

Variabilidade espacial da densidade e conteúdo de carbono de um Planossolo submetido à arações e gradagens sucessivas





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-6709

Dezembro/2009

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 55

Variabilidade espacial da densidade e conteúdo de carbono de um Planossolo submetido à arações e gradagens sucessivas

Felipe Martini Santos
Rogério Bastos da Silva
Célia Regina Grego
Ana Paula Dias Turetta
Fabiano de Carvalho Balieiro
Guilherme Montandon Chaer

*Seropédica – RJ
2009*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 3441-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Norma Gouvea Rumjanek (Presidente)

José Ivo Baldani

Guilherme Montandon Chaer

Luis Henrique Barros Soares

Bruno José Rodrigues Alves

Ednaldo Araújo

Carmelita do Espírito Santo (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Bruno José Rodrigues Alves e Maria Elizabeth Fernandes Correia

Normalização Bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2009): 50 exemplares

V299

Variabilidade espacial da densidade e conteúdo de carbono de um Planossolo submetido à arações e gradagens sucessivas / Felipe Martini Santos et al. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009. 19 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 55).

ISSN 1676-6709

1. Solo arenoso. 2. Estoque de carbono. 3. Matéria orgânica do solo. I. Silva, Rogério Bastos da. II. Célia Regina Grego. III. Turetta, Ana Paula Dias. IV. Balieiro, Fabiano de Carvalho. V. Chaer, Guilherme Montandon. VI. Título. VII. Embrapa Agrobiologia. VIII. Série.

CDD 631.41

Autores

Felipe Martini Santos

Bolsista FAPERJ

Rogério Bastos da Silva

Bolsista PIBIC/CNPq

Célia Regina Grego

Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite

Ana Paula Dias Turetta

Pesquisadora da Embrapa Solos

Fabiano de Carvalho Balieiro

Pesquisador da Embrapa Solos

Guilherme Montandon Chaer

Pesquisador da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução	9
Material e métodos.....	10
Resultados	12
Impacto da indução da degradação sobre os atributos estudados	12
Variabilidade espacial dos atributos.....	13
Discussão	15
Conclusão	17
Referências Bibliográficas	17

Variabilidade espacial da densidade e conteúdo de carbono de um Planossolo submetido à arações e gradagens sucessivas

Felipe Martini Santos
Rogério Bastos da Silva
Célia Regina Grego
Ana Paula Dias Turetta
Fabiano de Carvalho Balieiro
Guilherme Montandon Chaer

Resumo

No Brasil existem extensas áreas de solos arenosos em distintos níveis de degradação. Tais solos caracterizam-se por possuírem baixos teores e estoques de C, agregação pouco desenvolvida e baixa CTC. A cultura do eucalipto consorciada com leguminosas arbóreas fixadoras de N₂ pode representar uma alternativa de uso dessas terras em função da baixa exigência dessas plantas quanto à fertilidade do solo e da crescente demanda mundial por produtos florestais. Nesse contexto, foi delineado um experimento para avaliar (1) o potencial técnico-econômico do consórcio do eucalipto com a *Acacia mangium* e (2) os benefícios desse consórcio sobre a recuperação da qualidade e o sequestro de C de um Planossolo Háplico. Nessa primeira etapa do estudo, buscou-se avaliar a mudança na densidade e dos teores e estoques de C da área experimental após a passagem de arado seguido de grade por dez semanas, além da variabilidade espacial dessas propriedades do solo. Os resultados mostraram que a aplicação dos distúrbios tendeu a aumentar a densidade na camada mais superficial do solo, mas não causou mudanças significativas nos teores e estoques de C. A análise geoestatística dos dados indicou a existência de dependência espacial dos atributos do solo estudados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, fato não observado na camada de 20-40 cm. Isso demonstra que camadas mais profundas do solo sofrem menores interferências dos manejos, e que a variabilidade das propriedades do solo nessas camadas é mais associada à gênese do próprio horizonte do solo. O conhecimento da variabilidade espacial da densidade do solo e dos teores e estoques de C na área experimental, baseado em mapas obtidos pelo método de *krigagem*, permitirá um monitoramento mais preciso de mudanças no solo ao longo do cultivo florestal.

Palavras-Chave: Solos arenosos; matéria orgânica do solo; variabilidade espacial.

Abstract

In Brazil there are large areas of sandy soils in distinct levels of degradation. Such soils are characterized by low content and stocks of C, poor aggregation, and low CEC. Mixed plantations of eucalyptus and N₂-fixing legume trees are an alternative to use these lands due to the low demand of these plants for soil fertility, and to the increasing world demand for forestry products. In this context, an experiment to evaluate (1) the technical and economical potential of the consortium between eucalyptus and *Acacia mangium*, and (2) the benefits of this consortium to recovery the quality of a Planossolo Háplico was delineated. In this first phase of the study, it was evaluated the changes in soil bulk density, and in the content and stocks of soil C of the experimental area after sequential soil plowing and disking for 10 weeks, besides the spatial variability of these soil properties. The results showed that application of the disturbances tended to increase the soil bulk density in the upper soil layer, but did not cause significant changes in the soil C content and stocks. The geostatistical analysis of the data indicated the presence of spatial dependency of studied soil attributes in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm layers, but not at 20-40 cm. This fact demonstrate that deeper soil layers are less subjected to management interferences, and that variability of soil properties in these layers may be more associated to the genesis of the soil horizon. The knowledge of the spatial variability of soil bulk density and of the content and stocks of soil C in the experimental area, based on maps generated by the kriging method, will allow a more precise monitoring of the soil changes along the forest growth.

Keywords: Sandy soils; Soil organic matter; Spatial variability.

Introdução

Solos arenosos (não-hidromórficos) normalmente possuem baixos teores de C comparativamente a solos com textura média ou argilosa, devido principalmente à agregação pouco desenvolvida e à menor interação organo-mineral, oriunda da superfície específica reduzida da fração areia. Vários trabalhos têm demonstrado que solos arenosos são mais susceptíveis à degradação quando submetidos ao cultivo, com redução acentuada dos teores e estoques de C (SILVA et al., 1994; NEUFELDT et al., 2002; ZINN et al., 2002).

Manter solos arenosos produtivos significa manter ou incrementar seus níveis de matéria orgânica, pois a maior parte de suas cargas, dos nutrientes e da capacidade de armazenamento de água encontra-se direta ou indiretamente relacionada com a quantidade e a qualidade da matéria orgânica estocada no solo. Dentre as estratégias que podem contribuir para que esse objetivo seja atingido em longo prazo destaca-se o uso de leguminosas fixadoras de N₂ atmosférico em rotações ou consórcios em sistemas de plantio direto, lavoura-pecuária, agroflorestais e, mais recentemente, de florestas plantadas comerciais. Essa estratégia tem sido relatada como determinante para a intensificação da ciclagem de nutrientes em agroecossistemas e plantios florestais, com consequências positivas na estocagem de C do solo (NEUFELDT et al., 2002.; SISTI et al., 2004; BALIEIRO et al., 2008a).

No Brasil existem extensas áreas de solos arenosos, em distintos níveis de degradação, e a cultura do eucalipto pode representar uma alternativa de uso dessas terras em função de sua baixa exigência quanto à fertilidade do solo. Assim, buscou-se desenhar um experimento que pudesse avaliar o potencial técnico-econômico do consórcio dessa essência com uma leguminosa arbórea fixadora de N₂ (*Acacia mangium*) e os benefícios desse consórcio sobre a recuperação da qualidade do solo e o sequestro de C. Para tal, na primeira etapa do estudo foram feitas passagens de arado seguido de grade por dez semanas em área de Planossolo situada no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, para provocar uma redução na densidade e nos teores e estoques de C do solo. Como o solo possui variabilidade horizontal e vertical natural de suas propriedades físicas, químicas e pedológicas e essa tende a aumentar com o uso e o manejo do solo (BERGSTROM al., 1994; BALIEIRO et al., 2008b), buscou-se avaliar a variabilidade espacial dessas propriedades do

solo por meio de técnicas de geoestatística, para conhecer a magnitude das alterações induzidas sobre a qualidade do solo. Essas informações auxiliarão no entendimento dos processos que comandam a dinâmica de crescimento das essências florestais plantadas e os padrões de estocagem de C do solo em longo prazo.

Material e métodos

A área de estudo localiza-se no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica, Rio de Janeiro (22° 46' de Sul e 43° 41' Oeste; 33 m de altitude). A média pluviométrica anual é de 1.250 mm e as temperaturas médias mensais variam de 16°C (junho a julho) a 32°C (janeiro a março). A umidade relativa média anual é de 73%.

O solo de maior parte da área corresponde a um Planossolo Háplico, o qual se caracteriza pela presença de um horizonte superficial bastante arenoso, formado pela eluviação de argila, e de um horizonte glei em profundidade variada, caracterizado pela textura mais argilosa (iluviação) e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da topossequência. Este solo é tipicamente distrófico e com baixa capacidade de retenção de C, sendo as variações desses atributos dependentes da localização na topossequencia local (RAMOS et al., 1973; BALIEIRO et al., 2008b).

O experimento foi montado numa área sob pousio por mais de 15 anos, onde predominavam espécies invasoras de folha estreita. O relevo constitui-se de uma encosta pouco declivosa (declividade < 5%) onde foram alocados quatro blocos de 36 x 105 m (maior dimensão perpendicular ao gradiente de declividade), cada um contendo uma parcela controle (ND), mantida sob pousio, e outra submetida à degradação induzida (D). Cada parcela foi subdividida para alocar cinco combinações de plantio das espécies *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mangium*.

A degradação do solo foi induzida durante os meses de outubro e novembro por meio da passagem semanal de arado seguido de grade aradora leve. Foram realizadas dez operações até cerca de 15 d antes do plantio das mudas. Antes do início da fase de indução da degradação, toda a vegetação da área experimental foi dessecada com glifosato.

Para caracterizar a variabilidade espacial de atributos do solo, procedeu-se a amostragem do solo em cada subparcela 60 dias após a interrupção da aplicação das arações e gradagens ao solo. A amostragem para avaliação da densidade do solo foi feita em minitrincheiras, abertas no centro de cada subparcela. Anéis de 50 cm³ foram usados na coleta de amostras indeformadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm e usadas para a determinação da densidade do solo (Ds). Devido à largura de 5 cm do anel, nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm, a amostragem foi feita no ponto central da camada. Subamostras indeformadas foram coletadas das mesmas profundidades e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASP) da Embrapa Solos para determinação do teor de C por via seca em um analisador automático Multi EA 2000 (Analytik Jena AG, Jena, Alemanha). O estoque de carbono orgânico para cada camada foi calculado pela seguinte equação:

$$E = (C \times d \times Z)/10,$$

onde, E= estoque de C do solo (Mg ha⁻¹); C= teor de C do solo (g kg⁻¹); d= densidade do solo (g cm⁻³) e Z= espessura da camada do solo (cm).

De posse dos resultados procedeu-se a análise estatística comparando o efeito da degradação sobre a densidade do solo, teor de C e estoque de C nas camadas de 0-5; 5-10, 10-20 e 20-40 cm por meio de ANOVA e utilizando o programa SAEG V9.1. Adicionalmente, foi avaliada a magnitude da variação espacial desses atributos por meio de análises geoestatísticas. Foram utilizados 40 pontos georreferenciados de amostragem (20 nas parcelas D e 20 nas parcelas ND) considerando uma grade regular de 20 x 20 m entre pontos. Para esta análise, que inclui a construção e ajuste de semivariogramas e interpolação por krigagem ordinária, foram utilizados os programas AVARIO e KRIGE (VIEIRA et al., 2002). Após a krigagem, os dados foram espacializados com auxílio do programa Surfer 7.0 (Golden Software, New York).

Resultados

Impacto da indução da degradação sobre os atributos estudados

Os valores de Ds aumentaram em profundidade em ambos os tratamentos (D e ND), corroborando o perfil pedológico da classe de solo estudada (Figura 1A). A passagem sucessiva do arado e da grade tendeu a aumentar a densidade do solo nas camadas avaliadas até 20 cm, sendo esse efeito significativo apenas para a camada de 0 a 5 cm. Os valores médios de Ds para as camadas de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm nas parcelas ND foram 1,49, 1,65, 1,71 e 1,76 Mg m⁻³, respectivamente. Para as parcelas com alteração da estrutura física do solo induzida pelos implementos agrícolas, esses valores foram 1,55, 1,66, 1,74 e 1,75 Mg m⁻³ (Figura 1A).

Os teores de carbono orgânico total (COT) no solo decresceram em profundidade (Figura 1B). Não foi observada mudança significativa ($p>0,05$) nos teores de C entre as parcelas D e ND, independente da profundidade. Nas parcelas ND, o teor de COT decresceu em profundidade, de 4,30 g kg⁻¹, na camada de 0-5 cm, até 2,10 g kg⁻¹, na camada de 20-40 cm. Similarmente, o decréscimo do C nas parcelas D para as mesmas camadas foi de 3,78 g kg⁻¹, em 0-5 cm, a 1,74 g kg⁻¹, para a camada mais profunda (Figura 1B).

O impacto do revolvimento do solo no estoque de carbono foi maior na camada superficial do solo, embora o efeito sobre essa variável também não tenha sido significativo (Figura 1C). Nos primeiros 5 cm de solo os estoques estimados nas parcelas D e ND foram de 2,93 e 3,22 Mg ha⁻¹, respectivamente. O estoque total de 0-40 cm foi de 17,9 e 17,3 Mg ha⁻¹ para os tratamentos ND e D, respectivamente. Não foi observado diferença entre os estoques de C (0-40cm) estimados com e sem correção para a massa de solo da área ND, sendo a diferença dessas estimativas de apenas 0,066 Mg ha⁻¹ de C.

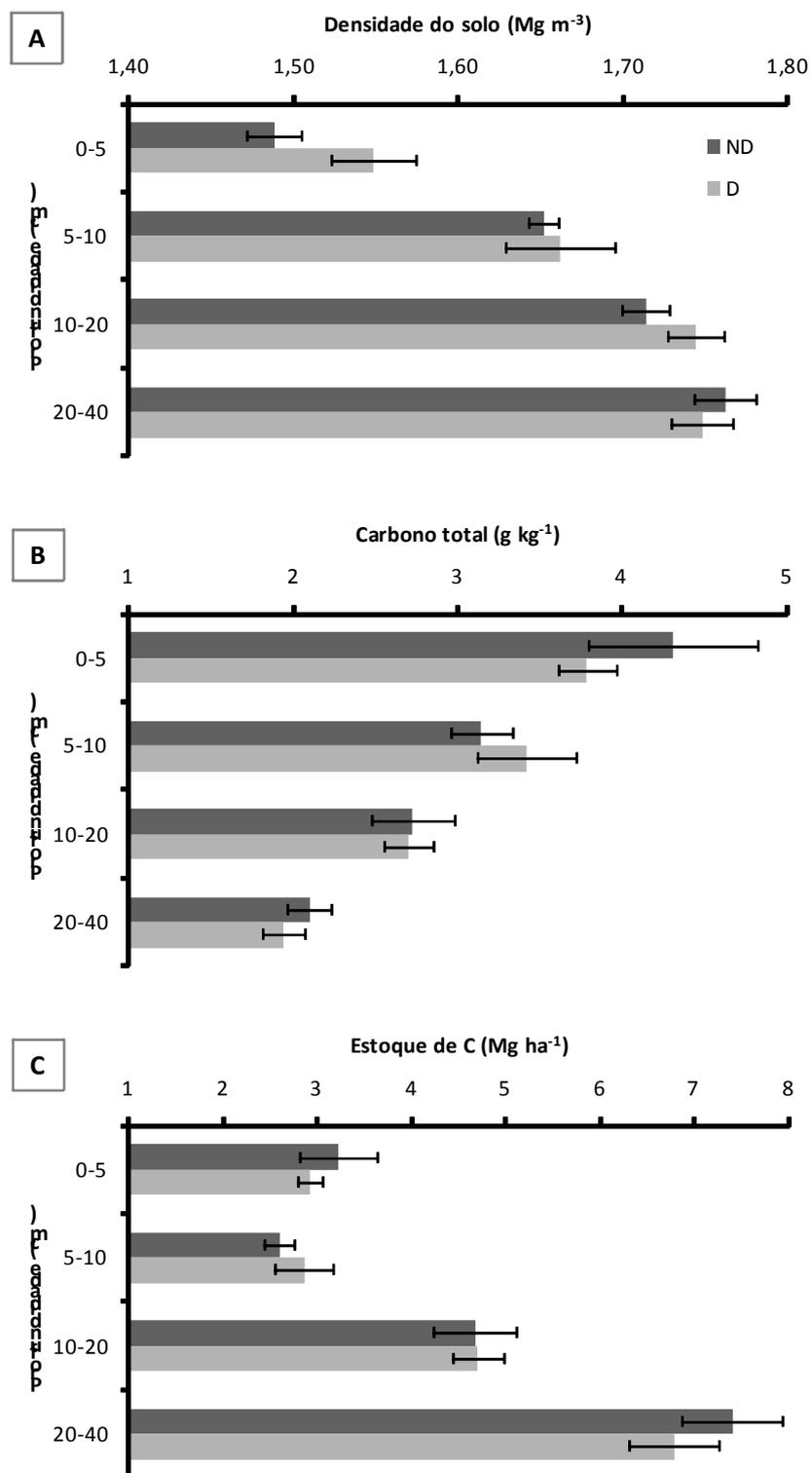


Figura 1. Densidade do solo (A), e teor de C total (B) e estoque de C (C) de camadas de um Planossolo submetido à indução da degradação por arações e gradagens sucessivas (D) e não submetidas à degradação (ND). Barras de erro correspondem ao erro padrão da média.

Variabilidade espacial dos atributos

Os resultados referentes à análise descritiva das variáveis densidade do solo, teor de COT e estoque de C nas três profundidades encontram-se na Tabela 1. A Ds apresentou distribuição normal para todas as profundidades, ao passo que os dados de teor e de estoque de carbono da camada 0-5 cm não apresentaram essa distribuição (valores de assimetria e curtose distantes de zero).

Tabela 1. Estatística descritiva da densidade do solo, teor de C orgânico total (COT) e estoque de C do solo para diferentes profundidades (0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm) de um Planossolo Háplico.

Nome	Unidade	n	Média	Mínimo	Máximo	Variância	DP [†]	CV [‡]
----- 0-5 cm -----								
Densidade	Mg m ⁻³	40	1,52	1,21	1,78	0,017	0,129	8,51
COT	g kg ⁻¹	38	3,99	1,26	10,92	3,049	1,746	43,74
Estoque de C	Mg ha ⁻¹	38	3,08	1,1	9,42	2,451	1,566	50,89
----- 5-10 cm -----								
Densidade	Mg m ⁻³	40	1,66	1,41	1,85	0,014	0,120	7,27
COT	g kg ⁻¹	40	3,28	1,02	8,91	2,723	1,650	50,34
Estoque de C	Mg ha ⁻¹	40	2,77	0,79	8,24	2,483	1,576	56,80
----- 10-20 cm -----								
Densidade	Mg m ⁻³	40	1,73	1,53	1,92	0,008	0,091	5,25
COT	g kg ⁻¹	39	2,78	1,01	5,14	1,347	1,160	41,75
Estoque de C	Mg ha ⁻¹	39	4,88	1,67	9,38	4,833	2,198	45,04
----- 20-40 cm -----								
Densidade	Mg m ⁻³	40	1,76	1,6	1,97	0,010	0,099	5,63
COT	g kg ⁻¹	40	2,02	0,42	4,36	0,810	0,900	44,61
Estoque de C	Mg ha ⁻¹	40	7,13	1,41	15,51	11,280	3,359	47,10

[†] desvio padrão

[‡] coeficiente de variação

A maioria dos semivariogramas apresentou dependência espacial com ajustes esféricos e grau de dependência de moderado a forte (45-75% e 75-100%) segundo Zimback (2001). A exceção ocorreu na profundidade de 20-40 cm onde não houve dependência espacial, ou seja, o solo amostrado a essa profundidade, com base no grid de amostragem utilizado, apresentou comportamento aleatório quanto à densidade, teor e estoque de carbono.

Os mapas de distribuição espacial (Figura 2) demonstram claramente que a densidade aumentou com a profundidade do solo.

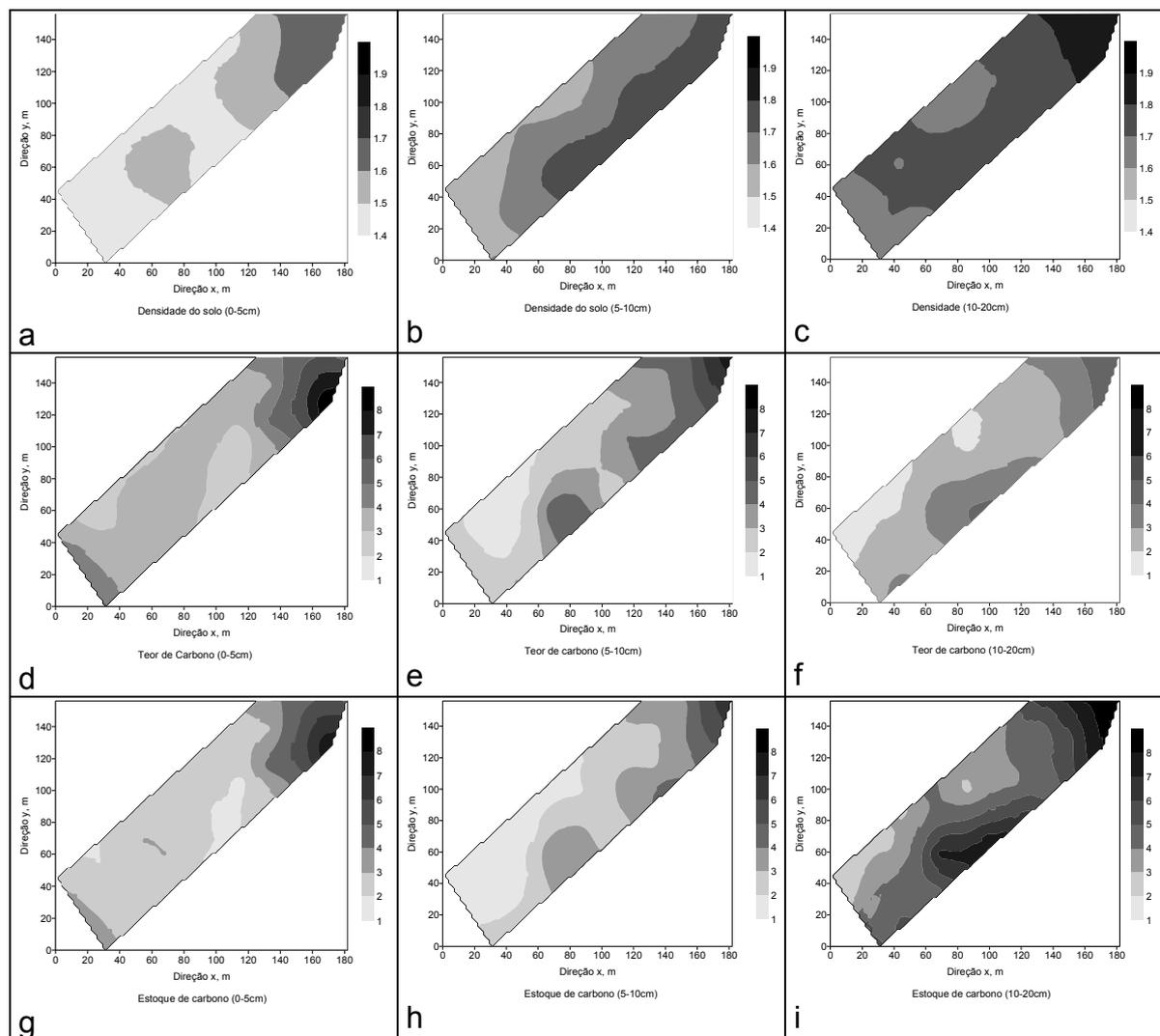


Figura 2. Distribuição espacial das variáveis densidade do solo (a, b c), teor de C (d, e, f) e estoque de C (g, h, i) nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm determinados pelo método de interpolação krigagem ordinária. As unidades das variáveis são descritas na tabela 1.

Discussão

Os valores de Ds encontrados nesse estudo são característicos de solos de textura arenosa, que segundo Reichardt e Timm (2004) podem variar entre 1,40 a 1,80 kg dm⁻³ e corroboram os valores de Ds reportados por Balieiro et al. (2005) para uma área adjacente à desse estudo.

O aumento da Ds na camada superficial pode ser explicado pela passagem sucessiva dos implementos de preparo do solo, o que pode ter levado ao rompimento dos agregados e conseqüente redução da macroporosidade do solo.

Os estoques de C encontrados nesse trabalho corroboram com outros trabalhos desenvolvidos em solos arenosos em diferentes biomas (ZINN et al., 2002; NEUFELDT et al., 2002; BALIEIRO et al., 2008a). Ademais, a distribuição espacial do estoque de C do solo na área experimental encontra-se muito relacionada ao teor de C do solo (Figura 2). Considerando-se que a estabilidade do C no solo é função do teor de argila ou argila+silte (ZINN et al., 2005. JANTALIA et al., 2007) e reconhecendo as variações naturais do terreno quanto à textura, reflexo dos mecanismos e processos de formação do solo, pode-se inferir que a textura também possa estar influenciando no padrão de distribuição desses dois atributos (teor e estoque de C).

Ficou evidente que parte da área (especialmente na maior direção x e na maior direção y; Figura 2) concentrou (em todas as profundidades) os maiores valores de densidade e de teores e estoque de C, reforçando que a magnitude dos valores das variáveis avaliadas encontra-se muito relacionada com a posição no terreno e possivelmente a outras variáveis ainda não consideradas, como a textura do solo e a altura do lençol freático. Para um melhor entendimento dessa variação espacial será considerado, em uma fase futura do projeto, a análises de outras propriedades do solo.

É interessante destacar a falta de dependência espacial na maior profundidade avaliada (20-40 cm), o que indica que a profundidade de coleta das amostras de solo é um fator importante no estudo da dependência espacial. Camadas mais profundas do solo sofrem menores interferências dos manejos, e a variabilidade pode ser muito mais decorrente do próprio horizonte do solo e da vegetação anteriormente presente na área.

Segundo Grego e Vieira (2005), o conhecimento da variabilidade das propriedades do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado, atualmente, o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala. Desta forma, os resultados obtidos nesse estudo deverão auxiliar no entendimento dos processos que comandam a dinâmica de crescimento das essências florestais plantadas e os padrões de estocagem de C do solo em longo prazo.

Conclusão

Os efeitos dos tratamentos de distúrbio, em função da degradação induzida por arações e gradagens sucessivas de parcelas sobre um Planossolo Háplico, foram evidenciados apenas pelo aumento da densidade do solo na camada mais superficial do solo, embora alterações significativas nos teores e estoques de C do solo possam se manifestar em médio ou longo prazo. Os mapas obtidos por *krigagem* permitiram o reconhecimento das variações naturais (e induzidas) do solo. Os métodos geoestatísticos empregados foram adequados ainda para verificar a existência de dependência espacial na grade de amostragem utilizada. O conhecimento da densidade do solo e dos teores e estoques de C na área experimental respaldará as discussões a cerca dos efeitos dos tratamentos implantados sobre o crescimento das espécies florestais e do efeito destas sobre a estocagem de C do solo em longo prazo.

Referências Bibliográficas

BALIEIRO, F. C.; CEDDIA, M. B.; PEREIRA, M. G.; RESENDE, A. S.; FRANCO, A. A. Biomassa de raízes e regime hídrico do solo em plantio de *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms em um Planossolo Háplico. **Floresta**, v. 35, p. 221-230, 2005.

BALIEIRO, F. C.; PEREIRA M. G.; FRANCO, A. A.; ALVES, B. J. R.; RESENDE, A. S. Soil carbon and nitrogen in afforested pasture with *Eucalyptus* and guachapele. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1253-1260. 2008a.

BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, W. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PICCOLO, M. C.; JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica. **Revista Árvore**, Vicosa, v. p. 153-162. 2008b.

BERGSTROM, D. W.; MONREAL, C. M.; JACQUES, E. S. Spatial dependence of soil carbon mass and its relationship to soil series and topography. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa , v. 81, n. 1; p. 53-62, 1994.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W.; MABIALA, A.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOFFRE, R.; JOURDAN, C.; BONNEFOND, J. M.; BERBIGIER, P.; HAMEL, O. Spatial and temporal variations of soil respiration in a *Eucalyptus* plantation in Congo. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 202, n. 1/3, p. 149-160, 2004.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de Propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 169-177, 2005.

JANTALIA, C. P.; RESCK, D. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. B. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 95, p. 97–109, 2007.

NEUFELDT, H.; RESCK, D. V. S.; AYARSA, M. A. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 107, p. 151-164, 2002.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N.; Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 1-2, 1973. (Série Agronomia)

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, **Planta e Atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Editora Manole, 2004.

RESH, S. C.; BINKLEY, D.; PARROTA, J. A. Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with *Eucalyptus* species. **Ecosystems**, New York, v. 5, p. 217-231, 2002.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 541-547, 1994.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2002.

ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo. Botucatu, 2001.114 f. Dissertação (Livre Docência), Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, p. 28-40, 2005.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, p. 285-294, 2002.

Embrapa

Agrobiologia

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

