

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE UM SOLO SOB FLORESTA, SISTEMA AGROFLORESTAL E PASTAGEM NO SUL DA BAHIA

Arlete Côrtes Barreto

Mestre em Ciência do Solo, bolsista CNPq, UFRPE, e-mail arletecortes@yahoo.com.br.

Fábio Henrique Soriano Lima

Discente de Agronomia, UFRPE, e-mail fabiosoriano@pop.com.br.

Maria Betânia Galvão dos S. Freire,

Prof. Adjunto, UFRPE, Recife-Pe, e-mail betania.gsf@depa.ufrpe.br.

Quintino Reis de Araújo

Pesquisador CEPLAC/CEPEC, e-mail quintino@ceplac.br.

Fernando José Freire

Prof. Adjunto, UFRPE, Recife-Pe, e-mail ffreire@depa.ufrpe.br

Resumo - A retirada da vegetação natural para implantação de sistema agrícola pode provocar desequilíbrios no solo, dependendo do sistema de manejo. O estudo teve como objetivo avaliar mudanças nas características químicas, físicas e no teor de carbono orgânico total de um solo submetido a diferentes sistemas de uso: Mata Atlântica, cacau (*Theobroma cacao*) e pastagem (*Brachiaria decumbens*). Para cada uso foram coletadas amostras nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Procederam-se às análises químicas e físicas e determinação de carbono orgânico total, nitrogênio e fósforo no solo. A substituição da vegetação natural pelos sistemas cacau e pastagem ocasionaram mudanças no teor de argila na camada de 0 - 10 cm e nos teores de argila e silte na segunda camada 10 - 20 cm. Para as características químicas avaliadas (0-10 cm) observaram-se maiores teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e P no sistema cacau, enquanto a pastagem apresentou maior pH e teores de K^+ e menor CTC. O Al^{+3} e a m(%) decresceram e V(%) aumentou para os dois usos do solo. Na segunda camada 10 - 20 cm os sistemas cacau e pastagem apresentaram mudanças apenas em relação ao teor de Ca^{+2} e, para o sistema cacau, maior teor de P. Os diferentes sistemas de uso do solo não ocasionaram mudanças no teor de COT e N. Foram encontradas correlações significativas entre o COT e atributos químicos (10-20 cm) apenas na área sob pastejo.

Palavras chave: Uso do solo. Matéria orgânica. Atributos químicos. Mata Atlântica

CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS IN SOIL UNDER FOREST, AGROFOREST SYSTEM AND PASTURE

Abstract - The withdrawal of the natural vegetation in order to implement an agricultural system provokes disequilibrium in the soil. This study had as objective: evaluate changes in the chemical and physical characteristics of the ground and in the total organic carbon level of a ground that has experienced different systems of use: remainder of Atlantic Bush, cacao (*Theobroma cacao*), and pasture (*Brachiaria decumbens*). For each use, samples were collected, in the depths of 0 - 10 and 10 - 20 cm. The chemical and physical analyses had been proceeded, and the determination of the total organic carbon, nitrogen and match in the soil. The substitution of the natural vegetation for the cacao and pasture systems caused changes in the level of clay in the layer of 0 - 10 cm and in the levels of clay and silte in the second layer 10 - 20 cm. To the chemical characteristics evaluated (0-10 cm), it was observed that the levels of Ca^{+2} , Mg^{+2} and P were higher, and in the cacao system, while the pasture showed higher pH and levels of K^+ and lower CTC. The attributes Al^{+3} and m decreased and V increased. 10-20cm the cacao and pasture systems showed changes just related to the level of Ca^{+2} , and for the cacao system, higher P level. The TOC and chemical attributes in the second layer showed significant correlations just for the pasture area.

Key words: Use of soil. Organic matter. Chemical property. Atlantic Forest

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Una sustenta uma grande responsabilidade sócio-ambiental para a região Sul da Bahia, pois possui grandes áreas de remanescentes da Mata Atlântica, uma marcante diversidade de áreas agrícolas, características naturais e sistema de ocupação antrópica diversificado. Atualmente, sua cobertura original encontra-se bastante reduzida pelo intenso uso, dentre as culturas destacam-se a cacauicultura e a pastagem.

Ao se retirar a vegetação natural para instalação de um sistema agrícola, ocorre um desequilíbrio no teor de carbono orgânico do solo, pois intensifica-se a mineralização da matéria orgânica, provocando inicialmente a liberação de alguns nutrientes, favorecendo a nutrição vegetal. Quando o processo de adição da matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não atinge um novo equilíbrio, tornando-se exaurido e provocando a degradação do solo. Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica tem grande contribuição na fertilidade, aumento da capacidade de troca de cátions, melhoria nas características químicas, físicas e biológicas dos mesmos, sendo de fundamental importância na manutenção da sustentabilidade.

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo em utilização pelos agricultores a tempo de evitar a sua degradação, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (MIELNICZUK, 1999). Encontra-se ainda na literatura, de forma unânime, o carbono orgânico total (COT) como indicador chave da qualidade do solo. Segundo Bernoux *et al.* (1999), nos ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico do solo tem origem nos resíduos da vegetação nativa, enquanto nos agrossistemas, a maior parte do carbono do solo é proveniente da vegetação nativa e da decomposição dos resíduos vegetais das culturas introduzidas.

Segundo Matias (2003), devido a grande pressão do uso dos recursos naturais em função do aumento da população e às técnicas de manejo que têm sido utilizadas para o cultivo, nem sempre há a preocupação com a sustentabilidade do sistema. Essas técnicas utilizadas de forma inadequada causam a degradação do solo.

Em relação às propriedades físicas, há uma grande contribuição da matéria orgânica. Neste aspecto, Marin (2002) salienta a redução da densidade do solo, erosão e melhoria da

infiltração de água. Araújo *et al.* (2004), estudando um Argissolo Amarelo na Amazônia, constataram maiores valores de densidade do solo para pastagem e menores valores em mata nativa na camada superficial (0-10 cm), comportamento inverso ao apresentado pela porosidade. Estes autores detectaram um solo com maior porosidade na mata, como um indicativo de ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries (sol, chuva e vento). Já para Fialho *et al.* (1991), as características físicas do solo não são afetadas pelo uso (mata, pastagem e eucalipto) até 20 cm de profundidade.

Silva *et al.* (1999) salientam que a redução acelerada nos teores de carbono orgânico da camada superficial ocorre em virtude não só da maior exposição das frações orgânicas aos microrganismos decompositores, mas também da maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo. Contudo, eles acreditam que o fator que mais contribui para a decomposição da matéria orgânica seja o menor aporte de carbono e nitrogênio nas áreas cultivadas, em relação à floresta.

A atuação da matéria orgânica nas propriedades do solo é de muita importância, uma vez que atua como fonte de energia para a massa microbiana e nutrientes para as plantas (MARIN, 2002). A capacidade de troca de cátions é bastante influenciada pelo conteúdo de carbono orgânico do solo, principalmente nos horizontes superficiais (CANELLAS *et al.*, 2000). A mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de nutrientes essenciais à planta, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (MARIN, 2002). O autor ressalta ainda que, de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica.

Longo & Espíndola (2000) destacam a importância da matéria orgânica pelo seu grande poder de contribuição nas cargas negativas dos solos de regiões tropicais. Os solos dessa região se encontram em avançado estágio de intemperismo e sofrem intensas perdas de material por lixiviação. Nestes solos, a elevada acidez e a presença de alumínio trocável (Al^{3+}), aliadas à baixa fertilidade, são os principais fatores a restringir a produção agrícola (ABREU JÚNIOR. *et al.*, 2003). O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica.

O presente estudo teve como objetivo avaliar mudanças nas características químicas e físicas e no teor de carbono orgânico total de um solo submetido a diferentes sistemas de uso: Mata

Atlântica (preservada), cacauicultura (agrofloresta) e pastagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região Sul da Bahia, microbacia do Rio Una ou Aliança, no município de Una (15° 03' - 15° 25' S e 39° 00' - 39° 29' W), sul da Bahia, onde está localizado o Assentamento de Reforma Agrária ASCOAE, instalado a dois anos, compreendendo uma área total de aproximadamente 300 há, com altitude que varia entre 36 e 68 m. De acordo com CEPLAC (1976), o clima da região é do tipo quente e úmido e o relevo montanhoso e forte ondulado a ondulado. A precipitação pluvial média anual é bastante elevada (1.900 a 2.000 mm). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (Latossolo Variação Una, pela Classificação anterior).

Utilizou-se como área amostral os principais sistemas de uso do solo adotados pelos agricultores do assentamento: 1 -remanescente de Mata Atlântica, área preservada; 2 - cacau (*Theobroma cacao*) em sistema cabruca, este consiste em raleamento do fragmento da Mata, retirando apenas o substrato da vegetação com posterior implantação da cultura do cacau, neste sistema de uso realizou-se uma correção com rocha fosfatada, aproximadamente dois meses antes da coleta; 3 - pastagem (*Brachiaria decumbens*), implantada após remoção do sistema cabruca. Para cada uso foram selecionadas três áreas amostrais, perfazendo um total de nove áreas, todas em posição de meia encosta, procurando obedecer a mesma posição no relevo e cada área foi dividida em três subáreas, onde foram coletadas 20 amostras simples, retiradas por caminhamento em zigue-zaque, nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Por fim, as amostras simples foram reunidas compondo uma amostra composta para cada profundidade e cada subárea, formando três amostras compostas em cada área e estas foram utilizadas como repetição. O tamanho da área amostral sofreu variação em função do uso do solo, oscilando entre 1,5 a 3,0 ha.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da TFSA. Estas foram submetidas às análises de composição granulométrica pelo método da pipeta, densidade do solo pelo método da proveta, densidade das partículas pelo método do balão volumétrico, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, pelo extrator de Richards, calculando-se a porosidade total com

os valores da densidade do solo e das partículas, conforme EMBRAPA (1997).

Com parte das amostras de solo utilizadas nas determinações físicas, foram realizadas as análises químicas seguindo os métodos descritos pela EMBRAPA (1997), representada por pH em água (1:2,5); determinação dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos com KCl 1,0 mol L^{-1} , dosando-se o Ca^{2+} e o Mg^{2+} por espectrofotometria de absorção atômica e o Al^{3+} por volumetria; Na^+ e K^+ extraídos com Mehlich-1 e dosados por fotometria de chama; H^+ + Al^{3+} extraídos com acetato de cálcio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução de NaOH ; A partir dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável, calculou-se a capacidade de troca de cátions (CTC), a percentagem de saturação por bases (V) e a percentagem de saturação por alumínio (m).

Após a análise química do solo, procedeu-se a determinação de carbono orgânico total (COT) por meio de digestão sulfúrica com aquecimento externo de acordo com EMBRAPA (1997). Nitrogênio total (N) quantificado por digestão sulfúrica, destilação Kjeldhal e titulação (TEDESCO *et al.*, 1982) e fósforo disponível (P), através de extração feita com Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997) e a determinação pelo método de Braga & Defelipo (1974).

Os dados foram submetidos à análise de variância, num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e considerando as camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm isoladamente. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aplicou-se também correlação de Pearson entre os atributos químicos e físicos do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da caracterização física do solo, pode-se perceber que para a profundidade de 0 - 10 cm, das características físicas analisadas, apenas o teor de argila diferiu significativamente entre os diferentes usos do solo (Tabela 1).

O solo sob sistema Mata Atlântica apresentou maior quantidade de argila, seguido do solo no sistema cacau, e em menor quantidade no pastejo, provavelmente no sistema de uso com pastagem tenha ocorrido uma diminuição devido ao processo de migração de argila no perfil do solo, que ocasionou a saída da fração argila dos horizontes superficiais, concordando em parte com Matias (2003) que comparou fragmento da Mata Atlântica com pastagem em Latossolo, e detectou maiores teores na profundidade de 0 -

Tabela 1. Características físicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 0 –

Atributos físicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Areia (g kg ⁻¹)	382 A	398 A	434 A
Silte (g kg ⁻¹)	130 A	181 A	186 A
Argila (g kg ⁻¹)	486 A	420 B	378 C
Ds (g cm ⁻³)	1,07 A	1,11 A	1,10 A
Dp (g cm ⁻³)	2,65 A	2,65 A	2,68 A
CC %	24,2 A	23,9 A	24,8 A
PMP %	17,3 A	16,3 A	16,3 A
PT %	59,7 ^a	58,2 A	58,9 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente e PT – porosidade total.

20 cm para mata, seguido de pastagem. A fração areia predominou em relação à fração argila apenas para o agrossistema pastagem,

metodologia adotada, onde utilizou-se amostras deformadas.

Em relação aos atributos químicos, a

Tabela 2. Características físicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 10 – 20 cm.

Atributos físicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Areia (g kg ⁻¹)	385 A	385 A	416 A
Silte (g kg ⁻¹)	97,9 B	134 AB	156 A
Argila (g kg ⁻¹)	516 A	480 AB	427 B
Ds (g cm ⁻³)	1,10 A	1,14 A	1,14 A
Dp (g cm ⁻³)	2,67 A	2,73 A	2,74 A
CC %	23,3 A	23,5 A	22,9 A
PMP %	17,9 A	16,4 A	15,2 A
PT %	58,8 A	58,3 A	58,3 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; CC – capacidade de campo; PMP – ponto de murcha permanente e PT – porosidade total

discordando de Araújo *et al.* (2004), onde a fração areia foi predominante para quatro sistemas de uso do solo, entre eles mata e pastagem.

Para a segunda profundidade, 10 – 20 cm, ocorreu diferença nas variáveis silte e argila (Tabela 2). As demais não manifestaram diferenças significativas, discordando com Matias (2003), que detectou mudanças na porosidade e densidade do solo para os sistemas de uso: mata, eucalipto e pastagem. A densidade do solo, não diferiu significativamente entre os sistemas estudados, este resultado provavelmente pode ser explicado devido ao curto tempo de estabelecimento da cultura para ocasionar mudanças nas características físicas do solo. Falleiro *et al.* (2003) detectaram diferença significativa na Ds em solo de mata submetido a 16 anos consecutivos a diferentes sistemas de preparo. Provavelmente esse atributo não apresentou diferença significativa devido a

mudança no sistema de uso ocasionou diferenças significativas na maioria das características analisadas (Tabela 3). Os solos sob mata geralmente apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo. Detectou-se no presente estudo, que os valores de pH diferiram significativamente entre os três uso do solo, com valores de 4,50; 5,01 e 5,65 para mata, cacau e pastagem, respectivamente.

Feitosa (2004) detectou problemas de acidez (pH 4,7), altos teores de alumínio trocável e baixa saturação por bases, em um fragmento de Mata Atlântica. O sistema mata apresentou menor valor de pH, conferindo maior acidez ao solo. Este também foi o sistema que apresentou teor de alumínio trocável, e acidez potencial mais elevados e menores teores de cálcio, magnésio e potássio, em comparação com os demais

Tabela 3. Características químicas médias do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 0 – 10 cm.

Atributos químicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
pH	4,50 C	5,01B	5,65 A
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,15 C	3,44 A	2,60 B
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,81 B	1,63 A	1,41 AB
K (cmol _c dm ⁻³)	0,11 B	0,12 B	0,20 A
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,04 A	0,04 A	0,05 A
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,14 A	0,19 B	0,11 B
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	14,03 A	10,68 B	7,95 C
CTC (cmol _c dm ⁻³)	16,16 A	15,92 A	12,22 B
V (%)	13,30 B	32,12 A	34,86 A
m (%)	36,05 A	4,67 B	2,63 B
P (mg dm ⁻³)	0,45 A	0,51 A	0,14 B
COT (g kg ⁻¹)	26,82 A	26,32 A	25,61 A
N (g kg ⁻¹)	2,34 A	2,34 A	2,12 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

sistemas. Discordando com Fialho *et al.* (1991), estes relatam que em relação aos teores de nutrientes e valores de pH, os maiores valores foram encontrados para mata natural, o que não condiz com estes resultados e com os de Araújo *et al.* (2004). Bayer & Mielniczuk (1997) salientam que os valores de pH, capacidade de troca catiônica, teores de potássio, cálcio e magnésio foram afetados por diferentes preparos do solo e sistemas de cultura.

Os sistemas de uso cacau e pasto apresentaram saturação por bases (V) aproximadamente três vezes superior ao sistema Mata Atlântica, indicando que a nutrição da vegetação na mata é sustentada, provavelmente, pela ciclagem de nutrientes, com grande acúmulo na manta orgânica, e nos demais sistemas é necessário o uso de corretivos.

O solo com sistema agroflorestal apresentou maiores teores de Ca⁺², isso provavelmente, devido a uma correção, dois meses antes da coleta, com fosfato de cálcio. O solo sob pastejo provavelmente recebe essa contribuição, uma vez que anterior a sua implantação, essa área era utilizada com a cultura do cacau. Já o solo de mata apresentou menores teores, sendo esperado uma vez que neste sistema o que está disponível no solo provavelmente esteja sendo absorvido pela vegetação, que por sua vez retorna para o solo novamente.

O elevado teor de Ca⁺² e Mg⁺² no sistema com a cultura do cacau contribuiu para elevar a CTC do solo. Já no sistema Mata Atlântica a contribuição é dada pelo elevado teor de H⁺Al⁺³ encontrado. Enquanto que o solo com pastagem apresentou CTC significativamente menor em relação aos demais sistemas. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.*

(1999), com uma diminuição na CTC do solo com o cultivo.

O sistema de cultivo com pastagem apresentou teores de K⁺ significativamente maiores que o sistema mata. Esses resultados divergem daqueles encontrados por Araújo *et al.* (2004) e Perin *et al.* (2003), quando afirmam que, em geral, os teores de K⁺ tendem a decrescer com o tempo de uso. Entretanto, foi verificado que as variações nos teores de K⁺ disponível são mais expressivas no horizonte superficial, fato também observado por Perin *et al.* (2003).

Quanto ao COT e N, não ocorreram mudanças significativas nos diferentes sistemas, estando de acordo com D'Andrea *et al.* (2004). Os autores destacaram que os teores de COT e de NT do solo não diferiram entre si, nos sistemas de manejo avaliados (cerrado nativo, pastagem de *Brachiaria* sp., plantio direto e plantio convencional após pastagem).

Marin (2002) encontrou os maiores teores de carbono para o sistema sob manejo agroecológico, quando comparado ao solo sob sistema de manejo convencional, com maiores teores, principalmente para os primeiros cinco centímetros de profundidade. O autor destaca que o sistema agroecológico está induzindo o aumento dos níveis de carbono orgânico do solo, devido ao maior aporte de resíduos que o sistema vem recebendo ao longo dos anos. O sistema cacau não apresentou diferença significativa no teor de carbono, uma vez que esse apresenta uma manta espessa, onde provavelmente armazena altos teores de carbono e nitrogênio, semelhante à mata.

Quanto ao cultivo com gramínea, por apresentar sistema radicular profundo com raízes ramificadas, o resíduo da renovação destas pode

estar contribuindo para aumentar o aporte de carbono ao solo. As gramíneas são plantas C4, devido a sua fisiologia, normalmente contribuem com maior aporte de carbono no solo.

No presente estudo não foram implantadas culturas anuais que expõem as frações orgânicas aos microrganismos decompositores, e também que proporcionam maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo (SILVA *et al.*, 1999). Tanto o manejo do sistema com cacau como o pastejo favorecem um menor revolvimento e maior preservação dos macroagregados do solo, e que, por esses motivos, os teores de COT permaneceram elevados.

Em relação ao P disponível, ocorreu um declínio no solo sob pastagem, o que não pode ser explicado pela diminuição no teor de matéria orgânica do solo nesse sistema, já que este atributo não apresentou diferença significativa entre os três usos. Apesar de Marin (2002) defender que de 15 a 80% do P do solo tem provável proveniência da matéria orgânica. Porém, a serrapilheira dos sistemas mata e cacau pode estar contribuindo para o fornecimento de P na camada superficial e diminuindo a possibilidade de reações de fixação deste. Por outro lado, Fialho *et al.* (1991) relatam ainda que a cobertura vegetal parece não afetar o fósforo disponível, uma vez que não houve diferença significativa entre os usos mata, pastagem e eucalipto. Por outro lado, o sistema pastagem, pela forma como é conduzido, propicia uma grande saída de fitomassa do sistema, o que pode estar contribuindo para a redução de fósforo da área.

Outro fator que pode ter influído é a profundidade, pois foi tomada uma amostra apenas na camada de 0-10 cm, misturando os primeiros centímetros, provavelmente com maiores teores do elemento pela influência direta da manta orgânica nos sistemas de mata e cacau. Araújo *et al.* (2004) encontraram baixos teores de fósforo disponível ($< 10 \text{ mg dm}^{-3}$) em solo sob mata e pastagem. Entretanto, nos primeiros cinco centímetros, as quantidades são superiores às das camadas seguintes, excetuando a pastagem que decresce logo no segundo centímetro.

O sistema de uso pastagem apresentou maior teor de potássio, em relação aos usos mata nativa e cultivo com cacau. Quanto à acidez potencial, na mata foram encontrados os maiores valores ($14,03 \text{ cmolc dm}^{-3}$), decrescendo com a cultura do cacau ($10,68 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e pastagem ($7,95 \text{ cmolc dm}^{-3}$). Esse maior valor apresentado pelo solo da

mata, juntamente com o valor do alumínio trocável estão contribuindo para um aumento na saturação por alumínio (m), com elevada acidez deste solo.

Na profundidade de 10 – 20 cm, os resultados foram semelhantes à primeira para algumas características (Tabela 4). Segundo Zaia & Gama-Rodrigues (2004), solos sob povoamentos florestais (espécies de eucaliptos) apresentaram acidez elevada (pH 4,6) para a profundidade de 0–20 cm e baixa fertilidade. Porém esse comportamento não classifica os solos de mata como degradados nem de baixa fertilidade, todo o sistema funciona com base na ciclagem de nutrientes; a reserva de nutrientes está armazenada na espessa manta orgânica que fornece para a vegetação gradativamente.

A mata apresentou baixo valor de pH (4,38) e alto teor de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, caracterizando elevada acidez. Estes valores foram maiores para pH (4,90 e 5,31) e menores para acidez potencial (9,39 e 7,27) para os usos cacau e pastagem, respectivamente. Segundo Perin *et al.* (2003) há elevação do pH com o tempo de uso do solo e, o alumínio trocável precipita na forma de hidróxido.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrados por Araújo *et al.* (2004) foram considerados baixos ($< 2,0$ e $0,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$, respectivamente) e restritivos a nutrição mineral de plantas. Os autores explicam que o desenvolvimento da mata, está relacionado com a eficiente reciclagem de nutrientes que ela efetua. No presente trabalho foram detectados teores menores de Ca^{2+} (0,51, 1,39 e $1,57 \text{ cmolc dm}^{-3}$) para mata, cacau e pastagem, respectivamente; e teores de Mg^{2+} para mata ($0,50 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e maiores para os demais (cultura do cacau 1,05 e pastagem $0,83 \text{ cmolc dm}^{-3}$). Espig (2003) afirma que a camada até cinco centímetros de profundidade, é a que parece contribuir efetivamente para a nutrição florestal.

A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) acompanhou o comportamento da camada superficial, sendo maior na área sob mata em relação aos demais usos, confrontando com os resultados de Matias (2003), que verificou maiores concentração de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ para solo sob pastagem. Essa discordância nos resultados provavelmente deve-se ao tempo de implantação do pastejo. Marin (2002) salienta que mudanças em variáveis do solo devido ao manejo, principalmente químicas não ocorrem em curto espaço de tempo, sugerindo um tempo de 10 a 35 anos para que sejam observadas alterações. Na mata, devido ao processo de ciclagem de nutrientes, a

Tabela 4. Características químicas do solo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem em uma microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio Una, Sul da Bahia, na profundidade de 10 –20 cm.

Atributos químicos	Uso		
	Mata Atlântica	Cultura do cacau	Pastagem
Ph	4,38 C	4,90 B	5,31 A
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,51 B	1,39 A	1,57 A
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,50 C	1,05 A	0,83 B
K (cmol _c dm ⁻³)	0,10 A	0,08 A	0,13 A
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,04 A	0,03 A	0,03 A
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,26 A	0,49 B	0,22 B
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	11,4 A	9,39 B	7,27 C
CTC (cmol _c dm ⁻³)	12,6 A	11,9 A	9,83 B
V (%)	9,68 B	21,3 A	26,0 A
m (%)	54,3 A	17,7 B	8,59 B
P (mg dm ⁻³)	0,31 B	0,83 A	0,10 B
COT (g kg ⁻¹)	17,1 A	17,51 A	19,2 A
N (g kg ⁻¹)	1,79 A	1,60 A	1,55 A

*Médias seguidas de mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

concentração de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ é grande na manta orgânica, em consequência pequena no solo, principalmente em profundidade, o que favorece a concentração de H⁺+Al³⁺ no meio.

Marin (2002), ao estudar sistema agroecológico com café, verificou saturação por bases (V) superior em 11,03% ao sistema convencional. Feitosa (2004) encontrou valores inferiores para V (5,40%) e superior para m (85,30%). Para ambas as profundidades, a saturação por alumínio foi bastante elevada para mata, não diferindo entre cacau e pastagem. Os valores obtidos na pesquisa são baixos, quando comparados aos valores verificados por Feitosa (2004).

Os teores de P diminuem em profundidade, no sistema pastagem, com comportamento contrário para o sistema agroflorestal cacau, onde se destaca com quantidade de P disponível maior que os outros sistemas com o aumento da profundidade, esse comportamento provavelmente é devido a correção feita nesse sistema de uso. Rosa *et al.* (2003) salientam que os teores de P diminuem em profundidade.

Foram testados coeficientes de correlação entre as características químicas e físicas estudadas para os diferentes usos do solo, entretanto, em geral, a maioria dos atributos químicos não se correlacionaram com as características físicas para os três usos, sendo apresentadas apenas as que obtiveram coeficientes significativos (Tabela 5). No solo sob mata os teores de COT e N apresentaram correlação inversa com a quantidade de areia e a densidade do solo. Para argila, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e porosidade total apresentaram correlação significativa direta.

Foram encontradas boas correlações entre COT e N com algumas propriedades físicas. No sistema mata foi onde os atributos físicos mais se correlacionaram com COT e N. O sistema cacau, apesar de possuir manejo semelhante à mata apresentou correlações diferenciadas entre as características, com menores coeficientes de correlação e menor significância, provavelmente, devido ao tipo de vegetação. No pastejo as correlações foram mais limitadas ainda e sem seguir associação lógica. Provavelmente o tipo de matéria orgânica tenha exercido influência nesta diferenciação de comportamentos entre os três sistemas de uso do solo. Feitosa (2004) cita a possibilidade do teor de argila em mata estar contribuindo para o aumento do teor de P, porém, avaliando nesse sentido, não se verificou nenhuma correlação entre teor de argila e de P para os sistemas estudados neste trabalho.

O sistema cacau foi o que apresentou mais atributos químicos se correlacionando com a matéria orgânica do solo (Tabela 6), o que condiz com os resultados de Bayer & Bertol (1999). Para os três sistemas de uso do solo, a MO correlacionou-se positivamente com o nitrogênio, entretanto, não houve correlação significativa desta com o fósforo disponível.

Na camada de 10-20 cm de profundidade, o pastejo foi o uso que apresentou mais correlações significativas entre o carbono, o nitrogênio e a matéria orgânica com as características físicas (Tabela 7), o mesmo ocorre em relação aos atributos químicos e a matéria orgânica do solo (Tabela 8). Possivelmente, o sistema radicular das gramíneas proporciona uma distribuição mais equilibrada dos resíduos orgânicos incorporados ao solo em relação aos sistemas de mata e cacau,

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas e físicas dos três sistemas de uso (0-10 cm).

Característica	COT		N
	g kg ⁻¹		
Mata Atlântica			
Areia (g kg ⁻¹)	-0,91***		-0,83**
Silte (g kg ⁻¹)	0,73*		ns
Argila (g kg ⁻¹)	0,66*		0,86**
Ds (g cm ⁻³)	-0,86*		-0,85**
Dp (g cm ⁻³)	ns		ns
CC (%)	0,87**		0,82**
PMP (%)	0,88**		0,89***
PT (%)	0,80**		0,76**
Sistema Cacao			
Areia (g kg ⁻¹)	-0,78**		-0,69*
Silte (g kg ⁻¹)	0,64*		ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns		0,64*
Ds (g cm ⁻³)	ns		ns
Dp (g cm ⁻³)	ns		ns
CC (%)	0,70*		0,78**
PMP (%)	0,69*		0,64*
PT (%)	ns		ns
Cultivo com Pastagem			
Areia (g kg ⁻¹)	ns		ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns		ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns		ns
Ds (g cm ⁻³)	-0,71*		-0,88***
Dp (g cm ⁻³)	-0,72*		ns
CC (%)	ns		ns
PMP (%)	ns		ns
PT (%)	ns		0,61*

*,** e *** significativos a 5; 1; 0,1%, respectivamente, e ns não-significativo

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre matéria orgânica e características químicas estudadas nos três sistemas de uso, na profundidade de 0 – 10 cm.

	NT	P	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	CTC	V	m
	g kg ⁻¹	Mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³			%	
Mata Atlântica												
MO (g kg ⁻¹)	0,76**	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,62*	ns	ns	ns	ns
Sistema Cacao												
MO(g kg ⁻¹)	0,67*	Ns	0,58*	0,63*	0,82**	0,81**	ns	-0,71*	ns	0,80**	0,67*	-0,67*
Cultivo com Pastagem												
MO (g kg ⁻¹)	0,89***	ns	ns	0,66*	ns	ns	0,67*	Ns	ns	ns	ns	ns

*,** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

que concentram o maior aporte de matéria orgânica na superfície.

CONCLUSÕES

Para as características físicas estudadas, ocorreram mudanças no teor de argila na camada de 0 – 10 cm e nos teores de argila e silte na segunda camada (10 – 20 cm) com a mudança de

uso do solo;

O sistema de uso cacao apresentou maiores teores de Ca⁺², Mg⁺² e P de 0-10 cm, enquanto a pastagem apresentou maior pH e teores de K⁺ e menor CTC. Os atributos Al⁺³ e m decresceram e V aumentou para os dois usos do solo.

Na segunda camada 10 – 20 cm os sistemas cacao e pastagem apresentaram mudanças apenas

em relação ao maior teor de P para o sistema cacau e maior de Ca⁺² para os dois sistemas de uso;

Os diferentes sistemas de uso do solo não ocasionaram mudanças no teor de COT e N do solo;

Na primeira camada foram encontradas boas correlações entre características físicas e COT para mata. A matéria orgânica e atributos químicos na segunda camada apresentaram correlações significativas apenas para a área sob pastejo.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas e físicas dos três sistemas de uso (10 -20 cm).

Característica	COT		N
	g kg ⁻¹		
Mata Atlântica			
Areia (g kg ⁻¹)	ns		-0,63*
Silte (g kg ⁻¹)	ns		ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns		0,66*
Ds (g cm ⁻³)	-0,74*		-0,59*
Dp (g cm ⁻³)	ns		ns
CC (%)	ns		ns
PMP (%)	0,64*		0,66*
PT (%)	0,72*		ns
Sistema Cacau			
Areia (g kg ⁻¹)	ns		ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns		ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns		ns
Ds (g cm ⁻³)	ns		ns
Dp (g cm ⁻³)	ns		ns
CC (%)	ns		ns
PMP (%)	ns		ns
PT (%)	ns		ns
Cultivo com pastagem			
Areia (g kg ⁻¹)	ns		ns
Silte (g kg ⁻¹)	ns		ns
Argila (g kg ⁻¹)	ns		ns
Ds (g cm ⁻³)	-0,69*		-0,92***
Dp (g cm ⁻³)	ns		ns
CC (%)	ns		ns
PMP (%)	-0,60*		0,72*
PT (%)	0,64*		ns

*,** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

Tabela 8 – Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria orgânica e características químicas estudadas nos três sistemas de uso, na profundidade de 10 – 20 cm.

	NT	P	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	CTC	V	M
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³						cmol _c dm ⁻³				%
Mata Atlântica												
IO (g kg ⁻¹)	0,67*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,67*	ns	ns	ns	ns
Sistema Cacau												
IO (g kg ⁻¹)	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cultivo com Pastagem												
IO (g kg ⁻¹)	0,87**	-0,74*	0,72*	0,76**	0,71*	ns	ns	ns	ns	0,83**	0,58*	-0,58*

*,** e *** significativos a 5; 1; 0,1% respectivamente, e ns não-significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JR., C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. Relações entre acidez e propriedades químicas de solos brasileiros. **Science. agrícola.**, Piracicaba, v.60, n.2, p.337-343, 2003.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.307 – 315, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.105 – 112, 1997.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. da A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronosequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. **Science agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.777-783, 1999.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.113, p.73 – 85, 1974.

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; SILVA, S. G. da; SILVA, M. B. e; SANTOS, G. de A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 133 – 143, 2000.

CENTRO DE PESQUISA DA LAVOURA CACAUEIRA. **Diagnóstico socioeconômico da região cacauera**: recursos hídricos. Ilhéus. 1976. 133 p.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária. Brasileira**. Brasília, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

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

212p.

ESPIG, S. A. **Eficiência da utilização biológica de nutrientes em fragmentos de Mata Atlântica em Pernambuco**. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FEITOSA, A. A. N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associada ao solo em topossequência de fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco** 2004. 102f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004

FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e características químicas e físicas e atividade da microbiota de um solo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.21-28, 1991.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência na introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.) em áreas de cerrado e floresta Amazônica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 723-729, 2000.

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

MATIAS, M. I. A. S. **Influência da cobertura vegetal na disponibilidade de nutrientes e na distribuição do sistema radicular em Latossolo Amarelo coeso de Tabuleiro Costeiro**. 2003. 78f. - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, Ba, 2003.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas Agrícolas. SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Gênese, Porto Alegre, 1999. p 1 – 8.

PERIN, E.; CERETA, C. A.; KLAMT, E. Tempo

de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, p. 665-674, 2003.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, M. L.; CORREIA, R. J. 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.

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

TEDESCO, M. J.; WOLKEWESS, S. J.; BOHNER, H. **Análises de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1982.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 28, p.842-852, 2004.