

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA JÚNIOR

FERTILIZADE DO SOLO SOB DIFERENTES USOS NO SUL  
DA BAHIA

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2012

FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA JÚNIOR

## FERTILIDADE DO SOLO SOB DIFERENTES USOS NO SUL DA BAHIA

Trabalho de Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Patrícia A. Bittencourt Barreto

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

*Campus de Vitória da Conquista - BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

Título: Carbono orgânico e atributos químicos de solo submetido a diferentes usos no Sul da Bahia

Autor: Francisco de Assis da Silva Júnior

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto  
Presidente

---

Prof. D.Sc. Divino Levi Miguel

---

Prof. D.Sc. Luis Carlos de Freitas

Data da realização: 05 de setembro de 2012.

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, km 04, Vitória da Conquista – BA  
Telefone: (77) 3424-8772  
E-mail: assisfloresta@hotmail.com

## AGRADECIMENTOS

À minha família, razão principal de todas as minhas motivações.

Aos meus pais, pela educação que me concederam na formação do meu caráter e, ainda, ajudando de todas as formas que podiam: Meu Pai, Chico, por me amar, ensinar o valor da floresta e por lutar tanto. Pode respirar mais aliviado, meu velho, seu filho é Engenheiro!

Telma, minha mãe, por estar sempre ao meu lado com seu amor incondicional e que hoje está toda orgulhosa de seu primogênito!

Ao Meu Avô, Tide, por ser a melhor referência em engenharia e à minha dinda, MãeIta, pelo amor e preparo.

Um agradecimento muito especial à professora Patrícia Barreto pela extrema dedicação demonstrada na função de orientadora, auxiliando-me com toda atenção na construção deste trabalho.

A todos os professores da UESB, pelo conhecimento valioso que nos foi transferido. Agradeço enormemente a todos os colegas floresteiros pela oportunidade da convivência prazerosa e produtiva, durante os contatos diários.

Com certeza, também aprendemos muito uns com os outros.

E, finalmente, agradeço a todos que fizeram parte da minha vida durante esta caminhada e que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste sonho.

*“Há um tal prazer nos bosques inexplorados, há uma tal de beleza na solitária praia; há uma sociedade que ninguém invade, perto de um mar profundo e de música de seu bramir; não que ame menos o homem, mas amo mais a natureza...”(Lord Byron)*

*A formatação do presente trabalho segue as normas textuais do periódico Enciclopédia Biosfera.*

# CARBONO ORGÂNICO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES USOS NO SUL DA BAHIA

Francisco de Assis da Silva Júnior<sup>1</sup>, Patrícia Anjos Bittencourt Barreto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). (a.s.s.i.s@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professora do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos (DEAS) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Estrada do Bem Querer, Km 4, (77) 3424-8772, Vitória da Conquista – BA.

## RESUMO

As alterações da cobertura vegetal e uso do solo promovem mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos aportados sobre o solo e, conseqüentemente, no carbono orgânico e atributos do solo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar alterações no carbono orgânico e atributos químicos do solo em decorrência da adoção de sistema agroflorestal de cacau e pastagem plantada em área originalmente sob mata nativa, na região Sul do Estado da Bahia. Em cada área estudada foram abertas trincheiras e coletadas amostras compostas, com quatro repetições, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Os solos foram analisados para determinação dos seguintes atributos: CO, pH, P, K, Ca, Mg e Al. De modo geral, os atributos químicos do solo foram influenciados pelo uso das áreas, com maior intensidade nas camadas superficiais. A pastagem bem preservada, assim como o cultivo do cacau em sub-bosque, favoreceu a manutenção ou aumento dos estoques de C na camada superficial do solo (0-10 cm). O uso do solo promoveu diminuição dos conteúdos e estoques de K na camada superficial. Os valores de pH, P, Ca, Mg, Al e H+Al não refletiram significativamente efeitos do uso do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** carbono orgânico, sistema agroflorestal, cacau, atributos químicos.

# ORGANIC CARBON AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER DIFFERENT USES IN SOUTHERN BAHIA

## ABSTRACT

Changes in land cover and land use changes promote the quantity and quality of residues added on the soil and consequently in organic carbon and soil attributes. In this context, the aim of this study was to evaluate changes in organic carbon and soil chemical properties due to the adoption of agroforestry cocoa and pasture area originally planted in native forest, in southern Bahia. In each study area trenches were opened and sampled composed with four replications, at 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm. Soils were analyzed for determination of the following attributes: C organic, pH, P, K, Ca, Mg and Al. Generally, the soil chemical properties were influenced by the use of areas with greater intensity in the surface layers. The well-preserved grassland, as well as the cultivation of cacao understory favored maintaining or increasing C stocks in the topsoil (0-10 cm). The C organic proved how good indicator of changes promoted by land use. The land use promoted decrease in inventories and K contents in the surface layer. The values of pH, P, Ca, Mg, Al and H + Al did not reflect effects of land use.

**KEYWORDS:** organic matter, forest soil, litter, forest coverage.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
Caracterização da área .....	11
Tratamentos.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Atributos do solo.....	12
Serapilheira acumulada .....	12
Análise estatística .....	13
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
Serapilheira e atributos químicos do solo.....	13
Estoques de C e nutrientes .....	15
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>17</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>18</b>

## INTRODUÇÃO

As alterações da cobertura vegetal e uso do solo promovem mudanças na quantidade e qualidade dos resíduos aportados sobre o solo e, conseqüentemente, no acúmulo de matéria orgânica (MO) e ciclagem de carbono e nutrientes (Campbell, 1978; Moreira e Siqueira, 2002; Mafra et al., 2008). A MO atua diretamente sobre as propriedades do solo, constituindo fonte de energia para a comunidade microbiana e de nutrientes para as plantas (Marin, 2002), o que torna a sua conservação de grande importância para a sustentabilidade de sistemas de uso da terra nos trópicos.

A composição e propriedades da matéria orgânica do solo variam de acordo com o material orgânico original, com as condições de decomposição e com o tempo considerado (Longo & Espíndola, 2000), o que evidencia o efeito da cobertura vegetal no teor e na distribuição dos componentes orgânicos. Conceição et al. (2005) mencionam que o carbono orgânico (CO) e seu estoque têm sido utilizados como um dos principais indicadores do efeito de sistemas de manejo na qualidade do solo, já que compõe cerca de 60% da MO (Embrapa, 1999). Por ser um atributo de fácil e rápida medição, e pelo fato de correlacionar-se a outros atributos do solo, o carbono orgânico é considerado indicador-chave para verificar aspectos físicos, químicos e biológicos do solo.

Em solos com cobertura vegetal natural, o CO encontra-se em equilíbrio dinâmico, com teores praticamente constantes com o tempo. Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo, e um novo equilíbrio é atingido num nível que varia em razão do uso do solo e características do sistema de manejo adotado (Stevenson, 1994). De modo geral, os níveis de matéria orgânica do solo diminuem quando sistemas nativos são utilizados para cultivo (Fernandes et al. 1999), com efeitos na qualidade do solo, na capacidade produtiva desses ambientes (Chan et al., 2002) e, ainda, na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico (Scholes & Breemen, 1997), especialmente nas regiões tropicais, onde a interação entre temperatura e umidade ocasiona uma rápida perda de carbono orgânico.

De acordo com Silva et al. (1999), a redução acelerada nos teores de CO com o cultivo ocorre em virtude não só pela maior exposição da matéria orgânica aos microrganismos decompositores, mas também pela maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo e, sobretudo, do menor aporte de carbono e nutrientes nas áreas cultivadas em relação à floresta natural. Nesse sentido, existem evidências de que sistemas florestais e agroflorestais podem melhorar e conservar a qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2001; SÁNCHEZ, 2001; FONTES, 2006; BARRETO et al., 2010), já que proporcionam aporte contínuo de material senescente da parte aérea e do sistema radicular, o que favorece um maior acúmulo de matéria orgânica e CO no solo e nutrientes, gerando impactos à acima e abaixo da superfície, especialmente em decorrência da existência de raízes longas do componente florestal.

A fertilidade dos solos tropicais depende fortemente da qualidade e quantidade dos estoques orgânicos aportados ao solo, o conhecimento da constituição das camadas orgânicas do solo traz informações relevantes para o futuro manejo dessas áreas (Kindel & Garay, 2001). Assim, a avaliação de atributos químicos ao longo do perfil do solo, bem como a interação do carbono orgânico com a cobertura vegetal pode permitir avaliar possíveis alterações em resposta ao uso e condições de manejo adotadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo em áreas sob sistema agroflorestal e pastagem plantada na região Sul do Estado da Bahia.

## METODOLOGIA

### Caracterização da área

As áreas de estudo estão localizadas na Fazenda União, coordenadas 14° 12' 50" S, 39° 31' 22" W, situada na microrregião de Ilhéus-Itabuna a qual pertence a mesorregião do sul baiano, km 20 do ramal Ubatã-Itamarati, bacia hidrográfica do Rio de Contas, no município de Ubatã. A região apresenta relevo forte ondulado a ondulado e clima quente e úmido sem estação seca (Af), segundo a classificação de Köppen. Considerando o período de 2002 a 2006 com base nos dados obtidos no Setor de Climatologia da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), a temperatura variou entre 21,4° e 25,4 °C, com máxima de 26,9°C em fevereiro e mínima de 14°C em agosto. Os ventos são amenos na maioria dos meses do ano. A umidade relativa do ar é superior a 70% e a precipitação média anual é cerca de 1500 mm, sendo bem distribuídos ao longo do ano (CEPLAC/Cepec, 2009). A formação vegetal primária predominante na região era a Floresta Ombrófila Densa (Lobão et al., 2007).

Os solos das áreas estudadas pertencem a uma mesma classe: Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (SANTANA et al., 2002; EMBRAPA, 2006), com textura variando entre argilosa e franco arenosa (Tabela 1).

**Tabela 1** – Densidade e granulometria das amostras de Argissolo Vermelho sob mata nativa, sistema agroflorestal de cacau e pastagem plantada no Sul da Bahia.

Cobertura	Densidade	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	g cm <sup>-3</sup>	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
<b>0-5 cm</b>					
SAF	0,87	470	150	380	Argilo arenosa
MN	0,81	565	145	290	Franco argilo arenosa
PP	0,98	780	80	140	Franco arenosa
<b>5-10 cm</b>					
MN	0,91	355	155	490	Argila
SAF	0,92	520	110	370	Argilo arenosa
PP	1,10	750	90	160	Franco arenosa
<b>10-20 cm</b>					
MN	1,02	420	100	480	Argila
SAF	1,00	430	110	460	Argila
PP	1,30	750	90	160	Franco arenosa
<b>20-40 cm</b>					
MN	1,11	320	100	570	Argila
SAF	1,13	390	120	490	Argila
PP	1,38	720	80	200	Franco argilo arenosa

<sup>(1)</sup> MN: mata nativa; SAF: Sistema agroflorestal (cacau em sistema cabruca); PP: pastagem plantada;

## Áreas experimentais

Os atributos químicos do solo foram avaliados em três áreas amostrais adjacentes, cada uma caracterizando um uso do solo: (1) Mata nativa (MN) - área total de 40 hectares sob vegetação de Floresta Ombrófila Densa e preservada;

(2) Sistema agroflorestal (SAF) – área de 60 ha, com cultivo de cacau (*Theobroma cacao*) em consórcio com mata nativa raleada o “Cacau cabruca”, termo regional empregado para caracterizar a forma de plantio do cacau no sub-bosque de forma descontínua e circundada por vegetação natural, implantado a 25 anos. Em geral, nesse sistema a distribuição dos cacauzeiros é aleatória, correspondendo a uma população de aproximadamente 800 plantas por hectare, e uma produção de 50 arrobas ha/ano. Na área, foi realizada calagem e adubação, com formulado NPK 11-30-17, a 2 anos;

(3) Pastagem Plantada (PP) - área de 100 ha sob capim-tanzânia (*Panicum maximum*). A gramínea foi implantada a 7 anos, após derrubada e queima da área anteriormente cultivada com cacau em sistema cabruca. Durante a semeadura da gramínea, pó de serra curtido foi revolvido e incorporado ao solo por meio de uma grade aradora para favorecer a semeadura. A área é utilizada como pasto para bovinos de corte, sem controle de lotação.

As áreas apresentam topografia predominante plana, com declividade em torno de 5 % e distância máxima entre elas de 500 m.

## Atributos do solo

As amostragens de solo foram coletadas em junho de 2012. Em cada uma das áreas foram coletadas amostras compostas (4 amostras simples), com quatro repetições, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Para isso, foram abertas trincheiras equidistantes de 0,4 x 0,4 m. Além das amostras deformadas, também foram retiradas amostras indeformadas, com utilização do anel volumétrico, de cada uma das profundidades.

Os solos foram analisados para determinação dos seguintes atributos: pH (em água); P e K (extraíveis por Mehlich-1), Ca, Mg e Al (trocáveis, por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>) (Defelipo & Ribeiro, 1981), CO (oxidação com Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4 N em meio ácido) (EMBRAPA, 1979), além da análise granulométrica (método da pipeta) (EMBRAPA, 1997). Os estoques de carbono e de nutrientes foram obtidos de forma ponderada, considerando-se os teores e as respectivas densidades do solo em cada profundidade. As densidades do solo foram determinadas pelo método do anel volumétrico.

## Serapilheira acumulada

Nas áreas de MN e SAF, foi realizada a coleta da serapilheira acumulada (material depositado sobre o solo e com diferentes graus de decomposição), com cinco repetições em cada área, por meio da utilização de um quadrado de madeira sem fundo de 0,25 m<sup>2</sup> (0,50 x 0,50 m). A coleta foi realizada em junho de 2012. As amostras foram secas em estufa (60°C) e pesadas. Os resultados de massa seca obtidos foram convertidos para kg ha<sup>-1</sup>.

## Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade da variância dos erros (teste de Cockran e Bartlet), em seguida, foi realizada análise de variância adotando-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro amostras compostas para cada profundidade, segundo procedimento de Lugo et al. (1990). Adotou-se o teste de Tukey a 5% de significância para comparação de médias entre usos. Além disso, foram estabelecidas correlações de Pearson a 5% de significância entre atributos químicos do solo. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SAEG® v.9.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Serapilheira e atributos químicos do solo

As áreas do Sistema Agroflorestal (SAF) apresentaram estoques de serapilheira 19% acima dos estoques encontrados na Mata nativa (MN) (Tabela 2). Fontes (2004), estudando ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais no Sul da Bahia, também observou valores superiores de fitomassa acumulada em área de cacau em sistema cabruca, com 35 anos ( $12.458 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação a mata ( $8.589 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Esses resultados evidenciam o importante papel que agrossistemas podem exercer na manutenção ou melhoria da qualidade do solo, proporcionando proteção e fornecendo condições favoráveis ao desenvolvimento e manutenção da microbiota e à ciclagem de nutrientes.

Tabela 2. Fitomassa acumulada em mata nativa e sistema agroflorestal de cacau no Sul da Bahia

Cobertura	Fitomassa
	kg ha <sup>-1</sup>
MN	8.948,8 b
SAF	11.586,0 a

<sup>(1)</sup> MN: mata nativa; SAF: Sistema agroflorestal (cacau em sistema cabruca); PP: pastagem plantada

Os valores de densidade do solo variaram de 0,81 a  $1,38 \text{ g cm}^{-3}$ , encontrando-se, portanto, abaixo daqueles relatados como limitantes ou com potencial de causar dificuldades ao crescimento radicular (semelhantes ou superiores a  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ ) e, conseqüentemente, ao pleno desenvolvimento das culturas (Camargo & Alleoni, 1997).

De modo geral, em quase todas as profundidades, a mudança no sistema de uso ocasionou diferenças significativas na maioria dos elementos químicos analisados (Tabela 3).

Os valores de pH não apresentaram variação significativa entre os três usos do solo na camada 0-5 cm, estando entre 5,8 e 6,1. No entanto, nas demais profundidades, os solos sob MN e SAF apresentaram valores de pH menores que na pastagem (médias de 4,9, 4,7 e 5,6, respectivamente) (Tabela 3). Essa variação pode estar relacionada a mineralização da matéria orgânica e aos exsudatos ácidos

liberados pelas raízes das árvores e do cacau que contribuem para aumentar a acidez do solo. Os valores de pH apresentaram correlações positivas com CO, P, K, Ca e Mg e negativas com Al e H+Al (Tabela 4).

**Tabela 3** - Atributos químicos do solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm de Argissolo Vermelho sob mata nativa, sistema agroflorestal de cacau e pastagem plantada no Sul da Bahia.

Cobertura	pH	CO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
		g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				
<b>0-5 cm</b>								
MN	6,03 a	19,23 a	3,27 b	0,27 a	3,79 ab	2,88 a	0,75 a	2,10 a
SAF	5,78 a	15,73 ab	2,83 b	0,13 b	3,08 b	2,39 b	0,25 a	2,93 a
PP	6,05 a	14,97 b	7,37 a	0,13 b	4,06 a	1,70 c	0,25 a	2,28 a
<b>5-10 cm</b>								
MN	5,35 b	8,16 b	2,72 a	0,82 a	1,68 ab	1,59 a	0,10 a	2,68 ab
SAF	5,03 b	7,62 b	5,30 a	0,69 a	1,27 b	1,08 a	0,50 a	3,63 a
PP	6,13 a	11,65 a	4,95 a	0,85 a	3,22 a	1,46 a	0,25 a	1,83 b
<b>10-20 cm</b>								
MN	4,75 b	4,29 a	1,78 a	0,56 a	0,82 a	1,35 a	0,43 a	3,18 b
SAF	4,48 b	6,78 a	3,24 a	0,52 a	1,17 a	1,17 a	0,80 a	4,40 a
PP	5,73 a	5,85 a	4,23 a	0,68 a	1,92 a	1,69 a	0,15 a	2,03 c
<b>20-40 cm</b>								
MN	4,63 b	4,81 a	1,38 a	0,44 a	0,72 a	0,91 a	0,88 a	3,75 a
SAF	4,50 b	5,73 a	1,69 a	0,34 a	1,02 a	1,50 a	0,65 a	4,33 a
PP	4,93 a	2,80 b	4,13 a	0,45 a	1,21 a	1,17 a	0,53 a	2,30 b

<sup>(1)</sup> CO: carbono orgânico; MN: mata nativa; SAF: Sistema agroflorestal (cacau em sistema cabruca); PP: pastagem plantada; Médias seguidas da mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

Em todas as profundidades foram observados conteúdos baixos de alumínio trocável, que variaram entre 0,1 e 0,9 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, (Tabela 3). Dentre os três usos, apenas no solo de mata nativa foi possível verificar uma tendência de diminuição dos conteúdos de Al ao longo do perfil do solo, podendo-se atribuir o maior conteúdo da camada superficial a complexação do Al pela matéria orgânica.

A variação dos conteúdos de CO nas profundidades 0-5 e 10-20 cm não demonstraram diferenciação entre os usos do solo. Nas camadas 5-10 e 20-40 cm a pastagem diferenciou-se da MN e SAF, que se aproximaram estatisticamente. (Tabela 3). O maior conteúdo no solo de pastagem plantada na segunda camada pode estar relacionada a densidade e renovação do sistema radicular de pastagem perenes, comprovadamente maior nas camadas mais superficiais do solo (Santos et al., 2007). Foram observadas correlações significativas do CO com todos os atributos considerados (pH, P, k, Ca, Mg, Al e H+Al) (Tabela 4), evidenciando a íntima relação do carbono orgânico com a fertilidade do solo.

Os conteúdos de P pouco variaram estatisticamente entre os usos em quase todas as profundidades. Apenas na camada 0-5 cm, houve diferenciação da pastagem (7,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) em relação à mata nativa e sistema agroflorestal que se igualaram estatisticamente (média de 3,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). Cardoso et al. (1992) também observaram aumento do teor de fósforo na camada superficial de solo sob pastagem, estabelecida após derrubada e queima da mata, atribuindo tal resultado à deposição de cinzas e

material vegetal decomposto. Para os conteúdos K, também se verificou variação somente na camada superficial, mas, para este elemento, a mata apresentou conteúdo significativamente superior ( $0,26 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) aos demais usos (média de  $0,13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

**Tabela 4-** Correlação de Pearson (r) entre atributos químicos do solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm.

	pH	CO	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	k <sup>+</sup>	Al
<b>Ph</b>							
<b>CO</b>	0,72***						
<b>P</b>	0,36**	0,29*					
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	0,87***	0,77***	0,37**				
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	0,62***	0,66***	-0,05 <sup>sn</sup>	0,65***			
<b>k<sup>+</sup></b>	0,59***	0,77***	0,23*	0,68***	0,64***		
<b>Al</b>	-0,80***	-0,55***	-0,21*	-0,73***	-0,49**	-0,49***	
<b>H+Al</b>	-0,84***	-0,36***	-0,26**	-0,66***	-0,41**	-0,40**	0,76***

<sup>(1)</sup>Significância do r dada pela distribuição normal: ns – não significativo; \*, \*\* e \*\*\* - significativos a 5, 1 e 0,01% respectivamente; n=48

Com relação aos teores Ca e Mg, os conteúdos estiveram entre  $0,7$  e  $4,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e  $0,9$  a  $2,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 3). O Ca pouco variou entre os usos, enquanto o Mg apresentou variação significativa apenas na camada 0-5 cm, onde a MN apresentou maior conteúdo deste atributo.

Os teores de H+Al pouco variaram estatisticamente nas camadas 0-5 e 5-10 cm na MN e SAF. Considerando as camadas analisadas, os valores médios foram de  $2,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (MN)  $3,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (SAF) e  $2,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (PP) (Tabela 3). Verificou-se uma tendência de aumento da concentração de H+Al ao longo do perfil do solo.

Os conteúdos de CO foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas, sendo maiores na superfície (0 - 5 cm) com uma tendência geral de diminuição com o aumento da profundidade (Tabela 3). Esse resultado demonstra a influência que o uso do solo pode exercer sobre este atributo, já que está relacionado a deposição de resíduos e acúmulo de matéria orgânica que ocorre com maior intensidade na camada superficial (SANTOS et al., 2011).

## Estoques de Carbono e nutrientes

Na camada superficial, os maiores estoques de carbono orgânico foram observados na floresta nativa, enquanto o SAF e a PP se aproximaram estatisticamente. Em ecossistemas florestais, a fonte de substâncias orgânicas solúveis é a deposição de resíduos de plantas, que alcança o solo em forma de folhas, galhos e outros fragmentos orgânicos, bem como substâncias orgânicas derivadas da decomposição de raízes (Pohlman & Mccoll, 1988). Assim, os maiores índices de CO encontrados no solo sob floresta nativa se devem, provavelmente, ao maior incremento das substâncias orgânicas em condição natural. Por outro lado, o acúmulo de serapilheira superior verificado no sistema agroflorestal (Tabela 2), sugere que a textura mais arenosa do solo sob este uso, em relação a MN (Tabela 1), favoreceu a diminuição do estoque de CO na camada 0-5 cm, uma vez que para solos com textura mais arenosa tem-se observado diminuição significativa e mais rápida nos estoques de carbono orgânico (SALTON, 2005).

Já na profundidade 5-10 cm, o maior estoque de CO foi encontrado na pastagem (5824,53 kg ha<sup>-1</sup>), que diferiu das demais áreas (Tabela 5). Como o solo sob PP apresenta textura mais arenosa que os das demais áreas (Tabela 1), é provável que este resultado esteja associado à incorporação de pó de serra curtido realizada na implantação. Por outro lado, na camada mais profunda, os estoques de CO se igualaram entre MN e SAF (média de 10.541 kg ha<sup>-1</sup>), sendo inferior na PP (5.592 kg ha<sup>-1</sup>), o que deixa evidente a importante contribuição da deposição de resíduos e *turnover* de raízes de espécies arbóreas para o aumento do acúmulo de matéria orgânica no solo, mesmo em camadas mais profundas. Na camada 10-20 cm não houve variação significativa do atributo entre usos.

Em relação aos estoques de P disponível, apenas na camada 0-5 verificou-se um maior valor no solo sob pastagem, que apresentou diferença significativa em relação aos outros dois usos. A possível explicação seria o favorecimento do aumento ou manutenção do P disponível pela textura do solo sob pastagem (Tabela 1), uma vez que se verifica uma menor adsorção de P em solos arenosos, quando comparados a solos de textura média e argilosos (NOVAIS & SMYTH, 1999; MACHADO et al., 2011).

Assim como para os conteúdos de P, não houve grande variação dos estoques de K na maior parte das profundidades estudadas. Diferença significativa foi observada apenas na camada superficial, onde a MN propiciou os maiores estoques de K. Os estoques de Mg também variaram somente na camada 0-5 cm, onde a MN apresentou o maior estoque (175,0 kg ha<sup>-1</sup>), diferenciando-se do SAF (145 kg ha<sup>-1</sup>) e da PP (103,1 kg ha<sup>-1</sup>). De forma semelhante, os estoques de Ca pouco variaram entre usos em todas as profundidades, não se verificando, portanto, efeito de adubações e calagens realizadas nas áreas cultivadas com SAF e pastagem.

Verificou-se aumento dos estoques de CO, P, K, Ca e Mg ao longo do perfil do solo (Tabela 5). No entanto, esta tendência não pode ser atribuída a dinâmica desses elementos, já que houve diferenciação no volume das camadas de solo estudadas (maiores nas camadas mais profundas). Caso esses fossem uniformes, possivelmente verificar-se-ia maiores estoques de Ca e Mg na camada superficial, com decréscimos em profundidade.

Considerando os estoques totais de Ca e Mg até a profundidade de 40 cm, pode-se observar que cerca de 69% e 58% desses elementos encontram-se acumulados na camada 0-20 cm. Por se tratarem de elementos catiônicos, Ca e Mg apresentam maiores quantidades nas camadas superficiais do solo, onde os teores de material orgânica e CTC são mais elevados, diminuindo com o aumento da profundidade (SIQUEIRA NETO et al., 2009). Além disso, devido a baixa mobilidade desses elementos no solo, os maiores teores na camada superficial podem ser atribuídos à ciclagem dos nutrientes com a decomposição dos resíduos culturais na superfície do solo (FALLEIRO et al., 2003). Verificou-se estreita correlação positiva significativa do Ca com o Mg nos diferentes usos ( $r = 0,65$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 3), evidenciando a íntima relação entre as dinâmicas desses elementos.



**Tabela 5:** Estoques de carbono orgânico e nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm de Argissolo Vermelho sob mata nativa, sistema agroflorestal de cacau e pastagem plantada no Sul da Bahia

Cobertura	CO	P	K	Ca	Mg
<b>0-5 cm : 5cm</b>					
MN	9613,10 a	1,64 b	52,44 a	379,43 ab	175,02 a
SAF	7864,07 ab	1,42 b	24,92 b	307,58 b	145,18 b
PP	7485,15 b	3,69 a	25,47 b	405,57 a	103,12 c
<b>5-10 cm : 5cm</b>					
MN	4082,32 b	1,36 a	15,98 a	168,00 ab	96,63 a
SAF	3809,09 b	2,65 a	13,51 a	126,73 b	65,85 a
PP	5824,53 a	2,48 a	16,67 a	321,88 a	88,65 a
<b>10-20 cm : 10cm</b>					
MN	4288,44 a	1,78 a	21,93 a	163,16 a	164,31 a
SAF	6784,30 a	3,24 a	20,43 a	233,92 a	142,23 a
PP	5852,16 a	4,23 a	26,72 a	384,04 a	205,80 a
<b>20-40 cm : 20cm</b>					
MN	9624,21 ab	2,77 a	34,60 a	287,60 b	221,95 a
SAF	11456,76 a	3,39 a	26,48 a	406,32 a	363,71 a
PP	5591,89 b	8,26 a	35,00 a	482,02 a	284,71 a

<sup>(1)</sup> CO: carbono orgânico; MN: mata nativa; SAF: Sistema agroflorestal (cacau em sistema cabruca); PP: pastagem plantada; Médias seguidas da mesma letra na coluna, por profundidade e espessura da camada, não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

## CONCLUSÕES

- De modo geral, os atributos químicos do solo foram influenciados pelo uso das áreas, com maior intensidade nas camadas superficiais.
- A pastagem bem preservada, assim como o cultivo do cacau em sub-bosque, favoreceu a manutenção ou aumento dos estoques de C na camada superficial do solo (0-10 cm);
- O uso do solo promoveu diminuição dos conteúdos e estoques de K na camada superficial;
- Os valores de pH, P, Ca, Mg, Al e H+Al não refletiram significativamente efeitos do uso do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, G.G.L. et al. Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no semiárido do nordeste. In: CARVALHO, M.M. et al. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: 2001. p. 111-137
- BARRETO, P. A. B. ; GAMA-RODRIGUES, E. F. ; GAMA-RODRIGUES, A. C. ; FONTES, A. G.; POLIDORO, J. C. ; MOÇO, M. K. ; REBOUCA, R. C. ; BALIGAR, V. C. Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems** (Print), v. 81, p. 213-220, 2010.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.
- CAMPBELL, C.A. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: SCHINITZER, M.; KHAN, S.U. (Eds.). **Soil organic matter**. New York: Elsevier, 1978. p.173-271.
- CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA JR., I. 1992. **Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-Pa..** Pont à Pitre. Universidade des Antilas Guianas. p.101-123.
- CHAN, K. Y.; BOOOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. **Soil Science**. 166 (1): 61- 67, 2001.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos correlacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n. 5, p.777-788, 2005.
- DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo**. Viçosa, UFV, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Análises Químicas de Solos, **Plantas e Fertilizantes**. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos da Margem direita do Rio São Francisco Estado da Bahia, 2006** – <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>> acesso em 05 de agosto de 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1979. 255p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FERNANDES, F. A.; CERRI, C. C.; FERNANDES, A. H. B. M. Alterações na matéria orgânica de um podzol hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1943-1951, 1999.

FONTES, A. G. 2006. **Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia**. Tese Doutorado. UENF, Rio de Janeiro, 92 p.

KINDEL, A. & GARAY, I. Caracterização de ecossistemas da Floresta Atlântica de Tabuleiros por meio das formas de húmus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:551-563, 2001.

LOBÃO, D. E. et al. 2007. **A Conservação de espécies arbóreas em sags cacau-cabruca**. São Paulo: Tese Doutorado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, 2007

LONGO, R.M.; SPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n. 4, p.23-729, 2000.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B.B; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Curvas dedisponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.

MAFRA, A. L.; GUEDES, S. F. F.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; ROSA, J. D. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.217-224, 2008.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ufla, 2002, 625p.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399p.

POHLMAN, A.A. & MCCOLL, J.G. Soluble organics from forest litter and their role in metal dissolution. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52:265-271, 1988.

SALTON, J. C. 2005. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical**. 2005. 158 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS

SÁNCHEZ, M.D. **Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina**. In: CARVALHO, M.M.;

SANTANA, S. O. de; SANTOS R. D. dos; GOMES I. A.; JESUS, R. M. de; ARAUJO, Q. R. de; MENDONÇA J. R.; CALDERANO, S. B.; FARIA FILHO, A. F. **Solos da Região Sudeste da Bahia - atualização da legenda de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos**. Ilhéus: CEPLAC, 2002. 93 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16).

SANTOS, B.C.; RANGEL, L. A., CASTRO JUNIOR, E. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. **Floresta e Ambiente**,18(3):266-274, 2011.

SCHOLES, R.J.; BREEMEN, N. van. **The effects of global change on tropical ecosystems**. Geoderma, v.79, p.9-24, 1997.

SAEG-**Sistema para Análises Estatísticas**, versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes - UFV-Viçosa, 2007

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos a calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.

SIQUEIRA NETO, M. ; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy** - Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: J. Wiley, 1994. 496p.