

**Estoque de Carbono Orgânico do Solo  
sob Floresta e Pastagem no Município de  
São José de Ubá, RJ**



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Solos*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 196***

### **Estoque de Carbono Orgânico do Solo sob Floresta e Pastagem no Município de São José de Ubá, RJ**

*Maurício Rizzato Coelho*

*Ademir Fontana*

*Joyce Maria Guimarães Monteiro*

*Ana Carolina Goulart*

*Kenny Tanizaki-Fonseca*

*Marcelo Monteiro Costa*

Embrapa Solos

Rio de Janeiro, RJ

2011

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ  
CEP: 22460-000  
Fone: (021) 2179 4500  
Fax: (021) 2274 5291  
Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)  
E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Unidade**

**Presidente:** Daniel Vidal Pérez

**Secretário-Executivo:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**Membros:** Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.

**Supervisão editorial:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**Revisão de texto:** André Luiz da Silva Lopes

**Normalização bibliográfica:** Ricardo Arcanjo de Lima

**Edição eletrônica:** Jacqueline Silva Rezende Mattos

**Foto da capa:** Joyce Maria Guimarães Monteiro

**1ª edição**

E-book (2011)

**Todos os direitos reservados**

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Solos**

---

E672e Coelho, Maurício Rizzato.

Estoque de carbono orgânico do solo sob floresta e pastagem no município de São José de Ubá, RJ / Maurício Rizzato Coelho... [et al.].

— Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011.

31 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 196).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>>.

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2011).

1. Argissolo Vermelho. 2. Rio Rural. 3. Toposequência. 4. Mata Atlântica. I. Fontana, Ademir. II. Monteiro, Joyce Maria Guimarães. III. Goulart, Ana Carolina. IV. Tanizaki-Fonseca, Kenny. V. Costa, Marcelo Monteiro. VI. Título. VII. Série.

CDD (21.ed.) 631.42

---

© Embrapa 2011

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>11</b>
Localização e caracterização do meio físico .....	11
Critérios de seleção e características da área de estudo .....	13
Protocolo de amostragem .....	14
Análises estatísticas .....	15
<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>15</b>
Caracterização e o conteúdo de C dos solos .....	15
Estoques de carbono orgânico dos solos .....	22
<b>Conclusões</b> .....	<b>26</b>
<b>Referências</b> .....	<b>26</b>

# Estoque de Carbono Orgânico do Solo sob Floresta e Pastagem no Município de São José de Ubá, RJ

---

*Maurício Rizzato Coelho<sup>1</sup>*

*Ademir Fontana<sup>1</sup>*

*Joyce Maria Guimarães Monteiro<sup>1</sup>*

*Ana Carolina Goulart<sup>2</sup>*

*Kenny Tanizaki-Fonseca<sup>3</sup>*

*Marcelo Monteiro Costa<sup>4</sup>*

## Resumo

A substituição da floresta por outros usos acarreta importantes alterações no estoque de C do solo e, conseqüentemente, na ciclagem global desse elemento. Com o objetivo de avaliar o C estocado nos solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* e compará-lo a um remanescente florestal de aproximadamente 20 anos, foi desenvolvido o presente trabalho. Para tal, selecionaram-se áreas contíguas de floresta e pastagem fisiograficamente representativas do noroeste fluminense, situadas no município de São José de Ubá (RJ). O seguinte protocolo de amostragem foi utilizado: tanto no remanescente florestal como na pastagem foram demarcados três transectos de 50 m de extensão cada, situados perpendicularmente à linha de declive e localizados nos terços superior, médio e inferior das vertentes estudadas. Em cada transecto foram abertas três minitrincheiras de 1,0 m de profundidade, equidistantes 15 m entre si, totalizando nove minitrincheiras

---

<sup>1</sup> D.Sc. Pesquisador A Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico - Rio de Janeiro, RJ.  
E-mail: mauricio@cnps.embrapa.br; ademir@cnps.embrapa.br; joyce@cnps.embrapa.br

<sup>2</sup> Estagiária da Embrapa Solos e Programa Rio-rural Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Rio de Janeiro (SEAPEC)/ Superintendência de Desenvolvimento Sustentável

<sup>3</sup> Professor Adjunto de Ciências da Natureza UFF. E-mail: kenny.fonseca@gmail.com

<sup>4</sup> Assessor Técnico responsável pelo monitoramento, avaliação e sistema de incentivos do Programa Rio Rural da Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Rio de Janeiro (SEAPEC)/ Superintendência de Desenvolvimento Sustentável (SDS).

em cada área para a quantificação do estoque de C. Nas minitrincheiras foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm e, nelas, efetuadas as análises químicas de rotina, granulométricas e de densidade do solo. Com os dados obtidos, observou-se que houve diferença significativa no estoque de C entre o remanescente florestal ( $70,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e a pastagem ( $83,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) estudados, com os maiores valores para a pastagem. A análise dos dados também mostrou a importância de se efetuar estudos dessa natureza em topossequências, já que os atributos do solo normalmente variam em função da posição na vertente; e com o estoque de C não foi exceção, reduzindo seus valores no sentido do declive. No entanto, a análise dos dados obtidos em topossequência também evidenciou que, para as condições estudadas, a avaliação do estoque de C apenas do terço médio é uma informação econômica e tecnicamente viável, possibilitando a redução da densidade de amostragem sem grandes prejuízos à qualidade da informação. O terço médio, portanto, representou o balanço das condições médias e dos processos envolvidos na dinâmica e distribuição do C nas vertentes estudadas.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica, Argissolos Vermelhos Eutróficos, topossequência; Programa RIO-RURAL.

# Soil Organic Carbon Stocks under Forest and Pasture in the São José de Ubá county, State of Rio de Janeiro

---

## Abstract

The replacement of forest for other uses causes important changes in the soil C stock and also in the global cycling of this element. The objective of this work was to evaluate the stored C in soils under *Brachiaria decumbens* and compare it to a remnant forest of approximately 20 years. Contiguous and physiographical representative areas under forest and pasture from Northwestern Fluminense, located in the São José de Ubá (RJ) were selected. For this study in each area a number of three transects with 50 m each one were demarcated, situated at shoulder, backslope and footslope from slope. In each transect three small trench around 1.0 m depth, 15 m distant from each other, with a total of the nine small trench in each area to quantify the C stock were opened. At small trench samples at depths of 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 and 50-100 cm were collected, and carried out chemical analysis, particle size and density. With these data, we observed a significant difference in C stocks among the remaining forest (70.8 Mg ha<sup>-1</sup>) and pasture (83.2 Mg ha<sup>-1</sup>), with the highest values for pasture. The data analysis also showed the importance of topossequence studies, since the soil attributes usually vary depending on position on the slope, and the C stock is no exception, reducing their value in the direction of shoulder to footslope. However, it was observed that for the conditions of this study, the assessment of C stocks only in backslope is an economic information and technically viable, allowing the reduction of sampling density without

significant damage to the quality of information. Therefore, the backslope represented the balance of the processes involved in the dynamics and distribution of C in the studied areas.

**Keywords:** Atlantic forest, Alfisols, topossequence; RIO-RURAL Program.

## Introdução

Há uma grande preocupação mundial com o aumento da temperatura da Terra relacionado ao efeito estufa que, por sua vez, tem sua origem predominantemente associada ao aumento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, componente dos denominados gases de efeito estufa (GEE). A concentração global deste gás na atmosfera era de aproximadamente 280 ppm na época pré-industrial e alcançou 379 ppm em 2005, sendo a queima de combustíveis fósseis e a mudança de uso das terras os principais responsáveis por esse aumento (IPCC, 2007).

Estima-se que, no Brasil, o desmatamento e as queimadas das florestas, devido à mudança do uso das terras para sistemas agrícolas, respondem por aproximadamente 70% das emissões de CO<sub>2</sub> à atmosfera (BRASIL, 2010). Essa mudança na cobertura vegetal causa um desbalanço que pode modificar os atributos biológicos (LUIZÃO et al., 1999), físicos (MORAES et al., 1996) e químicos dos solos (LONGO; ESPÍNDOLA, 2000), especialmente da sua matéria orgânica (DESJARDINS et al., 2004).

Por outro lado, as florestas, juntamente com as terras agrícolas e outros ecossistemas terrestres, oferecem um potencial significativo de mitigação dos GEE. Nos ecossistemas terrestres, os solos podem estocar até quatro vezes mais carbono orgânico (C) que a vegetação e mais de três vezes a quantidade de carbono da atmosfera, com variações que dependem da vegetação original, do tipo de solo e clima, do uso e cobertura das terras, bem como das práticas de manejo das culturas (IPCC, 2000). Sob condições naturais, Tornquist et al. (2009) afirmam que o estoque de C original é controlado pelo clima, paisagem, vegetação, mineralogia do solo e pelas interações entre esses fatores. Nas regiões tropicais, por exemplo, quando a vegetação nativa é substituída por sistemas agrícolas, o estoque de matéria orgânica no solo pode reduzir significativamente devido ao distúrbio físico causado no solo, expondo a matéria orgânica a uma intensa atividade microbiológica, o que resulta na sua rápida decomposição (SILVA; MACHADO, 2000; MIELNICZUK et al., 2003).

A capacidade de solos e florestas armazenarem C trouxe para a perspectiva da mitigação a discussão de seu papel na redução dos GEE. Essa questão recebe a sigla em inglês de LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry), que corresponde ao uso da terra, mudança de uso da terra e florestas. O Brasil tem um grande potencial de obter pagamento pelo serviço ambiental carbono nas atividades relacionadas ao LULUCF. As atividades florestais, por exemplo, com fins de conservação ou de reconstituição de ecossistemas, geram serviços ambientais de grande alcance, em estreita relação com a proteção de bacias hidrográficas (preservação de fluxos d'água, diminuição ou impedimento do assoreamento dos rios e lagos, alteração do microclima, entre outros), com a preservação da diversidade biológica, cujo patrimônio genético é incalculável, e com a fixação e manutenção de estoque de C.

Além de possibilitar a análise do solo como fonte ou depósito de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera, o conhecimento do estoque de C e de sua dinâmica no solo em sistemas naturais e agroecossistemas é importante para a avaliação de tecnologias voltadas ao desenvolvimento de sistemas sustentáveis (CORAZZA, 1999). Há poucos dados disponíveis de estoque de C sob sistemas naturais (vegetação nativa) e, devido a isso, aproximações têm sido propostas para a sua estimativa, sobretudo derivadas de dados de levantamentos de solos existentes e, menor extensão, de novas campanhas de campo para amostragem (TORNQUIST et al., 2009).

No Estado do Rio de Janeiro, o Programa RIO-RURAL, desenvolvido pela Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS) da Secretaria de Agricultura e Pecuária do Estado do Rio de Janeiro (SEAPEC), tem como principal objetivo apoiar o Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas do bioma Mata Atlântica nas regiões Norte-Noroeste e Serrana (RIO-RURAL, 2011). Essas regiões concentram os municípios com maior grau de desmatamento registrado no Estado nos últimos anos (ATLAS..., 2010).

As ações apoiadas pelo RIO-RURAL vêm demonstrando, a partir da conscientização dos agricultores e melhoria de suas práticas, que as opções

produtivas podem gerar impactos significativos ao meio ambiente, bem como podem contribuir para a mitigação de alguns dos principais impactos ambientais negativos da atualidade, como a diminuição da biodiversidade, o aquecimento global, a poluição, o desaparecimento dos rios e a degradação dos solos. Ao evidenciar os benefícios e serviços ambientais prestados, o programa pretende identificar novas fontes de recursos, propondo que os produtores adotem práticas conservacionistas como contrapartida às políticas públicas de crédito e apoio ao desenvolvimento rural (RIO-RURAL, 2011).

Uma das microbacias de atuação do RIO-RURAL é a de Santa Maria, em São José de Ubá, município situado na região noroeste fluminense. Junto ao referido projeto, a Embrapa Solos é a responsável pela a execução do monitoramento do meio físico (qualidade dos solos, da água e monitoramento agrometeorológico), incluindo-se o monitoramento do estoque de C relacionado à biomassa aérea e aos solos. O presente trabalho objetiva avaliar o C estocado no solo sob pastagem na referida microbacia, comparando-o a um fragmento florestal de aproximadamente 20 anos. A fim de melhor interpretar os resultados, os solos sob floresta e pastagem serão caracterizados quanto à classificação taxonômica e variação de seus atributos analíticos e morfológicos.

Este trabalho é parte integrante de uma iniciativa maior que visa avaliar e monitorar o estoque de C em áreas de pastagens, usos mais representativos e fragmentos florestais no estado do Rio de Janeiro a fim de obter um referencial que permita a avaliação do potencial de redução de emissão de carbono das intervenções propostas pelo projeto RIO-RURAL e, dessa forma, contribuir para a valoração do serviço ambiental carbono.

## **Material e Métodos**

### **Localização e caracterização do meio físico**

A área de estudo situa-se na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria, localizada no município de São José de Ubá, região noroeste fluminense. A figura 1 mostra a localização do município no Estado do Rio de Janeiro. Com uma área de 1.350 ha, a microbacia localiza-se a aproximadamente 6 km da

sede do município de São José de Ubá e é considerada uma sub-bacia do rio São Domingos, componente da bacia do rio Muriaé (PRADO et al., 2005).

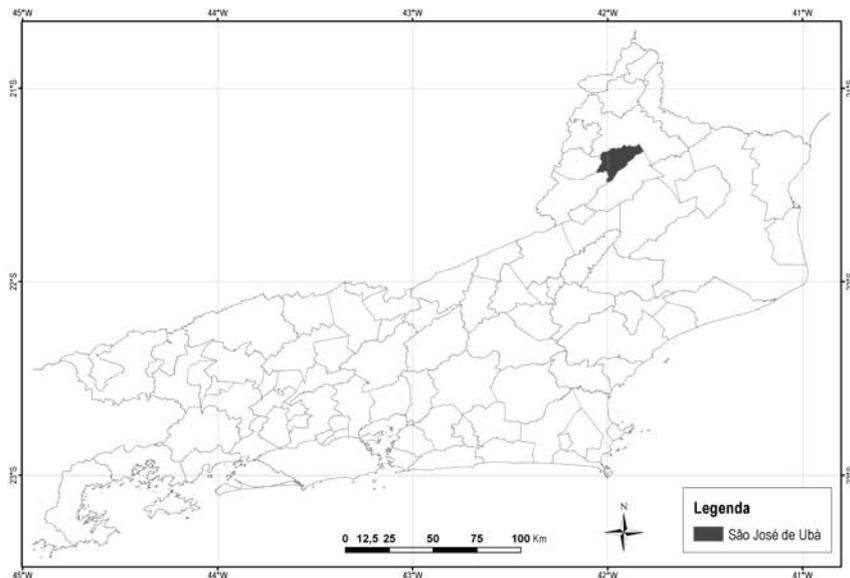


Figura 1. Localização do município de São José de Ubá no Estado do Rio de Janeiro.

A vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semi decidual, com inserções de Mata de Tabuleiros, a qual sofreu intenso processo de fragmentação e que se caracteriza por espécies que perdem parte das folhas no período de estiagem (RIO-RURAL, 2011). O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical quente e úmido, com estações climáticas bem definidas. Avaliações feitas entre os anos 2005 e 2007 indicaram uma precipitação média anual de 1.283,72 mm. A temperatura média anual é de 23,1°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (média de 26,4°C), e o de junho, o mais frio (média de 19,9°C) (GONÇALVES et al., 2006).

As unidades geológicas encontradas na microbacia de Santa Maria fazem parte do Complexo Juiz de Fora, Catalunha (Complexo Paraíba do Sul) e dos sedimentos quaternários (REIS; MANSUR, 1995). Quanto à geomorfologia, de

acordo com Dantas (2000), a bacia insere-se na unidade denominada Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Norte-Noroeste Fluminense. Segundo o autor, essa unidade se caracteriza por apresentar contraste brusco entre feições homogêneas de colinas, morros e morrotes associados aos alinhamentos serranos elevados.

As classes de solos predominantes na microbacia são os Cambissolos Háplicos, que ocupam 44% da área, os Argissolos Vermelho-Amarelos, distribuídos em uma área de 18,5% e os Neossolos Litólicos, em 16,7% da área. Somados, totalizam 79,2% da área da microbacia (BHERING et al., 2005).

### **Critérios de seleção e características da área de estudo**

As áreas de estudo foram selecionadas atendendo ao maior número dos seguintes critérios: (a) presença de remanescente florestal preservado, em estágio sucessional médio ou avançado de regeneração; (b) tamanho superior a 1 ha a fim de permitir maior representatividade da área; (c) fisiografia característica do Bioma Mata Atlântica; (d) área de remanescente florestal e de pastagem situadas na mesma superfície morfoedológica e contíguas; (e) existência de estudos na área ou região (fitossociologia, solos); (f) estrutura fundiária formada predominantemente por pequenas propriedades rurais de agricultura familiar e; (g) facilidade, segurança e viabilidade (permissão do proprietário) de acesso.

A figura 2 permite a visualização da mata e, parcialmente, do pasto estudados. O remanescente florestal estende-se por aproximadamente 3,0 ha e encontra-se em estágio médio de sucessão vegetacional. Sua idade aproximada é de 20 anos. A localização da pastagem contígua ao remanescente florestal visa reduzir, ao máximo, a interferência de variáveis ambientais outras que apenas a variação de uso e manejo do solo na dinâmica do estoque de C. Segundo informações do proprietário, a área de pastagem nunca foi cultivada com tomate, uso comum nessa região, e é utilizada com pasto de *Brachiaria decumbens* há mais de 20 anos.



**Figura 2.** Fotografia das áreas de estudo selecionadas. Áreas: A = floresta, B = início da pastagem. Terços: S = superior, M = médio e I = inferior. As linhas brancas indicam a posição aproximada dos transectos estudados sob floresta.

## Protocolo de amostragem

As campanhas de campo ocorreram em janeiro e julho de 2011. No terço médio de cada área de estudo foram abertas duas trincheiras de dimensões aproximadas de 2,0x1,5x2,0 m (comprimento x largura x profundidade) visando a caracterização e classificação dos solos. Nelas, os solos foram descritos e amostrados segundo Santos et al. (2005) e classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2006).

Tanto na floresta (Figura 2) como na pastagem, foram demarcados três transectos de 50 m de extensão cada, situados perpendicularmente à linha de declive e localizados nos terços superior, médio e inferior da vertente. Foram abertas três minitrincheiras de 1,0 metro de profundidade em cada transecto, equidistantes 15 m, totalizando nove minitrincheiras em cada área para a quantificação do estoque de C. A diferença de nível entre os transectos foi de aproximadamente 30 m, valor esse calculado em função da diferença de nível total das vertentes estudadas e obtidos com auxílio de GPS.

Em cada minitrincheira foram coletadas amostras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e 50-100 cm e, nelas, analisadas os atributos químicos de rotina, a granulometria e a densidade do solo, todos segundo Embrapa (1997). Para cálculo da densidade do solo, as amostras foram coletadas em duplicata para cada profundidade, utilizando-se para tal anel de Kopeck de 50 cm<sup>3</sup>. O estoque de carbono orgânico dos solos foi calculado pela seguinte equação (ELLERT; BETTANY, 1995):

$$EstoqueC = \frac{C \times d \times p}{10}$$

onde: EstoqueC = estoque do carbono orgânico (Mg ha<sup>-1</sup>), C = teor de carbono do solo (g kg<sup>-1</sup>), d = densidade do solo (Mg m<sup>-3</sup>), p = profundidade (cm).

### **Análises estatísticas**

As inferências sobre os resultados foram efetuadas com base nas análises descritivas e univariadas. Nas análises univariadas, foram realizadas avaliações da normalidade dos erros pelo teste de Lilliefors e homogeneidade de variâncias pelo teste de Cochran e Bartlett, sendo as comparações das médias realizadas pelo teste T, com nível de significância  $p < 0,05$ . Para as análises dos atributos físicos, químicos e do estoque de C do solo, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições quando foram analisados em cada transecto (três minitrincheiras em cada transecto) e nove repetições quando analisados em cada uso da terra (três transectos e três minitrincheiras em cada transecto).

## **Resultados e Discussão**

### **Caracterização e o conteúdo de C dos solos**

As tabelas 1 e 2 mostram os resultados analíticos, e a tabela 3, os morfológicos dos perfis descritos e amostrados sob floresta e pastagem. Ambos foram classificados como ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado. No entanto, cada qual apresenta suas peculiaridades. Sob floresta, por exemplo, o perfil manifesta cores em tons vermelho-amarelos até 60 cm de profundidade, enquanto sob pasto, até 18 cm (Tabela 3). Abaixo dessas profundidades há ocorrência de tons

avermelhados (matiz 2,5YR), o que confere a designação da subordem à classificação dos perfis. Possivelmente, a manutenção de maior umidade a maiores profundidades ao longo do ano e dos anos sob floresta em relação à pastagem é responsável pela diferenciação de cores entre perfis, fato que favorece a formação, manutenção e preponderância da goethita em relação da hematita. Esses minerais, isolados ou em combinação entre si e outros componentes do solo, são responsáveis por suas cores (SCHWERTMANN et al, 1982; KÄMPF; SCHWERTMANN, 1983).

Embora o perfil sob floresta não apresente incremento de argila suficiente para caracterizá-lo como horizonte B textural (relação textural = 1,64; Tabela 2), a presença de cerosidade, descrita como moderada e comum no horizonte Bt1 (Tabela 3), foi o atributo que definiu, juntamente com a relação textural (> 1,5), o tipo de horizonte subsuperficial e sua classificação em nível taxonômico de ordem, conforme critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2006).

**Tabela 1.** Dados químicos e físicos do perfil sob floresta.

Horizonte	Profundidade cm	Calhau	Cascalho	TFSA <sup>1</sup>	g kg <sup>-1</sup>						
					Areia G <sup>2</sup>	Areia F <sup>3</sup>	Silte	Argila	AD <sup>4</sup>	GF <sup>5</sup>	Silte/Argila
A	0-7	0	6	994	359	211	126	304	0	100	0,41
AB	7-24	0	8	992	308	223	104	365	0	100	0,28
BA	24-60	0	3	997	278	168	107	447	61	86	0,24
Bt1	60-110	0	2	998	165	104	78	653	61	91	0,12
Bt2	110-137	0	1	999	155	84	86	675	0	100	0,13
Bt3	137-200+	0	2	998	147	88	70	695	0	100	0,10

Horizonte	pH	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB <sup>6</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T <sup>7</sup>	V <sup>8</sup>	P
	Água	KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							%	mg kg <sup>-1</sup>	
A	5,9	5,0	2,5	1,6	0,25	0,01	4,4	0	2,8	7,2	61	2
AB	5,4	4,5	1,2	0,9	0,05	0,01	2,2	0,1	2,2	4,5	49	1
BA	5,6	5,0	1,4	0,7	0,02	0,01	2,1	0	1,8	3,9	54	1
Bt1	5,6	5,4	1,8	0,8	0,02	0,01	2,6	0	1,3	3,9	67	2
Bt2	6,0	5,7	1,4	1,2	0,02	0,01	2,6	0	1,0	3,6	72	5
Bt3	6,2	5,8	1,0	1,4	0,01	0,01	2,4	0	1,0	3,4	71	6

Horizonte	C <sup>9</sup>	N <sup>10</sup>	C/N	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>								
A	11,4	1,6	7	149	100	81	16,8	-	-	2,53	1,67	1,94
AB	5,8	1,0	6	177	125	73	17,8	-	-	2,41	1,75	2,69
BA	4,2	0,8	5	212	151	86	16,0	-	-	2,39	1,75	2,76
Bt1	3,8	0,6	6	299	215	93	10,7	-	-	2,36	1,85	3,63
Bt2	3,2	0,6	5	331	224	99	10,3	-	-	2,51	1,96	3,55
Bt3	2,1	0,5	4	323	227	103	10,7	-	-	2,42	1,87	3,46

<sup>1</sup>TFSA: terra fina seca ao ar; <sup>2</sup>Areia G: areia grossa; <sup>3</sup>Areia F: areia fina; <sup>4</sup>AD: argila dispersa em água; <sup>5</sup>GF: grau de flocculação; <sup>6</sup>SB: soma de bases trocáveis; <sup>7</sup>T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; <sup>8</sup>V: saturação por bases; <sup>9</sup>C: carbono orgânico; <sup>10</sup>N: nitrogênio; Relação textural: 1,64.

**Tabela 2.** Dados químicos e físicos do perfil sob pastagem.

Horizonte	Profundidade cm	Calhau	Cascalho	TFSA <sup>1</sup>	Areia G <sup>2</sup>	Areia F <sup>3</sup>	Silte	Argila	AD <sup>4</sup>	GF <sup>5</sup>	Silte/Argila
g kg <sup>-1</sup>											
Ap1	0-6	0	9	991	308	189	158	345	284	18	0,46
Ap2	6-18	0	8	992	276	181	157	386	365	5	0,41
BA	18-28	0	1	999	183	118	109	590	326	45	0,18
Bt1	28-46	0	2	998	122	65	79	734	0	100	0,11
Bt2	46-71	0	2	998	115	51	95	739	0	100	0,13
Bt3	71-120	0	15	985	148	57	139	656	61	91	0,21
Bt4	120-154	0	4	996	160	68	178	594	61	90	0,30
Bt5	154-180+	0	21	979	158	68	199	575	0	100	0,35

Horizonte	pH	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB <sup>6</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	T <sup>7</sup>	V <sup>8</sup>	P	
Água		KCl	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>									%	mg kg <sup>-1</sup>
Ap1	6,0	4,8	2,9	1,6	0,30	0,01	4,8	0	2,8	7,6	63	2	
Ap2	5,9	4,7	3,7	1,2	0,19	0,01	5,1	0	2,6	7,7	66	1	
BA	6,1	5,1	3,5	1,3	0,15	0,01	5,0	0	1,7	6,7	75	1	
Bt1	6,5	5,5	3,4	1,5	0,18	0,01	5,1	0	1,3	6,4	80	1	
Bt2	6,8	5,9	2,9	2,2	0,16	0,01	5,3	0	1,0	6,3	84	1	
Bt3	6,8	6,1	2,0	2,6	0,18	0,01	4,8	0	1,0	5,8	83	2	
Bt4	6,7	6,0	1,2	3,1	0,14	0,01	4,4	0	0,8	5,2	85	2	
Bt5	6,4	5,8	1,2	3,2	0,13	0,01	4,5	0	1,2	5,7	79	2	

Horizonte	C <sup>9</sup>	N <sup>10</sup>	C/N	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O
g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>									
Ap1	13,5	1,6	8	182	111	61	8,5	-	-	2,79	2,06	2,86
Ap2	11,1	1,4	8	207	129	67	9,4	-	-	2,73	2,05	3,02
BA	7,5	1,2	6	258	185	86	9,5	-	-	2,37	1,83	3,38
Bt1	6,2	1,2	5	345	221	102	10,1	-	-	2,65	2,05	3,40
Bt2	4,3	0,8	5	372	247	97	9,6	-	-	2,56	2,05	4,00
Bt3	3,5	0,6	6	361	243	102	9,4	-	-	2,53	1,99	3,74
Bt4	2,4	0,5	5	359	224	98	9,9	-	-	2,72	2,13	3,59
Bt5	1,9	0,4	5	355	229	103	10,4	-	-	2,64	2,05	3,49

<sup>1</sup>TFSA: terra fina seca ao ar; <sup>2</sup>Areia G: areia grossa; <sup>3</sup>Areia F: areia fina; <sup>4</sup>AD: argila dispersa em água; <sup>5</sup>GF: grau de floculação; <sup>6</sup>SB: soma de bases trocáveis; <sup>7</sup>T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; <sup>8</sup>V: saturação por bases; <sup>9</sup>C: carbono orgânico; <sup>10</sup>N: nitrogênio; Relação textural: 1,88.

**Tabela 3.** Dados morfológicos selecionados dos perfis estudados

Hor.	Prof. cm	Cor úmida	Estrutura			Transição	Consistência		Cerosidade
			Tipo	Grau	Tamanho		úmida	molhada	
<b>Floresta – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado</b>									
A	0-7	7,5YR 3/4	gr	moderada	m peq/peq	plana/clara	firme	pl/peg	ausente
AB	7-24	5YR 5/6	bl sub	moderada	med/gr	plana/gradual	firme	pl/peg	ausente
BA	24-60	5YR 4/6	bl sub	fraca/mod	med/gr	plana/difusa	firme	pl/peg	ausente
Bt1	60-110	2,5YR 4/8	bl sub	fraca	med/peq	plana/difusa	firme	pl/peg	mod/com
Bt2	110-137	2,5YR 4/8	bl sub	fraca	med/gr	plana/difusa	friável	pl/peg	fraca/pouca
Bt3	137-200+	2,5YR 5/8	bl sub	moderada	med/gr	-	firme	pl/peg	ausente
<b>Pastagem – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado</b>									
Ap1	0-6	5YR 4/2	gr	moderada	m peq/peq	plana/clara	friável	pl/peg	ausente
Ap2	6-18	5YR 4/3	gr	moderada	peq/med	plana/clara	firme	mpl/mpeg	ausente
BA	18-28	2,5YR 4/4	bl sub	forte	med/peq	plana/gradual	m firme	pl/peg	ausente
Bt1	28-46	2,5YR 4/5	bl sub	forte	med/peq	plana/gradual	m firme	pl/peg	mod/pouca
Bt2	46-71	2,5YR 4/6	bl sub	moderada	med/peq	plana/difusa	firme	pl/peg	mod/com
Bt3	71-120	2,5YR 4/8	bl sub	moderada	med/peq	plana/difusa	firme	pl/peg	mod/com
Bt4	120-154	2,5YR 4/8	bl sub	fraca	med/peq	plana/difusa	friável	pl/peg	mod/pouca
Bt5	154-180+	2,5YR 4/8	bl sub	moderada	med/peq	-	firme	pl/peg	ausente

Horiz: horizonte; Prof: profundidade; bl sub: blocos subangulares; gr: granular; m peq/peq: muito pequena/pequena; peq/med: pequena/média; med/gr: média/grande; pl/peg: plástica/pegajosa; mpl/mpeg: muito plástica/muito pegajosa; mod/pouca: moderada/pouca; mod/com: moderada/comum.

Os dados da Tabela 4 mostram os valores médios de atributos selecionados dos solos coletados nas 18 minitrincheiras para as diferentes profundidades e usos. O exame da mesma nos permite as seguintes constatações:

(a) os valores das frações granulométricas, de soma de bases (SB), saturação por bases (V) e capacidade de troca catiônica (T) apresentam magnitudes de variação similares as observadas nos perfis, sugerindo que esses perfis são representativos para as respectivas áreas estudadas. O conteúdo de argila, por exemplo, aumenta expressivamente em profundidade nas minitrincheiras, tal como ocorre em ambos os perfis estudados. Esse aumento é típico de solos dotados de horizonte B textural. Ainda com relação à argila, existe diferença significativa apenas para as profundidades de 20-30 e 30-50 cm entre os diferentes usos, com os maiores conteúdos para o perfil sob pastagem, o que também está em consonância as variações observadas

nos perfis. Nestes, é evidente o maior incremento e conteúdo de argila em profundidade para o perfil sob pastagem em relação ao sob floresta até a profundidade aproximada de 100 cm (Tabelas 1 e 2). Os seguintes atributos químicos, SB, V e T, diferenciam-se significativamente para a maioria das profundidades entre os diferentes usos e são sempre superiores para os solos sob pastagem (Tabela 4), evidenciando sua maior fertilidade natural. Esse fato também é evidenciado nos perfis até sua profundidade máxima de coleta (2,00 m para o perfil sob floresta e 1,80 m para o perfil sob pastagem), corroborando os dados obtidos nas minitrincheiras, bem como o fato de se tratar de fertilidade natural dos solos e não advinda de práticas recentes de adubações e calagem, comuns em áreas cultivadas com tomate na região. A inexistência de diferença significativa entre os valores de pH até 30 cm de profundidade entre os diferentes usos (Tabela 4) corroboram essa assertiva;

**(b)** a maior diferença significativa para os valores de densidade do solo ( $D_s$ ) entre os diferentes usos se dá para a camada de 0 a 10 cm de profundidade (Tabela 4), fato esperado devido ao pisoteio do gado, aumentando o valor de  $D_s$  sob pastagem ( $1,49 \text{ Mg m}^{-3}$ ) em relação à floresta ( $1,28 \text{ Mg m}^{-3}$ ). No entanto, diferença significativa para este atributo também é observada na profundidade de 50 a 100 cm (Tabela 4), com o maior valor para o solo sob pastagem ( $1,42 \text{ Mg m}^{-3}$ ) em relação ao sob floresta ( $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$ ). Certamente, essa diferença não é devido à compactação relacionada ao tráfego animal, cujos efeitos podem ser encontrados até 15 cm de profundidade (CANTARUTTI et al., 2001); tampouco podem ser explicadas pelas alterações entre os conteúdos de C e das frações granulométricas para a mesma camada entre os diferentes usos (KIEHL, 1979), já que não há diferenças significativas para esses atributos (Tabela 4). Possivelmente, está relacionada ao arranjo das partículas dos solos em agregados mais estáveis, de maior densidade do solo, quer devido à eficiência dos sistemas radiculares das gramíneas na agregação dos solos (PALADINI; MIELNICZUK, 1991; SILVA; MIELNICZUK, 1997), quer devido às alterações na temperatura e dinâmica da água ao longo do perfil de solo sob pastagem (SOUZA; ALVES, 2003) em relação à floresta. O maior grau de desenvolvimento da estrutura do perfil sob pastagem nos horizontes BA, Bt1 e Bt2, como se pode observar na tabela 3, vai ao encontro dos maiores valores de  $D_s$  para todas as

camadas entre 20 e 100 cm de profundidade para este uso (Tabela 4), e sugere maior estabilidade dos agregados em relação aos solos sob floresta.

**(c)** não há diferenças significativas entre o conteúdo de C entre os diferentes usos, embora seus valores sejam superiores para todas as camadas nos solos sob pastagem em relação aos sob floresta. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2009) ao comparar áreas de floresta nativa com pastagem degradada e produtiva (*B. brizantha*) em solos dos Tabuleiros Costeiros no sul da Bahia e Tarré et al. (2001) na mesma área de estudo que esses autores, mas comparando pastagem de *B. humidicola* com 9 anos de uso e consorciada com leguminosa. Os primeiros autores argumentam que os trabalhos encontrados na literatura muitas vezes são contraditórios em relação às diferenças entre os teores de C encontrados em solos sob mata nativa e sob pastagens.

**(d)** ao se avaliar o volume de solo, corrigindo-se os teores de C em função das variações detectadas de Ds para as diferentes profundidades, observa-se, na tabela 4, que houve diferença significativa no estoque de carbono para a maioria das camadas entre os diferentes ambientes, com os maiores valores observados para a área de pastagem. Embora não significativas, as diferenças entre C para todas as camadas, e entre Ds para a maioria delas, os valores ligeiramente superiores de ambos os atributos sob pastagem para todas as camadas foram os responsáveis pelas diferenças no estoque de carbono observadas. A maior diferença entre os usos, no entanto, se deu para a camada superficial de 0-10 cm devido, sobretudo, à influência da compactação (pisoteio do gado) no cálculo do estoque de C.

**Tabela 4.** Atributos selecionados das 18 minitrincheiras estudadas (9 sob pasto e 9 sob floresta) e analisados para as diferentes profundidades de coleta. Os valores correspondem à média para cada profundidade.

Área	Prof. <sup>1</sup> cm	Ds <sup>2</sup> Mg m <sup>-3</sup>	C <sup>3</sup> g kg <sup>-1</sup>	Estoque de C <sup>3</sup> Mg ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>			pH	SB <sup>4</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	T <sup>5</sup>	V <sup>6</sup> %
					Areia	Silte	Argila				
Floresta	0-10	1,28b	13,6	17,4b	522	161b	318	6,0	6,00	9,06	65
	10-20	1,41	7,0	9,9	483a	148b	369	5,7	3,23b	5,94b	47b
	20-30	1,38	5,6	7,7b	448a	138	413b	5,7	2,97b	5,37b	54b
	30-50	1,35	4,7	12,7b	367a	131	502b	5,8b	2,82b	4,94b	55b
	50-100	1,30b	3,6	23,2b	271	111	618	5,8b	2,68b	4,60b	58b
Pastagem	0-10	1,49a	14,6	21,8a	487	193a	320	6,2	6,36	9,58	66
	10-20	1,40	8,2	11,5	412b	176a	411	5,9	5,09a	7,99a	64a
	20-30	1,45	6,3	9,1a	307b	153	540a	6,0	5,07a	7,68a	65a
	30-50	1,45	4,9	14,0a	261b	150	589a	6,2a	5,00a	7,12a	70a
	50-100	1,42a	3,8	26,8a	246	151	602	6,3a	5,21a	6,88a	75a

<sup>1</sup>Prof: profundidade; <sup>2</sup>Ds: densidade do solo; <sup>3</sup>C: carbono orgânico; <sup>4</sup>SB: soma de bases trocáveis; <sup>5</sup>T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; <sup>6</sup>V: saturação por bases.

Letras diferentes dentro de cada profundidade e entre ambientes diferem estatisticamente pelo teste T a  $p < 0,05$ .

### Estoques de carbono orgânico dos solos

As tabelas 5 e 6 evidenciam os estoques de C para as áreas de floresta e pastagem, analisados até 100 cm de profundidade. Tal como observamos para as diferentes profundidades de coleta (Tabela 4), a área de pastagem apresenta estoque de C significativamente maior em relação à floresta, com valores de 83,2 e 70,8 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, considerando a média de todas minitrincheiras para cada ambiente. No entanto, em estudo semelhante no município do Rio de Janeiro, Mendonça-Santos et al. (2003) encontraram que o estoque em um Argissolo Vermelho-Amarelo foi de 65,0 e 72,3 Mg ha<sup>-1</sup> sob pastagem e usos agrícolas, respectivamente, e de 104,0 Mg ha<sup>-1</sup> sob floresta para os primeiros 100 cm de profundidade do solo.

Costa et al. (2009), estudando remanescentes florestais de Mata Atlântica no sul da Bahia e comparando-os a pastos produtivos e mal manejados, não encontraram diferenças significativas entre a mata e as pastagens, quer para a avaliação dos teores de C, quer para o estoque total do elemento no solo. Tal como comentamos anteriormente, esses autores relataram que existem resultados contraditórios na literatura quanto a capacidade dos solos sob floresta e pastagem acumularem C.

Geraldes et al. (1995), Cerri et al. (1996) e Tarré et al. (2001), por exemplo, encontraram que solos sob pastagens apresentaram conteúdos iguais ou superiores de C aos encontrados em ambiente de mata, ao contrário dos apontamentos de Dadalto et al. (1986) e Noordwijk et al. (1997), em que os solos sob matas mostraram os mais altos valores do elemento. Esses resultados contraditórios foram também observados no trabalho de Neill et al. (1997). Ao avaliarem mudanças na densidade do solo e nos estoques de C e N quando da conversão de floresta em pastagem de diferentes idades em sete cronossequências na região amazônica, esses autores concluíram que, para o caso do estoque de C avaliados nos 30 cm superficiais, a pastagem acumulou desde perdas de 0,72 kg/m<sup>2</sup> até ganhos de 1,77 kg/m<sup>2</sup> em relação à floresta.

**Tabela 5.** Estoque de C do solo entre as áreas de estudo e as posições na paisagem, avaliados até 100 cm de profundidade.

Área	Posição na Paisagem	Minitrincheiras	Estoque de Carbono
			Mg ha <sup>-1</sup>
	Terços	Número	
Floresta	Superior + Médio + Inferior	9	70,8 b
Pastagem	Superior + Médio + Inferior	9	83,2 a
Floresta	Superior	3	74,8 b
Pastagem	Superior	3	86,7 a
Floresta	Médio	3	69,8 b
Pastagem	Médio	3	83,8 a
Floresta	Inferior	3	67,9 b
Pastagem	Inferior	3	79,3 a

Letras diferentes dentro de cada posição na paisagem diferem estatisticamente pelo teste T a  $p < 0,01$ .

As diferenças observadas na literatura entre os resultados de estoque de C entre floresta e pastagem podem ser relacionadas a uma série de fatores, dentre eles o tipo de vegetação natural e seu estágio sucessional, as características e variações intrínsecas e extrínsecas dos solos entre os ambientes, o tipo de plantas forrageiras, sua idade e condições de pastejo, a época e o protocolo de amostragem. Costa et al. (2009) argumentam que, para situações onde há a mesma produção e deposição de biomassa vegetal no solo, o teor de matéria orgânica pode mesmo variar de solo para solo, tendo em vista a qualidade do material aportado e a influência de diversos fatores sobre a microbiota do solo e, conseqüentemente, sobre a taxa de decomposição da matéria orgânica.

Diversos trabalhos, como de Silva e Mielniczuk (1997) e Costa et al. (2000), justificam que o maior estoque de carbono em ambientes de pastagem comparativamente aos de floresta é devido a maior concentração do sistema radicular das gramíneas nos primeiros centímetros do solo, sobretudo nos 40 cm superficiais, o que garante maior aporte de matéria orgânica nessas camadas superficiais. Nas zonas climáticas onde a vegetação natural inclui tanto florestas como pastagens naturais, Brady e Neil (2010) argumentam que o conteúdo de matéria orgânica total é mais alto nos solos desenvolvidos sob pasto que sob floresta. Segundo os autores, quando a vegetação original é de pastagem, relativamente elevadas proporções de resíduos de plantas consistem de raízes, as quais se decompõem mais lentamente e contribuem mais eficientemente à formação ao húmus do solo que a serrapillheira das florestas. Resultados que corroboram essa assertiva foram obtidos por Corsi et al. (2001) ao estudar a dinâmica do sistema radicular de forrageiras tropicais em resposta aos seus regimes de desfolha. Os autores encontraram que o material orgânico advindo do sistema radicular dessas plantas apresenta baixas taxas de decomposição, devido à presença de compostos resistentes à degradação, tais como lignina e polifenóis, além de uma larga relação entre carbono e nitrogênio. Assim, diferente dos apontamentos de Silva e Mielniczuk (1997) e Costa et al. (2000) relatados acima, o aumento do teor de C nos solos sob pastagem em relação à floresta pode estar associado à qualidade do material orgânico a ser decomposto, mais do que a quantidade do material produzido nos diferentes ambientes, o que pode garantir maior permanência do C em um sistema em detrimento do outro (COSTA et al., 2009).

Ainda analisando a tabela 5, verifica-se que os dados de estoque de C para os diferentes usos em relação à mesma posição na paisagem (terços superior, médio e inferior), mantêm-se com o mesmo padrão observado para toda a área, ou seja, há maior estoque para as áreas de pastagem em relação à floresta para cada posição da paisagem estudada. No entanto, quando comparamos as diferentes posições da paisagem para cada ambiente (Tabela 6), só há diferença significativa no estoque de C entre os terços superiores e inferiores sob floresta, embora haja uma diminuição dos valores no sentido do terço superior para o inferior para ambos os usos. O baixo valor de n e a

elevada variância do terço superior da pastagem (Tabela 6), possivelmente foram os responsáveis pela inexistência de diferença significativa entre as posições da paisagem nesse ambiente.

**Tabela 6.** Comparação do estoque de C do solo para cada posição da paisagem nos diferentes ambientes estudados. Média de 3 minitrincheiras para cada posição da vertente.

Área	Posição na Paisagem	Minitrincheiras		Estoque de Carbono Mg ha <sup>-1</sup>
		Número	Variância	
Floresta	Terços Superior	3	3,8	74,8 a
	Médio	3	9,2	69,8 ab
	Inferior	3	24,6	67,9 b
Pastagem	Terços Superior	3	54,3	86,7 a
	Médio	3	8,4	83,8 a
	Inferior	3	7,6	79,3 a

Letras diferentes dentro de cada ambiente diferem estatisticamente pelo teste T a  $p < 0,01$ .

Os resultados apresentados mostram a relevância de se estudar os atributos dos solos em topossequência, já que variam em função de sua posição na paisagem (DALRYMPLE et al., 1968). Para o caso do estoque de C do solo, observou-se a seguinte tendência: maiores valores no terço superior, reduzindo à medida que se caminha para o terço inferior da vertente. Esses resultados são mais evidentes nos solos sob floresta, tal como se pode observar na tabela 6. Nela, verifica-se que os valores de estoque de C no terço médio (69,8 Mg ha<sup>-1</sup> sob floresta e 83,8 Mg ha<sup>-1</sup> sob pastagem) são muito próximos daqueles observados para toda a área nos diferentes ambientes (70,8 Mg ha<sup>-1</sup> sob floresta e 83,2 Mg ha<sup>-1</sup> sob pastagem), sugerindo que a avaliação do atributo apenas nessa posição da paisagem, e segundo o protocolo de procedimento utilizado para tal, pode ser uma solução mais econômica e tecnicamente viável, reduzindo à densidade de amostragem sem grandes prejuízos à qualidade da informação. Assim, o terço médio das vertentes representou, justamente, a condição média, representativa dos processos que ocorreram nas paisagens estudadas em relação à dinâmica e distribuição do C do solo na escala de trabalho observada: a vertente.

## Conclusões

Os solos sob pastagem de *Brachiaria decumbens* estocaram mais C em relação aos solos do remanescente florestal estudado.

O estoque de C do solo reduziu no sentido do declive para ambos os ambientes estudados, com diferença significativa observada apenas entre o terço superior e inferior da vertente sob floresta. O baixo valor de n e a elevada variância do estoque de C em algumas posições da paisagem, podem ser responsáveis pela inexistência de diferença significativa entre os terços superior e inferior da vertente sob pastagem.

Os resultados convergem para relevância dos estudos do estoque de C em topossequência uma vez que o atributo variou de acordo com a posição na vertente. No entanto, os valores observados no terço médio foram muito próximos aos obtidos em toda a área para os respectivos ambientes estudados, sugerindo que: (a) a coleta de amostras apenas nessa posição da vertente pode ser uma alternativa mais econômica e tecnicamente viável na avaliação do estoque de C em paisagens semelhantes às estudadas, reduzindo em 2/3 a densidade de amostragem em relação ao protocolo de amostragem utilizado, mas mantendo-se a qualidade da informação; e (b) os terços médios representaram as condições médias, ou seja, o equilíbrio dos processos envolvidos na dinâmica e distribuição do C nas vertentes estudadas.

## Referências

BHERING, S. B.; PEREIRO, N. R.; MACEDOS, J. R.; CHAGAS, C. S.; SILVA, E. F.; PRADO, R. B.; NETO, N. C. S. Caracterização edafoambiental das microbacias de Cambiocó e Santa Maria no Município de São José de Ubá, região noroeste do Estado do Rio de Janeiro para fins de planejamento conservacionista. In: WORKSHOP DO PROJETO GESTÃO PARTICIPATIVA DA SUB-BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS/RJ, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005.

BRADY, N. C.; NEIL, R. **Elements of the nature and properties of soils**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010, 624 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. 2 v.

CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; COSTA, O. V. Impacto animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 826-837.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J. L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 61-69.

CHAGAS, C. da S.; FERNANDES FILHO, E. I.; VIEIRA, C. A. O.; CARVALHO JÚNIOR, W. de. Utilização de redes neurais artificiais para predição de classes de solo em uma bacia hidrográfica no Domínio de Mar de Morros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: INPE, 2007.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR., G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: Dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 838- 852.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S. FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

COSTA, O. V.; COSTA, L. M.; FONTES, L. E. F.; ARAUJO, Q. R.; KER, J. C.; NACIF, P. G. S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 843-856, 2000.

DADALTO, G. G.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W. Alterações em características químicas de solos cultivados com pastagens. **Revista Ceres**, v. 3, p. 395-403, 1986.

DALRYMPLE, J. B.; BLONG, R. J.; CONACHER, A. J. A hypothetical nine unit landsurface model. **Z. Geomorphology**, v. 12, p. 60-76, 1968.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**: texto explicativo do mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro na Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: CPRM: DRAM, 2000. 60 p.

DESJARDINS, T.; BARROS, E.; SARRAZIN, M.; GIRARDIN, C.; MARIOTTI, A. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, p. 365-373, 2004.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1997. 212 p.

ATLAS dos remanescentes florestais da mata Atlântica: período 2008-2010. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=atlas&action=atlas>>. Acesso em 01 ago. 2011.

GERALDES, A. P. A.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 55-60, 1995.

GONÇALVES, A. O.; FIDALGO, E. C. C.; BASTOS, C. L.; ABREU, M. B. Caracterização climática da bacia do rio São Domingos. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. CD ROM.

IPCC. **"Climate Change 2007"**: climate change impacts, adaptation and vulnerability - working group II. AR4: summary for policymakers. [Geneva], 2007. Disponível em: <<http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2007gl/index.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2011

IPCC. **Emissions Scenario**: a special report of IPCC working group III: summary for policymakers. [Geneva], 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2011.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. **Geoderma**, v. 29, p. 27-39, 1983.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. Alterações em características químicas de solos da Região Amazônica pela introdução de pastagens. **Acta Amazonica**, v. 30, p. 71-80, 2000.

LUIZÃO, C. C. R.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 43-56, 1999.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F. M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2003. p. 209-248. 3 v.

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. **Geoderma**, v. 70, p. 63-81, 1996.

NEILL, C.; MELILLO, J. M.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, J. F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern brazilian amazon. **Ecological Applications**, v. 7, n. 4. p. 1216-1225, 1997.

NOORDWIJK, M. V.; CERRI, C. C.; WOOMER, P. L.; NUGROHO, K.; BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. **Geoderma**, v. 79, p. 187-225, 1997.

PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 135-140, 1991.

PRADO, R.; MACEDO, J. R.; PEREZ, D.; GONÇALVES, A. O.; MARINHO, A. G.; CARVALHO, B. A.; RANGEL, M. C. Monitoramento de indicadores de qualidade da água como subsídio à gestão de recursos hídricos em microbacia do município de São José de Ubá - RJ. In: WORKSHOP DO PROJETO GESTÃO PARTICIPATIVA DA SUB-BACIA DO RIO SÃO DOMINGOS/RJ, 4., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005.

RIO-RURAL. **Projeto de gerenciamento integrado de agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas do Norte e Noroeste Fluminense**. Disponível em: <[http://www.microbacias.rj.gov.br/projeto\\_gef.jsp%20%3Chttp://www.microbacias.rj.gov.br/area\\_arquivo/area\\_46/pem\\_-\\_mbh\\_santa\\_maria\\_sao\\_jose\\_de\\_uba.pdf](http://www.microbacias.rj.gov.br/projeto_gef.jsp%20%3Chttp://www.microbacias.rj.gov.br/area_arquivo/area_46/pem_-_mbh_santa_maria_sao_jose_de_uba.pdf)>. Acesso em: 01 jun. de 2011.

REIS, A. P.; MANSUR, K. L. **Sinopse geológica do Estado do Rio de Janeiro – mapa geológico 1:400.000**. Rio de Janeiro: DRM-RJ, 1995. 90 p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. Viçosa: SBCS; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2005. 100 p.

SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D.G.; MURAD, E. Identification of ferrihydrite in soils by dissolution kinetics, differential x-ray diffraction and mössbauer spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 869-875, 1982.

SILVA, C. A.; MACHADO, P. L. O. A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas**: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23 p. (Embrapa Solos. Documentos, 19).

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 113 -117, 1997.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 18-23, 2003.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant Soil**, v. 234, p. 15-26, 2001.

TORNQUIST, C. G.; GIASSON, E.; MIELNICZUK, J.; CERRO, C. E. P.; BERNOUX, M. Soil organic carbon stocks of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, n. 3, p. 975-982, 2009.

**Embrapa**

---

**Solos**