



## ATRIBUTOS QUÍMICOS DE ARGISSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES USOS NO SUL DA BAHIA

---

Francisco de Assis da Silva Júnior<sup>1</sup>, Patrícia A. Bittencourt Barreto<sup>2</sup>, Francisco Garcia Romeiro B. de Oliveira<sup>3</sup>, José Alvim Pinto Júnior<sup>1</sup>

1. Engenheiro Florestal, graduado pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). (assisfloresta@hotmail.com)
2. Professora Doutora da UESB, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista - BA. (patriciabarreto@uesb.edu.br).
3. Engenheiro Agrônomo, graduado pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

---

### 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.

**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.

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

## 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. 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 (CONCEIÇÃO et al., 2005; CARNEIRO et al., 2009; LOSS et al., 2010; VIANA et al., 2011; COGO et al., 2012; JERKE et al., 2012), uma vez 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 (SCHOLLES & 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 da maior exposição da matéria orgânica aos microrganismos decompositores, mas também da 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, CO e nutrientes no solo, gerando impactos à superfície e em profundidade, especialmente em decorrência da existência de raízes longas do componente florestal.

Nas regiões tropicais, a fertilidade do solo depende fortemente da qualidade e quantidade dos estoques orgânicos aportados, tornando o conhecimento da constituição das camadas orgânicas do solo, além de seus efeitos nas propriedades edáficas, de grande relevância para o futuro manejo dessas áreas (KINDEL & GARAY, 2001). Desse modo, a avaliação de atributos químicos ao longo do perfil de solo submetido a diferentes usos pode permitir avaliar possíveis alterações em resposta a cobertura vegetal e condições de manejo adotadas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos químicos de Argissolo 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 e 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 clima quente e úmido sem estação seca (Af), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual varia entre 21° e 25 °C. 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 de 1500 mm, 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 de 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 (Figura 1):

1. Mata nativa (MN) - área total de 40 hectares sob vegetação nativa preservada (Floresta Ombrófila Densa);
2. Sistema agroflorestal (SAF) – área de 60 ha, com cultivo de cacau (*Theobroma cacao*) em sistema “cabruca” (termo regional empregado para caracterizar a forma de plantio do cacau no sub-bosque, em consórcio com mata nativa raleada, de forma descontínua), implantado a 25 anos. Em geral, nesse sistema a distribuição dos cacauzeiros é aleatória, correspondendo a uma população de aproximadamente 800 plantas por hectare. Na área, foi realizada calagem e adubação, com formulado NPK 11-30-17, a aproximadamente 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 incorporado ao solo, por meio de uma grade aradora, para favorecer o estabelecimento. A área é utilizada como pasto para bovinos de corte, sem controle de lotação.

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

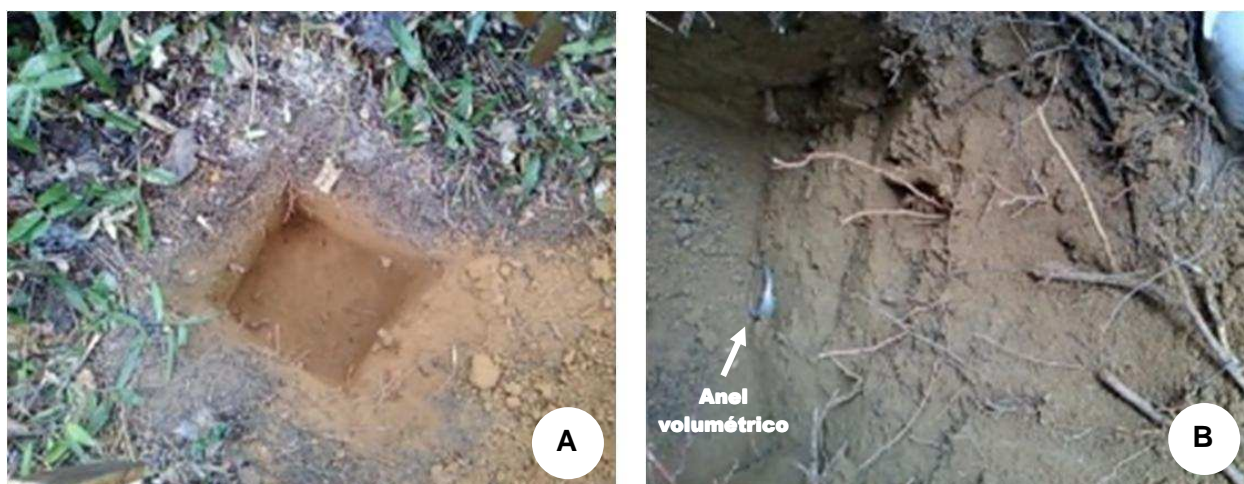


**FIGURA 1.** Áreas experimentais: A – Mata nativa, B – Sistema agroflorestal (cacau “cabruca”) e C – Pastagem plantada.

## 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. Foram abertas trincheiras de 0,4 x 0,4 m (Figura 2), equidistantes. De cada uma das profundidades, além das amostras deformadas, também foram retiradas amostras indeformadas, com utilização de anel volumétrico (Figura 2B), seguindo metodologia adaptada de SANTOS et al. (2005).

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), carbono orgânico (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, 1999). 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 e estão apresentadas na Tabela 1.



**FIGURA 2.** Trincheiras utilizadas nas coletas de solo: A – Visão aérea de uma trincheira aberta e B – Trincheira com anel volumétrico inserido na camada 20-40 cm, para retirada de uma amostra indeformada.

## 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) (Figura 3). A coleta foi realizada em junho de 2012. As amostras foram submetidas à secagem em estufa a 60°C (EMBRAPA, 1999), até peso constante. Em seguida, as amostras foram pesadas e os resultados de massa seca obtidos foram convertidos para kg ha<sup>-1</sup>.



**FIGURA 3.** Coleta de serapilheira: A – quadrado de madeira demarcando área de coleta; B – quadrado de madeira após a retirada da serapilheira.

### 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. 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

A área de sistema agroflorestal (SAF) apresentou estoque de serapilheira em torno de 23% superior a Mata nativa (MN) (Tabela 2). FONTES (2004), estudando ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais no Sul da Bahia, também observou valores maiores 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 acumulada ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|-----------|---------------------------------------------|
| 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

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 agroflorestral 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 agroflorestral (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). Nos três usos, não foi possível verificar tendência de diminuição ou aumento dos conteúdos de Al ao longo do perfil do solo.

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 assemelharam estatisticamente. (Tabela 3). O maior conteúdo na segunda camada do solo sob PP pode estar relacionado a densidade e renovação do sistema radicular de pastagens 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 entre os usos em quase todas as profundidades. Apenas na camada 0-5 cm, houve diferenciação da pastagem (7,4  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) em relação à mata nativa e sistema agroflorestal que se assemelharam estatisticamente (média de 3,1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). 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. Os conteúdos K também variaram 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      |
|------------------|----------|----------|---------------------|------------------|------------------|----------------|---------|
| pH               |          |          |                     |                  |                  |                |         |
| CO               | 0,72***  |          |                     |                  |                  |                |         |
| P                | 0,36**   | 0,29*    |                     |                  |                  |                |         |
| Ca <sup>2+</sup> | 0,87***  | 0,77***  | 0,37**              |                  |                  |                |         |
| Mg <sup>2+</sup> | 0,62***  | 0,66***  | -0,05 <sup>ns</sup> | 0,65***          |                  |                |         |
| k <sup>+</sup>   | 0,59***  | 0,77***  | 0,23*               | 0,68***          | 0,64***          |                |         |
| Al               | -0,80*** | -0,55*** | -0,21*              | -0,73***         | -0,49**          | -0,49***       |         |
| H+Al             | -0,84*** | -0,36*** | -0,26**             | -0,66***         | -0,41**          | -0,40**        | 0,76*** |

<sup>(\*)</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 variaram estatisticamente entre os usos nas camadas 5-10, 10-20 e 20-40 cm, com menores valores na PP. Considerando as camadas analisadas, os valores médios de H+Al 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 0-5 cm, os maiores estoques de carbono orgânico foram observados na floresta nativa, enquanto o SAF e a PP se assemelharam estatisticamente (Tabela 5). 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 FN se devem, provavelmente, ao maior incremento das substâncias orgânicas no ambiente de mata nativa. 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).

**TABELA 5.** Estoques de carbono orgânico e nutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 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</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</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</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</b> |            |        |         |           |          |
| MN              | 9624,21 b  | 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 c  | 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.

Já na profundidade 5-10 cm, o maior estoque de CO foi encontrado na pastagem ( $5824,53 \text{ kg ha}^{-1}$ ), 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  $10.541 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sendo inferior na PP ( $5.592 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabela 5), 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 (Tabela 5). 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 (Tabela 5). 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 valor (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 (Tabela 5), 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 (Tabela 5). 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.

## CONCLUSÕES

Com base neste estudo e nos resultados gerados pode-se concluir que:

De modo geral, os atributos químicos do solo foram influenciados pelo uso, 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) e o uso do solo promoveu diminuição dos conteúdos e estoques de K na camada superficial.

## 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 agrofloretais 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.

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.

CARNEIRO, C. E. A.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; AZEVEDO, M. C. B.; ANDRADE, E. A.; KOGUISHI, M. S.; DIEHL, R. C.; RICCE, W. S.; PASSARIN, A. L.; VAZ, R. H. M.; STELMACHUK, T. L.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R. Efeitos dos sistemas de manejo sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um latossolo vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 5-10, 2009.

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.

COGO, F. D.; NANNETTI, D. C.; CARMO, D. L.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N. Carbono orgânico de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros em sistemas de manejo agroflorestal e convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 2, 2012.

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. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa, 1999. 370p.

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.

JERKE, C.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J. Distribuição do carbono orgânico em Latossolo sob manejo da adubação fosfatada em plantio direto no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.442-448, 2012.

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.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, 1(1): 57-64, 2010.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B.B; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Curvas de disponibilidade 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.

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. Rev. ampl. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.

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.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:2105-2114, 2011.