados du Brésil central. Cah. Orstom Sér. Pédol., 28:253-275, 1993.
- BLANCHART, E.; ALEGRE, J.; PASHANASI, B.; ALBRECHT, A. & BRUSSAARD, L. Effects of Earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P., HENDRIX, P. & BRUSSAARD, L., eds. Earthworms management in tropical agroecosystems. Oxon, CAB International, 1999. 300p.
- CARVALHO Jr., I.A.; FONTES, L.E.F. & COSTA, L.M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e/ou, adensadas em um latossolo vermelho-escuro textura média, na região do Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 22:505-514, 1998.
- CASENAVE, A. & VALENTIN, C. Les états de surface de la zone sahéenne. Influence sur l'infiltration. Paris, Orstom, 1989. 229p.
- DULEY, F.L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4:60-64, 1939.
- ESCHENBRENNER, V. Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux. Cah. Orstom Sér. Pédol., 23:397-408, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento Ciência do Solo. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, 1982. (Boletim de pesquisa, 1)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Ciência do Solo. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GARNIER-SILLAM, E.; TOUTAIN, F. & RENOUX, J. Comparaison de l'influence de deux termitières (humivore et champignoniste) sur la stabilité structurale de sols forestiers tropicaux. Pedobiologia, 32:89-97, 1988.
- GUIMARÃES, M.F.; BALBINO, L.C.; MEDINA, C.C.; RIBEIRO, A.M.A.; RALISCH, R. & TAVARES FILHO, J. A metodologia do perfil cultural e o enraizamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.
- HENIN, S.; GRAS, R. & MONNIER, G. Le profil cultural. 2.ed. Paris, Masson, 1960. 332p.
- KERTZMAN, F.F. Modificações na estrutura e no comportamento de um latossolo roxo provocadas pela compactação. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 153p. (Tese de Doutorado)

- KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relações solo - planta. São Paulo, Agronomica Ceres, 262p. 1979.
- KONDO, M.K. & DIAS Jr., M.S. Compressibilidade de três latossolos em função da umidade de uso. R. Bras. Ci. Solo, 23:211-218, 1999.
- LIMA, C.L.; ROSA, R. & FELTRAM FILHO, A. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia-MG, através de imagens TM/landsat. Soc. Natur., 1:127-145, 1989.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília, 1995. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.28-62.
- MACEDO, M.C.M. & ZIMMER, A.H. Sistema pasto - lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. Anais. Jaboticabal, FUNEP, 1993. p.216-245.
- MANICHON, H. Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Paris, INAPG, 1982. 214p. (Tese de Doutorado)
- MATHIEU, C. & PIELTAIN, F. Analyse physique des sols: méthodes choisies. Paris, Lavoisier Tec & Doc, 1998. 275p.
- MELLO IVO, W.M.P. & MIELNICZUK, J. Influência da estrutura do solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. R. Bras. Ci. Solo, 23:135-143, 1999.
- MONNIER, G. Assemblage et organisation physique des particules. In BONNEAU, M. & SOUCHIER, B., eds. Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. Paris, Masson, 1994. p.325-345.
- MORAES, A. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. Anais. Jaboticabal, FUNEP, 1993. p.191-215.
- MÜLLER, M.M.L. Estudo preliminar de pastagens manejadas com queimadas na região Amazônica. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 1998. (Tese de Mestrado)
- OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M.; REGAZZI, A.J. & FIGUEIREDO, M.S. Efeito de ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. R. Bras. Ci. Solo, 20:509-515, 1996.
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. R. Bras. Ci. Solo, 21:113-117, 1997.
- TAMIA, A.; MOREAU, R.; FORTIER, M. & YORO, G. Influence du travail du sol sur l'évolution physique d'un sol forestier ferrallitique après défrichement motorisé. Etude Gestion Sols, 6:27-39, 1999.
- TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; BALBINO, L.C. & NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. R. Bras. Ci. Solo, 23:393-399, 1999.
- VALENTIN, C. & BRESSON, L.M. Soil crusting. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTIN, C. & STEWART B.A., eds. Methods for assessment of soil degradation. Advances in Soil Science, Boca Raton, CRC Press, 1997. p.89-107.