

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS**

**EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO SOLO EM
SISTEMAS DE USO DA TERRA NO BAIXO SUL DA BAHIA**

DRYELLE MENEZES LOBO

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
AGOSTO - 2014**

EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE USO DA TERRA NO BAIXO SUL DA BAHIA

DRYELLE MENEZES LOBO

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas, área de concentração: Manejo e Conservação dos Solos.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ FERNANDES DE MELO FILHO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE
ECOSSISTEMAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DA ALUNA
DRYELLE MENEZES LOBO**

**Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)**

**Prof. Dra. Euzelina dos Santos Borges Inácio
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**

**Dr. Laercio Duarte Souza
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**

Dissertação homologada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas.....
Conferindo o Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em.....

Á Deus...

...por ser sempre a Luz do meu caminho e da minha família.

Á minha família....

...por serem meu alicerce e exemplo de amor.

Aos meus amigos...

...pelo incentivo, pelos momentos de descontração e pelo apoio nos momentos de fraqueza.

DEDICO

A minha linda filha Ana Luiza por todo amor, carinho e cuidado...

É por você que sigo em frente...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Mesmo que a autoria de uma dissertação seja atribuída a uma pessoa, ela representa um esforço de um conjunto de pessoas que colaboram, direta ou indiretamente, para que os objetivos, previstos, inicialmente, sejam atingidos. Dessa forma, faz-se necessário lembrar de maneira muito especial e agradecer o apoio de algumas pessoas durante o período em que esta dissertação foi construída.

Agradeço a minha família, por todo o amor, carinho e incentivo. Sem vocês eu não seria nada.

Agradeço ao Dr. José Fernandes de Melo Filho pela orientação, o apoio, confiança, amizade e por acreditar no meu trabalho.

Ao Professor Luciano Souza me faltam palavras pra agradecer por toda ajuda, paciência, apoio, pelos ensinamentos e a preciosa colaboração neste trabalho.

Ao professor/pesquisador Carlos Alberto Ledo pela imensa contribuição na avaliação estatística dos dados.

Aos professores e colaboradores do programa de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas pelos ensinamentos e pela convivência durante este período.

A todos os funcionários e técnicos dos laboratórios, em especial ao Ailton, por toda ajuda e paciência.

Um agradecimento especial a todos os meus colegas do curso e aqueles que estiveram junto comigo nos laboratórios e no campo, ajudando nas análises e nas coletas, por toda paciência neste período, dedicação na realização dos trabalhos, por todo carinho, apoio e incentivo. Sem vocês seria muito mais difícil.

A todos os meus amigos, em especial a Tamara, Gerlange, Tammiles, Taíza, Ronaldo não só por toda ajuda, mas especialmente pela amizade e apoio incondicionais.

As minhas eternas estagiárias Wilma e Patrícia que estiveram sempre comigo.

Ao meu eterno bebezinho Ana Luiza por todo amor, carinho, por entender a importância do meu trabalho e muitas vezes tentar me ajudar. Ela sempre me perguntava por que eu estava triste ou nervosa e me dizia: “fica calma mamãe, eu te ajudo”.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS DE FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO COM MATA, BANANA, MANDIOCA E CACAU.....	06
Capítulo 2	
ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO DA TERRA COM MATA, BANANA, CACAU E MANDIOCA.....	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
ANEXO.....	56

Evolução dos atributos de qualidade do solo em sistemas de uso da terra no Baixo Sul da Bahia

Autora: Dryelle Menezes Lobo

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Resumo: A crescente expansão da agricultura no Brasil e a globalização da economia demandam a incorporação de novas áreas aos sistemas de produção agrícola, cujo atendimento se dá em muitas situações pela substituição de áreas com vegetação natural. Na região do Baixo Sul da Bahia, área inserida no bioma da Mata Atlântica, ainda existem importantes fragmentos de vegetação natural, devido ao cultivo do cacau no sistema “cabruca”, cujo processo implica em introdução da cultura, sob mata raleada. No entanto, neste sistema, o solo pode ser utilizado por culturas intermediárias, como a mandioca e banana antes da implantação do cacau, em um sistema de sucessão de uso. Este tipo de substituição resulta em alterações no ambiente e especialmente nas condições de qualidade do solo para uso agrícola. Desta forma o presente trabalho tem como objetivos: a) verificar a evolução dos indicadores de qualidade do solo determinado pelos usos da terra no baixo sul da Bahia e; b) Estimar o estoque de carbono do solo em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau. O estudo foi realizado no município de Teolândia - BA, em uma área contígua em uso com mata nativa, mandioca, cacau “cabruca” com 05 anos, cacau “cabruca” com 10 anos, cacau “cabruca” com 15 anos, nos quais se coletaram amostras de solo, nas profundidades 0,0 - 0,10m e 0,10 – 0,20m, para a avaliação da densidade do solo, porosidade total, macro e micro porosidade, resistência mecânica à penetração vertical, curva de retenção de água no solo, condutividade hidráulica no solo saturado, pH, capacidade de troca de cátions, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, matéria orgânica do solo e estoque de carbono. A mudança no uso do solo, promovida pelos sistemas de culturas em sucessão, resultou na alteração dos atributos do solo, demonstrando, de forma geral, uma redução na qualidade dos indicadores físicos, representados pelo aumento da resistência a penetração das raízes, da densidade do solo e diminuição macroporosidade. Os atributos químicos também foram alterados, apresentando valores menores para a área de mandioca, como capacidade de troca de cátions, saturação de bases e matéria orgânica do solo e, valores próximos ou superiores

para área de cacau 15 anos, como pH, capacidade de troca de cátions, saturação de bases, matéria orgânica, além dos valores de P, Ca, Mg e soma de bases. Verificou-se também que alterações no uso do solo depreciaram o estoque de carbono orgânico em relação à condição natural com vegetação nativa. O sistema cacau “cabruca” possibilita, à longo prazo, o retorno do estoque de carbono a níveis próximos aos encontrados na mata nativa, evidenciando seu potencial conservacionista.

Palavras-chave: Qualidade do solo, sustentabilidade, cacau, uso agrícola.

Evolution of the attributes of soil quality on land use systems in the Southern Bahia

Author: Dryelle Menezes Lobo

Advisor: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Abstract: The increasing expansion of agriculture in Brazil and the globalization of the economy require the incorporation of new areas to agricultural production systems, whose aid is done in many situations by replacing areas with natural vegetation. In the Southern Bahia Lowlands area inserted in the Atlantic Forest biome, region there are still important fragments of natural vegetation due to the cultivation of cocoa in "cabruca" system, whose process involves introducing the culture under thinned forest. However, in this system, the soil can be used for intermediate crops such as cassava and banana before deploying cocoa in a succession of system use. This type of substitution results in changes in the environment and especially the conditions of soil quality for agricultural use. Thus this paper aims to: a) determine the evolution of the indicators of soil quality determined by land use in the south of Bahia and; b) Estimate the carbon stock in the soil for use by forest succession, banana, cassava and cocoa systems. The study was conducted in the municipality of Teolândia - BA in an adjoining use in native forest, cassava, cocoa "cabruca" with 05 years, cocoa "cabruca" with 10 years cocoa "cabruca" with 15 years in which the area is collected soil samples at depths 0.0 - 0.10 and 0.10m - 0.20m, for the evaluation of soil bulk density, total porosity, macro and micro porosity, mechanical resistance to vertical penetration, water retention curve in the soil, the soil saturated hydraulic conductivity, pH, cation exchange capacity, P, K, Ca, Mg, H + Al, SB, organic matter and soil carbon stock. The change in land use, promoted by succession crops systems, resulted in changes in soil properties, demonstrating, in general, a reduction in the quality of physical indicators, represented by increased resistance to root penetration, the density of decrease in soil and macroporosity. Chemical characteristics were also changed, with lower values for the cassava area, as cation exchange capacity, base saturation and soil organic matter, and values close to or higher cocoa area 15 years as pH, exchange capacity cations, base saturation, organic matter, besides the values of P, Ca, Mg

and sum of bases. It was also found that changes in land use depreciated stock of organic carbon relative to natural condition native vegetation. Cacao "cabruca" system allows the long term, the return of carbon stocks to levels close to those found in native forest, showing their conservation potential.

Keywords: Soil quality, sustainability, cocoa agricultural use.

INTRODUÇÃO

Devido a crescente expansão da agricultura no Brasil e a globalização da economia, novas áreas têm sido incorporadas ao sistema de produção agrícola com o objetivo de aumentar a produção de alimentos madeira e fibras. Segundo Palm et al. (2007), nas últimas quatro décadas os serviços de provisão de alimentos de origem vegetal e animal que dependem do solo, aumentaram em torno de 170% e a produção de madeira e fibras aumentaram aproximadamente 60%.

Apesar da grande importância biológica, o bioma Mata Atlântica está entre os mais ameaçados do mundo. No caso, da região do baixo Sul da Bahia, o padrão de ocupação e uso dos recursos naturais não foi diferente do verificado no restante desse bioma, onde se faz o desmatamento para a exploração de madeira extrativismo vegetal e a substituição de áreas de vegetação natural para implantação de culturas perenes e temporárias (PTDRS, 2010), dentre as quais, se destaca o cacau.

Ambientes de floresta nativa têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo. De acordo com Moreira & Malavolta (2004), a produtividade dos ecossistemas naturais e de agroecossistemas introduzidos e, raramente fertilizados, depende da ciclagem dos nutrientes, contidos na serapilheira e da matéria orgânica do solo. Logo, o grau de impacto da remoção da floresta nativa para utilização do solo em cultivos agrícolas, está relacionado ao manejo do sistema produtivo e das práticas agrícolas adotadas (Silva et al., 2007; Cardoso et al., 2009).

Um dos grandes desafios nas regiões tropicais, é desenvolver sistemas de produção vegetal que possam manter a alta produtividade e ao mesmo a sustentabilidade ambiental (Netto et al, 2009). Nessas regiões, quando há riqueza de sesquióxidos e à presença de matéria orgânica, os solos, de maneira geral, apresentam agregação muito boa. No entanto, quando utilizados em atividades agrícolas, onde o sistema de preparo do solo é feito de forma convencional, verifica-se perda de matéria orgânica e diminuição da capacidade de troca de cátions (CTC). Além disso, o uso agrícola prolongado, utilizando o revolvimento do solo e a incorporação dos resíduos vegetais, cria condições favoráveis à degradação da matéria orgânica e, conseqüentemente, destruição da bioestrutura (Benites et al, 2010), reduzindo drasticamente o potencial produtivo do solo.

A adoção de sistemas conservacionistas, têm demonstrado potencial para reverter o processo de degradação dos solos, pois estes sistemas conservam a estrutura do mesmo em sua superfície devido o aumento do teor de matéria orgânica (em consequência do não revolvimento) e pela proteção da superfície do solo contra o impacto das chuvas e a insolação (Ronquim, 2010; Vasconcelos et al, 2014), proporcionando benefícios ambientais como conservação da biodiversidade e na qualidade da matéria orgânica do solo (Nair, 2008).

No Baixo Sul da Bahia, ao contrário dos modelos agrícolas convencionais de produção e de uso intensivo dos recursos naturais, o cultivo do cacau, é feito no sistema conhecido como “cabruca”, modelo que permite a conservação de remanescentes florestais e a sobrevivência de indivíduos arbóreos da floresta primária, que são mantidos para fornecer o sombreamento ao cacau (Setenta & Lobão, 2012), concretizando um importante modelo de compatibilidade e complementariedade de diferentes espécies e ao mesmo tempo de sustentabilidade dos sistemas de produção (Muller & Gama-Rodrigues, 2007).

Segundo Setenta & Lobão (2012), para que o sistema seja considerado cacau “cabruca”, deve atender alguns critérios técnicos, dentre estes, os aspectos biométricos. A biometria dos indivíduos do sombreamento está diretamente associada a decisões tomadas na fase de implantação. Um diz respeito à intensidade de sombra desejada, o que se relaciona ao número deixado de árvores de sombra (densidade). A outra diz respeito à estrutura vertical, ou seja, a posição que as árvores ocupavam na floresta original (dominância – codominância – dominadas). Para o estabelecimento do sistema “cabruca” basicamente, três decisões podem ser adotadas: (1) manter as árvores que ocupavam a posição das dominantes e codominantes; (2) manter as árvores que ocupavam a posição das dominadas; (3) raleamento drástico, deixando-se poucas árvores de variadas posições, e plantio de espécies de interesse para a recomposição do sombreamento, como por exemplo, a eritrina (*Erythrina falcata Benth*) e a cultura da bananeira.

A banana tipo terra é largamente produzida na região e além da importância econômica, possui papel fundamental no sistema de produção do cacau “cabruca” para o fornecimento do sombreamento provisório. O plantio das mudas da bananeira ocorre seis meses antes das mudas de cacau e fornecem sombreamento para na fase inicial (2 – 3 anos). Produz muitos restos culturais que ficam sobre o solo,

promovendo a manutenção da matéria orgânica e protegendo o solo contra a erosão. Mesmo assim, pode possibilitar a degradação, já que o preparo para o plantio é feito no sistema de corte e queima e o transporte da banana para fora da área, após a colheita, é feita com animais de tração, o que favorece o pisoteio constante do solo.

Apesar de sua reconhecida característica de sustentabilidade o sistema cacau “cabruca”, ainda carece de avaliações que possam permitir o entendimento e a quantificação dos seus efeitos no solo para a geração de parâmetros capazes de demonstrar o grau de perturbação e a sustentabilidade do mesmo. Assim, os objetivos deste trabalho foram: Avaliar a evolução dos atributos químicos e físicos de qualidade do solo e o estoque de carbono orgânico em sistemas de sucessão de uso com mata nativa, banana, mandioca e cacau na região do Baixo Sul da Bahia.

LITERATURA CITADA

BENITES, V. de M.; MOUTTA, R. de O.; COUTINHO, H. L. da C.; BALIEIRO, F. de C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de Mata Atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.4, p.685-690, 2010.

CARDOSO, L. E.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S. de; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.631-637, 2009.

MOREIRA, A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, 2004.

MÜLLER, M.W. & GAMA-RODRIGUES, A.C. **Sistemas agroflorestais com cacauero**. In: VALLE, R.R., ed. Ciência, tecnologia e manejo do cacauero. Ilhéus, CEPLAC, 2007. p.246-271.

NAIR, P. K. R. Agroecosystem management in the 21st century: it is time for a paradigm shift. **Journal of Tropical Agriculture**, Florida, v.46, n.1/2, p.1-12, 2008.

NETTO, I. T. P.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob pastagens com Diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.1441-1448, 2009.

PALM, C., SANCHEZ, P., AHAMED, S., AWAITI, A. Soils: A contemporary perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, Palisades, v.32, p.99-129, 2007.

PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL – PTDRS. **Plano Desenvolvimento Territorial Sustentável do Baixo Sul – BA**. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA; Secretaria de Desenvolvimento Territorial - SDT. Brasília, 2010.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim informativo, Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

SETENTA, W. & LOBÃO, D. E. **Conservação Produtiva: cacau por mais 250 anos**. Itabuna - BA. 2012. 190p.

SILVA, M. B. da; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influencia da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.

VASCONCELOS, R. F. B. de; SOUZA, E. R. de, CANTALICE, J. R. B.; SILVA, L. S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.381-386, 2014.

CAPÍTULO 1

EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO COM MATA, BANANA, MANDIOCA E CACAU

EVOLUÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO COM MATA, BANANA, MANDIOCA E CACAU

Autora: Dryelle Menezes Lobo

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Resumo: O desenvolvimento econômico, com menores impactos na biodiversidade da região cacauceira, no Sul e Baixo Sul da Bahia está intimamente ligado à manutenção e a melhoria do sistema agroflorestal denominado de cacau “cabruca”. Este trabalho tem o objetivo de verificar a evolução dos atributos de qualidade do solo no sistema de uso da terra na região do Baixo Sul da Bahia. Para isso, foram avaliadas cinco áreas em uso sucessional com mata nativa, banana, mandioca e cacau no sistema “cabruca” com 05, 10 e 15 anos de implantação, nas quais se coletaram amostras nas profundidades de 0,0 - 0,10m e de 0,10 - 0,20m para quantificação dos seguintes atributos para a avaliação da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência mecânica à penetração vertical, curva de retenção de água no solo, condutividade hidráulica no solo saturado, pH, capacidade de troca de cátions, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, matéria orgânica do solo e estoque de carbono. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Dunnett a 5% de significância. A sucessão de uso mata, banana, mandioca e cacau “cabruca” resultou em alterações nos atributos químicos e físicos de qualidade do solo. A sucessão com a mandioca elevou os atributos físicos resistência à penetração e densidade do solo e diminuiu os atributos químicos capacidade de troca de cátions e matéria orgânica do solo, em relação a condição natural. A sucessão com cacau elevou a resistência a penetração e diminuiu a porosidade do solo. Em contra partida, diminuiu a saturação por alumínio, elevou o pH e a saturação por bases em relação a mata nativa.

Palavras chave: Propriedades do solo, indicadores de qualidade, manejo sustentável.

EVOLUTION OF PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL QUALITY SYSTEMS IN SUCCESSION OF USE WITH MATA, BANANA, YUCCA AND COCOA

Author: Dryelle Menezes Lobo

Advisor: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Abstract: Economic development, with smaller impacts on biodiversity of cocoa region in South and Southern Bahia is closely related to the maintenance and improvement of cocoa agroforestry system called "cabruca". This work aims to verify the evolution of the attributes of soil quality on land use in the Southern Bahia Lowlands region system. For this, five areas were evaluated in use with successional native forest, banana, cassava and cocoa in "cabruca" system with 05, 10 and 15 years of implantation, in which samples were collected at depths of 0.0 - 0.10 m and 0.10 - 0.20m to quantify the following attributes to assess the bulk density, total porosity, macro and microporosity, mechanical resistance to vertical penetration of the soil water retention curve in the saturated hydraulic conductivity, soil pH cation exchange capacity, P, K, Ca, Mg, H + Al, SB, organic matter and soil carbon stock. The results obtained were subjected to analysis of variance and comparison of means by Dunnet test at 5% significance. The succession of forest use, banana, cassava and cocoa "cabruca" resulted in changes in the chemical and physical attributes of soil quality. The succession with cassava increased physical attributes penetration resistance and bulk density decreased and chemical attributes of cation exchange capacity and soil organic matter in relation to natural condition. The succession with cocoa increased resistance to penetration and decreased soil porosity. In return, the Al saturation decreased, increased pH and base saturation compared to native forest.

Keywords: soil properties, quality indicators, sustainable management.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais apresentam integração harmoniosa entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica (Silva et al., 2008). Entretanto, a substituição da vegetação natural por sistemas de cultivo e o uso agrícola das terras com diferentes coberturas vegetais, promovem alterações nos atributos do solo, revelando, na maioria das vezes, um impacto ambiental negativo, colocando em risco a sustentabilidade dos sistemas produtivos (Mota; Valladares, 2011).

A Floresta Atlântica, na Região Cacaueira da Bahia, ainda possui os mais significativos remanescentes florestais em áreas agricultáveis. Deve-se isso, ao desenvolvimento de um modo de exploração agrícola com maior grau de diversificação que as demais áreas do Estado da Bahia (Nascimento et al, 2007), representado por vários modelos de associação entre culturas, destacando-se o cacau (*Thebroma cacao* L.), no sistema “cabruca”, em cultivo de sub-bosque de mata natural em permanente sombreamento (Sambuich, 2002).

O método de implantação do cacau “cabruca” é um sistema agrossilvicultural de produção que gera benefícios muito valorizados no desenvolvimento da agricultura sustentável. O ato de “brocar” as matas para o plantio do cacau por anos a fio, associado a fatores culturais (Lobão et al., 1997), gerou um modelo de produção agrícola refinado. Sua prática evoluiu a ponto de se tornar um sistema agrossilvicultural de produção que apresenta vantagens agroambientais sustentáveis quando comparado a outros sistemas agrícolas de produção (Lobão et al., 2007).

Mesmo apresentando característica conservacionista, o sistema “cabruca”, promove alterações na composição do fragmento florestal e nos atributos do solo, que podem afetar a sua qualidade (Dexter, 2004), devido aos processos que antecedem a sua implantação e período de estabilização da cultura. Sendo assim, é preciso analisar em bases científicas os fragmentos florestais onde estão inseridos o cacau “cabruca”, caracterizando seus descritores fitossociológicos e edáficos, de modo a permitir avaliações mais concretas do impacto promovido sobre o ambiente, bem como avaliar suas potencialidades.

É sabido, que as florestas tropicais, estão estabelecidas em solos de baixa fertilidade natural e têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a

cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo (Cardoso et al., 2011). Sendo assim, a avaliação das propriedades do solo que estimam a sua qualidade assume importante papel no monitoramento de sua conservação, sob pena de a degradação do solo comprometer irreversivelmente a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Diversos registros na literatura, reforçam que a substituição da mata nativa para uso agrícola resulta em significativas alterações nos atributos de qualidade do solo. Andrade et al (2012), estudando os atributos de fertilidade do solo na bacia do rio Cuiá - PB, observaram que as alterações no uso da terra levaram à redução da qualidade química do solo, indicada principalmente, por alterações negativas nos teores de cálcio trocável, pH e matéria orgânica do solo. Adicionalmente, em relação aos atributos físicos do solo, Cardoso et al. (2011), constataram que conversão da vegetação arbórea nativa para uso com pastagem cultivada promoveu a degradação da qualidade física do solo, resultando em aumento da densidade do solo, da resistência do solo à penetração e diminuição da porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica saturada. No entanto, no sistema cacau “cabruca”, observa-se um comportamento distinto em relação aos cultivos convencionais. Fernandes (2008), avaliando a qualidade do solo em áreas de cacau “cabruca”, mata e policultivo no Sul da Bahia verificou que os índices de qualidade do solo encontrados apresentaram valores superiores para o sistema “cabruca”, superando os demais sistemas estudados.

Apesar do considerável volume de trabalhos sobre o efeito de diferentes sistemas de uso e manejo do solo, ainda são escassos resultados na maioria dos importantes biomas brasileiros, sobretudo daqueles que elucidam alterações provocadas pela substituição da floresta nativa por culturas, em sistema de sucessão de uso da terra. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos de qualidade do solo em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau no Baixo Sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

As áreas de estudo estão localizadas na comunidade de Novolândia, zona rural do município de Teolândia, região do Baixo Sul do Estado da Bahia, nas coordenadas geográficas definidas pela latitude 13° 35' 25" sul e 39° 28' 55" de longitude oeste. O clima regional é do tipo Af, segundo a classificação de Köppen, ou seja, floresta tropical quente, úmido e úmido a subúmido (SEI, 1998), sem estação seca, com regime pluviométrico regular e chuvas abundantes distribuídas durante o ano, com médias anuais superiores a 1.350 mm. A umidade relativa média gira em torno de 90% e as temperaturas médias anuais em torno de 23 °C (SEI, 2007). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, A moderado, de textura argilosa (Quadro 1), bem drenado, em relevo ondulado a forte ondulado (Embrapa, 1977).

Quadro 1. Composição textural do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico nos sistemas de sucessão de uso com mata, banana, cacau e mandioca em na região do Baixo Sul da Bahia

Sistemas de uso	Argila	Silte	Areia	Classificação
g Kg⁻¹				
0,0 – 0,10m				
Mata	521,40	238,19	240,41	Argiloso
Mandioca	464,00	194,37	341,00*	Argiloso
Cacau 05	503,00	265,68	250,52	Argiloso
Cacau 10	525,00	176,62	298,38	Argiloso
Cacau 15	478,00	155,94*	366,06*	Argiloso
DMS	93,34	75,34	99,12	
CV %	9,90	19,31	17,49	
Valor P	0,249	0,0018	0,0037	
0,10 – 0,20m				
Mata	557,00	238,24	204,76	Argiloso
Mandioca	467,20*	141,97*	390,83*	Argiloso
Cacau 05	509,60	246,24	224,96	Argiloso
Cacau 10	575,60	153,97*	270,43	Argiloso
Cacau 15	540,00	120,99*	339,01*	Argiloso
DMS	73,54	51,67	78,94	
CV %	8,28	17,09	16,46	
Valor P	0,0076	<.0001	<.0001	

Médias seguidas por * diferem significativamente da mata nativa (testemunha) pelo teste de Dunnett a 95% de confiabilidade.

No local de estudo foram selecionadas cinco áreas distintas, mas contíguas, localizadas no entorno da mata nativa utilizada como referência: Área 01: Mata nativa bem preservada; Área 02: mandioca em cultivo tradicional; Área 03: Cacau “cabruca” 05 anos; Área 04: Cacau “cabruca” 10 anos e; Área 05: Cacau “cabruca” 15 anos. A figura 1 registra uma síntese da cronologia de uso das áreas de estudo.

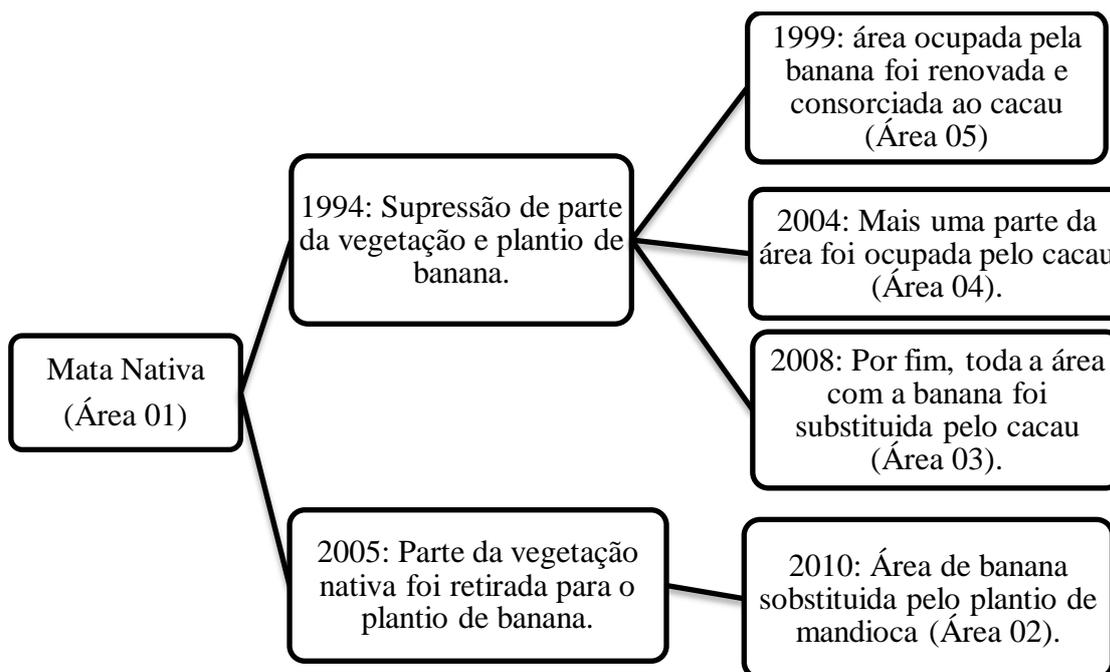


Figura 01: Fluxograma de evolução de uso para cinco áreas em avaliação da qualidade do solo.

Nas áreas deste estudo a implantação do cacau foi realizada com base no princípio do raleamento drástico, quando em 1994, aproximadamente 2,0 hectares de mata nativa foi raleada, ficando na área apenas algumas espécies arbóreas. A madeira retirada foi aproveitada enquanto que os restos vegetais deixados na área foram amontoados em varias pilhas e queimados. No mesmo ano, foi plantada a banana em toda a área raleada.

Quadro 2. Caracterização e histórico das áreas de estudo

Áreas de estudo	Uso atual	Histórico da Área	Manejo do solo
Área 01	Mata Nativa	Fragmento bem preservado de Mata Atlântica, ocupa em torno de 2,2 ha e está situada em zona fisiográfica de topo/meia encosta.	Área sem intervenção antrópica
Área 02	Mandioca	Em 2005, 0,5 hectares da área de mata nativa foi totalmente desmatada, queimada e preparada para o plantio de banana. Após cinco anos, a banana foi substituída pelo plantio da mandioca que vem sendo cultivada na área há três anos consecutivos.	O preparo do solo é feito com o arado de disco, morro abaixo. Não há correção da acidez do solo e a adubação é feita apenas com o esterco bovino, na cova de plantio. O trato cultural realizado na área consiste apenas da roçagem manual. Logo após a colheita, o solo é preparado para novo plantio.
Área 03	Cacau	A área recém-desmatada, em 1994, foi preparada para o plantio da bananeira. Os resíduos vegetais foram queimados e não houve correção da acidez do solo. Após cinco anos, todas as plantas foram derrubadas e ocorreu a renovação do plantio. Em 2007, o plantio foi novamente renovado, de forma que fosse possível a associação com o cacau. No preparo e limpeza da área ocorreu a queima dos restos vegetais. Em 2008, o cacau foi introduzido na área. Para o plantio, fez-se correção da	A calagem é realizada a cada dois anos, na proporção de 1000 Kg ha ⁻¹ . Os demais tratos culturais são anuais e envolvem adubação química com NPK, na dosagem de, aproximadamente, 0,07 kg por planta, roçagem manual e podas. A colheita dos frutos é totalmente manual e o transporte feito por

acidez do solo com calcário dolomítico (500 Kg) em toda a área, 30 dias antes do plantio. Aplicou-se nas covas, 0,05 kg de superfosfato simples mais 5 kg de esterco bovino e as mudas utilizadas no plantio foram obtidas a partir de clonagem. Dois anos após o plantio das mudas de cacau, a bananeira foi retirada da área.

animais de tração.

Área 04

Cacau

A renovação do plantio da bananeira nessa área ocorreu juntamente com a área 03, em 1999. No início de 2004, ocorreu o replantio da banana e no final do mesmo ano as mudas de cacau foram introduzidas na área.

Mesmos procedimentos realizados no plantio, tratos culturais e colheita da área 03.

Área 05

Cacau

Em 1999, 1,0 ha da área cultivada há cinco anos com a bananeira, foi renovada e consorciada com o cacau. As mudas utilizadas para o plantio foram produzidas na propriedade.

Mesmos procedimentos realizados no plantio, tratos culturais e colheita da área 03.

Amostragem:

As amostras de solo foram coletadas ao longo de um transecto com 60 metros de comprimento, com pontos de coleta espaçados de 12 metros, totalizando cinco repetições por área, nas quais foram coletadas amostras indeformadas e deformadas, nas profundidades de 0,0 - 0,10m e 0,10 - 0,20m. As amostras deformadas, utilizadas para as análises químicas, foram retiradas com “cavador”, tomando-se o cuidado de coletar-se volume semelhante de solo em cada ponto. As amostras indeformadas foram coletadas com extrator de solo tipo “Uhland”, utilizando-se anéis cilíndricos de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume conhecido (Embrapa, 1997).

Indicadores e métodos de avaliação:

Atributos físicos: densidade do solo; macroporosidade, microporosidade (Embrapa, 1997); condutividade hidráulica no solo saturado pelo método do permeâmetro de carga decrescente (Libardi, 2005); resistência mecânica à penetração vertical (RP_{100kPa}), obtida em um penetrógrafo estático de laboratório modelo MA-933 (Marcone). A curva de retenção da água no solo foi elaborada conforme o método descrito em Embrapa (1997).

Atributos químicos: pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio trocável (K), fósforo disponível (P) e a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) (Embrapa, 1997). O alumínio trocável (Al) (Defelipo & Ribeiro, 1991), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) (Embrapa, 1997) e matéria orgânica do solo (MOS) (Yeomans & Bremner, 1988).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância, segundo delineamento experimental inteiramente casualizado, incluindo a profundidade como subfator, utilizando-se o teste de Dunnet 5% para comparação entre as médias da área de referência com as demais áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os atributos físicos analisados, apresentados no quadro 3, foram observadas diferenças significativas entre a área de referência e as demais áreas, indicando que o solo foi afetado pelo uso sucessional, manejo e tempo de uso. Sob mata nativa, o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico apresentou médias superiores para a grande parte dos atributos quando comparadas com as médias das demais áreas.

Quadro 3. Valores observados para atributos de qualidade física de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau, no Baixo Sul da Bahia

Sistemas de uso	RP	Macro	Micro	Ds	K0
	_ MPa _	_____ m ³ m ⁻³ _____		_ kg dm ⁻³ _	_ cm h ⁻¹ _
0,0 – 0,10m					
Mata	1,07	0,16	0,39	1,15	192,10
Mandioca	1,52*	0,15	0,36	1,29*	165,50
Cacau 05	1,75*	0,13*	0,45*	1,34*	152,70
Cacau 10	1,49	0,14	0,37	1,14	177,60
Cacau 15	1,72*	0,12*	0,43	1,24	162,50
DMS	0,44	0,03	0,05	0,13	358,60
CV (%)	17,39	12,48	7,48	6,42	92,57
P valor	0,005	0,020	0,0008	0,003	0,717
0,10 – 0,20m					
Mata	2,49	0,12	0,46	1,18	19,96
Mandioca	2,49	0,12	0,39	1,27	56,21
Cacau 05	2,09	0,10	0,42	1,19	10,38
Cacau 10	1,93	0,10	0,44	1,17	52,13
Cacau 15	2,34	0,11	0,42	1,29	21,36
DMS	0,83	0,32	0,50	0,19	57,89
CV (%)	22,78	17,16	14,47	9,16	44,38
P valor	0,399	0,234	0,382	0,357	0,063

Médias seguidas por * diferem significativamente da mata nativa, pelo teste de Dunnett a 95% de confiabilidade. RP: resistência mecânica a penetração das raízes a 100 KPa de umidade do solo; Macro: macroporosidade de solo; Micro: microporosidade do solo; Ds: densidade do solo; K₀: condutividade hidráulica do solo saturado.

A área de mata nativa apresenta baixa resistência mecânica a penetração de raízes, baixa densidade, valores medianos de macroporosidade e boa condutividade hidráulica do solo saturado, refletindo a elevada estruturação, boa permeabilidade e capacidade de retenção de água do solo, sem interferência antrópica, corroborando com o dados obtidos por Araújo et al. (2007) e Papa et al., (2011).

Para o atributo resistência mecânica a penetração das raízes (RP), verificou-se um aumento altamente significativo ($p < 0,01$) em relação à mata nativa, na profundidade 0,0 – 0,10 m, para áreas de mandioca, cacau 05, cacau 15, sendo estes de 1,52, 1,75, 1,72 MPa respectivamente. O aumento da RP na área de mandioca, pode estar associado à pressão das máquinas e pela movimentação do solo, no preparo para implantação da cultura, conforme constatado por Fageria & Stone, (2006). O aumento da resistência à penetração nas áreas de cacau pode ser explicado pelo trânsito de animais nas áreas no momento da colheita da banana e atualmente do cacau.

Porém, mesmo havendo aumento significativo, para este atributo em relação a mata nativa, constata-se que os valores observados encontram-se abaixo do limite crítico, apontado por Arshad et al. (1996), como 2,0 MPa. Portanto, na profundidade de 0,0 – 0,10 m não há impedimento ao desenvolvimento das raízes.

Na profundidade 0,10 – 0,20 m, não houve diferença significativa entre as médias obtidas para a mata e as demais áreas avaliadas. No entanto, podem-se verificar valores de resistência à penetração, acima do valor considerado crítico para o desenvolvimento das raízes. Nesta profundidade, os valores encontrados para RP estão abaixo do limite crítico apenas para a área cacau 10 (Arshad et al.1996).

Com relação à macroporosidade, as médias de todas as áreas, na profundidade 0,0 – 0,10m, foram superiores ao valor crítico adotado por Tormena et al. (1998), que está em torno de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, demonstrando diferença significativa ($p < 0,05$) entre a referência e as áreas cacau 05 e cacau 10 apenas. É importante ressaltar que o aumento da macroporosidade na camada superficial do solo, independente do sistema, condiciona melhor difusão de oxigênio e drenagem do perfil. Para a profundidade 0,10 – 0,20m, não foram verificadas diferenças entre a referência e as demais áreas.

A mata nativa apresentou os maiores valores de MP dentre as áreas avaliadas. A área com a mandioca também apresentou valor de MP próximo a mata, posto que esse sistema de cultivo adota-se a prática do revolvimento mecânico

visando o aumento da porosidade e permeabilidade. Além disso, a área apresenta maior quantidade de areia na textura em relação à área de mata (Quadro 1), o que reforça a dependência direta da composição granulométrica na distribuição dos macroporos no solo (Taylor & Ashcroft, 1972). As áreas de cacau 05 e 15 anos apresentaram os menores valores de MP do solo quando comparadas com a área de referência.

A diminuição da macroporosidade na área de cacau 05 anos, promoveu aumento significativo de microporos do solo em comparação com a mata nativa, para a profundidade 0,0 – 0,10 m. O aumento da microporosidade, também é reflexo do aumento da D_s , o que leva a da redução da macroporosidade (Quadro 3), sendo, este efeito, mais pronunciado nas áreas de cultivos em sucessão e de maior ação antrópica (Araújo et al., 2004). A transformação de macroporos em microporos, como sugerido pelos dados obtidos, é frequentemente observada com o incremento ou intervenção a curto prazo de atividades antrópicas no solo (Tormena et al., 2004). Os efeitos decorrentes disto, embora possam incrementar o teor de água retida nos microporos, frequentemente, reduzem drasticamente a percolação de água no perfil, representada pelos valores de K_0 para esta área. Para a profundidade 0,10 – 0,20 m, não houve diferença significativa entre a referência e as demais áreas avaliadas.

Os valores de D_s (Quadro 3), foram estatisticamente menores para a mata quando comparadas com as áreas de mandioca e cacau 05 anos, na profundidade 0,0 – 0,10 m. Considerando o histórico destas áreas, nota-se que as duas passaram por recentes mudanças no uso do solo, deixando de ser cultivado com a bananeira para ser introduzido o cacau e a mandioca. O aumento da D_s da área de cacau 05 anos também pode ser explicado, segundo verificado por Carneiro (2010), pela consolidação natural do solo em função da ausência de preparo nesse sistema de manejo. Segundo Bayer & Mielniczuk (1997), efeitos mais pronunciados do aumento da D_s são observados quando o solo é cultivado sob sucessão de culturas. No entanto, valores críticos de densidade do solo são relacionados a condições restritivas ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, à infiltração e transporte de água, bem como às trocas gasosas entre o solo e a atmosfera (Fonseca et al., 2007). Sendo assim, os valores de 1,29 para a mandioca e 1,34 Kg dm^{-3} para o cacau “cabruca” 05 anos estão dentro dos limites críticos propostos por Reichert et al. (2003) que indicaram densidade crítica do solo para solos argilosos acima de 1,40 Mg m^{-3} .

As áreas de cacau no sistema “cabruca” 10 e 15 anos não diferiram estatisticamente da área de referência, indicando o potencial do sistema “cabruca” em recuperar a densidade do solo em relação aos cultivos convencionais. Aguiar (2008), estudando a qualidade física dos solos de Araponga, MG, em um Latossolo Vermelho, de textura argilosa, também verificou menores densidades na mata e nos SAFs em relação ao cultivo de café a pleno sol. Da mesma forma, Costa et al. (2009) concluíram que a substituição da Mata Atlântica por pastagem, em Argissolo Amarelo na região sul da Bahia, aumentou significativamente a Ds deste solo.

Na profundidade de 0,10 – 0,20m, a Ds não apresentou diferença significativa ($p > 0,357$) entre os usos. Mesmo assim, observa-se uma maior aproximação nos valores deste atributo, entre as áreas cultivadas e a mata, evidenciando que maiores alterações da Ds ocorrem nas camadas superficiais do solo.

Com relação à condutividade hidráulica do solo saturado (K_0), não houve diferença significativa entre a mata e as demais áreas de estudo. A K_0 é sabidamente um procedimento analítico que apresenta elevada variabilidade. Mesmo assim, observa-se (Quadro 3) que na profundidade 0,0 – 0,10 m, redução nos valores de condutividade hidráulica dos solos cultivados em comparação com os de mata nativa, refletida pela redução dos poros de maior diâmetro, os quais são responsáveis pela aeração e pela drenagem da água no perfil do solo (Assis et al., 2010). Solos argilosos, quando altamente agregados resultam em uma estrutura mais porosa capaz de permitir maior condutividade hidráulica quando comparados ao mesmo solo com problemas de agregação. Nesse sentido, a interação entre a textura e a estrutura é quem vai determinar o comportamento da K_0 do solo (Carvalho et al., 2004).

Na profundidade 0,10 – 0,20 m, observa-se que a condutividade hidráulica do solo apresentou decréscimo acentuado em todos os sistemas de uso, principalmente, no solo sem intervenção antrópica. Esse resultado é reflexo do aumento da densidade do solo e da diminuição da macroposidade, o que leva a uma maior retenção da umidade, nessa profundidade.

Na figura 2 estão apresentadas as curvas de retenção de água no solo nas profundidades de 0,0 – 0,10m e de 0,10 – 0,20m.

De forma geral, nota-se retenção maior da umidade do solo para tensões inferiores a 0,006 Mpa, com forte aproximação dos dados. Os solos de textura argilosa são caracterizados por apresentarem uma alta capacidade de retenção de água devido

a sua boa estruturação física. Segundo Bernardo (2005), a tensão considerada equivalente à capacidade de campo é de 0,033 MPa para solos de textura fina 0,010 MPa para solos de textura grossa e de 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente. Entretanto, Reichardt (1988) afirma que em solos característicos de regiões tropicais e úmidas, esse critério deve ser alterado para potenciais maiores na determinação da capacidade de campo, da ordem de -0,010 MPa e -0,006 MPa.

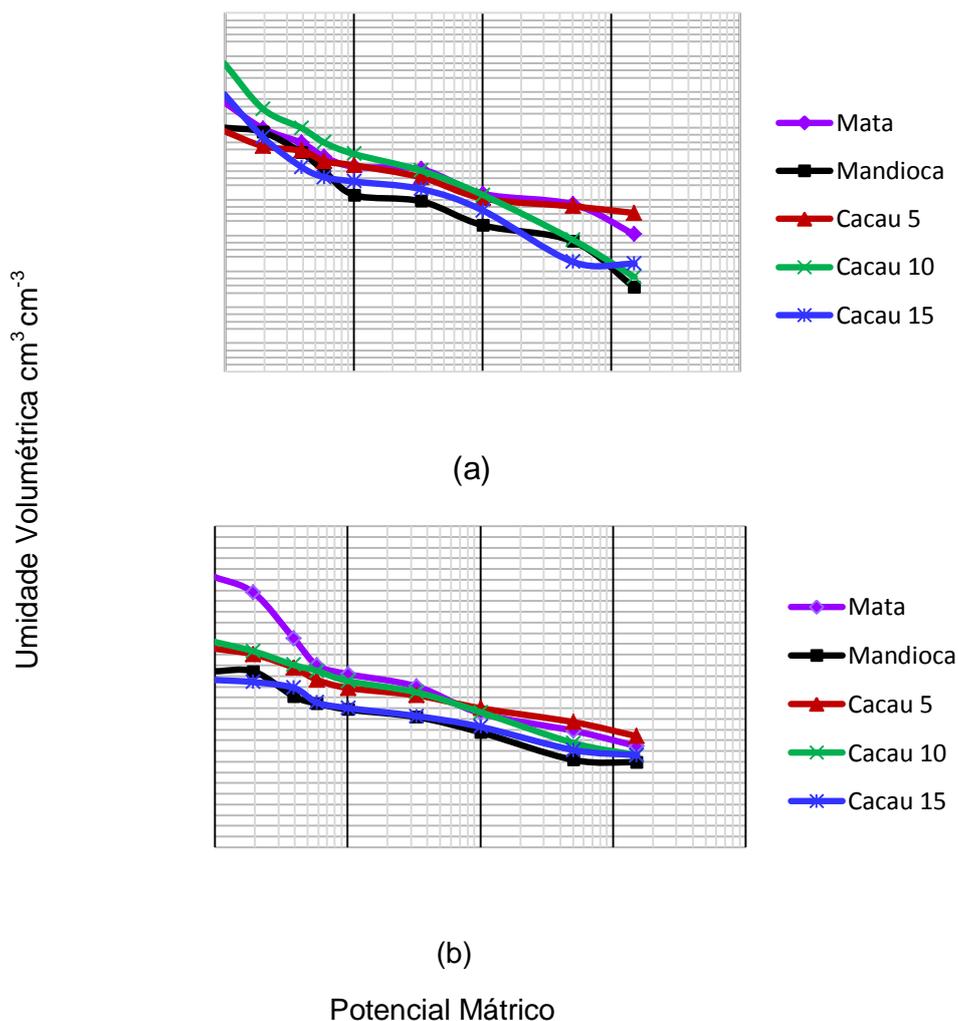


Figura 2. Curvas de retenção de água no solo para a camada superficial (0 – 0,10 m e 0,10 – 0,20m) em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, cacau e mandioca na região Baixo Sul da Bahia

Na figura 2a estão apresentadas as curvas de retenção de água a primeira profundidade avaliada. A área de mandioca apresenta retenção da umidade volumétrica abaixo da área de referência para todos os potenciais aplicados, revelando a baixa capacidade do solo dessa área em reter umidade quando

aplicadas tensões mais elevadas, atingido rapidamente o ponto de murcha permanente. A menor retenção de água para a área de mandioca pode estar relacionado ao menor teor de argila (Quadro 1) e com a perda de MOS (Quadro 4). O conteúdo total de argila tem sido apontado como o principal atributo diretamente relacionado à retenção de água em solos altamente intemperizados, em razão da baixa atividade desses minerais e dos baixos conteúdos de matéria orgânica (Silva et al., 2008), principalmente em áreas de cultivo convencional.

Para área de cacau 05 anos, a curva apresenta-se próxima a curva da área de mata, estando abaixo apenas nos potenciais iniciais, retendo maior umidade volumétrica para o potencial de 1,50 MPa, considerado como equivalente ao ponto de murcha permanente.

Nota-se que a área de cacau 10 anos apresenta umidade volumétrica superior à área de mata quando menores tensões foram aplicadas, o que promoveu um acréscimo na capacidade da retenção de umidade no solo até a capacidade de campo. No entanto, após atingir a capacidade de campo e à medida que tensões maiores foram aplicadas ao solo, a umidade na área de cacau decresce rapidamente, retendo a 1,50 MPa, 39% menos água do que o solo da mata.

Por fim, a curva relacionada à área de cacau 15, apresenta umidade volumétrica inicial próxima da área de referência, decrescendo de forma acentuada à medida que as baixas tensões foram aplicadas. Nessa área, após a capacidade de campo, a composição textural pode ser responsável pelo comportamento da curva apresentada, sendo o teor de argila menor e o de areia maior quando comparados a mata nativa. Esses resultados estão em desacordo aos descritos por Oliveira et al. (2004), que trabalhando com um Latossolo Vermelho de textura argilosa, observaram que os solos cultivados em diferentes sistemas de manejo, quando comparados com solo sob vegetação natural de cerrado, apresentaram maior retenção de água em toda faixa de potencial correspondente a capacidade de campo.

Na figura 2b estão dispostas as curvas de retenção de água no solo para a segunda profundidade. A mata nativa apresenta umidade volumétrica inicial superior as demais áreas, tendo uma diminuição acentuada à medida que o potencial mátrico aumenta até a tensão 0,004 MPa.

A curva para a área de cacau 05 anos, após a faixa correspondente a capacidade de campo apresenta maior retenção de água quando comparada a mata

nativa para os mesmo potenciais. As curvas das demais áreas apresentaram umidade volumétrica abaixo da área de referência para todos os potenciais avaliados. A quantidade de água retida no solo, em equilíbrio com um determinado potencial é função do tamanho e volume dos poros e da superfície específica das partículas da fase sólida, dependendo principalmente da quantidade e natureza da fração argila (Arruda et al., 1987).

No quadro 4, estão apresentados os resultados dos atributos de qualidade química do solo para as áreas avaliadas.

Quadro 4. Atributos de qualidade química de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob sistemas de sucessão de uso com mata, banana, cacau e mandioca, na região do Baixo Sul da Bahia

Sistemas de uso	P	K	Ca	Mg	m	pH	H+Al	SB	V	CTC	MOS
	mg dm^{-3}		$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$		%		$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$		%	$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	g Kg^{-1}
0,0 – 0,10m											
Mata	1,90	0,22	1,84	1,36	11,65	5,31	7,75	3,66	32,53	11,42	103,63
Mandioca	1,65	0,04*	1,26	0,53	31,75	4,88	6,15	1,83	21,43	7,98*	74,35*
Cacau 05	2,38	0,06*	3,10	1,51	2,48	5,79	6,05	4,67	44,10	9,47	82,44*
Cacau 10	1,90	0,06*	2,09	1,46	13,43	5,45	5,85	3,62	38,48	9,47	89,18*
Cacau 15	2,83	0,04*	3,51*	3,22*	0,00	6,25	2,70*	6,77*	70,73*	10,72	94,80*
DMS	1,17	0,11	1,82	1,41	24,09	1,06	2,86	2,95	26,35	2,20	6,53
CV %	28,44	64,55	39,82	45,27	105,30	9,60	26,10	37,23	32,96	11,62	4,38
P valor	0,096	0,002	0,235	0,019	0,207	0,027	0,004	0,006	0,002	0,007	<0,0001
0,10 – 0,20m											
Mata	1,35	1,35	0,15	0,99	26,68	5,10	0,99	8,85	23,45	8,85	92,06
Mandioca	1,52	1,67	0,04*	0,88	37,00	4,86	0,35	7,14	17,73	7,15	66,05*
Cacau 05	1,65	1,65	0,05*	1,28	11,30	5,33	0,71	9,76	20,83	9,76	59,85*
Cacau 10	1,55	1,55	0,04*	0,56	42,03	4,92	0,64	8,15	14,95	8,15	62,72*
Cacau 15	1,67	1,52	0,03*	1,67	11,83	5,43	1,35	7,07	41,24	7,07	80,06
DMS	1,11	1,11	0,10	1,18	32,66	0,76	1,17	2,54	23,96	1,81	12,12
CV %	36,97	36,97	85,71	56,71	65,73	7,69	75,13	11,46	52,55	11,46	10,02
P Valor	0,934	0,934	0,028	0,166	0,066	0,219	0,239	0,004	0,066	0,005	<0,0001

Médias seguidas por * diferem significativamente da mata nativa (testemunha) pelo teste de Dunnett a 95% de confiabilidade.

Segundo os valores de pH, apresentados no Quadro 4, não houve alteração da acidez ativa ($p > 0,05$), no solo das áreas estudadas em relação a mata nativa, na profundidade de 0,0 – 0,10m, cujos valores de pH variaram entre 4,88 para a mandioca e 6,25 para o cacau 15 anos, sendo classificada como acidez alta a acidez muito baixa (Tomé Júnior, 1997). A área de mata apresentou pH de 5,31, demonstrando o caráter naturalmente ácido desse solo. A acidificação do solo em ambientes isentos de perturbações antrópicas pode ser relacionada com a lixiviação de bases, com a absorção desses elementos pelos vegetais, com a liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição da serrapilheira, e até mesmo com a fixação biológica do nitrogênio, que contribuem para o abaixamento do pH em solos florestais (Moreira & Siqueira, 2002).

Mesmo não apresentando diferença estatística entre a mata e a mandioca, observa-se que ocorre um decréscimo do pH do solo na segunda área, mostrando que esses valores podem estar relacionados ao uso intensivo do solo, sem a utilização da calagem, associado a degradação acelerada da MO.

Para a profundidade 0,10 – 0,20m, o pH do solo apresenta-se de forma ácida, mas também não houve diferença significativa entre a mata e as demais áreas.

Por outro lado, a acidez potencial (H + Al) (Quadro 4) na camada de 0,0 – 0,10 m, foi mais alta no ambiente sem intervenção antrópica e de esperado equilíbrio, sendo dominada pela presença de íons H^+ e baixos teores de Al^{3+} . Apenas houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre a área de mata e o cacau 15 anos, nas duas profundidades, sendo o solo da área de cacau classificada como acidez fraca. Esses valores ocorrem devido a calagem realizada há cada dois anos na área, o que resultou na elevação do pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} (Quadro 4) no sistema “cabruca” mais velho quando comparada a área de mata nativa. Mesmo com a calagem realizada em todas as áreas de cacau, o cacau 05 e cacau 10 anos ainda apresentam valores baixos de acidez ativa e elevados de acidez potencial, podendo ser, devido a erros no momento da aplicação do calcário, pelo poder tampão desse solo ou pela matéria orgânica do solo pode se constituir em uma importante fonte de acidez potencial nos solos tropicais (Canellas et al., 2003), principalmente nos ambientes caracterizados por formação de serrapilheira acumulada, como observado nas áreas florestadas.

Os valores referentes à capacidade de troca catiônica (CTC) estão entre 7,98 e 11,42 $cmol_c dm^{-3}$ na profundidade 0,0 - 0,10m e entre 7,07 e 9,76 $cmol_c dm^{-3}$ na

profundidade 0,10 – 0,20m, variando entre média e alta (Goedert, 2005) e estão acima dos valores verificados por Papa et al. (2011), quando avaliaram a qualidade de Latossolos Vermelhos e Vermelho Amarelos sob vegetação nativa e de cerrado. No entanto, houve diferença significativa ($p < 0,01$) apenas entre a mata e a área de mandioca na primeira profundidade. Essa diferença se deve principalmente ao abaixamento do pH e a diminuição dos teores de MO na área de mandioca. Os resultados podem ser atribuídos à menor ciclagem de nutrientes nos sistemas de mandioca em relação à floresta nativa, determinado pelo menor aporte de substrato orgânico na serapilheira, cujo processo de decomposição e mineralização, provavelmente, constitui a principal fonte de nutrientes para as plantas em ambientes não fertilizados.

Segundo Rajj (1983), a contribuição da matéria orgânica para a CTC dos solos é importante e foi estimada entre 56 e 82% da CTC de solos sob condições tropicais, o que favorece a retenção de cátions e diminui as perdas por lixiviação. De acordo com Falleiro et al. (2003), a matéria orgânica pode exercer influência na CTC em virtude do aumento do balanço de cargas negativas ou da diminuição da atividade do H^+ , da qual participam também os cátions presentes na solução do solo. Bayer & Bertol (1999) atribuíram o aumento da CTC à elevação dos teores de matéria orgânica, principalmente da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo. Porém, as cargas negativas da matéria orgânica são provenientes da dissociação de íons H^+ de radicais carboxílicos e fenólicos e, portanto, serão efetivas somente em valores elevados de pH (Ronquim, 2010). Isso significa dizer que um solo rico em matéria orgânica apresentará altos valores de CTC total, mas em condições de elevada acidez, poderá apresentar baixos valores de CTC efetiva, devido a uma parcela significativa das cargas negativas do solo estar adsorvendo íons H^+ , levando a uma diminuição da sua capacidade de reter cátions em forma trocável.

A saturação de bases (V%) (Quadro 4) está abaixo de 40% nas áreas de mata nativa, cacau 10 anos e mandioca, na primeira camada, valor considerado baixo por Goedert (2005), o que significa pequenas quantidades de cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (Quadro 4) e estão correlacionados ao grau de acidez total dessas áreas, ou seja, à medida que o pH diminui, o valor de V% também decresce. Observa-se que há um aumento da saturação de bases nas áreas de cacau “cabruca” 05 e 15 anos, sendo superior ao encontrado para o sistema natural. No

entanto, apenas a área de cacau 15 anos obteve diferença significativa de V% em relação ao solo da mata nativa. Esse resultado se deve ao aumento do pH através da calagem realizada na área, o que promoveu a neutralização de parte do H^+ adsorvido, aumentando a saturação de bases. No entanto, não houve diferença significativa entre essa área e a testemunha na profundidade 0,10 – 0,20 m, como verificado para as demais áreas. Observam-se valores ainda mais baixos de V% nessa profundidade, indicando possíveis impedimentos no desenvolvimento radicular das culturas em profundidade e na absorção de nutrientes (Quadro 4).

Os dados relacionados ao fósforo disponível (P) mostram que a conversão da vegetação nativa para o cultivo da bananeira e posterior substituição pela mandioca e pelo cacau no sistema “cabruca” não promoveram alterações significativas ($p < 0,05$) nos teores deste nutriente (Quadro 4). Mesmo assim, observa-se que os teores obtidos para as áreas de cacau 05 e cacau 15 anos superam aquele encontrado para a área de mata nativa. De acordo com Gama-Rodrigues et al. (2008), a não variação nos teores de P disponível em solos sob diferentes coberturas vegetais estaria associada à grande estabilidade do P em solos muito intemperizados, como os Latossolos, onde forma complexo na superfície dos óxidos de ferro e alumínio (Meurer, 2006).

Com relação aos teores de K^+ do solo (Quadro 4), estes foram significativamente reduzidos pela conversão da floresta nativa em sistemas de sucessão de uso, nas duas profundidades avaliadas, apresentando notadamente maior redução na profundidade de 0,10 – 0,20m, com destaque para reduções mais expressivas para a mandioca e no cacau com 15 anos. Estes resultados podem estar relacionados com o cultivo anterior da bananeira, que foi comum para todas as áreas. A cultura da bananeira é bastante exigente em potássio, principalmente próximo da floração e emissão dos cachos (Borges et al., 2006) e as quantidades desse nutriente depositadas ao solo podem não ter sido suficientes para suprir as necessidades nutricionais da cultura, sendo necessário extrair o máximo possível do solo, provocando certo grau de esgotamento por extração. Na cultura do cacau, o oferecimento dos nutrientes às plantas é feito de forma localizada, o que significa dizer, que as entre linhas de plantio (onde ocorreu a amostragem) não são fertilizadas, resultando nos baixos teores de K^+ . Na mandioca, a redução de potássio em relação à mata nativa explica-se, ainda, pela ausência de adubação química na área e possíveis perdas por erosão laminar.

Mesmo não apresentando diferença significativa entre a testemunha e a área cultivada com a mandioca, nota-se que os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, os valores de SB (Quadro 4) e a CTC (Quadro 3) apresentaram tendência de redução mais acentuada na segunda área, indicando que a qualidade química do solo é bastante suscetível à degradação quando a implantação da cultura ocorre em substituição a outra, principalmente, se esta for cultivada e manejada de forma convencional, como a mandioca. A diminuição da qualidade química do solo sob o sistema agroflorestal de cacau, evidenciada apenas por redução do K^+ (Quadro 3) em relação a mata nativa, sugere considerável resiliência desse solo, provavelmente condicionado pelo aporte de matéria orgânica e de nutrientes (Meurer, 2006).

O sistema de culturas em sucessão (mata/banana/mandioca e mata/banana/cacau) influenciou significativamente ($p < 0,0001$) o teor de matéria orgânica do solo quando comparadas com a mata nativa (Quadro 3).

Considerando os dados do solo sob mata nativa, referentes à camada 0,0 – 0,10 m, observou-se uma redução na concentração de matéria orgânica na ordem de 28,46%, 20,46%, 13,94% e 8,52% respectivamente em relação aos solos sob os sistemas de uso com mandioca, cacau 05, cacau 10 e cacau 15 anos. No processo de substituição da mata por cultivos, seja ele conservacionista ou não, o solo sofre um impacto nos seus atributos, sendo verificado primeiramente nos atributos mais sensíveis a variações. Nesse caso, ocorreu a decomposição e mineralização da MOS por influência do manejo, através das queimadas realizadas na limpeza das áreas, adição de fertilizantes e no preparo do solo com arado no cultivo da mandioca. Isso coincide com resultados encontrados por Geraldine et al. (1995), em solos tropicais da Amazônia, como também está de acordo com Houghton et al. (1991), para os quais ocorre o declínio no estoque de MOS após conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas.

Na profundidade 0,10 – 0,20 m, os dados mostram uma redução significativa dos teores de MOS de 28,25% para área de mandioca, 35,01% para área de cacau 05 anos, 31,87% para área de cacau 10 anos e de 13,03% na área de cacau 15 anos em relação ao solo sob mata nativa, em consequência do acúmulo de resíduos vegetais na superfície, da matéria orgânica biodegradável e de carbono orgânico do solo que decrescem em profundidade. No entanto, pode-se observar que há um aumento do teor de MOS, ao longo do tempo e em profundidade, nas áreas de cacau “cabruca”, devido à ausência de revolvimento do solo e a permanência dos

resíduos culturais na superfície favorecendo o aumento da matéria orgânica, ressaltando a importância desse sistema na manutenção dos atributos de qualidade do solo.

CONCLUSÕES

A sucessão de uso mata, banana, mandioca e cacau “cabruca” resultou em alterações nos atributos químicos e físicos de qualidade do solo.

A sucessão com a mandioca elevou os atributos físicos resistência à penetração e densidade do solo e diminuiu os atributos químicos capacidade de troca de cátions e matéria orgânica do solo, em relação a condição natural.

A sucessão com cacau elevou a resistência a penetração e diminuiu a porosidade do solo. Em contra partida, diminuiu a saturação por alumínio, elevou o pH e a saturação por bases em relação a mata nativa.

LITERATURA CITADA

AGUIAR, M.I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008, 89 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2008.

ANDRADE, L. K. F. de; D'ANDREA, A. F.; ROLIM, H. O.; LEITE, E. P. F.; D'ANDREA, R. M. S.; RODRIGUES, G. C. **Atributos de fertilidade relacionados à qualidade do solo em mata nativa e área desmatada na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB**. CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7. Anais. Palmas, 2012.

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.2, p.337-345, 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA special publication, 49).

ARRUDA, F. B.; ZULLO JR., J.; OLIVEIRA, J. B. Parâmetros de solo para cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, n.1, p.11-15, 1987.

ASSIS, C. P.; OLIVEIRA, T. S.; DANTAS, J. N.; MENDONÇA, E. S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.138, n.1/2, p.74-82, 2010.

BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.687-694, 1999.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n.1, p.105-112, 1997.

BERNARDO, A. N. **Manual de irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2005. 657p.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo orgânico da bananeira**. 1 ed.: Circular Técnica 81. Embrapa mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, 2006. 10p.

BRITO, A. M.; SILVA, G. C. V. da; ALMEIDA, C. M. V. C.; MATOS, P. G. G. de. Sistemas agroflorestais com o cacaueteiro: uma tentativa de busca do Desenvolvimento sustentável do Estado do Amazonas, Brasil. **Agrotropica**, Ilhéus, v.14, n.2, p.61-72, 2002.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. de. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.2, p.613-622, 2011.

CARNEIRO, S. P. Qualidade de um Latossolo Vermelho sob diferentes tipos de usos e manejos em área do cerrado. 2010. 125 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E. & SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-944, 2003.

CARVALHO, L.A.; CRUZ, A.C.R.; ROCHA, G.C.; LIBRADI, P.L. **Condutividade hidráulica do solo em condições de campo**. In: OLIVEIRA, T.S. (coord.). Solo e água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semiárido nordestino. Universidade Federal de Fortaleza: Departamento de Ciências do Solo, Fortaleza, p.374-399, 2004.

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**, Viçosa, v. 33, n.5, p. 1137-1145, 2009.

DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo, metodologia**. 2.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 26 p.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam, v.120, n.3/4, p.201-214, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FAGERIA, N. K. & STONE, L. F. **Qualidade do Solo e Meio Ambiente**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35 p. (Documentos 197).

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**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.

FERNANDES, C. de A. F. **Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau “cabruca”, mata e policultivo no Sul da Bahia, Ilhéus**, 2008. 74 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 37, n.1, p.22-30, 2007.

GERALDES, A. P. A.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, n.1, p.55-60, 1995.

GOEDERT, W. J. Qualidade do solo em sistemas de produção agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Recife, 2005. Anais. Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

HOUGHTON, R. A.; SKOLE, D. L.; LEFKOWITZ, D. S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985: II net release of CO₂ to the atmosphere. **Forest Ecology Managements**, Amsterdam, v. 38, n. 3/4, p. 173-199, 1991.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 509 p.

LOBÃO, D. E; SETENTA, W. C.; VALLE, R. R. Ecossistemas e Agroecossistemas do Sudeste da Bahia - Bioma Mata Atlântica. **Revista dos Mestrados em Direito Econômico da UFBA**, v.Especial, n.5 - Direito Ambiental, p.55-84, 1997.

LOBÃO, D. E. Agroecossistema cacauero da Bahia: cacau “cabruca” e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas, 2007. 108 f. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual paulista, Jaboticabal, 2007.

MEURER, E.J., ed. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2006. 285p.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras : UFLA, 2002. 626 p.

NASCIMENTO, A.; FISCHER, C. M.; PIERINI, C.; FISCHER, F.; ROCHA, F.; ROCHA, L.; MATOS, L. B.; SANTANA, L.; VINHAES, L.; SANTOS, M.E.P.dos; BRITO, M.R. de. FILHO, N. G. dos S. **Baixo Sul da Bahia: uma proposta de desenvolvimento territorial**. Salvador: CIAGS/UFBA, (Coleção Gestão Social - Série Editorial CIAGS). 2007. 224p.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.327-336, 2004.

PAPA, R. de A.; LACERDA, M. P. C.; CAMPOS, P. M.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Qualidade de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos sob vegetação nativa de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.4, p.564-571, 2011.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba , São Paulo: Instituto da Potassa e Fosfato,1983. 142p.

REICHARDT, K. Capacidade de Campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.12, n.13, p.211-216, 1988.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciências e Ambiente**, Santa Maria, v.27, n.1, p.29-48, 2003.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Boletim informativo, Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

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

SAMBUICHI, R.H.R. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (Mata Atlântica raleada sobre plantação de cacau) na Região Sul da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.16, n.1, p.89-101, 2002.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/sumario/anuario_estatistico/sumario_anuario_est_2007.pdf>. Acesso em: 20/10/2013.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/sumario/anuario_estatistico/sumario_anuario_est_1998.pdf> Acesso em: 20/10/2013.

SILVA, M.B. da; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, 2008.

TAYLOR, S.A. & ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology: the physics of irrigated on nonirrigated soils**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 532p.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciados por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.301-309, 1998.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Abingdon, v. 19, n. 13 p.1467-1476, 1988.

CAPÍTULO 2

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO DA TERRA COM MATA, BANANA, MANDIOCA E CACAU

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS DE SUCESSÃO DE USO DA TERRA COM MATA, BANANA, MANDIOCA E CACAU

Autora: Dryelle Menezes Lobo

Orientador: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Resumo: A substituição da vegetação natural por cultivos agrícolas que envolvem operações de preparo e mobilização de solo, resulta em mudanças, cuja principal consequência está associada ao declínio nos teores do carbono orgânico no solo. No entanto, existem modelos agrícolas conservacionistas, a exemplo do sistema conhecido como “cabruca”, que se caracteriza pela manutenção da floresta primária para sombreamento do cacau, sendo também, importante modelo de compatibilidade e complementariedade de diferentes espécies e ao mesmo tempo de sustentabilidade dos sistemas de produção. Este trabalho tem como objetivo estimar o estoque de carbono no solo em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau no Baixo Sul da Bahia. O estudo foi realizado em cinco áreas, contíguas em uso sucessional com mata nativa, banana, mandioca e cacau “cabruca” com 05, 10 e 15 anos de implantação, nas quais foram coletadas amostras de material de solo nas profundidades de 0,0 - 0,10 m e de 0,10 - 0,20 m para quantificação do carbono orgânico e cálculo do estoque de carbono em base de massa de solo, pelo método de massa equivalente. As médias foram submetidas à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Dunnett a 5% de significância. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar, que a sucessão de uso avaliada, deprecia o estoque de carbono orgânico no solo em relação à condição natural com vegetação nativa. Da mesma forma, o sistema cacau “cabruca” possibilita o retorno do estoque de carbono a níveis próximos aos encontrados na mata nativa, evidenciando seu potencial conservacionista.

Palavras chave: Qualidade do solo, sustentabilidade, sistema agroflorestal

CARBON STOCK IN SOIL SYSTEMS IN SUCCESSION OF LAND WITH MATA, BANANA, YUCCA AND COCOA

Author: Dryelle Menezes Lobo

Advisor: D.Sc. José Fernandes de Melo Filho

Abstract: The replacement of natural vegetation with agricultural crops that involve preparation operations and mobilization of soil, results in changes whose main consequence is associated with the decline in the levels of soil organic carbon. However, there conservation agricultural systems, like the system known as "cabruca" which is characterized by maintaining the primary forest cocoa shading being also important model of compatibility and complementarity of different species and while the sustainability production systems. This study aims to estimate the soil carbon stock in succession use with forest, banana, cassava and cocoa in Southern Bahia systems. The study was conducted in five areas contiguous to use with successional native forest, banana, cassava and cocoa "cabruca" with 05, 10 and 15 years of implantation, in which samples of soil material were collected at depths of 0,0 – 0,10 m from 0,10 to 0,20 m for the quantification of organic carbon and calculation of carbon stock in the soil mass basis, the method of equivalent mass. The data were submitted to analysis of variance and comparison of means by Dunnet test at 5% significance. From the results obtained, it was possible to verify that the succession of valued use, depreciates the stock of soil organic carbon in relation to the natural condition native vegetation. Likewise, cocoa "cabruca" system allows the return of carbon stocks to levels close to those found in native forest, showing their conservation potential.

Keywords: Soil quality, sustainability, agroforestry

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada atualmente como um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do Planeta. Mesmo com a sua importância biológica, também está entre os mais ameaçados do mundo, devido ao uso dos recursos naturais, onde se faz o desmatamento para a exploração da madeira, extrativismo vegetal e substituição de áreas de vegetação natural para a implantação de culturas perenes e temporárias (PTDRS, 2010). A conversão de ecossistemas naturais para uso agrícola, responde por, aproximadamente, 24% das emissões mundiais de dióxido de carbono (IPCC, 2007), percentual que no Brasil, alcança valor mais significativo, de aproximadamente 75%, do total de nossas emissões (Cerri & Cerri, 2007). Esta situação, quando adicionada às emissões de outros gases do efeito estufa, coloca o Brasil entre os principais emissores do mundo civilizado.

No ecossistema global, o estoque de carbono está contido em quatro fontes principais de reserva, quais sejam: os oceanos, a atmosfera, os ecossistemas terrestres e as formações geológicas (Lal, 2004). Nos ecossistemas terrestres, as principais fontes de reserva são os vegetais e o solo, com destaque para o importante papel ambiental destes, uma vez que, ecossistemas terrestres vêm sendo apontados como alternativa para aplicação de medidas mitigadoras de mudanças climáticas (Assis et al., 2006). O carbono presente no solo é fundamental no equilíbrio do seu ciclo global, pois se estima que o carbono estocado no mesmo equivale a cerca de três vezes a quantidade de carbono no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre (Carvalho et al., 2010).

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de carbono no ambiente e seu conteúdo encontra-se estável em solos sob vegetação natural (Bortolon et al., 2009). Nos ecossistemas naturais existe a integração da cobertura vegetal com o sistema físico, químico e biológico do solo, via atuação de processos dinâmicos de deposição, decomposição e acúmulo de matéria orgânica (Silva et al., 2007). Quando o equilíbrio destes processos é alterado por remoção de vegetação natural e introdução de práticas agrícolas que envolvem operações de preparo e mobilização de solo, correção e adubação verificam-se mudanças do estado de equilíbrio dos processos, cuja principal consequência está associada ao declínio dos teores de matéria orgânica do solo e liberação de carbono, em função da redução do

aporte, perdas por erosão e da taxa de decomposição da matéria orgânica, que é significativamente alterada, em muitas situações negativamente (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Normalmente, a taxa de perda de carbono orgânico, é diretamente relacionada à intensidade de revolvimento do solo, pelos seus efeitos na erosão hídrica e sobre fatores que afetam a atividade microbiana e exposição da matéria orgânica aos microrganismos e suas enzimas (Balesdent et al., 1998). Desta forma, solos não cultivados quando submetidos a sistemas de preparo, principalmente, o convencional com aração e gradagem e em sistema de culturas em sucessão de uso do solo, apresentam um decréscimo expressivo dos estoques de carbono orgânico, cuja magnitude depende do clima, do tipo de solo e sistemas de cultura utilizados (Bayer et al., 2004).

Rosa et al. (2003), avaliando o estoque de carbono em áreas de vegetação natural, áreas sob o sistema plantio direto irrigado e plantio direto de sequeiro, com feijão, milho, soja e milheto, encontraram um declínio no conteúdo de carbono do solo em torno de 20 a 50%, variando com a profundidade, quando os ecossistemas naturais foram substituídos por sistemas de cultivos. Cardoso et al. (2010), avaliando o impacto da conversão da floresta nativa em pastagem cultivada, sobre os estoques de carbono, demonstraram que a alteração do uso do solo promoveu redução nos estoques de carbono orgânico, principalmente nas pastagens com maior tempo de cultivo.

O conhecimento dos estoques de carbono e de sua dinâmica no solo em sistemas naturais e agroecossistemas é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito do C-CO₂ da atmosfera (Corazza et al, 1999).

Sabe-se que alguns sistemas agrícolas ou condições de manejo adotados, como por exemplo, a redução das taxas de desmatamento e de queima de material vegetal, uso adequado do solo e, por fim, estratégias de maximização do sequestro de carbono no solo e na vegetação, podem potencializar ou mitigar a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (Carvalho et al, 2010). Incluem-se neste contexto, os estudos de solo na região do Baixo Sul da Bahia onde, especialmente, o cacau “cabruca” se desenvolveu e se revelou como um sistema agrícola conservacionista.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar os estoques de carbono do solo em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau no Baixo Sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

As áreas de estudo estão localizadas na comunidade de Novolândia, zona rural do município de Teolândia, região do Baixo Sul do Estado da Bahia, nas coordenadas geográficas definidas pela latitude 13° 35' 25" sul e 39° 28' 55" de longitude oeste. O clima regional é do tipo Af, segundo a classificação de Köppen, ou seja, floresta tropical quente, úmido e úmido a subúmido (SEI, 1998), sem estação seca, com regime pluviométrico regular e chuvas abundantes distribuídas durante o ano, com médias anuais superiores a 1.350 mm. A umidade relativa média gira em torno de 90% e as temperaturas médias anuais em torno de 23 °C (SEI, 2007). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, A moderado, de textura argilosa, bem drenado, em relevo ondulado a forte ondulado.

Quadro 1. Composição textural do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico nos sistemas de sucessão de uso com mata, banana, cacau e mandioca em na região do Baixo Sul da Bahia

Sistemas de uso	Argila	Silte	Areia	Classificação
g Kg⁻¹				
0,0 – 0,10m				
Mata	521,40	238,19	240,41	Argiloso
Mandioca	464,00	194,37	341,00*	Argiloso
Cacau 05	503,00	265,68	250,52	Argiloso
Cacau 10	525,00	176,62	298,38	Argiloso
Cacau 15	478,00	155,94*	366,06*	Argiloso
DMS	93,34	75,34	99,12	
CV %	9,90	19,31	17,49	
Valor P	0,249	0,0018	0,0037	
0,10 – 0,20m				
Mata	557,00	238,24	204,76	Argiloso
Mandioca	467,20*	141,97*	390,83*	Argiloso
Cacau 05	509,60	246,24	224,96	Argiloso
Cacau 10	575,60	153,97*	270,43	Argiloso
Cacau 15	540,00	120,99*	339,01*	Argiloso
DMS	73,54	51,67	78,94	
CV %	8,28	17,09	16,46	
Valor P	0,0076	<.0001	<.0001	

Médias seguidas por * diferem significativamente da mata nativa (testemunha) pelo teste de Dunnett a 95% de confiabilidade.

No local de estudo foram selecionadas cinco áreas distintas, mas contíguas, localizadas no entorno da mata nativa utilizada como referência: Área 01: Mata nativa bem preservada; Área 02: mandioca em cultivo tradicional; Área 03: Cacau “cabruca” 05 anos; Área 04: Cacau “cabruca” 10 anos e; Área 05: Cacau “cabruca” 15 anos. A figura 1 registra uma síntese da cronologia de uso das áreas de estudo.

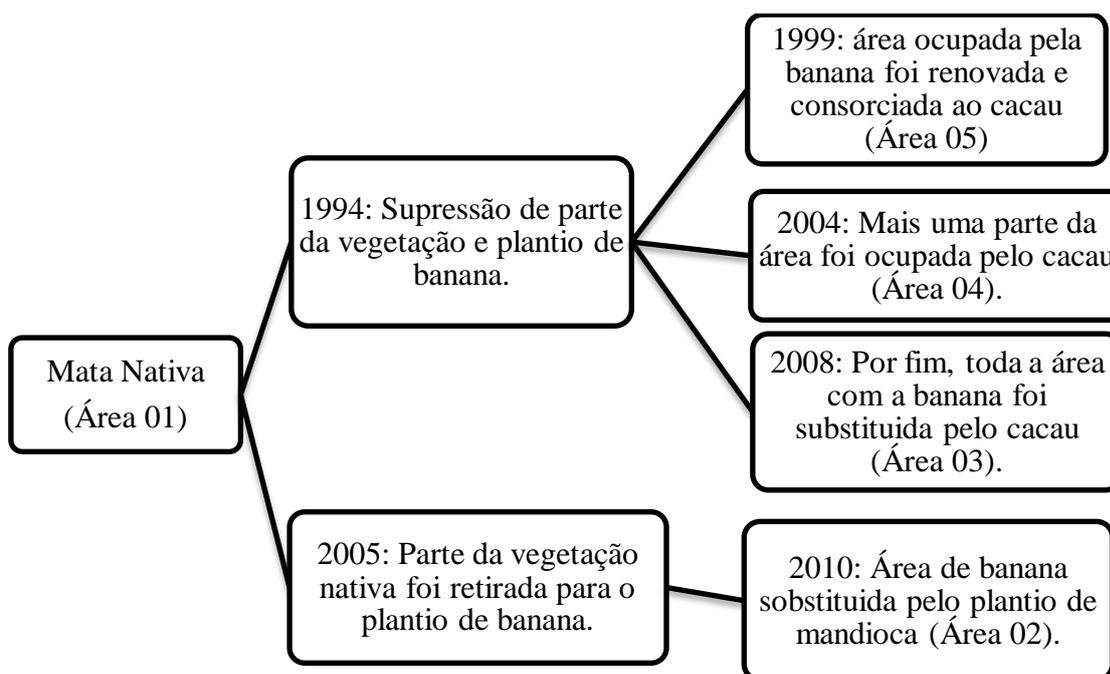


Figura 1: Fluxograma de evolução de uso para cinco áreas em avaliação dos atributos de qualidade do solo.

Nas áreas deste estudo a implantação do cacau foi realizada com base no princípio do raleamento drástico, quando em 1994, aproximadamente 2,0 hectares de mata nativa foi raleada, ficando na área apenas algumas espécies arbóreas. A madeira retirada foi aproveitada enquanto que os restos vegetais deixados na área foram amontoados em varias pilhas e queimados. No mesmo ano, foi plantada a banana em toda a área raleada.

Quadro 2. Caracterização e histórico das áreas de estudo

Áreas de estudo	Uso atual	Histórico da Área	Manejo do solo
Área 01	Mata Nativa	Fragmento bem preservado de Mata Atlântica, ocupa em torno de 2,2 ha e está situada em zona fisiográfica de topo/meia encosta.	Área sem intervenção antrópica.
Área 02	Mandioca	Em 2005, 0,5 hectares da área de mata nativa foi totalmente desmatada, queimada e preparada para o plantio de banana. Após cinco anos, a banana foi substituída pelo plantio da mandioca que vem sendo cultivada na área há três anos consecutivos.	O preparo do solo é feito com o arado de disco, morro abaixo. Não há correção da acidez do solo e a adubação é feita apenas com o esterco bovino, na cova de plantio. O trato cultural realizado na área consiste apenas da roçagem manual. Logo após a colheita, o solo é preparado para novo plantio.
Área 03	Cacau	A área recém-desmatada, em 1994, foi preparada para o plantio da bananeira. Os resíduos vegetais foram queimados e não houve correção da acidez do solo. Após cinco anos, todas as plantas foram derrubadas e ocorreu a renovação do plantio. Em 2007, o plantio foi novamente renovado, de forma que fosse possível a associação com o cacau. No preparo e limpeza da área ocorreu a queima dos restos vegetais. Em 2008, o cacau foi introduzido na área. Para o plantio, fez-se correção da	A calagem é realizada a cada dois anos, na proporção de 1000 Kg ha ⁻¹ . Os demais tratamentos culturais são anuais e envolvem adubação química com NPK, na dosagem de, aproximadamente, 0,07 kg por planta, roçagem manual e podas. A colheita dos frutos é totalmente manual e o transporte feito por

acidez do solo com calcário dolomítico (500 Kg) em toda a área, 30 dias antes do plantio. Aplicou-se nas covas, 0,05 kg de superfosfato simples mais 5 kg de esterco bovino e as mudas utilizadas no plantio foram obtidas a partir de clonagem. Dois anos após o plantio das mudas de cacau, a bananeira foi retirada da área.

animais de tração.

Área 04	Cacau	A renovação do plantio da bananeira nessa área ocorreu juntamente com a área 03, em 1999. No início de 2004, ocorreu o replantio da banana e no final do mesmo ano as mudas de cacau foram introduzidas na área.	Mesmos procedimentos realizados no plantio, tratos culturais e colheita da área 03.
Área 05	Cacau	Em 1999, 1,0 ha da área cultivada há cinco anos com a bananeira, foi renovada e consorciada com o cacau. As mudas utilizadas para o plantio foram produzidas na propriedade.	Mesmos procedimentos realizados no plantio, tratos culturais e colheita da área 03.

Amostragem:

As amostras de solo foram coletadas ao longo de um transecto com 60 metros de comprimento, com pontos de coleta espaçados de 12 metros, totalizando cinco repetições por área, nas quais foram coletadas amostras indeformadas e deformadas, nas profundidades de 0,0 - 0,10m e 0,10 - 0,20m. As amostras deformadas, utilizadas para as análises químicas, foram retiradas com extrator de solo do tipo “cavador”, tomando-se o cuidado de coletar-se volume semelhante de solo em cada ponto. As amostras indeformadas foram coletadas com extrator de solo tipo “Uhland”, utilizando-se anéis cilíndricos de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume conhecido (Embrapa, 1997). Estas foram utilizadas na determinação da densidade do solo, sendo seus resultados empregados no cálculo dos estoques de carbono no solo.

Análise do carbono orgânico e estoques de carbono do solo

O carbono orgânico foi determinado pelo método de Yeomans & Bremner (1988) e a concentração de C do solo foi calculada pelas equações:

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) (V_{bn} - V_{ba})/V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am}) \quad (1)$$

V_{ba}: volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento;

V_{bn}: volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento;

V_{am}: volume gasto na titulação da amostra.

$$CO \text{ (dag Kg}^{-1}\text{)} = \frac{(A) \text{ (molaridade do sulfato ferroso) (3) (100)}}{\text{Peso da amostra (mg)}} \quad (2)$$

3: resultado da relação entre o número de mols de Cr₂O₇ que reagem com Fe²⁺ (1/6), multiplicado pelo número de mols de Cr₂O₇ que reagem com o C (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12);

100: fator de conversão de unidade (mg mg⁻¹ para dag Kg⁻¹).

Os estoques de carbono (COT) foram calculados em base de massa de solo, pelo método de massa equivalente (Bayer et al., 2000), no qual se utiliza como referência, a massa de solo de um tratamento, a qual é tomada como base para o cálculo do estoque em todos os demais tratamentos (Ellert & Bettany, 1995). Nesse estudo, foram utilizadas como referência, as massas de solo, das camadas correspondentes da área de mata nativa (1,15 t de solo ha⁻¹, para a profundidade 0–0,10m e; 1,18 t de solo ha⁻¹, para a profundidade 0,10 – 0,20m).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância, segundo delineamento experimental inteiramente casualizado, considerando-se a profundidade como sub fator, aos quais se aplicou o teste de Dunnet 5% para comparação entre as médias dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da dinâmica do carbono nos agroecossistemas requer o estabelecimento de estoques iniciais (originais) de referência, existentes no solo antes da intervenção antrópica, a partir dos quais são verificados os impactos do uso e manejo dos solos. Estes estoques originais são também considerados indicativos do potencial de armazenamento de C em cada classe/tipo de solo (Tornquist et al., 2005). Nesse estudo, verificou-se que a intervenção antrópica nos ecossistemas naturais, representada pela conversão da floresta nativa em cultivos em sucessão de uso com banana, mandioca e cacau, promoveu significativa redução nos teores de carbono orgânico no solo (COT) e conseqüentemente nos seus estoques (EC) (Quadro 3).

Quadro 3. Conteúdo de carbono orgânico do solo em sistemas de sucessão de uso com mata, banana, mandioca e cacau, na região do Baixo Sul da Bahia

Sistemas de uso	COT	EC
	_____ g kg ⁻¹ _____	_____ Mg C ha ⁻¹ _____
0,0 – 0,10m		
Mata	60,11	69,13
Mandioca	43,13*	49,60*
Cacau 05	47,82*	54,99*
Cacau 10	51,73*	59,49*
Cacau 15	54,99*	63,24*
DMS	3,78	7,52
CV%	4,38	7,09
P valor	<0,0001	<0,0001
0,10 – 0,20m		
Mata	53,40	63,01
Mandioca	38,31*	45,20*
Cacau 05	34,72*	40,97*
Cacau 10	36,38*	42,93*
Cacau 15	46,44	54,80
DMS	7,03	10,49
CV%	10,02	9,22
P valor	<0,0001	<0,0001

Médias seguidas por *diferem significativamente da mata nativa pelo teste de Dunnett a 95% de confiabilidade

Para a profundidade 0,0 – 0,10 m observaram-se diferenças significativas ($p < 0,01$) para o teor de COT no solo em todos os sistemas de uso. Os resultados de COT na área de mata nativa foram mais elevados do que as demais áreas, sendo a maior diferença observada entre as médias da área de referência e a área cultivada com a mandioca, onde ocorreu redução de 28,25% do teor de COT (Quadro 3). Essa diferença deve-se a não interferência antrópica no solo da mata nativa, aliada ao acúmulo de resíduos vegetais de diferentes espécies na superfície

do solo, o que promove a manutenção do teor de carbono orgânico (Mielniczuk et al, 2003). No entanto, segundo Stevenson (1982), a redução do aporte de CO no solo não se deve unicamente a redução da quantidade de resíduos adicionados, mas também, ao aumento da atividade microbiana, causado por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas, alternância mais frequente de umedecimento e secagem do solo, pelas queimadas e também pela ocorrência da erosão.

As áreas cultivadas com o cacau no sistema “cabruca”, profundidade 0–0,10 m, apresentaram perdas do COT em torno de 20,44% para o cacau 05, 13,94% para o cacau 10 e de 8,52% no cacau “cabruca” 15 anos. Estes resultados podem ser atribuídos ao histórico de uso seus. O sistema de sucessão de culturas pode ter promovido um desequilíbrio no teor de COT devido à queima do material vegetal acumulado na superfície do solo no momento do replantio das mudas da bananeira e na substituição desta cultura pelo cacau. Estes resultados evidenciaram que apesar do grande aporte de material orgânico sobre o solo no sistema “cabruca”, o teor de COT ainda é inferior ao encontrado para áreas sem interferência antrópica, mostrando o grande impacto sofrido no solo desde o desmatamento até o uso atual, mesmo quando se trata de usos conservacionistas como o cacau “cabruca”. No entanto, pode-se observar ainda, que com o passar dos anos, os valores do CO nas áreas cultivadas com o cacau vão aumentando, indicando, que podem atingir valores próximos ou superiores aos do sistema natural.

Na profundidade 0,10 – 0,20 m, os resultados são semelhantes aos observados na primeira profundidade (Quadro 3). O valor do carbono orgânico total da mata foi superior e estatisticamente diferente das áreas de mandioca, cacau 05 anos e de cacau 10 anos. Apenas a área de cacau “cabruca” 15 anos não difere da área de referência pelo teste de médias. De um modo geral, verifica-se comportamento característico para o tipo de solo estudado, com maiores concentrações nas camadas superficiais e diminuição dos teores de carbono com o aumento da profundidade em todas as áreas avaliadas, visto que a camada superficial do solo é onde a deposição de material orgânico ocorre com maior intensidade, corroborando com os resultados encontrados por Neves et al. (2004) e Sisti et al. (2004).

No quadro 3, pode-se observar ainda os resultados da avaliação para o estoque atual de carbono nas diferentes áreas avaliadas. Ficam evidentes os menores estoques nas áreas alteradas, provavelmente em função de perdas ocorridas ao longo do período de utilização e dos sistemas de manejo e cultivos adotados.

O maior valor de estoque de carbono na profundidade 0,0 – 0,10 m foi encontrado na área de mata nativa (quadro 3), sendo superior e diferente estatisticamente dos valores verificados para a mandioca, o cacau “cabruca” 05 anos e cacau “cabruca” 10 anos. Lira et al. (2008) observaram em seus estudos que nos solos sob mata nativa, por não sofrerem intervenção antrópica, favorece a biota do solo se concentra na superfície, onde fica incorporada a maior parte da matéria orgânica, o que explica, em parte, a maior quantidade de carbono. O solo das áreas de mandioca, cacau 05 e cacau 10 anos, apresentaram respectivamente, redução de 19,53; 14,14 e; 9,64 Mg ha⁻¹ no estoque de carbono quando comparados a mata, evidenciando que o carbono é sensível a alterações no uso do solo, demonstrando que o sistema de sucessão de uso com diferentes culturas foi determinante na diminuição dos estoques de carbono no solo nas áreas avaliadas.

A redução menos expressiva, quando comparada à condição natural, foi observada, na área de cacau com quinze anos de implantação, não diferindo estatisticamente da referência pelo teste de médias. Segundo os estudos de Frazão (2007), o estoque de carbono contido no solo sob vegetação nativa sofre modificações quando esses sistemas são convertidos ao uso agrícola. Dependendo do sistema de manejo do solo empregado, os estoques podem permanecer iguais, aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural, como demonstrado para essa área, neste estudo.

Embora tenham sido observadas reduções nos teores dos estoques de carbono, comuns a todos os usos em relação à condição natural, as mesmas foram, notadamente, mais acentuadas na área de mandioca. A ausência de reposição de nutrientes e a falta de correção da acidez, aliadas a mobilização constante do solo, pelo arado, no momento do preparo e os processos erosivos, verificados nesta área, são fatores que podem contribuir também para a exaustão fertilidade do solo e, por conseguinte, da matéria orgânica, o que levaria a perdas

substanciais do estoque de carbono no solo, como as verificadas neste estudo. O esgotamento dos estoques de matéria orgânica pode indicar a menor resiliência dos ecossistemas, e resultar em comprometimento da capacidade produtiva e menor oferta de serviços ambientais (Cardoso et al., 2010). Esses resultados corroboram com os obtidos por Maia et al. (2007), quando avaliaram estoques de carbono em sistemas de uso intensivo com milho e feijão versus vegetação natural em área de caatinga nativa, constatando a perda do carbono orgânico do solo e consequente diminuição dos seus estoques nas áreas cultivadas.

Na profundidade 0,10 – 0,20 m verificaram-se reduções na ordem de 28,27; 34,98 e; 31,87 Mg ha⁻¹, para as áreas de mandioca, cacau 05 anos e cacau 10 anos respectivamente, sendo estatisticamente diferentes da área de mata nativa. Observa-se que apenas a área cacau 15 anos, não demonstrou diferença estatística da área de mata nativa. O valor obtido para esta área revela que, com o passar dos anos de cultivo do cacau, o sistema agroflorestal “cabruca”, promove a manutenção do estoque de carbono orgânico no solo a um nível próximo ao encontrado para o sistema natural, reforçando a capacidade do mesmo em manter ou elevar a qualidade dos atributos do solo. Isso pode ser explicado devido à cobertura vegetal que é mantida sobre o solo nesse sistema, sem queima ou revolvimento evitando a oxidação da matéria orgânica. Sendo assim, os microrganismos no solo decompõem os resíduos orgânicos levando a um novo equilíbrio, já que a decomposição é compensada pela deposição da serapilheira na superfície do solo.

CONCLUSÕES

A sucessão mata, banana, mandioca e cacau, depreciou o estoque de carbono orgânico do solo em relação à condição natural com vegetação nativa.

O sistema cacau “cabruca” possibilita, à longo prazo, o retorno do estoque de carbono a níveis próximos aos encontrados na mata nativa, evidenciando seu potencial conservacionista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da vegetação natural, em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, promoveu alterações nos atributos do solo, em áreas de sucessão de uso, com diferentes culturas, revelando o impacto promovido no solo. A influência dos atributos de qualidade do solo sobre o potencial agrícola, produtividade e sustentabilidade, torna seu estudo essencial para a avaliação dos sistemas de manejo e é importante para subsidiar a definição de técnicas a serem utilizadas visando aumentar a produtividade, ou mantê-la, quando esta se encontra em níveis considerados satisfatórios.

Embora as “cabucas” tenham promovido certa perda da qualidade física do solo em relação à mata nativa, esse sistema provoca menos danos ao solo, quando comparados a sistemas convencionais de uso do solo. Dessa forma, é uma atividade importante tanto na manutenção das propriedades do solo quanto na preservação dos poucos remanescentes de Mata Atlântica, ainda existentes da região do Baixo Sul da Bahia.

A matéria orgânica do solo mostrou-se bastante eficiente na avaliação da qualidade do solo, apresentando teores mais altos na mata nativa em relação às áreas cultivadas. Faz-se necessário destacar que mesmo o cultivo do cacau em um sistema considerado conservacionista, os teores de carbono estão abaixo da área sem interferência antrópica, revelando que os impactos promovidos pelo cultivo em sucessão ainda não foram reestabelecidos.

Mesmo assim, o sistema solo-planta-serapilheira das áreas de cacau contribuíram significativamente para o entendimento do sistema agroflorestal enquanto mecanismo eficaz na acumulação de carbono e eficiente na ciclagem de nutrientes dentro do sistema, configurando-o como alternativa sustentável de produção agrícola, tecnologia social de fácil implementação em propriedades rurais e instrumento de gestão ambiental rural.

Acredita-se que a geração de informações a respeito do potencial de estocagem de carbono, bem como do potencial de perda de carbono do solo, sob diferentes condições de cobertura vegetal, ou de manejo do solo, possam levar a formulação de propostas de práticas de manejo mais adequadas, bem como de

políticas de incentivo a implementação de práticas conservacionistas tanto de solo como da vegetação natural.

LITERATURA CITADA

ASSIS, C.P. de; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, 2006.

BALESDENT, J.; BESNARD, E.; ARROUAYS, D.; CHENU, C. The dynamics of carbon in particle-size fractions of soil in a forest-cultivation sequence. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.20, n.1, p.49-57, 1998.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de Carbono em frações lábeis na matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n.1, p.105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.599-607, 2000.

BORTOLON, E.S.O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G.; LOPES, F.; FERNANDES, F.F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1635-1646, 2009.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N.; FREITAS, D. A. F. DE. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, 2010.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.277-289, 2010.

CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. **Agricultura e aquecimento global**. B. Inf. SBCS, v.23, p.40–44, 2007.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.D.; 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, n.2, p.425-432, 1999.

ELLERT, B.H. & BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.75, n.4, p.529-538, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FRAZÃO, L. A. **Conversão do cerrado em pastagem e sistemas agrícolas: efeitos na dinâmica da matéria**. 2007. 122 f. (Dissertação Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Fourth Assessment Report on climate change impacts, adaptation and vulnerability of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University, 2007. 939p.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, Washington, v.304, n.5677, p.1623-1627, 2004.

LIRA, A. C. S. et al. Reciclagem de lodo de esgoto em plantação de eucalipto: carbono e nitrogênio. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p. 207-216, 2008.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Organic carbon pools in a luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrechv, v.71, n.2, p.127-138, 2007.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, 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. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.209-248, 2003.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n.5 p.1038–1046, 2004.

PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL – PTDRS. **Plano Desenvolvimento Territorial Sustentável do Baixo Sul – BA**. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA; Secretaria de Desenvolvimento Territorial - SDT. Brasília, 2010.

ROSA, M. E. C.; OLSZEVSZ, N. I; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.911-923, 2003.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em:

http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/sumario/anuario_estadistico/sumario_anuario_est_2007.pdf>. Acesso em: 20/10/2013.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Disponível em:

http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/sumario/anuario_estadistico/sumario_anuario_est_1998.pdf> Acesso em: 20/10/2013.

SILVA, G.L; OLIVEIRA, T.S. LIMA, H.V.; ARAUJO FILHO, J.A. **Índice de qualidade do solo em sistemas agroflorestais no semiárido cearense** IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. Resumo Expandindo. Gramado:SBCS, 2007. (CD-ROM).

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.76, n.1, p.39-58, 2004.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry, genesis, composition, reaction**. New York: John Wiley, 1982. 443 p.

TORNQUIST, C. G.; GASSMAN, P, W.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E.; CAMPBELL, T. Spatially explicit simulations of soil C dynamics in Southern Brazil: Integrating Century and GIS with i-Century. **Geoderma**, Amsterdam, v.150, n.3/4, p.404-414, 2009. v.76, n.1, p.39-58, 2004.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Abingdon, v.19, n.13, p.1467-1476, 1998.

ANEXO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE PERFIS DE SOLO

CLASSIFICAÇÃO Atual: Latossolo Vermelho Amarelo, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical perenifólia, relevo ondulado a forte ondulado.

LOCAL: Teolândia – Baixo Sul da Bahia

COORDENADAS GEOGRAFICAS: 13° 32'15" S/39°27'21"W

PERFIL Nº 1: Mata/cacau

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE, EROSÃO: Topo / 0 – 5% / não aparente

RELEVO LOCAL/REGIONAL: Ondulado/Forte ondulado – Topo

DRENAGEM DO PERFIL: Bem drenado

PROVÁVEL MINERALOGIA DE ARGILA: Caulinita

A1: 0-17 cm; bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); argilosa; pequena; forte; fraca; pouca; friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

A2: 17-31 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); argilosa; pequena/média; forte; moderada; comum; friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

B1: 31-48 cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido); muito argilosa; pequena; forte; moderada; abundante; comum; friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

B2: 48-89 cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido); muito argilosa; pequena; forte; moderada; comum; comum; muita; friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

B3: 89-140+ cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido); muito argilosa; pequena; forte; forte; abundante; muita; muito friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

LOCAL: Teolândia – Baixo Sul da Bahia

COORDENADAS GEOGRAFICAS: 133214.85S / 0392714.3W

PERFIL Nº 2: Mandioca

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho Amarelo

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE, EROÇÃO: Meia encosta / 15-20% / Laminar

RELEVO LOCAL/REGIONAL: Ondulado / Forte ondulado

DRENAGEM DO PERFIL: Bem drenado

PROCESSOS PEDOGENETICOS EVIDENTES: Latolização

PROVÁVEL MINERALOGIA DE ARGILA: Caulinita

A1: 0-12 cm; bruno avermelhado escuro (5,0 YR 3/3, úmido); bruno (7,5 YR 4/3, seco); argilosa; grande/médio; forte; friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

A2: 12-30 cm; bruno escuro (7,5 YR 3/3, úmido); bruno (7,5 YR 4/3, seco); argilosa; grande/médio; forte; fraca; pouca; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso.

B1: 30-46 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); bruno forte (7,5 YR 5/8, seco); muito argilosa; grande/médio; forte; fraca; pouca; muito friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

B2: 46-71 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); bruno forte (7,5 YR 5/8, seca); muito argilosa; grande/médio; forte; fraca; pouca; muito friável; plástico; ligeiramente pegajoso.

B3: 71-99 cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido); muito argilosa; grande/médio; moderada; fraca; pouca; muito friável; ligeiramente plástico; ligeiramente pegajoso.

B4: 99-135+ cm; (7,5 YR 5/8; úmida);
muito argilosa; média/pequena; fraca;
fraca; pouca; muito friável; plástico;
ligeiramente pegajoso.

