

***Boletim de Pesquisa
e Desenvolvimento 37***

versão
ON-LINE

***Monitoramento de
indicadores da qualidade
de um Cambissolo sob
sistemas de manejo da
pecuária familiar na Serra
do Sudeste, RS***

Clenio Nailto Pillon
Cláudia Liane Rodrigues de Lima
Marcos Flávio Silva Borba
Lúcia Elena Coelho da Cruz
Carlos Alberto Flores

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78

Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275-8199

Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Ana Luiza Barragana Viegas

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica e capa: Sérgio Ilmar Vergara dos Santos

Foto da capa: Clenio Nailto Pillon

Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão (2006): 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Monitoramento de indicadores da qualidade de um Cambissolo sob sistemas de manejo da pecuária familiar na Serra do Sudeste, RS / Clenio Nailto Pillon [et al.]. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

26 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

ISSN 1678-2518

Solo - Manejo - Conservação - Classificação - Pastagem - Alimentação animal - Rio Grande do Sul . I. Pillon, Clenio Nailto. II. Título. III. Série.

CDD 631.451

Sumário

<i>Resumo</i>	.....	5
<i>Abstract</i>	.....	7
<i>Introdução</i>	.....	9
<i>Material e Métodos</i>	.....	11
<i>Resultados e Discussão</i>	.....	14
<i>Conclusões</i>	.....	23
<i>Referências Bibliográficas</i>	.....	23

Monitoramento de indicadores da qualidade de um Cambissolo sob sistemas de manejo da pecuária familiar na Serra do Sudeste, RS

Clenio Nailto Pillon¹
Cláudia Liane Rodrigues de Lima²
Marcos Flávio Silva Borba³
Lúcia Elena Coelho da Cruz⁴
Carlos Alberto Flores¹

Resumo

Em sistemas de produção da pecuária familiar da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, o manejo do solo, do rebanho e da cobertura vegetal nas áreas de campo nativo é fundamental para a garantia da sustentabilidade econômica e ambiental do agroecossistema. Sistemas de manejo influenciam os processos físicos, químicos e biológicos, com reflexos sobre a qualidade do solo. O objetivo deste estudo foi quantificar o conteúdo de carbono orgânico total, a agregação e a densidade e verificar a influência do uso do solo (área degradada, campo e mata nativa) sobre esses parâmetros em um Cambissolo Háplico. Conclui-se que: (i) a densidade é similar nas três áreas

¹ Eng. Agrôn., pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. (pillon@cpact.embrapa.br)

² Eng. Agrícola, pesquisadora FAPEG/Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. (clrlima@yahoo.com.br)

³ Veterinário, pesquisador da Embrapa Pecuária Sul. Bagé, RS. (mborba@cppsul.embrapa.br)

⁴ Eng. Agrôn., Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. (luciaecruz@yahoo.com.br)

e dependente da quantidade de silte + argila e do teor de carbono orgânico; (ii) o diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados do solo sob mata nativa são superiores aos obtidos na área degradada e no campo nativo, sendo influenciado pelo conteúdo de carbono orgânico total e pela argila; (iii) o tamanho e a estabilidade dos agregados são explicados pelo manejo nas camadas de 0,000-0,025 e de 0,025 a 0,075 m e (iv) o solo sob campo nativo apresenta o menor conteúdo de carbono orgânico total.

Termos para indexação: física do solo, química do solo, estrutura do solo, agregação do solo.

Monitoring of an inceptsol quality indicators under management systems of the small farmers cattle raising in the Southeast region of the Rio Grande do Sul state

Abstract

In production systems of the family livestock of the Mountain of the Southeast of Rio Grande do Sul, the soil and cattle management and cover cropping in the areas of natural pasture is fundamental for the warranty of the economical and environmental sustainability of this agroecosystem. Soil managements influence the physical, chemical and biological processes with reflexes in the soil quality. The objective of this study was to quantify the total organic carbon content, the soil aggregation and the bulk density, and verify the influence of the soil use (degraded area, natural pasture and native forest) on these parameters in a Inceptsol. Concluded that (i) the bulk density is similar in the three areas and dependent of the amount of silt plus clay and of the organic carbon content; (ii) the mean weight diameter and the mean geometric diameter under native forest are higher than the obtained in the degraded area and in the natural pasture, being influenced by the total organic carbon content and clay; (iii) the size and the stability of the aggregates are explained by the managements in the layers of 0.000-0.025 and 0.025 to 0.075 m and (iv) the soil under natural pasture present the smaller total organic carbon content.

Index terms: soil physics, soil chemical, soil structure, soil aggregation.

Introdução

A remoção da mata nativa por meio de roçada seguida de queima, visando a ampliação da área de pastagem natural ou implantada, expõe a superfície do solo à ação erosiva da chuva. Em sistemas de produção da pecuária familiar da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, onde predominam solos rasos, de textura superficial arenosa e de elevada declividade, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, baseados principalmente na manutenção da cobertura vegetal nas áreas de campo nativo, é fundamental para a garantia da sustentabilidade econômica e ambiental.

Os solos sob uso agrícola, dependendo do manejo a que são submetidos, sofrem degradação ou recuperação de sua qualidade, uma vez que processos físicos, químicos e biológicos interagem de forma contínua.

Pesquisas têm sido feitas para avaliar a relação entre o carbono orgânico e os parâmetros físicos do solo (Cosentino et al., 1998; Six et al., 2002; Lima et al., 2003).

Estudos envolvendo a dinâmica da matéria orgânica justificam-se pelo crescente interesse na identificação e no desenvolvimento de sistemas de uso e de manejo que propiciem a manutenção ou o incremento no estoque de matéria orgânica, com reflexos positivos sobre a produtividade biológica do solo.

A estabilidade estrutural é influenciada pelo uso e manejo do solo (Oyedele et al., 1999). Parâmetros físicos como a densidade e a agregação são dependentes além do uso e do manejo de características intrínsecas do solo (Eldridge & Leys, 2003; Jiao et al., 2006).

O tamanho dos agregados e a agregação são modificados por práticas culturais, as quais podem alterar a matéria orgânica e a atividade biológica do solo (Castro Filho et al., 1998; Márquez et al., 2004). A partir do seu conhecimento, pode-se inferir sobre a capacidade de infiltração e de retenção de água, condutividade hidráulica e erodibilidade do solo (Le Bissonais, 1996; Eldridge & Leys, 2003; Sarah, 2005).

A estabilidade de agregados pode ser explicada pela existência de agentes cimentantes, como cátions polivalentes (Ca^{+2}), que podem se unir a colóides orgânicos e à argila do solo. Polissacarídeos resultantes de mucilagens liberadas por bactérias e fungos e presentes nas raízes de plantas e a cristalinidade dos óxidos de ferro também exercem papel importante na agregação do solo (Dexter, 1988; Duiker et al., 2003).

Existe carência de estudos que avaliem a influência de sistemas de uso sobre o estoque de carbono orgânico e sobre parâmetros físicos em solos da classe dos Cambissolos, principalmente, aqueles existentes na Serra do Sudeste.

Os Cambissolos apresentam grande variabilidade em seus atributos de um local para o outro, devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas locais. Apresentam-se fortemente a imperfeitamente drenados, rasos a moderadamente profundos e ainda possuem variações na cor (bruno ou bruno amarelado a vermelho escuro) e alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (Embrapa, 1999).

Considerando-se que sistemas de manejo podem afetar indicadores da qualidade estrutural e química de Cambissolos da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, o objetivo deste estudo foi (i) quantificar o estoque de carbono orgânico total, a densidade, a agregação e a granulometria em áreas submetidas a diferentes sistemas de manejo da pecuária familiar; (ii) estabelecer relações entre estes parâmetros em um

Cambissolo Háplico sob área degradada, campo e mata nativa e (iii) indicar parâmetros mais sensíveis para detectar alterações na qualidade do solo pelos sistemas de manejo.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no distrito de Palmas (Bagé, RS), em um Cambissolo Háplico sob: (i) área degradada (AD) por erosão hídrica após corte e queima dos resíduos vegetais oriundos da mata nativa, mantida sob pastejo bovino. Esta área apresenta uma declividade acentuada e problemas de erodibilidade de solo (Figura 1); (ii) campo nativo (CN), o qual é pastejado e mecanicamente roçado (Figura 2) e (iii) mata natural (MN) (Figura 2).

a)



b)



c)



Fotos: Clenio N. Pillon

Figura 1. Área degradada (AD) (a) e detalhes do solo neste local (AD) (b) ausência de cobertura vegetal e presença de areia e cascalho em superfície e (c) restos de cinzas provenientes da queima dos resíduos vegetais oriundos da mata nativa.

Foto: Clenio N. Pillon



Figura 2. Campo nativo (CN) (plano inferior) e mata natural (MN) (plano superior).

Em fevereiro de 2006, foram coletadas, em nove trincheiras (três repetições por área), amostras com estrutura indeformada e deformada nas camadas de 0-0,025; 0,025 -0,075; 0,075-0,125 e 0,125-0,175 m.

Amostras com estrutura indeformada foram utilizadas para a quantificação da densidade do solo (Blake & Hartge, 1986).

Para a determinação da distribuição de agregados estáveis em água em diferentes classes de tamanho e do diâmetro médio ponderado (DMP) e geométrico dos agregados (DMG), utilizaram-se amostras deformadas de solo seguindo-se a metodologia descrita em Kemper & Rosenau (1986), utilizando o aparelho de oscilação vertical de Yoder (1936). A quantificação dos agregados estáveis em água nas diferentes classes de tamanho (8,00-4,76 mm; 4,76-2,00 mm; 2,00-1,00 mm; 1,00-0,50 mm e 0,50-0,25 mm), do diâmetro médio ponderado (mm) e diâmetro médio geométrico (mm) dos agregados do solo foi efetuada, respectivamente, conforme as equações 1, 2, e 3.

$$AGRi = \left[\frac{MAGRi - mi}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \quad (1)$$

$$DMP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n DMi \times (MAGRi - mi)}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \quad (2)$$

$$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n \ln DMi \times (MAGRi - mi)}{\sum_{i=1}^n (MAGRi - mi)} \right] \quad (3)$$

sendo: AGRi = agregados estáveis em água na classe i (g); MAGRi = soma da massa de agregados e do material inerte na classe i (g); mi = massa de material inerte (cascalho, areia, raízes, restos de cultura, etc.) na classe i (g) e DMi = diâmetro médio da classe i (mm).

A quantificação do conteúdo de carbono orgânico total (COT) foi feita seguindo o método de Walkey & Black, conforme Tedesco et al. (1995), sendo os resultados expressos em massa de COT por volume de solo, corrigindo-se os valores pela densidade. A granulometria foi avaliada utilizando-se terra fina seca ao ar, conforme Embrapa (1997).

Os resultados médios foram submetidos à análise de variância e analisados pelo teste que considera a diferença mínima significativa a 5%. Análises de regressão linear simples e múltipla “stepwise” foram efetuadas para verificar a influência da granulometria e do carbono orgânico total na agregação e na densidade do solo (SAS, 1991).

Resultados e Discussão

Houve similaridade nos valores médios de densidade (Ds) nas diferentes condições de uso e camadas do solo (Tabelas 1 e 2).

O diâmetro médio ponderado (DMP), que depende da quantidade de agregados maiores retidos nas peneiras com malhas superiores, apresentou um maior valor na MN, ou seja, agregados com tamanhos maiores foram verificados no solo sob mata natural. A MN também apresentou um maior valor de DMG (Tabelas 1 e 2). O DMG indica uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência, os quais, neste estudo, estiveram na faixa de 1,12 a 5,48 mm (Tabela 1). O solo sob campo nativo apresentou um melhor estado de agregação devido, possivelmente, ao efeito do sistema radicular das gramíneas presentes, comparativamente aos demais sistemas.

Valores médios do conteúdo de carbono orgânico (COT) seguiram a tendência $MN > AD > CN$ (Tabelas 1 e 2). Esperava-se um menor estoque de COT na AD comparativamente ao CN. Possivelmente, o maior conteúdo de COT observado na AD deve-se à presença de resíduos vegetais parcialmente carbonizados no perfil do solo, oriundos de sucessivos processos de queima da vegetação visíveis e que podem ter sido quantificados como carbono orgânico pela oxidação via úmida (Figura 1c).

A partir dos valores de argila, de silte e de areia, observou-se que as três áreas apresentaram textura variando de franco argilosa a franca conforme Santos et al. (2005). A relação silte/argila serve como indicativo do estágio de intemperismo. De modo geral, os resultados obtidos para esse parâmetro concordaram com a presença de horizonte incipiente, característico de um Cambissolo, por apresentarem uma relação superior a 0,7. Uma quantidade superior de silte em relação ao de argila nesses solos é consequência de um processo de intemperismo pouco avançado (Embrapa, 1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros estatísticos da densidade (Ds, Mg m³), do diâmetro médio ponderado (DMP), do diâmetro médio geométrico (DMG), do carbono orgânico total (COT, Mg ha⁻¹) e da granulometria (g kg⁻¹) de um Cambissolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo¹.

Parâmetros	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	CV, %
AD					
Ds	1,36	0,05	1,27	1,44	3,69
DMP	3,31	0,94	1,66	5,21	28,36
DMG	2,61	0,98	1,12	4,71	37,88
COT	20,74	4,63	12,06	29,05	22,31
Argila	243,01	53,42	147,90	319,50	21,98
Silte	348,10	39,53	241,90	410,30	11,36
Areia	408,89	85,71	279,00	597,00	20,96
Silte/argila	1,48	0,29	1,07	2,24	19,32
Silte + argila	591,11	85,71	403,00	721,00	14,50
CN					
Ds	1,30	0,09	1,18	1,49	7,14
DMP	3,39	0,57	2,33	4,22	16,69
DMG	2,58	0,63	1,54	3,57	24,30
COT	17,38	5,34	8,43	24,12	30,75
Argila	258,81	27,01	202,70	306,70	10,44
Silte	417,38	30,50	375,10	496,30	7,31
Areia	323,80	20,42	286,00	370,00	6,30
Silte/argila	1,64	0,28	1,25	2,45	17,37
Silte + argila	676,19	20,42	630,00	714,00	3,02
MN					
Ds	1,27	0,13	0,97	1,42	10,01
DMP	3,87	0,74	2,43	5,77	19,01
DMG	3,17	0,86	1,59	5,48	27,19
COT	22,48	3,79	17,01	28,86	16,88
Argila	275,91	30,98	219,50	328,70	11,22
Silte	394,45	30,02	384,50	446,10	7,61
Areia	329,64	55,70	240,00	401,00	16,89
Silte/argila	1,40	0,12	1,22	1,78	8,78
Silte + argila	670,36	55,69	599,00	760,00	8,31

¹AD = área sob solo degradado; CN= campo nativo; MN= mata natural.

Tabela 2. Densidade (Ds), diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) e carbono orgânico total (COT) de um Cambissolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo¹.

Camadas, m	AD	CN	MN	Média
Ds, Mg m ⁻³				
0-0,025	1,33	1,22	1,19	1,25 A
0,025-0,075	1,34	1,25	1,32	1,30 A
0,075-0,125	1,38	1,32	1,30	1,33 A
0,125-0,175	1,37	1,42	1,25	1,35 A
Média	1,36 a	1,30 a	1,27 a	
DMP, mm				
0-0,025	2,35	3,08	3,74	3,06 B
0,025-0,075	3,47	3,34	4,14	3,65 A
0,075-0,125	3,68	3,88	4,13	3,90 A
0,125-0,175	3,75	3,27	3,47	3,49 AB
Média	3,31 b	3,39 b	3,87 a	
DMG, mm				
0-0,025	1,64	2,34	3,00	2,33 B
0,025-0,075	2,78	2,51	3,49	2,92 A
0,075-0,125	2,96	3,15	3,42	3,18 A
0,125-0,175	3,04	2,36	2,75	2,72 AB
Média	2,61 b	2,58 b	3,17 a	
COT, Mg ha ⁻¹				
0-0,025	14,50	10,18	24,54	16,40 C
0,025-0,075	25,77	20,16	25,07	23,67 A
0,075-0,125	21,62	19,37	21,37	20,79 AB
0,125-0,175	21,08	19,82	18,93	19,94 B
Média	20,74 a	17,38 b	22,48 a	

¹AD = área sob solo degradado; CN= campo nativo; MN= mata natural. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste que considera a diferença mínima significativa a 5%.

Verificou-se diferença na distribuição de agregados estáveis em água entre os sistemas de manejo nas camadas de 0,000 a 0,025 m e de 0,025 a 0,075 m. Na camada de 0,000 a 0,025 m, foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de manejo em todas as classes de diâmetro, com exceção do intervalo de agregados estáveis em água entre 1,00 a 0,50 mm. Na camada de 0,025 a 0,075 m, foram observadas diferenças entre os sistemas de manejo nas classes de diâmetro de agregados de 1,00 a 0,50 e de 0,50 a 0,25 mm (Figuras 3a e 3b). Madari et al. (2005) também verificaram um efeito mais pronunciado dos tratamentos sobre a agregação na camada superficial do solo (0,000 a 0,050 m). Na camada de 0,000 a 0,025 m, a AD apresentou a menor e a maior quantidade de agregados estáveis quando comparada a MN, respectivamente, nas classes de 8,00 a 4,76 mm e de 0,50 a 0,25 mm. Pelo manejo inadequado, houve tendência de os maiores agregados neste solo serem fracionados em agregados menores.

A maior quantidade de agregados de tamanho menor confirmam uma maior degradação do solo na AD. No entanto, a distribuição de agregados estáveis em água nas demais camadas não foi dependente do manejo (Figuras 4a e 4b).

O teste que compara variâncias (Fisher) (F), a probabilidade de significância (P), o coeficiente de determinação (R^2) e os parâmetros dos modelos matemáticos são indicados nas Tabelas 3, 4 e 5.

Variações na agregação (DMP e DMG), provavelmente são atribuídas à variação no teor de argila e no conteúdo de COT (Tabela 3). O carbono orgânico exerce influência na agregação do solo (Boix-Fayos et al., 2001; Madari et al., 2005), corroborando observações de Soane (1990) e Balabane & Plante (2004).

A mineralogia e a distribuição do tamanho de partículas (argila, silte) também são fatores que podem influenciar a capacidade do solo em incrementar a quantidade de matéria orgânica e

manter a agregação. A matéria orgânica contribui no aumento da agregação. A partir da agregação estima-se a distribuição de água e gases e, por sua vez, a erodibilidade e a permeabilidade do solo (Carter, 2002).

A variação da densidade foi explicada pelo teor de silte + argila e pelo teor de COT (TCO) (Tabela 4). Uma relação negativa entre Ds e silte + argila também foi evidenciada por Smith et al. (1997 a, b).

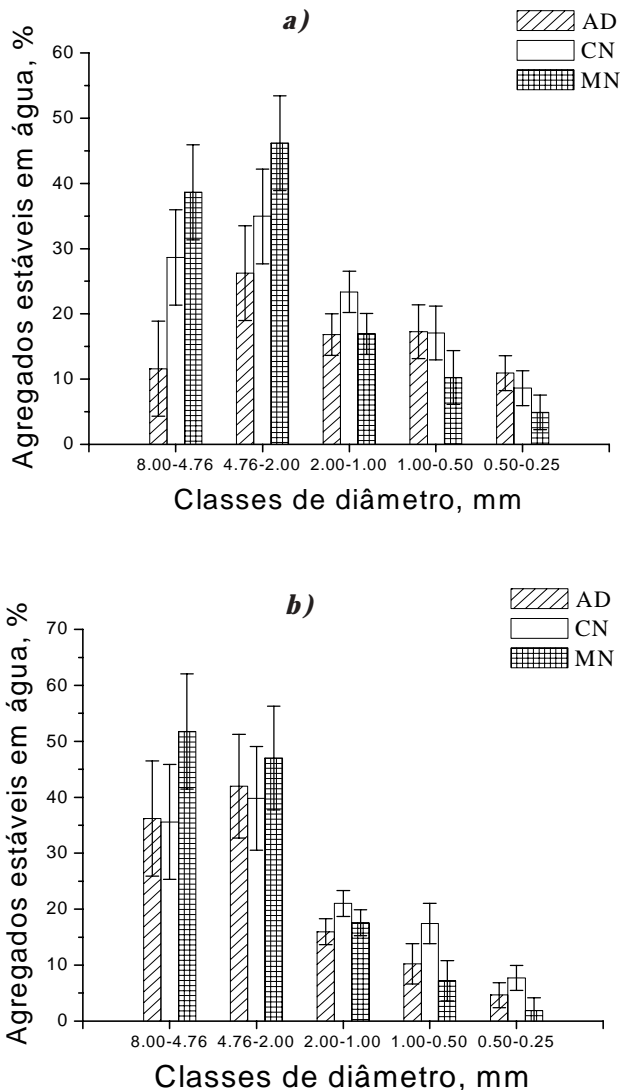


Figura 3. Distribuição de agregados estáveis em água nas camadas: a) 0,000 a 0,025m e b) 0,025 -0,075 m de um Cambissolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo¹.

¹AD = área sob solo degradado; CN= campo nativo; MN= mata natural. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa a 5% em cada classe de agregados do solo entre diferentes sistemas de manejo.

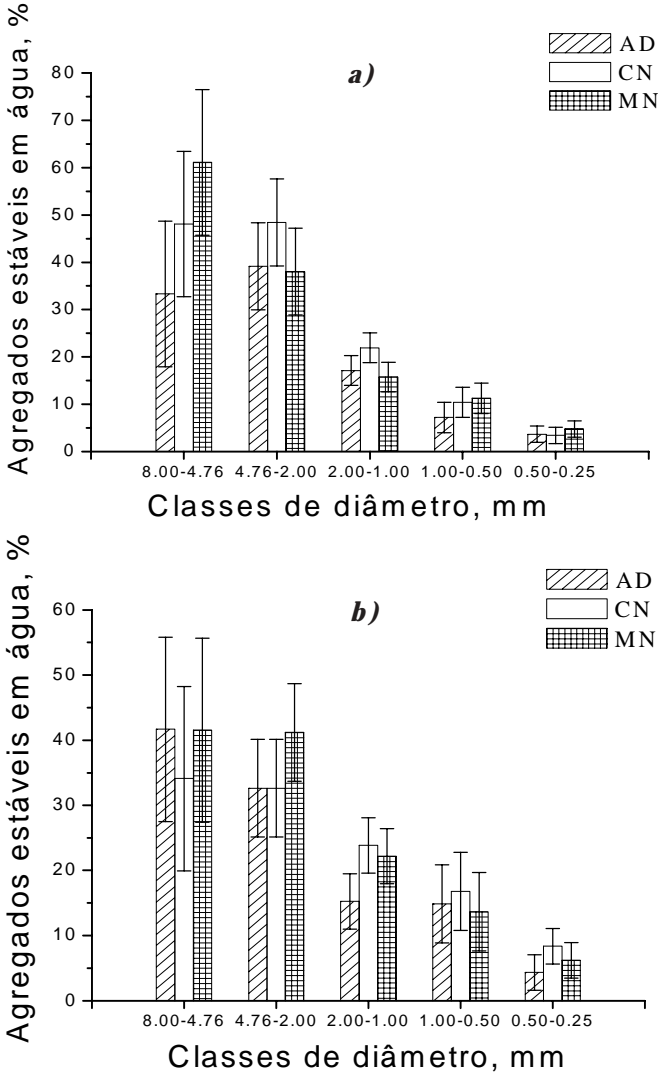


Figura 4. Distribuição de agregados estáveis em água nas camadas: a) 0,075 a 0,125m e b) 0,125 -0,175 de um Cambissolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo¹.

¹AD = área sob solo degradado; CN= campo nativo; MN= mata natural. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa a 5% em cada classe de agregados do solo entre diferentes sistemas de manejo.

Tabela 3. Parâmetros do modelo: $DMP = a + b \times COT + c \times Argila$ de um Cambissolo Háplico sob diferentes manejos.

Parâmetros	Valor estimado	Erro Padrão
a	-1,082	0,648
b	0,043	0,017
c	0,014	0,002

F = 37,05; P < 0,0001; R² = 0,61.

Tabela 4. Parâmetros do modelo: $DMG = a + b \times COT + c \times Argila$ de um Cambissolo Háplico sob diferentes manejos.

Parâmetros	Valor estimado	Erro Padrão
a	-2,029	0,75
b	0,046	0,02
c	0,015	0,003

F = 21,10; P < 0,0001; R² = 0,56.

Tabela 5. Parâmetros do modelo: $Ds = a + b \times (silte + argila) + TCO$ de um Cambissolo Háplico sob diferentes manejos.

Parâmetros	Valor estimado	Erro Padrão
a	1,824	0,122
b	-0,0006	0,0002
c	-0,003	0,0007

TCO = teor de carbono orgânico do solo (g kg⁻¹); F = 15,11; P < 0,0001; R² = 0,48.

A partir das análises de regressão simples verificou-se que o DMP, o DMG e a Ds podem ser adequadamente estimados pelos modelos apresentados (Figura 5), ou seja, a Ds (Figura 5c) e a agregação (Figura 5a e 5b) foram sensíveis a características intrínsecas do solo como a granulometria e o carbono orgânico.

A densidade, a estabilidade de agregados representados pelo DMP e pelo DMG e o estoque de carbono orgânico podem ser utilizados como indicadores da degradação do solo.

O monitoramento de indicadores da qualidade do solo em sistemas de produção agropecuários constitui-se em uma

ferramenta importante para a avaliação da sustentabilidade ambiental. Este conjunto de informações representa o marco inicial de avaliação da adequação de práticas de manejo comumente adotadas pelos pecuaristas familiares. A continuidade deste monitoramento permitirá definir critérios para a tomada de decisão quanto à melhoria dos sistemas de

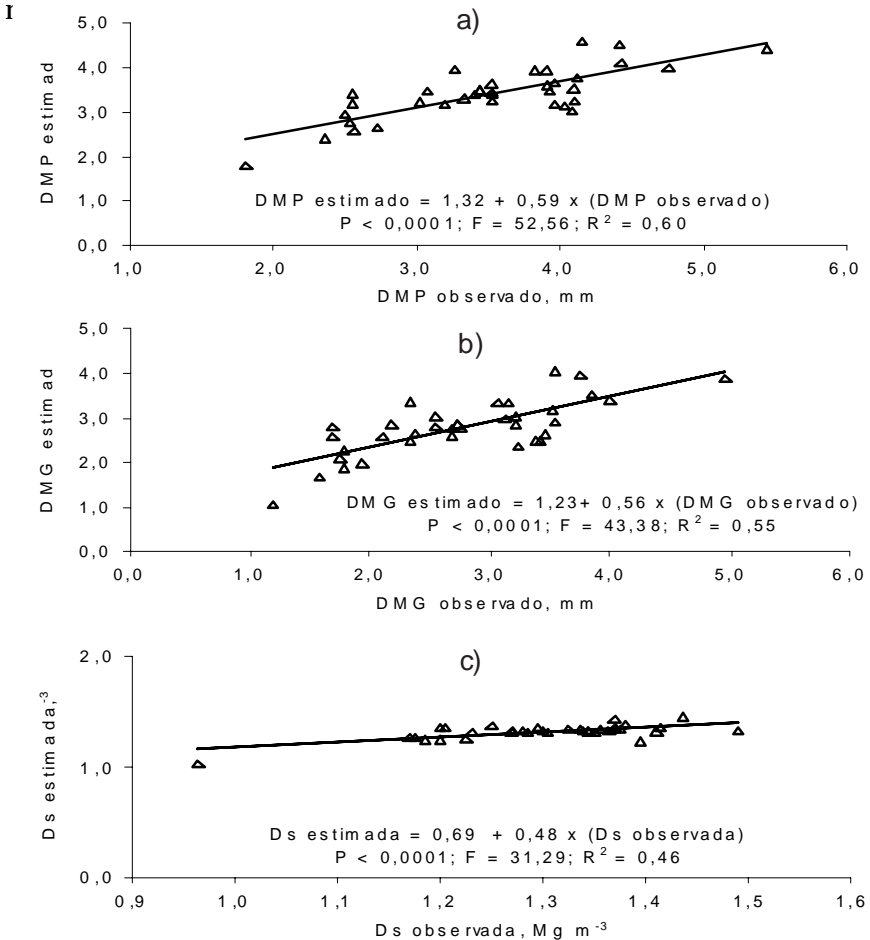


Figura 5. Relação entre os valores observados e estimados (a) do diâmetro médio ponderado (DMP), (b) do diâmetro médio geométrico (DMG) e (c) da densidade (Ds) de um Cambissolo Háplico sob diferentes manejos.

Conclusão

Nas condições deste estudo, conclui-se que (i) a densidade é similar nas três áreas e dependente da quantidade de silte + argila e do teor de carbono orgânico; (ii) o diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados do solo sob mata nativa são superiores aos obtidos na área degradada e no campo nativo, sendo influenciado pelo conteúdo de carbono orgânico total e pela argila; (iii) o tamanho e a estabilidade dos agregados são explicados pelo manejo nas camadas de 0,000-0,025 m e de 0,025 a 0,075 m; (iv) o solo sob campo nativo apresenta o menor conteúdo de carbono orgânico total e (iv) a distribuição e a estabilidade de agregados constituíram-se indicadores sensíveis na avaliação da qualidade dos sistemas de manejo.

Referências

Bibliográficas

BALABANE, M.; PLANTE, A.F. Aggregation and carbon storage in silt soil using physical fractionation techniques. **European Journal of Soil Science**, Dordrecht, v. 55, p. 415-427, 2004.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.

BOIX -FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; IMESON, A.C.; SORIANO-SOTO, M.D. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. **Catena**, Amsterdam, v. 44, p. 47-67, 2001.

CARTER, M.R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, p. 38-47, 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLIM O.; PODANOSCHI, A.L.

Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e método de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 527-538, 1998.

COSENTINO, D.; COSTANTINI, A.; SEGAT, A.; FERTIG, M.

Relationship between organic carbon fractions and physical properties of an Argentine soil under three tillage systems.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, p. 981-986, 1998.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure.

Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 11, p. 199-238, 1988.

DUIKER, S.W.; ROTHON, F.E.; TORRENT, J.; SMECK, N.E.; LAL,

R. Iron (hydr)oxide crystallinity effects on soil aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p. 606-611, 2003.

ELDRIDGE, D.J.; LEYS, J.F. Exploring some relationship

between biological soil crusts, soil aggregation and wind erosion. **Journal of Arid Environments**, Inglaterra, v. 53, p. 457-466, 2003.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema**

brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

JIAO, Y.; WHALEN, J.K.; HENDERSHOT, W.H. No-tillage and

manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 134, p. 24-33, 2006.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 425-443.

LIMA, C.L.R. de; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; SILVA, J.B. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 199-205, 2003.

LE BISSONNAIS, Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I – Theory and methodology. **European Journal of Soil Science**, Dordrecht, v. 47, p. 425-437, 1996.

MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; ANDRADE, A.G. de; VALENCIA, L.I.O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 80, p. 185-200, 2005.

MÁRQUEZ, C.O.; GARCIA, V.J.; CAMBARDELLA, C.A.; SCHULTZ, R.C.; ISENHART, T.M. Aggregate-size stability distribution and soil stability. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, p. 725-735, 2004.

OYEDELE, D.J.; SCHJØNNING, P.; SIBBESEN, E.; DEBOSZ, K. Aggregation and organic matter fractions of three Nigerian soils as affected by soil disturbance and incorporation of plant material. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, p. 105-114, 1999.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C. de; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SARA, P. Soil aggregation response to long- and short-term differences in rainfall amount under arid and Mediterranean

climate conditions. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 70, p. 1-11, 2005.

SAS, **Statistical analysis system**. Institute/Stat. Procedure guide for personal computers. 5. ed. Cary: SAS Institute, 1991. 1104 p.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SA, J.C. de M.; ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no tillage. **Agronomie**, Paris, v. 22, p. 755-775, 2002.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I – The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 41, p. 53-73, 1997 a.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. II – Soil properties affecting compactibility and compressibility. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 335-354, 1997 b.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 16, p. 179-201, 1990.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 28, p. 337-351, 1936.