

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

FÁBIO ALTOÉ MARINATO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS COMO
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO, EM
TABULEIROS COSTEIROS, NO NORTE DO
ESPÍRITO SANTO**

**São Mateus, ES
Maio de 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS COMO
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO, EM
TABULEIROS COSTEIROS, NO NORTE DO
ESPÍRITO SANTO**

FÁBIO ALTOÉ MARINATO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Ivoney Gontijo

**São Mateus, ES
Maio de 2012**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS COMO
INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO, EM
TABULEIROS COSTEIROS, NO NORTE DO
ESPÍRITO SANTO**

FÁBIO ALTOÉ MARINATO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada:

Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Edilson Romais Schmidt
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)

Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)

Prof. Dr. Ivoney Gontijo
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M337a Marinato, Fábio Altoé, 1981-
Atributos químicos e físicos como indicadores de qualidade do solo, em de tabuleiros costeiros, no norte do Espírito Santo / Fábio Altoé Marinato. – 2012.
80 f. : il.

Orientador: Ivoney Gontijo.
Coorientador: Edilson Romais Schmildt, Fábio Ribeiro Pires.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Solos - Qualidade. 2. Solos - Manejo. 3. Solos - Degradação. 5. Costa - Proteção. 4. Sustentabilidade. I. Gontijo, Ivoney. II. Schmildt, Edilson Romais. III. Pires, Fábio Ribeiro. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. V. Título.

CDU: 55

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque se não for pela vontade Dele nada acontece;

A minha mãe, Floreci Sartório Altoé, ao meu pai, Alécio Sartório Marinato, pelos ensinamentos morais e espirituais;

Aos meus irmãos, Cibeli Altoé Marinato das Candeias, Suzana Altoé Marinato Mesquita e André Altoé Marinato, pelo apoio e companheirismo;

A minha namorada, Luciana Barbosa Firmes, pelo amor incondicional, incentivo, apoio e compreensão;

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo, por me proporcionar esta oportunidade;

Ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, por oferecer o curso de pós-graduação;

Ao meu orientador, professor Ivoney Gontijo, por aceitar me orientar, pela relação amigável, pelos conhecimentos passados e pelas valorosas contribuições;

Aos meus co-orientadores, professores Edilson Romais Schmildt e Fábio Ribeiro Pires, pelas colaborações dadas;

A todos os demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, pelos conhecimentos transferidos;

Aos colegas de turma pelo companheirismo e união durante o curso, especialmente Diego Dantas Amorim e João Martins;

Ao colega de curso e amigo Welington Braída Marré, pelas trocas de conhecimento e apoio;

Aos alunos de iniciação científica Eduardo Oliveira e Denis de Azevedo;

Aos técnicos de laboratório Joel Cardoso Filho, Helder Ivo Pandolfi, Wagner Lopes e Douglas;

Aos meus dois grandes irmãos e empresários rurais José Silvano Bizi e José Ronigéri Bizi, por disponibilizarem a Fazenda Bizi para que este trabalho se tornasse realidade;

Ao empresário rural Ueliton Cescon, por disponibilizar a Fazenda Cescon e apoio operacional para que este trabalho se tornasse realidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Tabuleiros Costeiros	5
2.2. Qualidade de Solo	7
2.2.1. Indicadores Físicos de Qualidade	9
2.2.2. Indicadores Químicos de Qualidade	10
3. CAPÍTULOS	12
3.1. Indicadores Químicos de Qualidade do Solo na Região de Tabuleiros Costeiros, na Sub-Bacia do Córrego Abóboras, Jaguaré-ES	13
Resumo	13
Abstract	14
Introdução	15
Material e Métodos	16
Resultados e Discussão	21
Conclusões	28
Referências Bibliográficas	29
3.2. Indicadores Físicos de Qualidade do Solo na Região de Tabuleiros Costeiros, na Sub-Bacia do Córrego Abóboras, Jaguaré-ES	33
Resumo	33
Abstract	34
Introdução	35

Material e Métodos	37
Resultados e Discussão	42
Conclusões	52
Referências Bibliográficas	52
4. CONCLUSÕES GERAIS	57
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
6. ANEXOS	64
6.1. Anexo A	65
6.2. Anexo B	67

RESUMO

MARINATO, Fábio Altoé; M. Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Maio de 2012; **Atributos físicos e químicos como indicadores de qualidade do solo, em região de tabuleiros costeiros**; Orientador: Ivoney Gontijo; Co-Orientadores: Edilson Romais Schmildt e Fábio Ribeiro Pires.

A agricultura moderna deve basear-se na busca da sustentabilidade dos recursos naturais, bem como na otimização do uso do solo, visando minimizar a degradação do meio ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cobertura vegetal do solo nos atributos físicos e químicos em uma região de tabuleiros costeiros. Foram estudadas sete coberturas do solo, sendo: Mata Atlântica secundária Nativa, Reflorestamento com Eucalipto, Pastagem Nativa, Lavoura de Seringueira, Lavoura de Café Conilon, Reflorestamento com Espécies Nativas e Lavoura de Pimenta-do-Reino. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Como indicadores químicos quantificaram-se a acidez ativa, Matéria Orgânica, Capacidade de Troca de Cátions, Alumínio, Cálcio, Magnésio, Potássio, acidez potencial, Soma de Bases, Saturação por Bases e Saturação por Alumínio. E como indicadores físicos a Densidade do Solo, Porosidade Total, Macroporosidade, Microporosidade, Diâmetro Médio Ponderado, Diâmetro Médio Geométrico e Densidade de Partícula. Esses indicadores foram determinados em três profundidades, sendo estas: 0,00-0,05m, 0,05-0,20m e 0,20-0,40m. Também foram aferidas a Condutividade Hidráulica Saturada, utilizando-se duas profundidades (0,00–0,20m e 0,20–0,40m) e duas

colunas d'água (0,05m e 0,10m), e a Resistência Mecânica à Penetração, nas profundidades de 0,00–0,20m, 0,20–0,40m e 0,40–0,60m, e para esta análise adotou-se sete repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Também foi realizada uma análise com o método de Variáveis Canônicas e o de agrupamento de Tocher. Para os indicadores químicos na primeira camada, o agrupamento das coberturas evidenciou um grupo formado pelo Reflorestamento com Eucalipto, Lavoura de Seringueira, Reflorestamento com Espécies Nativas, Lavoura de Café Conilon, Lavoura de Pimenta-do-reino e Pastagem Natural, ficando a Mata Atlântica secundária Nativa isolada. Para a segunda camada registrou-se a formação de um grupo com Reflorestamento com Eucalipto, Lavoura de Café Conilon, Lavoura de Pimenta-do-reino, Pastagem Natural e Mata Atlântica secundária Nativa, e ficando a Lavoura de Seringueira e o Reflorestamento com Espécies Nativas isolados dos demais. A terceira camada aparece com a formação de apenas um grupo, sendo que o Reflorestamento com Espécies Nativas permaneceu isolado. Os indicadores físicos apresentaram, na primeira camada, a formação de quatro divisões, sendo um grupo formado pelo Reflorestamento com Eucalipto, Lavoura de Seringueira e Reflorestamento com Espécies Nativas, outro contemplando a Lavoura de Café Conilon e a Lavoura de Pimenta-do-reino, restando de forma isolada a Pastagem Natural e a Mata Atlântica secundária Nativa. Na segunda camada houve o agrupamento da Lavoura de Café Conilon e a Lavoura de Pimenta-do-reino e um segundo com Reflorestamento com Eucalipto, Lavoura de Seringueira, Reflorestamento com Espécies Nativas, Pastagem Natural e a Mata Atlântica secundária Nativa. A terceira camada aparece com a formação de quatro divisões, sendo estes: Reflorestamento com Eucalipto, Lavoura de Seringueira e Reflorestamento com Espécies Nativas; Mata Atlântica secundária Nativa e a Lavoura de Pimenta-do-reino, estando isoladas a Lavoura de Café Conilon e a Pastagem Natural. Ao final do trabalho concluiu-se que: 1. Houveram alterações nas propriedades químicas e físicas do solo em função de suas coberturas. 2. A primeira camada estudada, demonstrou ser muito sensível às variações nela ocorridas do ponto de vista químico e físico. 3. Na segunda camada, houve conservação da qualidade química nas coberturas Lavoura de Café Conilon, Lavoura de Pimenta-do-reino, Reflorestamento com Eucalipto e Pastagem Nativa; e física para Reflorestamento com espécies Nativas, Lavoura de Seringueira, Reflorestamento com Eucalipto e Pastagem Nativa. 4. Na terceira camada, a única cobertura que não

conseguiu preservar as qualidades químicas do solo foi o Reflorestamento com espécies Nativas, já para as qualidades físicas só a Pimenta-do-reino conseguiu preservar. 5. O fato de haver dois solos de classes diferentes envolvidos, não refletiu nos resultados finais com um possível agrupamento entre classes de solo.

Palavras-chave: Degradação, Sustentabilidade, Cobertura Vegetal.

ABSTRACT

MARINATO, Fábio Altoé; M. Sc.; Federal University of Espírito Santo; May, 2012; **Physical and chemical attributes as indicators of soil quality in coastal plain area**; Advisor: Ivoney Gontijo; Co-advisors: Edilson Romais Schmildt and Fábio Ribeiro Pires.

Modern agriculture must be based on the search for natural resources sustainability as well as optimization of soil use in order to minimize environmental degradation. The aim of this study was to evaluate the influence of soil cover on the physical and chemical attributes in a coastal plain area. We have studied seven ground covers: Native secondary Atlantic Forest, Reforestation with Eucalyptus, Native Grassland, Rubber plantation, Conilon Coffee Plantation, Reforestation with Native Species and Black Pepper plantation. The experimental design was completely randomized with three replications. As chemical indicators we have quantified active acidity, Organic Matter, Capacity of Cation Exchange, Aluminum, Calcium, Magnesium, Potassium, potential acidity, sum of bases, base saturation and aluminum saturation. As physical indicators we have evaluated soil density, total porosity, macroporosity, microporosity, pondered average diameter, geometric average diameter and particle density. They were determined in three depths: 0-0.05m, 0.05-0.20m and 0.20-0.40m. We also measured Saturated Hydraulic Conductivity, with two depths (0-0.20 and 0.20-0.40) and two water column (0.05 and 0.10m), and Mechanical Resistance to Penetration at 0-0.20; 0.20-0.40 and 0.40-0.60 depths, adopting seven repetitions for this analysis. Means were compared by Tukey test at 5%. Another analysis was also performed with Canonical Variables and

Tocher group methods. For chemical indicators, in the first layer, the coverage grouping revealed a group formed by Reforestation with Eucalyptus, Rubber Plantation, Reforestation with Native Species, Conilon Coffee Plantation, Black Pepper Plantation and Natural Grassland, leaving the Native secondary Atlantic Forest isolated. For the second layer, we there was a formation of a group of Reforestation with Eucalyptus, Conilon Coffee plantation, Black Pepper Plantation, Natural Grassland and Native secondary Atlantic Forest, leaving Rubber Plantation and Reforestation with Native Species isolated from the others. In the third layer only one group was formed from which Reforestation with Native Species was isolated. Physical indicators showed four divisions in the first layer: A group formed by Reforestation with Eucalyptus, Rubber Plantation and Reforestation with Native Species, other group formed by Conilon Coffee and Black Pepper Plantations, remaining in an isolated way Natural Grassland and Native secondary Atlantic Forest. In the second layer there was the grouping of Conilon Coffee and Black Pepper Plantations and another group with Reforestation with Eucalyptus, Rubber Plantation, Reforestation with Native Species, Natural Grassland and Native secondary Atlantic Forest in. Third layer appears with four divisions: Reforestation with Eucalyptus, Rubber Plantation and Reforestation with Native Species; Native secondary Atlantic Forest and Black Pepper Plantation; and Conilon Coffe and Natural Grassland being isolated. At the end of the study we got the following conclusions: 1. There have been changes in the chemical and physical soils properties as a function of their covers. 2. First layer showed to be very sensitive to changes in terms of chemical and physical viewpoints. 3. Second layer showed chemical quality preservation in Conilon Coffee Plantation, Black Pepper Plantation, Reforestation with Eucalyptus and Natural Grassland covers. There was also physical quality preservation in Reforestation with Native Species, Rubber Plantation, Reforestation with Eucalyptus and Natural Grassland covers. 4. In the third layer Reforestation with Native Species was the only coverage that failed to preserve chemical qualities of the soil, while only Black Pepper Plantation managed to preserve physical qualities. 5. Two different classes of soil being in the study did not affected the final results with a possible grouping in soil classes.

Keywords: Degradation, Sustainability, Vegetative Cover.

1. INTRODUÇÃO

A combinação dos fatores de formação do solo como o clima, o relevo e os organismos sobre o material de origem em função de um determinado tempo, culminam com vários processos pedogenéticos (adição, perda, transformações, etc), que dão forma e definem as características do solo. As inúmeras combinações de intensidade de manifestação destes fatores condicionam a formação de uma imensidade de tipos de solos que apresentam natureza, composição e comportamento diferenciados (OLIVEIRA, 2008).

Os solos diferem regionalmente em função das diferenças existentes entre os materiais de origem, condições bioclimáticas e idade, fatores controlados basicamente pela evolução do relevo. Esse fato se expressará nas variações registradas na composição mineralógica, granulométrica, profundidade, riqueza em nutrientes, capacidade de retenção de água, porosidade, etc (RESENDE et al, 1988). Algumas dessas características e propriedades afetam a produtividade, mas não podem ser facilmente modificadas. Entretanto, a fertilidade do solo é uma das variáveis mais importantes em todo o processo produtivo e pode ser alterada para proporcionar aumentos significativos na produtividade das plantas (DADALTO E FULLIN, 2001).

A agricultura moderna deve basear-se na busca da sustentabilidade dos recursos naturais, bem como na otimização do uso do solo, visando minimizar a degradação do meio ambiente. Assim, metodologias que contribuam para a melhoria da qualidade dos solos favorecem a prática de uma agricultura mais equilibrada. Porém, a intensificação da atividade agrícola, aliada ao uso e ao manejo inadequado

do solo, tem provocado modificações negativas nas propriedades físicas (STONE & SILVEIRA, 2001) e químicas (FIDALSKI et al., 2007), aumentando a degradação do solo e reduzindo a produtividade das culturas.

Lal (1989) definiu degradação do solo como a diminuição de sua qualidade e/ou redução em sua habilidade de ser um recurso de múltiplo propósito, devido às causas naturais ou induzidas pelo homem. A degradação do solo inclui deterioração física, química e biológica, tais como declínio de fertilidade; e na condição estrutural dos solos, aumento de erosão, salinidade, alcalinidade, acidez e efeito de elementos tóxicos, poluentes ou inundação excessiva. Já para Cher (2001) degradação do solo está relacionada à redução da capacidade do mesmo de produzir, em termos qualitativos e quantitativos, bens e serviços para a humanidade. Tende a ser irreversível quando atinge grau superior à capacidade restauradora da natureza. O desafio para utilizar o recurso solo de forma sustentável passa pela necessidade de se entender a dinâmica entre as propriedades do sistema solo (DORAN et al., 1996; REICHERT et al., 2003).

Segundo Staben et al. (1997), a degradação da qualidade do solo pelo cultivo é manifestada por processos erosivos, redução de matéria orgânica, perda de nutrientes, compactação do solo, redução de populações microbianas, de atividades enzimáticas e pH.

A discussão sobre Qualidade do Solo intensificou-se no início dos anos 1990, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar, nas publicações, a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

Lal & Pierce (1991) foram precursores em alertar sobre a relação do manejo do solo e a sustentabilidade da agricultura. Os números alarmantes de áreas degradadas física e quimicamente, contaminadas por agroquímicos, e as perspectivas catastróficas fizeram estes autores instigarem a comunidade científica a buscar sistemas de manejo inovadores, capazes de balancear o requerimento do solo e das culturas. “A ênfase não está em maximizar a produção, mas sim em otimizar o uso do recurso e sustentar produtividade por um longo período”, alertaram eles.

Segundo Doran (1997), qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar

a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Isto nada mais é que a capacidade do solo de desempenhar seu papel dentro de um ecossistema (DORAN, 1997) que compreende: proporcionar condições para o crescimento das plantas; regular e armazenar o fluxo de água no ambiente, ser fonte e promover a ciclagem de elementos e servir como tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (LARSON & PIERCE, 1994; KARLEN et al., 1997).

Devido a esses fatos, cada dia mais atributos físicos, químicos e biológicos têm sido utilizadas como indicadores de qualidade do solo (ISLAM E WEIL, 2000), pois um único indicador pode não expressar todas as interações necessárias. Deve-se analisar cada caso, pois cada situação tem suas particularidades e são estas particularidades que ajudaram na tomada de decisão de usar um ou mais indicadores de qualidade de um ecossistema. Segundo Gregorich & Carter (1997), qualidade dos solos tem duas feições – uma ligada à capacidade inerente do solo (suas características, que não são afetadas pelo manejo) e outra ligada à parte dinâmica desse (propriedades, influenciadas pelo seu uso e manejo).

Os aspectos físicos do solo indicam a qualidade do solo, principalmente quando este apresenta certo grau de compactação. No entanto, Bertolani & Vieira (2001) afirmam que os atributos físicos do solo dependem, dentre outros fatores, da posição da encosta, devido às sucessivas alterações provocadas pelas atividades agrícolas e, conseqüentemente, pelos processos erosivos, comportando-se de forma diferenciada ao longo da paisagem. Portanto, estudos que abordem a influência da posição da paisagem sobre atributos físicos do solo que sirvam como indicadores da qualidade do solo são importantes na busca de um processo de produção sustentável.

Um eficiente indicador deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e, preferencialmente, de fácil mensuração e baixo custo (DORAN & ZEISS, 2000).

Apesar do conceito de qualidade do solo ter sido construído ao longo das três últimas décadas do século XX, ainda não tem sido aceito universalmente (SOJKA & UPCHURCH, 1999). No entanto, tem se mostrado uma ferramenta

importante para avaliar a sustentabilidade do uso do solo (MELO FILHO et al., 2007).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tabuleiros Costeiros

Na faixa sedimentar costeira do Brasil é possível distinguir quatro unidades de paisagem: baixada litorânea, superfícies terciárias muito dissecadas, bacia cretácica e superfícies terciárias dos baixos platôs costeiros, também denominadas tabuleiros costeiros ou simplesmente tabuleiros (EMBRAPA, 1975). Silva et al. (1993), no Zoneamento Agroecológico do Nordeste, identificou os tabuleiros costeiros como uma grande unidade de paisagem composta por várias unidades geoambientais as quais, por definição, são entidades espaciais onde o material de origem, a vegetação natural, a natureza e a distribuição dos solos, em função da topografia, constituem um conjunto homogêneo, cuja variabilidade é mínima de acordo com a escala cartográfica.

Os Tabuleiros Costeiros são formações terciárias presentes desde o Amapá até o Rio de Janeiro, caracterizados por uma planície de 30 a 200 m de altitude, limitada por morros do Cristalino na parte ocidental e pela baixada litorânea na parte oriental, e ocupam uma área de aproximadamente 200.000 km² (JACOMINE, 1996) em todo o país, sendo considerada em todo o Mundo a maior ocorrência de formações de sedimentos do Terciário dentro de um único país ou mesmo dentro de um continente (NASCIMENTO, 2001). Apesar de toda esta extensão, esses solos apresentam similaridade em suas características pedogenéticas, predominando Latossolos e Argissolos, ambos Amarelos e distróficos (MOREAU et al., 2006).

Segundo a Universidade Federal de Viçosa (1984). Isso se deve à natureza essencialmente caulínica e quartzosa dos sedimentos, que, por serem bastante estáveis, não sofreram modificações de vulto com a pedogênese posterior. O relevo em sua maioria é suave ondulado, podendo apresentar, na sua parte interiorana, superfícies onduladas, e nas áreas de dissecações, relevo forte ondulado que raramente ultrapassam a 30% de declividade (ARAÚJO, 2000). Devido à topografia plana a suave-ondulada, propícia à mecanização agrícola; e à proximidade de mercados consumidores, tais solos são largamente utilizados para a produção de alimentos, sendo cultivados com cana-de-açúcar, citrus, manga, mamão, banana, coco, maracujá, feijão, milho, amendoim, eucalipto, café, mandioca, inhame, batata-doce, entre outras (IBGE, 2006).

Esses solos têm como característica marcante a presença de horizontes subsuperficiais coesos, situados geralmente entre profundidades de 0,15-0,30m e 0,80-0,90m (SANTANA et al., 2006). Esse impedimento físico, que ocorre mesmo sob condição natural, é denominado de horizonte coeso. Em geral, os horizontes coesos apresentam consistência muito dura quando secos, dificultando a penetração de raízes, diminuindo assim o volume de exploração do solo pelas mesmas e o armazenamento e distribuição de água ao longo do perfil (SOUZA, 1996; JACOMINE, 1996). Isso provoca redução na absorção de nutrientes e, principalmente, de água pelas plantas, o que, associado às frequentes estiagens observadas na região de ocorrência de tais solos, faz com que as plantas experimentem estresses freqüentes (SANTANA et al., 2006). A presença dos horizontes coesos, associada às limitações químicas, como elevada acidez e altos teores de Al trocável em altas percentagens, indicam que esses solos podem apresentar, sob condição natural, baixo índice de qualidade para crescimento das plantas e produção vegetal (MELO FILHO et al., 2007).

A origem desses horizontes ainda causa polêmica, podendo estar associada a vários processos simultâneos, como por exemplo: agrupamentos de argila face a face; perda do plasma argiloso da camada superficial para as camadas subjacentes (argiluviação); presença de sílica secundária, ferro e argila dispersos nos microporos; adensamento resultante da alteração da estrutura pela alternância nos processos de umedecimento e secagem; presença de compostos orgânicos pouco polimerizados, entre outros (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, 1984; AGUIAR NETO et al., 1988; CINTRA et al., 1997; RIBEIRO, 1998). Os estudos sobre

a gênese dos horizontes coesos não permitem, ainda, concluir sobre os processos de formação que os originaram. Porém, mesmo sem entender os processos de formação, é de extrema importância compreender as características edáficas desses horizontes, para propor um manejo sustentável para os solos desta região (RIBEIRO, 1998).

As relações de uso do solo quanto ao seu preparo para estabelecimento de culturas têm sido um processo dinâmico ao longo do tempo. No entanto pode-se, identificar duas fases distintas: no passado recente o uso do solo era direcionado apenas ao aumento de produtividade, sem qualquer preocupação ambiental. Atualmente, o conceito de ecologia passou a ter maior peso na agropecuária, ressaltando a importância do meio ambiente no contexto de produção. Para promover o manejo adequado das culturas e a preservação do solo e do meio ambiente, é necessário que práticas de preparo do solo estejam estritamente relacionadas às peculiaridades do ecossistema. Nos tabuleiros costeiros, cuidados especiais devem ser dedicados aos horizontes coesos, por estes promoverem, via de regra, impedimento ao aprofundamento das raízes e alterações significativas no regime hídrico do solo (CINTRA, 2005).

2.2. Qualidade de Solo

O crescimento populacional vem imprimindo uma pressão de forma indireta sobre os recursos naturais. Tal fato, aliado às técnicas de manejo que têm sido utilizadas para o cultivo e a despreocupação com a sustentabilidade do sistema, vêm causando a degradação do solo (MATIAS, 2003).

Qualidade do solo é um conceito emergente que integra avaliações descritivas e analíticas dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (ALCÂNTARA & FERREIRA, 2000).

Doran & Parkin (1994) propuseram qualidade do solo como sendo a capacidade desse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para o bom desenvolvimento das plantas, dos

animais e humana. Um dos desafios atuais da pesquisa é como avaliar a qualidade de um solo de maneira simples e confiável. Ela pode ser medida por meio da quantificação de alguns atributos, ou seja, de propriedades físicas, químicas e biológicas, que possibilitem o monitoramento de mudanças, a médio e longo prazo, no estado de qualidade desse solo. A avaliação da qualidade do solo é feita por indicadores que devem integrar as suas propriedades.

Assim como o ar e a água, a qualidade do solo está diretamente relacionada com o bom desenvolvimento e a produtividade dos ecossistemas terrestres (MELO FILHO et al., 2007). No entanto, quanto aos solos, possivelmente devido às influências de fatores relativos a sua gênese, variabilidade, uso, manejo e dadas as diversas funções que pode desempenhar, tem sido difícil para os pesquisadores estabelecer critérios universais para definição e quantificação da sua qualidade (GLOVER et al., 2000).

São crescentes as pesquisas relacionadas à qualidade de solo, uma vez que este recurso é um importante componente relacionado à produção agrícola, pois o mesmo é responsável pelo suprimento de água e nutrientes para as plantas. Desse modo, a manutenção e melhoria de sua qualidade é de fundamental importância para a sustentabilidade do setor produtivo. O grande desafio dos estudos sobre sustentabilidade é com relação ao desenvolvimento de metodologias para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem (MENDES et al., 2006).

A partir do momento em que os solos são utilizados na produção agrícola, com uso intensivo de práticas inadequadas, ocorrem modificações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos originais, acarretando em perda de qualidade do solo (CAVENAGE et al., 1999). Esses fatores ou propriedades da qualidade do solo podem ser modificados ou melhorados, por meio de práticas de manejo, embora algumas características do solo, como profundidade, declividade, clima, textura e mineralogia, que contribuem significativamente para a sua qualidade, sejam pouco modificadas com o manejo (FAGERIA & STONE, 2006), sendo que este tem maior influência sobre as propriedades do solo, como estabilidade de agregados, macro e microporosidade, dentre outras.

No solo existem diversas inter-relações entre os atributos físicos e químicos (CARNEIRO et al., 2009), as quais são muito sensíveis. Assim, qualquer alteração

no solo pode afetar diretamente sua estrutura e conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos nos agroecossistemas (BROOKES, 1995).

2.2.1. Indicadores Químicos de Qualidade

Para o monitoramento da qualidade do solo, de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de manejo que vêm sendo adotados pelos agricultores a tempo de frear a degradação do mesmo, é necessário definir atributos de solo e do ambiente sensíveis ao manejo e de fácil determinação (MIELNICZUK, 1999). Encontra-se na literatura de forma unânime, o carbono orgânico total como indicador chave da qualidade do solo (BARRETO et al., 2006). Segundo Bernoux et al. (1999), nos ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico do solo são os resíduos da vegetação; já nos agrossistemas, a maior parte do carbono do solo é proveniente da vegetação nativa e da decomposição dos resíduos vegetais das culturas introduzidas.

A matéria orgânica tem a capacidade de proporcionar a melhoria das propriedades químicas do solo dentro de um agrossistema. O processo de mineralização dessa resulta na liberação de nutrientes para as plantas. Como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (MARIN, 2002). Em solos de região de clima tropical a matéria orgânica, mesmo que em baixo teor, contribui de forma direta e positiva na capacidade de troca de cátions (CTC), devido à reduzida atividade das argilas (VERDADE, 1956). Ela também atua sobre outros processos, tais como: ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Quando o solo passa por mudanças nas suas propriedades químicas de um patamar que é favorável ao desenvolvimento das plantas para um que condicione um desfavorecimento para as mesmas, diz-se que houve uma degradação química deste solo, o que resulta no decréscimo da produtividade da cultura. Algumas das propriedades químicas importantes do solo são pH, fertilidade, CTC, saturação por bases, teor de matéria orgânica, dentre outras. O processo de degradação pode ocorrer devido à fertilização inadequada, lixiviação, inundação, prática da

monocultura por longo tempo na mesma área, erosão, uso de água salina para irrigação em regiões áridas ou semi-áridas e à calagem excessiva de solos ácidos (FAGERIA & STONE, 2006).

Alvarenga (1999), estudando a alteração de atributos de solo sob diferentes condições de uso, observou que os atributos químicos do solo mais correlacionados com as alterações nos ecossistemas foram os teores de K, Mg, Ca e S.

2.2.2. Indicadores Físicos de Qualidade

As propriedades físicas do solo são aquelas características, processos ou reações de um solo que são causados por forças físicas e que podem ser descritos ou expressos em termos físicos ou equações (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1997). São exemplos de atributos físicos: a densidade do solo, a textura, a estrutura, a porosidade, distribuição do tamanho dos poros dentre outras, estes são alguns dos importantes atributos do solo que interferem na produção eficiente das culturas. Se essas propriedades encontram-se em condição favorável e estando aliadas a condições ideais de manejo, tem-se um meio propício ao incremento na produção. As propriedades físicas do solo influenciam principalmente as relações ar-água, a temperatura do solo e a resistência mecânica, que influencia de forma negativa na emergência das plântulas e/ou o crescimento radicular, conseqüentemente, afetando o crescimento das plantas (FAGERIA & STONE, 2006).

O estabelecimento de relações entre atributos físicos do solo e o desenvolvimento e produção de plantas tem sido buscado por muitos anos, sendo encontrados para muitos casos. Porém o que ocorre é que muitas vezes tais constatações não se repetem em condições similares. Com isso, sedimenta-se ainda mais a ideia de que valores ótimos relativos à qualidade física do solo, para melhorar a produtividade dos cultivos e manter ou melhorar as condições ambientais, ainda são largamente desconhecidos (REYNOLDS et al., 2002).

Os atributos físicos do solo vêm sendo utilizados para o estudo de qualidade por apresentarem vantagens relacionadas ao baixo custo e à relação direta com os demais atributos químicos do solo (MENDES et al., 2006).

A qualidade física do solo, quando relacionada com o crescimento das plantas é determinada não só pela disponibilidade de água, aeração e temperatura, mas também faz parte deste processo a resistência que a matriz do solo oferece à penetração das raízes (HAMBLIN, 1985; LETEY, 1985).

3. CAPÍTULOS

3.1. Atributos Químicos como Indicadores de Qualidade do Solo na Região de Tabuleiros Costeiros, na Sub-Bacia do Córrego Abóboras, Jaguaré-ES

Resumo

Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover o bom desenvolvimento das plantas, dos animais e dos homens. Com o objetivo de avaliar a influência da cobertura atual do solo nos atributos químicos e estabelecer inter-relações com a qualidade do solo, foi realizado um estudo de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2012, no norte do estado do Espírito Santo, no município de Jaguaré, na sub-bacia do Córrego Abóboras, área que fica localizada em região de tabuleiros costeiros. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e a amostragem dos solos foi realizada nos meses de fevereiro e março de 2011. Foram realizadas as quantificações da acidez ativa através da mensuração do potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cations (CTC), alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). A amostragem foi realizada em 3 (três) profundidades: 0-0,05 m; 0,05-0,20 m e 0,20-0,40 m. Os resultados experimentais mostraram que houve alterações nos atributos químicos do solo em função das coberturas vegetais; que a camada superficial do solo (0,00-0,05m), demonstrou ser muito sensível às variações nela ocorridas do ponto de vista químico; na segunda camada do solo (0,05-0,20m), houve conservação da qualidade química nas coberturas vegetais de café conilon, pimenta-do-reino, reflorestamento com eucalipto e pastagem, em relação à Mata Atlântica secundária nativa; e na terceira camada do solo (0,20-0,40m), a única cobertura vegetal que não conseguiu preservar a qualidade química do solo foi o reflorestamento com espécies nativas.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, sustentabilidade, fertilidade do solo, manejo do solo.

Abstract

Soil quality is the ability of a soil work within the limits of a natural or managed ecosystem to maintain the productivity of plants and animals, to maintain or to increase the air and the water qualities and to promote the health of plants, animals and humans. In order to evaluate the influence of the current coverage of the soil on the chemical attributes and to establish interrelationships with soil quality, this study was conducted from February of 2011 to February of 2012 in the north of Espírito Santo state, in the municipality of Jaguaré, in the Córrego Abóboras sub-basin, which is located in a coastal plain area. The experimental design was completely randomized and the soil collection was conducted between February and March of 2011. We have made active acidity quantification by measuring the hydrogen potential (pH), Organic Matter (MO), Capacity of Cation Exchange (CTC), Aluminum (Al^{3+}), Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Potassium (K^+), potential acidity (H+Al), Sum of Bases (SB), Saturation by Bases (V) and Aluminum Saturation (m). Sampling was conducted in three depths: 0-0.05 m; 0.05-0.2 m and 0.2-0.4 m. Results have demonstrated that there were changes in soil chemical attributes depending on the vegetable toppings; that the topsoil (0.00-0.05 m), revealed to be very sensitive to variations occurring therein from chemical point of view; on the second soil layer (0.05 to 0.20 m), there was chemistry quality preservation on vegetation covers of conilon coffee, black pepper, reforestation with eucalyptus and grassland comparing with native secondary Atlantic Forest; and on third layer of soil (0.20-0.40 m), the only vegetation that failed to preserve quality soil chemistry was reforestation with native species.

Keywords: Vegetation cover, sustainability, soil fertility, soil management.

Introdução

O Espírito Santo está inserido em uma formação geológica denominada de Tabuleiros Costeiros, que são formações com características bem definidas, que se estendem pela região costeira brasileira, do Amapá ao Rio de Janeiro, limitada por morros do Cristalino no ocidente e pela baixada litorânea no oriente (JACOMINE, 1996). Segundo Souza et al. (2002), os tabuleiros apresentam cerca de 18,6% de cobertura florestal nativa e a maior parte dos seus solos concentrados em duas classes, os Latossolos Amarelos e os Argissolos Amarelos, que representam cerca de 67,5 e 25,0%, respectivamente, dos solos desta formação (JACOMINE, 1996).

De forma geral, os solos do Espírito Santo têm por característica, a baixa fertilidade natural, que quando associada à elevada acidez e à presença de alumínio trocável em altas porcentagens, prejudica o bom desenvolvimento das plantas. Porém, quando se utilizam práticas adequadas de correção e de convivência com tais limitações estes podem apresentar alto potencial de produção (PREZOTTI et al., 2007; MELO FILHO et al., 2007).

O conceito de qualidade do solo é emergente e consiste em uma nova abordagem de princípios que envolvem idéias antigas (STEINHARDT, 1995), uma vez que está mais latente na comunidade científica que os atributos do solo são tão vulneráveis à degradação quanto são o ar e a água (KARLEN et al., 1992)

De acordo com Vezzani & Mielniczuk (2009), só a partir de 1990 que as discussões sobre qualidade de solo vieram à tona na comunidade científica, uma vez que se tornou aparente para a mesma, a relevância desse recurso para a qualidade ambiental. Nas publicações, era mais frequente a preocupação com a degradação dos recursos naturais e a sustentabilidade do modelo agrícola. Nesse sentido o monitoramento da qualidade do solo se faz importante de forma que possam ser sugeridas modificações nos sistemas de uso e manejo a tempo de evitar a sua degradação (MIELNICZUK, 1999). Com isso, tem-se difundido o conceito de qualidade do solo.

Os indicadores de qualidade do solo têm que apresentar algumas características básicas, a saber: mostrar-se sensível às variações do uso e manejo, apresentar boa correlação com as funções do solo, ser de fácil compreensão e ser útil para o agricultor, além de fácil mensuração e baixo custo (DORAN & ZEISS, 2000), tornando-o um indicador mais usual e funcional.

A exemplo dos atributos físicos, os químicos também são diretamente afetados pelo uso e manejo do solo, tendo-se como exemplo o carbono orgânico, pH e cátions trocáveis (CATTELAN & VIDOR, 1990).

Com a substituição da vegetação nativa, para implementação de um sistema agrícola, proporcionam-se alterações no teor de carbono orgânico do solo, pois cria-se um ambiente mais desequilibrado, intensificando-se assim o processo de mineralização da matéria orgânica, apesar de, inicialmente, registrar-se a liberação de alguns nutrientes, favorecendo a nutrição vegetal (BARRETO et al., 2006).

Quando se trata de horizontes mais superficiais, a matéria orgânica do solo ganha destaque por estar diretamente ligada à formação da capacidade de troca de cátions (CANELLAS et al., 2000). A matéria orgânica desempenha importante papel nas propriedades do solo, por ser esta uma fonte de nutrientes para as plantas, tais como N, P, S, K, Ca, Mg (MARIN, 2002).

Há vários registros na literatura da utilização de atributos como: pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, alumínio trocável, cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio (H+Al), soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio, como indicadores de qualidade química do solo (LIMA et al., 2007; CARNEIRO et al., 2009; MELLONI et al. 2008; DUFRANC et al., 2004; ALVARENGA & DAVIDE, 1999; FIDALSKI et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007)

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da cobertura vegetal sobre os atributos químicos do solo, dentro de uma sub-bacia, em uma região de tabuleiros costeiros, e estabelecer inter-relações com a qualidade do solo.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no período compreendido entre os meses de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2012, no norte do Espírito Santo, no município de Jaguaré, na sub-bacia do Córrego Abóboras, a qual fica localizada sob as coordenadas geográficas 18° 55' 05" S e 40° 04' 24" W e altitude de 61 metros. A topografia é plana na maior parte da área e meias encostas que convergem para os córregos que compõem a sub-bacia.

Foram estudadas sete coberturas vegetais, selecionadas levando-se em consideração a maior semelhança morfológica e a menor distância entre elas (Figura 1 e TABELA 1). Todas as áreas foram ocupadas por vegetação nativa em seus primórdios. Desse modo, foram escolhidas as seguintes áreas: Mata Atlântica secundária Nativa (MN), reflorestamento com eucalipto (RE), pastagem (PG), lavoura de seringueira (SR), lavoura de café conilon (CC), reflorestamento com espécies nativas (RN) e lavoura de pimenta-do-reino (PR). O fragmento de MN foi adotado como sendo uma área de referência por nunca ter sofrido ação antrópica, uma vez que essa área não possui histórico de manejo. O RE foi implantado há 5 (cinco) anos; anteriormente o local foi cultivado com pastagem, cultura que perdurou por 25 (vinte e cinco) anos. A PG vem sendo cultivada com grama batatais (*Paspalum notatum*) ao longo de 35 (trinta e cinco) anos. A área que está sendo cultivada há 16 (dezesesseis) anos com SR, já foi cultivada anteriormente por 20 (vinte) anos com lavoura de café conilon. O CC apresenta 13 anos de idade e este é o segundo ciclo consecutivo da cultura na área, que anteriormente foi cultivada com feijão e milho, perfazendo 28 anos. O RN foi implantado há 12 anos, no lugar de uma pastagem, que tinha aproximadamente 24 anos. A PR, está com 10 anos, encontra-se em um local onde havia uma pastagem. A maior distância entre as áreas é de 2.500 metros em linha reta. Visando minimizar os efeitos das adubações realizadas nas lavouras alvo de estudo deste trabalho, toda a amostragem do solo, onde houve possibilidade, foi realizada nas entrelinhas de cultivo.

Os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa 2006). As coberturas vegetais CC, SR e RN, foram implantadas sobre Latossolo Amarelo distrófico, e as demais coberturas sobre Argissolo Amarelo distrófico. Contudo, todos os perfis apresentaram características semelhantes no horizonte diagnóstico, inclusive a estrutura em blocos, comum a todos eles; sendo a diferenciação feita por meio do gradiente textural do horizonte A para o B.

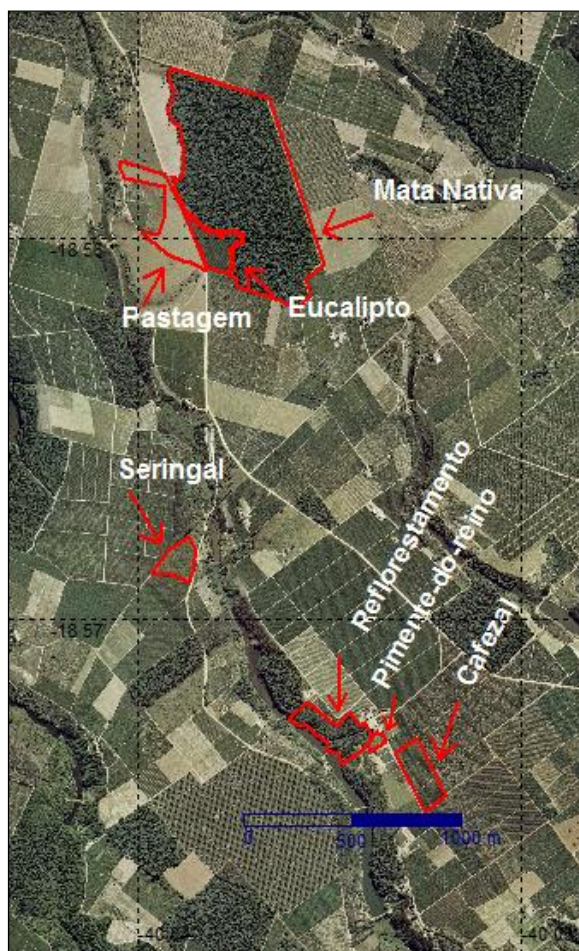


FIGURA 1. Imagem aérea das áreas alvo do presente estudo. Fonte: Adaptado de IDAF – ES.

TABELA 1. Tipo de cobertura vegetal, identificação, dimensão e posição geográfica das áreas estudadas

Cobertura Vegetal	Sigla	Área (m ²)	Coordenadas	
			S	W
Café conilon	CC	36.300	18 57' 23.83621"	40 03' 15.95490"
Reflorestamento com eucalipto	RE	35.600	18 56' 01.91940"	40 03' 48.36456"
Mata Atlântica secundária Nativa	MN	473.900	18 55' 50.89874"	40 03' 47.43073"
Pastagem	PG	56.800	18 55' 57.74460"	40 03' 53.95386"
Pimenta-do-reino	PR	4.200	18 57' 19.54468"	40 03' 22.14844"
Reflorestamento com espécies nativas	RN	13.800	18 57' 18.48724"	40 03' 26.40564"
Seringueira	SR	20.200	18 56' 50.45151"	40 03' 52.89642"

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e a amostragem dos solos foi realizada no mês de março de 2011. Foram realizadas as seguintes determinações químicas: acidez ativa através de pH em água, matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cations (CTC), alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). A amostragem foi realizada em 3 (três) profundidades: 0-0,05 m, 0,05-0,20 m e 0,20-0,40 m.

Em cada uma das sete áreas estudadas foram coletadas sub-amostras deformadas com auxílio de sonda, constituindo uma amostra composta, advinda de 10 amostras simples, que posteriormente foi seca à sombra, destorroada e passada em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se TFSA. Aplicou-se este protocolo nas 3 profundidades estudadas, com 3 repetições, caminhando-se em zig-zag nas áreas (PREZOTTI et al., 2007; BARRETO et al., 2006), obtendo um total de 63 amostras, sendo sete coberturas, três profundidades e três repetições ($7 \times 3 \times 3 = 63$).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório Agrônomo de Análises de Solo, Folha e Água (LAGRO) do CEUNES/UFES, onde foram determinados todos os atributos químicos do solo propostos no presente trabalho.

As análises químicas foram realizadas de acordo com métodos descritos pela EMBRAPA (1997), onde foram procedidos da seguinte forma: pH - imerso em suspensão solo-água na proporção de (1:2,5); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos por KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, com o Ca^{2+} e o Mg^{2+} sendo dosados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e o Al^{3+} por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ na presença de azul de bromotimol como indicador; K^+ extraído por Mehlich⁻¹, constituída por uma mistura de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ e determinado em fotômetro de chama; H+Al extraído com acetato de cálcio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 e determinado com titulação alcalimétrica (NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$) do extrato. De posse dos dados de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável, calcularam-se os valores de CTC, SB, V e m. A matéria orgânica foi determinada por oxidação com dicromato de potássio $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$, titulando com solução de sulfato ferroso amoniacal $0,102 \text{ mol L}^{-1}$, utilizando difenilamina (10 g L^{-1} de indicador).

TABELA 2. Caracterização física dos solos para as diferentes coberturas vegetais e profundidades

Cobertura	Areia	Argila	Silte
----- g kg ⁻¹ -----			
0 – 0,05 m			
CC	738	257	5
RE	758	236	6
MN	762	236	2
PG	735	250	15
PR	821	177	2
RN	761	230	9
SR	822	173	5
0,05 – 0,20 m			
CC	711	286	3
RE	711	283	6
MN	707	286	7
PG	645	341	14
PR	719	277	4
RN	650	347	3
SR	746	246	8
0,20 – 0,40 m			
CC	611	372	17
RE	551	436	13
MN	642	352	6
PG	582	407	11
PR	649	343	8
RN	568	415	17
SR	690	292	18

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente ao teste de médias, comparando-os pelo teste de Tukey a 5 %. Também foi realizada uma análise complementar, com a técnica multivariada por meio do método das Variáveis Canônicas, envolvendo todas as variáveis. A partir desta análise reduziu-se o

conjunto de dados em combinações lineares, gerando os escores das variáveis canônicas. Conforme recomendado por Cruz et al. (2004), as duas primeiras Variáveis Canônicas têm que explicar mais de 80% da variação total, para que assim se possa fazer uso da dispersão gráfica. Para as análises de dispersão gráfica, geralmente encontra-se como dificuldade o estabelecimento de grupos de similaridade, com base na simples inspeção visual da dispersão. Por isso, a utilização conjugada de métodos de dispersão gráfica como os agrupamentos tem sido a alternativa mais adequada (CRUZ & CARNEIRO, 2006). Devido a tal fato, posteriormente à dispersão gráfica, procedeu-se uma análise de agrupamento, utilizando o método de otimização de Tocher, que permite visualizar melhor os grupos formados pelas coberturas que apresentaram maior similaridade, e para agrupar os diferentes tipos de coberturas. As análises foram realizadas de acordo com Cruz et al. (2004), utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

Para a primeira camada estudada (0-0,05 m), o único indicador que não diferiu estatisticamente, entre as coberturas, foi o teor de Al (TABELA 3). Carneiro et al. (2009), trabalhando em região de Cerrado com Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, encontraram resultados controversos a este, assim como para pH, que no presente trabalho apresentou resultados significativos.

As diferenças apresentadas pelas demais áreas podem estar em função, primeiramente, da camada em questão se tratar de um ambiente de muitas reações, constituindo-se uma parte do solo que se encontra em constante atividade. Em duas dessas áreas (CC e PR) com manejo e tráfego constante de pessoas; três (SR, RE e PG) que receberam intervenção antrópica na implantação, sendo que hoje esta intervenção é mais rara; uma área (RN) área que só foi alvo da ação humana na implantação e por último, uma área (MN) que nunca recebeu intervenção antrópica. Assim, justificam-se as diferenças aqui constatadas.

Barreto et al. (2006), trabalhando com mata nativa, lavoura de cacau e pastagem nativa no sul da Bahia, também registraram comportamento semelhante,

para os indicadores pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H+Al, CTC, V e m; assim como Alvarenga & Davide (1999), que desenvolveram seus estudos em região de cerrado, que além da vegetação nativa, avaliaram também reflorestamento com eucalipto, áreas de culturas anuais e pastagem natural e plantada. Todos estes estudos foram desenvolvidos sobre Latossolo.

Gama-Rodrigues et al. (2008), estudando *Acacia auriculiformis* (acácia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá), eucalipto, pastagem natural e capoeira no Rio de Janeiro, obtiveram resultados que vão de encontro aos aqui expostos, coincidindo entre os estudos o comportamento do pH, da CTC e do H+Al.

Ao se comparar os resultados do presente trabalho com os obtidos por Costa et al. (2009), que também trabalharam em região de tabuleiros costeiros, fazendo uma comparação entre pastagens em diferentes níveis de manejo e idade e uma área em estágio natural, observou-se comportamento semelhante do pH e da CTC com os aqui colocados. Tais parâmetros estiveram relacionados à formação da fertilidade, principalmente a CTC, que proporcionou ao solo uma maior capacidade de reter elementos que foram utilizados pelas plantas em seu processo de desenvolvimento, sejam elas cultivadas ou espontâneas, o que possibilitou menor exposição do solo, reduzindo a possibilidade de haver processos de degradação.

Ainda na primeira camada do solo, observou-se que os menores valores das CTC foram acompanhados dos maiores teores de MO (TABELA 3), como era de se esperar, já que a MO teve forte influência na composição da CTC do solo, sendo esta contribuição mais pronunciada em regiões onde ocorreram argilas de baixa atividade; o solo sob MN apresentou maiores valores médios para ambos os atributos (TABELA 3). O maior teor de MO na área de MN se deve a este ambiente equilibrado em relação aos demais, com contribuições constantes de material orgânico. As práticas agrícolas tendem a favorecer a redução do teor de MO, pelo aumento na taxa de decomposição, sobretudo quando há revolvimento do solo, causando um desbalanceamento entre adição e perda de carbono no sistema (BAYER, 1996; PERIN et al., 2003).

As bases trocáveis dos solos (Ca, Mg e K), na camada mais superficial, tiveram comportamento variado em relação à área de referência (MN). A ciclagem de nutrientes pode estar diretamente ligada a estas diferenças encontradas, uma vez que a planta retirou o nutrientes de camadas mais profundas e os depositaram na forma orgânica sobre o solo, ficando assim este material sujeito ao processo de

decomposição/mineralização. Além disso há coberturas vegetais com diferentes sistemas radiculares, em se tratando de profundidade e volume de solo explorado. A PG e a PR apresentaram raízes mais superficiais, enquanto as demais áreas predominaram os sistemas radiculares mais profundos, permitindo as mesmas retirarem nutrientes de um maior volume de solo. A MN por se apresentar em diferentes extratos, a exemplo do RN, com diferentes espécies vegetais, que possuem demandas de nutrientes variadas, realizaram com maior eficiência o processo de ciclagem.

Na segunda camada do solo (0,05-0,20m), o único atributo que não se mostrou significativo pelo Teste F foi a MO (TABELA 3), ou seja, as coberturas vegetais não diferiram entre si quanto aos teores de matéria orgânica. O aporte de MO ocorre quase que exclusivamente em função do material orgânico proveniente das próprias plantas, não havendo incorporação deste material. Tal fato associado ao acelerado processo de mineralização na região tropical, justifica níveis tão baixos e semelhantes de MO nesta camada (TABELA 3). Os teores de MO encontrados neste estudo estão acima dos obtidos por Melo Filho et al. (2007), que trabalharam com um Latossolo Amarelo em tabuleiros costeiros na Bahia, sob Mata Atlântica.

O pH do solo das áreas mais intensamente cultivadas (CC e PR) e da PG, foram semelhantes aos das demais áreas e mostraram-se estatisticamente semelhantes (TABELA 3). O que no caso do CC e da PR pôde ser explicado pelas adubações e calagens realizadas, onde os nutrientes ali aplicados posteriormente, participaram do processo de ciclagem, uma vez que na poda e desbrota do café, há deposição de material orgânico nas entrelinhas das lavouras, além de haver um rígido controle espécies espontâneas.

Dentre as coberturas vegetais, a SR foi a que apresentou o solo com maiores restrições químicas na camada de 0,05-0,20m, a julgar pelos menores valores de pH, Ca, Mg, K, SB, MO, CTC e V, e maiores de Al e m. A exemplo do que foi descrito por Prado et al. (2007), trabalhando em um Argissolo Vermelho-Amarelo, com vegetação nativa, seringueira, citros e pastagem, o presente trabalho encontrou resultados semelhantes aos descritos pelo autor para o comportamento do teor de K, H+Al, SB e CTC.

Por se tratarem de culturas perenes, ou seja, não há revolvimento anual do solo, fica mais difícil registrar a intervenção antrópica na camada de 0,05-0,20m. Porém, as áreas que recebem adubação (CC e PR) à base de potássio,

apresentaram níveis mais elevados de K, devido a sua mobilidade no sistema solo, juntamente com a MN e RN. Insta salientar que estas culturas (CC e PR) também são coberturas de grande demanda de nutrientes, por isso as adubações anuais são feitas de acordo com o recomendado por Prezotti et al. (2007).

Para a terceira camada do solo (0,20-0,40m), constatou-se que 8 dos 11 atributos do solo em estudo não apresentaram diferenciação estatística entre as coberturas vegetais, sendo estes pH, MO, Al, Ca, K, SB, V e m, o que corrobora com os dados obtidos por Lima et al. (2007) para pH, CTC e V. Já para SB, os resultados aqui expressos estão em desacordo em relação a estes autores.

As aferições feitas para os indicadores químicos mostraram que a fertilidade do solo está concentrada nas camadas superficiais de 0-0,05 e 0,05-0,20 m, à exceção do K na RN, que apresentou acréscimo em seu teor na maior profundidade (0,20-0,40 m).

Nesta camada (0,20-0,40m), devido à sua profundidade, são mínimos os reflexos das intervenções antrópicas, visto também que não é realizada fertilização nesta profundidade. Todavia, a mobilidade dos nutrientes pôde explicar as diferenciações registradas para Mg. Já para CTC, como não houve diferença estatística para a MO, a fração argila, que é de baixa atividade no local em estudo, parece estar determinando a diferenciação para este indicador, assim como a diferenciação da H+Al.

TABELA 3. Atributos químicos do solo em diferentes coberturas vegetais e profundidades do solo.

Cob.	pH	MO		CTC		Al		Ca		Mg		H+Al		SB		K		V		m		
		dag kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³										mg dm ⁻³		%						
0 – 0,05 m																						
CC	6,3	ab	2,4	bc	5,97	ab	0,10	a	3,73	ab	0,93	ab	1,17	cd	4,80	ab	16,7	cd	80,6	ab	2,1	b
RE	5,1	d	2,6	b	5,03	b	0,23	a	1,73	b	0,47	c	2,73	ab	2,30	c	13,3	d	45,1	d	9,1	a
MN	5,5	d	3,3	a	8,03	a	0,10	a	3,67	ab	0,73	bc	3,47	a	4,57	abc	63,3	a	56,9	cd	2,1	b
PG	6,2	bc	1,9	cde	6,70	ab	0,10	a	3,17	ab	1,13	a	2,37	ab	4,33	abc	24,4	bcd	64,5	bc	2,3	b
PR	6,9	a	2,3	bcd	6,33	ab	0,10	a	4,63	a	0,70	bc	0,83	d	5,50	a	43,3	abc	86,5	a	1,8	b
RN	5,2	d	1,3	e	6,30	ab	0,10	a	3,13	ab	1,00	ab	2,07	bc	4,27	abc	52,6	ab	66,3	bc	2,5	b
SR	5,6	cd	1,8	de	4,93	b	0,10	a	2,13	b	0,80	b	1,93	bcd	3,00	bc	16,7	cd	61,0	cd	3,3	b
0,05 – 0,20 m																						
CC	6,2	a	1,9	a	5,27	ab	0,10	b	2,87	a	0,67	a	1,63	b	3,63	a	26,0	abc	69,4	a	2,7	b
RE	5,3	b	2,2	a	4,87	ab	0,17	b	1,93	ab	0,37	b	2,47	ab	2,13	bc	13,3	c	46,1	bc	7,7	b
MN	5,4	b	2,2	a	5,47	a	0,10	b	2,53	a	0,50	ab	2,33	b	3,13	ab	50,0	a	57,7	ab	3,1	b
PG	6,0	a	1,5	a	4,93	ab	0,10	b	2,17	a	0,57	a	2,01	b	2,83	ab	16,7	bc	56,6	ab	3,5	b
PR	6,3	a	1,9	a	5,67	a	0,10	b	3,13	a	0,63	a	1,77	b	3,90	a	40,0	ab	68,6	a	2,6	b
RN	5,3	b	1,8	a	6,17	a	0,20	b	1,97	ab	0,60	a	3,47	a	2,70	ab	41,0	a	43,3	bc	7,6	b
SR	5,0	b	1,5	a	3,57	b	0,40	a	0,90	b	0,33	b	2,33	b	1,23	c	10,0	c	35,5	c	24,2	a
0,20 – 0,40 m																						
CC	5,2	a	1,7	a	4,17	b	0,17	a	1,53	a	0,33	ab	2,20	ab	1,97	a	14,9	a	47,7	a	8,8	a
RE	5,6	a	1,4	a	4,13	b	0,13	a	2,00	a	0,20	bc	1,77	b	2,37	a	23,3	a	56,9	a	5,3	a
MN	5,3	a	1,3	a	4,13	b	0,27	a	1,67	a	0,23	abc	2,17	ab	1,97	a	16,7	a	47,5	a	15,7	a
PG	6,0	a	1,9	a	4,57	b	0,10	a	2,03	a	0,40	a	2,03	b	2,50	a	19,1	a	55,2	a	3,9	a
PR	5,7	a	1,2	a	3,97	b	0,13	a	1,67	a	0,33	ab	1,80	b	2,17	a	46,7	a	54,0	a	6,6	a
RN	5,1	a	1,5	a	5,60	a	0,40	a	1,43	a	0,40	a	3,70	a	1,90	a	19,9	a	33,6	a	18,4	a
SR	5,2	a	1,1	a	3,93	b	0,47	a	0,73	a	0,13	c	3,03	ab	0,90	a	20,0	a	23,4	a	29,8	a

Cob.- Cobertura vegetal; CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ns – não significativo pelo teste Tukey a 5%.

Para realização da análise por meio de Variáveis Canônicas dos atributos químicos foram utilizados o pH, MO, CTC, Al Ca, Mg, K, H+Al, SB, V e m. Para as coberturas vegetais estudadas na primeira camada de solo (0,00-0,05m), a primeira e a segunda variável canônica corresponderam a 74,21% e 16,98%, da variação total, respectivamente, totalizando 91,19% da variação total (Figura 2A), sendo este um percentual acima do mínimo de 80,0% exigido, conforme indicações de Cruz et al. (2004) para avaliação utilizando dispersão gráfica dos escores, possibilitando assim o estudo em espaço bidimensional. O agrupamento das coberturas foi realizado por meio do método de Tocher, evidenciando um grupo, na camada superficial, sendo formado pelo RE, SR, RN, CC, PR e PG, ficando a MN isolada (Figura 2A). Isso demonstra haver similaridade entre estas áreas agrupadas e que nenhuma delas assemelhou-se à MN, quando compiladas todas as informações de forma simultânea. Diante disso, parece haver uma desarmonia destes indicadores, por serem ambientes desequilibrados, devido à intervenção antrópica nesta camada, que é influenciada pelo manejo, além de ser muito sensível a estas intervenções. Do ponto de vista da fertilidade do solo estas coberturas não estão conseguindo preservar as características do solo da referência (MN), ou seja, está havendo mudança na qualidade química deste solo.

Para a segunda camada do solo (0,05-0,20m), as duas primeiras variáveis canônicas explicaram, respectivamente, 65,04% e 27,72%, perfazendo um total de 92,76% (Figura 2B), estando acima do percentual mínimo exigido para se realizar a representação por dispersão gráfica. Nesta camada foi registrada a formação de um grupo sendo formado por CC, PR, RE, PG e MN, e ficando a SR e o RN isolados dos demais. Nesta camada, os efeitos das interferências antrópicas ficam menos evidentes. Para esta camada verificaram-se que, apenas a SR e o RN não estão sendo eficientes em manter as características iniciais do solo, apesar da redução da influência antrópica nos indicadores desta camada.

Com o manejo que vem sendo empregado nas áreas de CC, PR, RE e PG, os proprietários estão conseguindo manter preservados os atributos químicos do solo, ou seja, a fertilidade do solo está sendo preservada. Isto indica não estar havendo um uso puramente extrativista do solo, se mostrando sustentável nesta camada, uma vez que mesmo havendo retirada de nutrientes, porém sem exaurir o estoque do solo, o que do ponto de vista conservacionista é interessante.

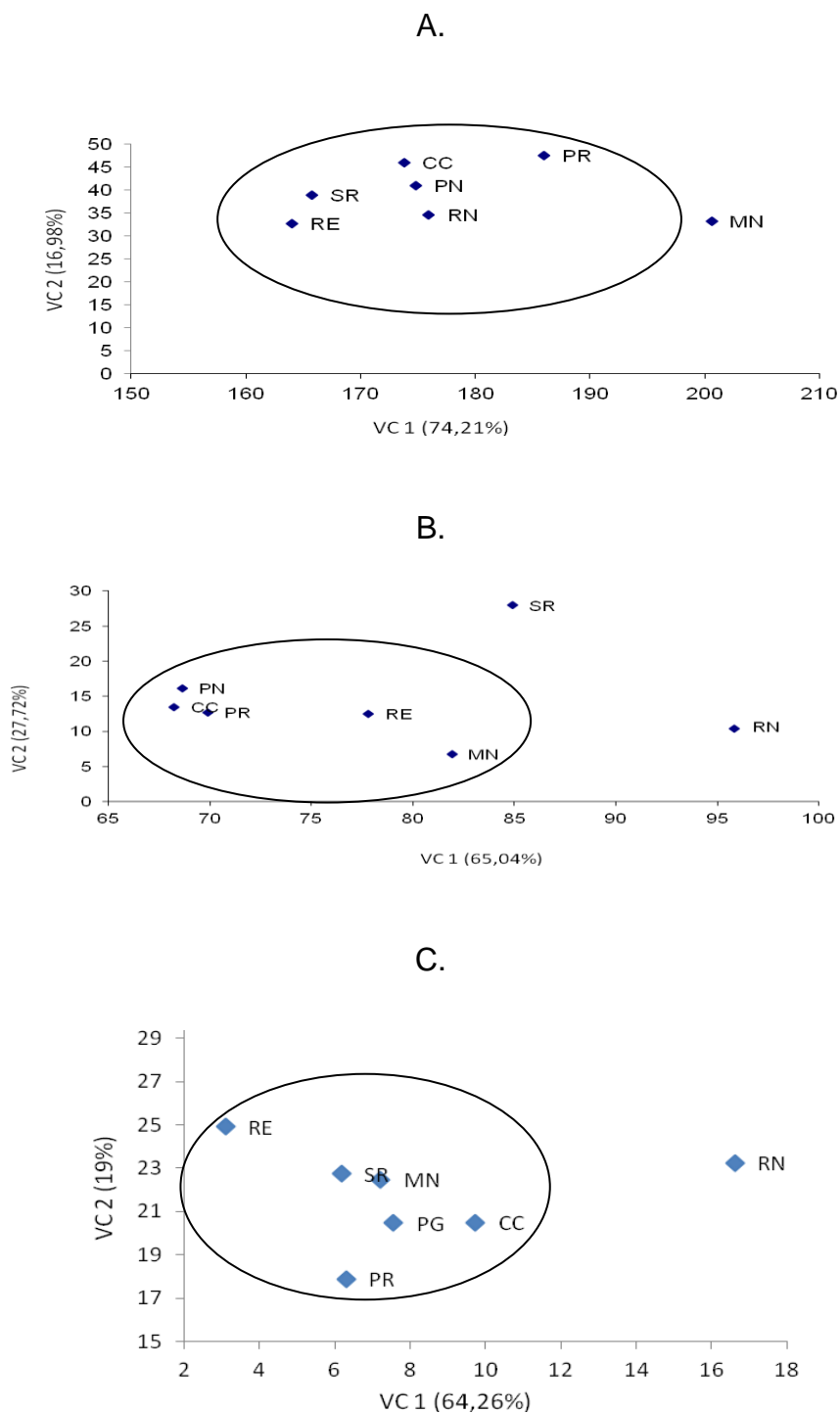


FIGURA 2. Dispersão gráfica, utilizando as duas primeiras variáveis canônicas (VC) para os atributos químicos do solo em função das coberturas vegetais nas três profundidades (A: 0-0,05 m, B: 0,05-0,20 m e C: 0,20-0,40 m), agrupadas para atributos químicos pelo método de Tocher.

A terceira camada do solo (0,20-0,40m) apareceu com a formação de apenas um grupo, ficando somente o RN isolada (Figura 2C). As duas primeiras variáveis canônicas explicaram, respectivamente, 64,26% e 19,00%, totalizando 83,26% da variação total (Figura 2C), que foi um índice satisfatório. Nesta camada, dificilmente haverá reflexos do manejo influenciando as características e propriedades do solo. Nesta profundidade, somente o RN se apresentou alheio às demais coberturas, fato que pode ser explicado por esta ser uma área de recuperação, pois anteriormente a mesma era ocupada por uma pastagem degradada, com processos erosivos em diferentes estágios de desenvolvimento. A fertilidade desta camada deve estar em processo de recuperação. Já as demais áreas foram agrupadas com a área referência, o que confirma o bom manejo e uso adotado pelos proprietários em relação à conservação do recurso solo.

O fato de haver dois solos de classes diferentes envolvidos no estudo, não refletiu nos resultados finais com um possível agrupamento das coberturas sobre as quais estão estas classes de solo.

Conclusões

1. Houve alterações nos atributos químicos do solo em função das coberturas vegetais.
2. A camada superficial do solo (0,00-0,05m), demonstrou ser muito sensível às variações nela ocorridas do ponto de vista químico.
3. Na segunda camada do solo (0,05-0,20m), houve conservação da qualidade química nas coberturas vegetais de café conilon, pimenta-do-reino, reflorestamento com eucalipto e pastagem, em relação à Mata Atlântica secundária nativa.
4. Na terceira camada do solo (0,20-0,40m), a única cobertura vegetal que não conseguiu preservar a qualidade química do solo foi o reflorestamento com espécies nativas.

Referências Bibliográficas

ALVARENGA, M. I. N. & DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.933-942, 1999.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R. de; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da bahia. **Caatinga**, Mossoró, Brasil, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado).

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.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S. & AZEVEDO W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.147-157, 2009.

CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p.133-142, 1990.

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

CRUZ, C.D. & CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. v. 2 Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CRUZ, C.D. **Programa GENES** – Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. & CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. v. 1 Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 480p.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p.3-11, 2000.

DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S. & CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.505-517, 2004.

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

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. & SCAPIM, C. A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um latossolo vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.9-19, 2007.

FILHO, J. F. de M.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1599-1608, 2007.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA- RODRIGUES, A. C. da; PAULINO, G. M. & FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530, 2008.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: **REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS**, 1996, Cruz das Almas. Anais. Cruz das Almas, EMBRAPA/UFBA, 1996. p.13-26.

KARLEN, D.L.; EASH, N.S. & UNGER, P.W. Soil and crop management effects on soil quality indicators. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, p.48-55, 1992.

LIMA, H, V.; OLIVEIRA, T. S. de; OLIVEIRA; M. M. De; MENDONÇA E. de S. & Lima P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e

convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1085-1098, 2007.

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.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N. & VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.2461-2470, 2008.

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.

PRADO, R. de M.; ROQUE, C. G.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Impactos do cultivo contínuo de citros, seringueira e pastagem nos atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Ciência Agrária**. Belém, v. 48, p.205-214, 2007.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVERIA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5º Aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2007, 305p.

RIBEIRO, K. A.; OLIVEIRA; T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; XAVIER, F. A. da S.; MAIA, S. M. F. & SOUSA, H. H. de F. Qualidade do solo na cultura do cajueiro anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, p.341-351, 2007.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ª ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2006.

SOUZA, L.S.; BORGES, A.L.; CINTRA, F.L.D.; SOUZA, L.D. & MELLO IVO, W. M.P. **Perspectivas de uso dos solos dos Tabuleiros Costeiros**. In: ARAÚJO, Q.R.A., org. 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus, Editus, 2002. p.521-580.

STEINHARDT, G.C. Soil quality: A new idea that includes an old one. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 50, p.222-222, 1995.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma Visão Sobre Qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.743-755, 2009.

3.2. Atributos Físicos como Indicadores de Qualidade em Solo de Tabuleiros Costeiros, na Sub-Bacia do Córrego Abóboras, Jaguaré-ES

Resumo

Os atributos físicos do solo cada vez mais têm sido utilizados como indicadores de qualidade do solo. Para tanto, precisam ser sensíveis às variações do uso e do manejo do solo. Este estudo foi realizado no norte do Espírito Santo, no município de Jaguaré, na sub-bacia do Córrego Abóboras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cobertura vegetal sobre atributos físicos do solo em uma região de Tabuleiros Costeiros, e estabelecer inter-relações com a qualidade do solo. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e a amostragem dos solos foi realizada entre os meses de fevereiro a dezembro de 2011. Para os atributos densidade do solo (D_s), porosidade total (P_t), macroporosidade (M_a), microporosidade (M_i), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e densidade de partícula (D_p), foram utilizadas 3 (três) profundidades, sendo estas: 0,00-0,05m, 0,05-0,20m e 0,20-0,40m. Para condutividade hidráulica saturada (CH), foram testadas duas profundidades (0,00–0,20m e 0,20–0,40m) e duas colunas d'água (5 cm e 10 cm) para cada profundidade. Já para resistência mecânica a penetração (R_p), também foram avaliadas três profundidades, porém estas foram de 0,00–0,20m, 0,20–0,40m e 0,40–0,60m, e para esta análise adotaram-se sete repetições. Ao final do estudo podemos concluir que: houve alterações nas propriedades físicas do solo em função das coberturas; a camada do solo de 0,00-0,05m, demonstrou não ser tão sensível as variações nela ocorridas, do ponto de vista físico; na segunda camada do solo (0,05-0,20m), houve conservação da qualidade física nas coberturas vegetais de reflorestamento com espécies nativas, seringueira, reflorestamento com eucalipto e pastagem, em relação à Mata Atlântica secundária nativa; e que na terceira camada do solo de 0,20-0,40m, a pastagem e a Mata Atlântica secundária nativa não apresentaram semelhanças com as demais áreas e nem entre si.

Palavras-chave: Cobertura vegetal, sustentabilidade, fertilidade do solo, manejo do solo.

Abstract

The soil physical properties have been increasingly used as indicators of soil quality. To do so, they need to be sensitive to variations of the use and soil management. This study was conducted in the northern of Espírito Santo state, in the municipality of Jaguaré, in the Córrego Abóboras sub-basin. The aim of this study was to evaluate the influence of the current coverage on the soil physical attributes in a coastal plain area and to establish interrelationships with soil quality. The experimental design was completely randomized and the soil collection was conducted between February and December of 2011. For soil density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi), pondered average diameter (DMP), geometric average diameter (DMG) and particle density (Dp) three depths were used: 0-5 cm, 5-20 cm and 20-40 cm. In the case of saturated hydraulic conductivity (CH) two depths (0-20 cm and 20-40 cm) and two water columns (5 cm and 10 cm) were used for each depth. For mechanical penetration resistance (Rp) we have also evaluated three depths (0-20 cm, 20- 40 cm and 40-60 cm) adopting seven replicates for this analysis. At the end of the study we conclude that: there were changes in the physical properties of the soil depending of coverage; layer of soil 0.00-0.05 m, proved not to be as sensitive to variations occurring therein, from a physical standpoint; on the second layer of the soil (0.05 to 0.20 m), there was preservation of the physical quality at reforestation with native species, rubber, eucalyptus reforestation and grassland vegetable toppings comparing with native secondary Atlantic forest; and on the third layer of the soil of 0.20-0.40 m, grassland and native secondary Atlantic Forest showed no similarities with other areas and even between themselves.

Keywords: Soil quality, Coastal plains and Physical attributes.

Introdução

Os Tabuleiros Costeiros são formações do terciário, sua ocorrência é registrada desde o Amapá até o Rio de Janeiro. No ocidente, essa formação é delimitada pelos morros do Cristalino, já na parte oriental limita-se com a baixada litorânea, ocupando uma área de aproximadamente 200.000 km² (JACOMINE, 1996). Apesar de toda esta extensão, esses solos apresentam similaridade em suas características pedogenéticas, predominando Latossolos e Argissolos, ambos amarelos e distróficos (MOREAU et al., 2006). Segundo UFV (1984), isso se deve à natureza essencialmente caulinítica e quartzosa dos sedimentos, que por serem bastante estáveis, não sofreram modificações com a pedogênese posterior. O relevo em sua maioria é suave ondulado, podendo apresentar na sua parte interiorana, superfícies onduladas, e nas áreas de dissecções, relevo forte ondulado que raramente ultrapassam a 30% de declividade (ARAÚJO, 2000). Esses solos são derivados de sedimentos da Formação Barreiras e possuem como característica marcante impedimento físico, mesmo sob condição natural, denominado de horizonte coeso (FILHO et al., 2007), que apresenta consistência friável quando úmidos. Contudo, quando seco, apresenta consistência dura, muito dura ou extremamente dura, exibindo forte coesão (JACOMINE, 1996; RIBEIRO, 2001).

A estrutura do solo é resultado da ação combinada de uma série de fatores, dentre elas podemos destacar as mudanças climáticas, atividade biológica, práticas de manejo do solo, forças de natureza mecânica e físico-química (HILLEL, 1982). Segundo Brewer & Sleeman (1960), a estrutura do solo é o reflexo da associação existente entre as partículas sólidas e dos poros formados por elas. A degradação da estrutura do solo, causada por intervenções antrópicas, pode vir a comprometer a qualidade do solo, proporcionando uma atividade agrícola insustentável do ponto de vista ambiental.

De acordo com Doran (1997), qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover o bom desenvolvimento das plantas, dos animais e dos homens.

São crescentes as indicações para se utilizar a avaliação da qualidade do solo como indicador para integração da qualidade do ambiente e da sustentabilidade da produção agrícola ou florestal (CHAER & TÓTOLA, 2006).

Para ser considerado como um eficiente indicador de qualidade do solo, o atributo deve se mostrar sensível às variações do manejo, ser bem correlacionado com as funções do solo, ser de fácil compreensão e útil para o agricultor e, preferencialmente, de fácil mensuração e baixo custo (DORAN & ZEISS, 2000), de forma a se tornar uma ferramenta para os extensionistas.

Porém, uma grande dificuldade encontrada para se mensurar a qualidade do solo está relacionada ao método para transformar a natureza complexa e específica de cada solo em atributos mensuráveis que possam expressar a situação atual do mesmo, possibilitando avaliações sistemáticas independentes de seus múltiplos usos (SOJKA & UPCHURCH, 1999; WANDER & DRINKWATER, 2000).

Alguns autores consideram como sendo mais adequado em se tratando de avaliação da qualidade do solo, atributos físicos como: porosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica, resistência mecânica à penetração, distribuição do tamanho de poros (INGARAMO, 2003; DORAN et al; 1993; KLEIN & LIBARDI, 2002). A utilização desses atributos físicos do solo como indicadores de qualidade é vantajosa uma vez que apresentam baixo custo, além de metodologias relativamente simples e rápidas (MENDES et al., 2006) e ainda de serem todos atributos que refletem as consequências do uso e o manejo do solo adotado, ao longo do tempo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cobertura vegetal sobre os atributos físicos dos solos em uma região de Tabuleiros Costeiros e estabelecer inter-relações com a qualidade do solo.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado de fevereiro de 2011 a fevereiro de 2012, no norte do Espírito Santo, no município de Jaguaré, na sub-bacia do Córrego Abóboras, a qual fica localizada sob as coordenadas geográficas 18° 55' 05" S e 40° 04' 24" W e altitude de 61 metros. A topografia é plana na maior parte da área e meias encostas que convergem para os córregos que compõem a sub-bacia.

As coberturas vegetais foram selecionadas sempre observando a maior semelhança morfológica e a menor distância entre elas (Figura 1 e TABELA 1). Desse modo, foram escolhidas as seguintes áreas: Mata Atlântica secundária Nativa (MN), reflorestamento com eucalipto (RE), pastagem (PG), lavoura de seringueira (SR), lavoura de café conilon (CC), reflorestamento com espécies nativas (RN) e lavoura de pimenta-do-reino (PR). O fragmento de MN foi adotado como sendo uma área de referência por apresentar estrutura do solo preservada, devido à ausência de ação antrópica, uma vez que essa área não possui histórico de manejo. O RE foi implantado há 5 (cinco) anos; anteriormente o local era cultivado com pastagem, cultura que perdurou por 25 (vinte e cinco) anos. A PG vem sendo cultivada com grama batatais (*Paspalum notatum*) ao longo de 35 (trinta e cinco) anos. A área que está sendo cultivada há 16 (dezesesseis) anos com SR, já foi por 20 (vinte) anos lavoura de café conilon. O CC apresenta 13 anos de idade sendo este o segundo ciclo consecutivo da cultura na área que anteriormente era cultivada com feijão e milho, perfazendo 28 anos. O RN foi implantado há 12 anos, no lugar de uma pastagem, que tinha aproximadamente 24 anos. A PR está com 10 anos e encontra-se em um local onde havia uma pastagem. A maior distância entre as áreas é de 2.500 metros em linha reta.

A classificação dos solos foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Obtiveram-se duas classes de solo, estando as áreas de CC, SR e RN, implantadas sobre solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico, e as demais coberturas em Argissolo Amarelo

distrófico. Contudo, todos os perfis apresentaram características semelhantes, inclusive a estrutura em blocos comum a todos eles.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e a amostragem dos solos foi realizada entre os meses de fevereiro a dezembro de 2011. Para os atributos densidade do solo (D_s), porosidade total (P_t), macroporosidade (M_a), microporosidade (M_i), diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e densidade de partícula (D_p), foram utilizadas três profundidades, sendo estas: 0,00-0,05m, 0,05-0,20m e 0,20-0,40m. Para a condutividade hidráulica saturada (CH), utilizaram-se duas profundidades (0,00–0,20m e 0,20–0,40m) e duas colunas d'água (0,05m e 0,10m) para cada profundidade. Para a resistência mecânica à penetração (R_p), foram avaliadas três profundidades; 0,00–0,20m, 0,20–0,40m e 0,40–0,60m, sendo que para esta análise utilizaram-se sete repetições.

Para a realização das análises foram realizadas coletas de amostras de solo indeformadas e deformadas, ambas com três repetições, caminhando em zig-zag nas áreas estudadas. A obtenção das amostras indeformadas foi realizada por meio do método do anel volumétrico descrito por Blake & Hartge (1986), obtendo um total de 63 amostras, sendo sete coberturas, três repetições e três profundidades ($7 \times 3 \times 3 = 63$). A coleta das sub-amostras deformadas de solo foi realizada por amostragem no mesmo local onde coletaram-se as amostras indeformadas, num total de três amostras deformadas compostas por área, para cada uma das profundidades supracitadas.

As amostras deformadas foram acondicionadas em sacos plásticos e as indeformadas em caixas de papelão, ambas encaminhadas ao Laboratório de Física do Solo do CEUNES/UFES, onde foram determinados todos os atributos físicos do solo propostos no presente trabalho.

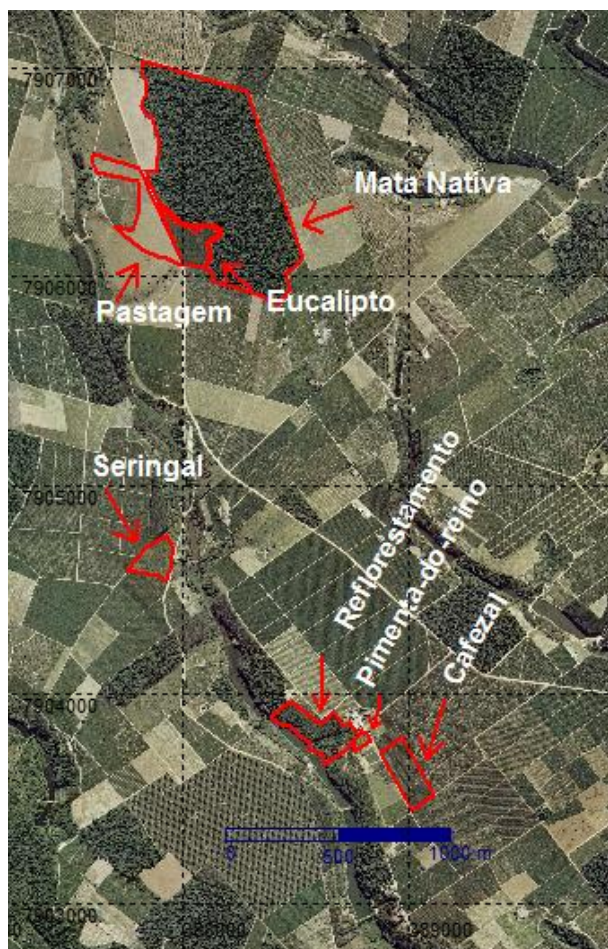


FIGURA 1. Imagem aérea das áreas alvo do presente estudo. Fonte: Adaptado de IDAF – ES

TABELA 1. Tipo de cobertura vegetal, identificação, dimensão e posição geográfica das áreas estudadas

Cobertura Vegetal	Sigla	Área (m ²)	Coordenadas	
			S	W
Café conilon	CC	36.300	18 57' 23.83621"	40 03' 15.95490"
Reflorestamento com eucalipto	RE	35.600	18 56' 01.91940"	40 03' 48.36456"
Mata Atlântica secundária Nativa	MN	473.900	18 55' 50.89874"	40 03' 47.43073"
Pastagem	PG	56.800	18 55' 57.74460"	40 03' 53.95386"
Pimenta-do-reino	PR	4.200	18 57' 19.54468"	40 03' 22.14844"
Reflorestamento com espécies nativas	RN	13.800	18 57' 18.48724"	40 03' 26.40564"
Seringueira	SR	20.200	18 56' 50.45151"	40 03' 52.89642"

Os cilindros com as amostras de solo indeformadas foram saturados, pesados e levados à mesa de tensão no potencial de 6KPa para determinar a M_i . Posteriormente, o solo de cada cilindro foi seco em estufa a 105 °C. Com esses dados foram calculados a M_i , M_a , D_s e P_t por saturação (massa de água quando a amostra estava saturada). Para determinação da densidade de partículas (D_p) foi utilizado o Método do balão volumétrico. As metodologias utilizadas estão descritas em Embrapa (1997).

A estabilidade de agregados foi determinada por peneiramento úmido, pelo Aparelho de Yooder, realizado em duplicata, conforme metodologia descrita por Embrapa (1997). Com as porcentagens dos agregados retidos em cada peneira e o diâmetro médio das faixas de tamanhos dos agregados, em milímetros, calcularam-se o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e o Diâmetro Médio ponderado (DMP).

A classe de agregados de solo de menor tamanho foi considerada aquela em que os agregados passaram pela peneira de 0,25 mm de malha. Seu valor, em gramas, foi computado subtraindo-se o somatório do peso das outras classes de agregados do peso total da amostra seca.

As medidas de condutividade hidráulica do solo saturado foram realizadas no campo com o emprego do permeâmetro de fluxo constante (Permeâmetro de Guelph). A condutividade hidráulica do solo saturado foi aferida em duas profundidades (0,00–0,20m e 0,20–0,40m), empregando-se duas cargas hidráulicas nas duas profundidades, sendo de 0,05 e 0,10m.

A resistência mecânica à penetração foi determinada por meio do penetrógrafo (Solo Track, modelo PLG 5200), de armazenamento eletrônico dos dados que possui ponta cônica no final de sua haste. As leituras foram realizadas a cada 0,01m, até a profundidade de 0,60m.

Para auxiliar na interpretação dos dados também foi determinado o teor de matéria orgânica (MO), por oxidação com dicromato de potássio 0,0667 mol L⁻¹, e titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,102 mol L⁻¹, utilizando difenilamina 10g L⁻¹ como indicador.

Os dados encontrados foram submetidos à análise de variância e quando significativo, utilizou-se o teste de Tukey a 5% para comparação das médias.

TABELA 2. Textura do solo e densidade de partículas em função da cobertura vegetal em três profundidades

Cobertura	----- g kg ⁻¹ -----			Dp Kg dm ⁻³
	Areia	Argila	Silte	
0,00 – 0,05m				
CC	738	257	5	2,48
RE	758	236	6	2,53
MN	762	236	2	2,58
PG	735	250	15	2,57
PR	821	177	2	2,49
RN	761	230	9	2,53
SR	822	173	5	2,47
0,05 – 0,20m				
CC	711	286	3	2,53
RE	711	283	6	2,53
MN	707	286	7	2,52
PG	645	341	14	2,52
PR	719	277	4	2,52
RN	650	347	3	2,49
SR	746	246	8	2,49
0,20 – 0,40m				
CC	611	372	17	2,53
RE	551	436	13	2,51
MN	642	352	6	2,50
PG	582	407	11	2,51
PR	649	343	8	2,53
RN	568	415	17	2,54
SR	690	292	18	2,50

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Também foi realizada uma análise complementar, com a técnica multivariada por meio da análise canônica, a qual envolveu a Ds, Pt, Ma, Mi, DMG e DMP, a partir da qual foi reduzido o conjunto de dados em combinações lineares, gerando os escores das duas primeiras variáveis canônicas que explicam mais de

80% da variação total, conforme recomendado por Cruz et al. (2004). Os escores foram utilizados na confecção de gráficos bidimensionais. Para as análises de dispersão gráfica, encontramos como dificuldade o estabelecimento de grupos de similaridade, com base na simples inspeção visual da dispersão. Por isso, a utilização conjugada de métodos de dispersão gráfica como os agrupamentos tem sido a alternativa mais adequada (CRUZ & CARNEIRO, 2006). Também procedeu-se uma análise de agrupamento, sendo que para tal foi utilizado o método de Tocher, permitindo visualizar melhor as coberturas vegetais que apresentaram maior similaridade. As análises foram realizadas de acordo com Cruz et al. (2004). Utilizando-se o programa GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

Para o atributo físico do solo Ch, não foi registrada diferença estatística pelo teste de Tukey, entre as coberturas vegetais, em nenhuma das cargas hidráulicas a que foram submetidas as duas profundidades (TABELA 3). Estes resultados discordam dos obtidos por Queiroz (1995) e Eguchi et al. (2003), o que provavelmente está associado a semelhança existente entre Ma e Mi dos solos estudados, que também não apresentaram diferença estatística entre as coberturas vegetais em nenhuma das profundidades (TABELA 6), assim como relatado por Maia & Ribeiro (2004). Para Pt houve diferenciação apenas na primeira camada (0,00-0,05m) o que não foi observado nas demais camadas (0,05-0,20m e 0,20-0,40m) (TABELA 6).

A Rp é diretamente influenciada pelo teor de umidade do solo, por isso todas as aferições foram realizadas no mesmo dia, assim como a coleta de amostra de solo para determinação da umidade nas três profundidades, visando obter a maior similaridade possível entre as coletas, as quais foram realizadas no mês de setembro do ano de 2011. Os valores relativos à umidade do solo e os dados obtidos para Rp são apresentados na TABELA 4. Na primeira camada de solo (0,00-0,20m), foi constatada diferença estatística entre as coberturas vegetais; nas demais camadas o parâmetro mostrou-se não significativo pelo teste F. O solo sob PG

apresentou os menores valores médios de R_p , isso pode ser explicado pelo fato que não havia animais na área no momento da avaliação, sendo esta condição comum nos últimos 6 (seis) meses, pois anteriormente o proprietário adotava baixa lotação de animais na área. Estes resultados diferem dos registrados por Marchão et al. (2007). Silveira et al. (2010), estudando um Argissolo Amarelo na Bahia, e realizando aferições no mesmo período do ano que o presente trabalho, encontraram valores de R_p maiores do que os registrados neste. Porém, os valores encontrados estão abaixo dos considerados impeditivos ao crescimento e desenvolvimento de plantas (3 a 5 Mpa) (CARNEIRO et al., 2009), que está em função do tipo, manejo e uso do solo (ARSHAD et al., 1996; SOUZA & ALVES, 2003), conforme TABELA 4. Os valores registrados na segunda camada (0,20-0,40m) também estão abaixo dos valores mencionados como impeditivos. Já na terceira camada (0,40-0,60m) foram encontrados valores maiores que 3 MPa, exceto na área de RN, onde registrou-se uma resistência média equivalente a 2,82MPa.

TABELA 3. Condutividade hidráulica de solo saturado, em duas profundidades, submetido a duas cargas hidráulicas, em sete coberturas vegetais.

Coberturas	0,00-0,20m		0,20-0,40m	
	cm h ⁻¹			
	0,05m		0,10m	
CC	1,10 a	0,33 a	2,67 a	1,47 a
RE	1,03 a	0,63 a	3,60 a	2,27 a
MN	0,93 a	1,03 a	5,67 a	3,23 a
PG	2,17 a	1,60 a	4,77 a	3,13 a
PR	1,60 a	1,53 a	2,90 a	3,10 a
RN	1,90 a	0,50 a	6,53 a	2,63 a
SR	1,63 a	2,28 a	5,73 a	4,40 a

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Já segundo Camargo & Alleoni (1997), o limite crítico para R_p fica entre 2 e 2,5 MPa para a maioria dos vegetais, assumindo o valor de 2,5 MPa como o limite crítico ao crescimento das raízes. Por esta referência, todos os valores encontrados

na camada de 0,40-0,60m de profundidade são limitantes ao crescimento das raízes (TABELA 4).

Com a determinação dos índices de agregação DMG e DMP busca-se avaliar a ação de fatores que possam vir a destruir os agregados do solo, estando estes ligados ao cultivo do solo, erosão, dentre outros. O DMP ou a presença de agregados maiores, pode refletir a resistência do solo à erosão, pois quanto maior for o tamanho do agregado, maior será o DMP e os espaços porosos entre agregados, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão (CASTRO FILHO et al., 1998). Na TABELA 6 encontram-se os dados relativos as três profundidades, em função das sete coberturas.

Para a camada de 0,00-0,05m, entre os valores de DMP, não houve diferença estatística entre as coberturas. Como pode-se observar na TABELA 5, a maior porcentagem dos agregados ficou retido na peneira de malha > 2 mm, o que demonstra haver agregados estáveis nessa camada. Analisando os dados relativos ao DMG, observou-se que o CC e a PR, foram as únicas coberturas que diferiram estatisticamente das demais, com valores menores, o que indica que essas coberturas tiveram maior ocorrência de agregados menores em relação às demais, conforme registrado na TABELA 5. Este comportamento pode estar associado ao cultivo mais intenso dessas áreas, por se tratarem de lavouras que têm um manejo de plantas daninhas que mantém o solo descoberto, expondo-o à ação dos fatores climáticos, tornando-se ambientes mais desequilibrados. Isso favorece a aceleração do processo de mineralização da matéria orgânica, que por sua vez tem uma função cimentante na estabilidade dos agregados do solo (ALCÂNTARA & FERREIRA, 2000). Esta relação da matéria orgânica com a agregação do solo também foi discutida por Reichert et al. (1993); Barzegar et al. (1994) e Bruce et al. (1995).

Ao se observar os valores de MO (TABELA 7), constatou-se que o seu teor está classificado como médio para o Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), para os solos de todas as coberturas, não havendo diferença estatística entre elas. Porém os valores de DMP e DMG na camada (0,05-0,20m), diferiram entre as coberturas, conforme TABELA 6, sendo que para o DMG, o CC, a MN e a PR, apresentaram valores inferiores às demais áreas. Já para o DMP, o CC e a PR diferiram das demais áreas, com valores menores. Um menor valor para este atributo indica que está havendo diminuição no tamanho dos agregados.

TABELA 4. Valores de umidade do solo e de resistência mecânica à penetração (MPa), em diferentes profundidades e coberturas vegetais. Médias de sete repetições

Cobertura	Umidade (kg kg ⁻¹)	Rp (MPa)
0,00–0,20m		
CC	0,125 ab	1,36 a
RE	0,100 ab	1,46 a
MN	0,108 ab	1,11 ab
PG	0,087 b	0,63 b
PR	0,124 ab	1,49 a
RN	0,152 a	1,33 a
SR	0,111 ab	1,21 ab
0,20-0,40m		
CC	0,161 a	2,19 a
RE	0,139 ab	2,02 a
MN	0,117 b	2,39 a
PG	0,123 b	2,03 a
PR	0,147 ab	2,22 a
RN	0,162 a	2,56 a
SR	0,129 ab	1,80 a
0,40–0,60m		
CC	0,157 a	3,91 a
RE	0,143 a	3,21 a
MN	0,108 a	3,70 a
PG	0,121 a	3,01 a
PR	0,121 a	3,41 a
RN	0,164 a	2,82 a
SR	0,146 a	3,10 a

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 5. Porcentagem (%) dos agregados distribuídos por tamanho e Diâmetro médio ponderado (DMP) e Diâmetro médio geométrico (DMG), em diferentes profundidades e coberturas vegetais

Coberturas vegetais	Classe de tamanho dos agregados (mm)					DMG (mm)	DMP (mm)
	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25		
	%						
0,00-0,05m							
CC	64,55	11,04	8,81	8,32	7,28	1,76 b	2,34 a
RE	88,65	3,63	1,89	1,75	4,07	2,60 a	2,76 a
MN	85,44	3,61	2,95	2,28	3,10	2,45 a	2,71 a
PG	85,66	5,55	2,63	2,24	3,91	2,50 a	2,69 a
PR	65,50	9,33	8,88	8,96	7,33	1,69 b	2,34 a
RN	90,93	2,01	1,65	1,56	3,85	2,71 a	2,84 a
SR	91,74	1,74	1,32	1,45	3,75	2,63 a	2,82 a
0,05-0,20m							
CC	33,99	17,81	23,00	16,03	9,18	1,10 b	1,61 c
RE	81,33	5,24	3,52	2,66	7,25	2,31 a	2,71 a
MN	75,80	7,89	5,17	4,05	7,10	2,08 a	2,53 ab
PG	84,60	4,25	2,78	2,78	5,59	2,47 a	2,72 a
PR	49,38	11,53	15,50	12,87	10,73	1,36 ab	1,78 bc
RN	84,53	3,49	3,18	2,88	5,02	2,43 a	2,68 a
SR	79,86	3,79	4,25	3,84	8,26	2,27 a	2,59 ab
0,20-0,40m							
CC	31,57	17,36	23,67	16,02	11,38	1,06 b	1,52 c
RE	82,88	5,32	3,52	2,76	5,52	2,42 a	2,67 a
MN	58,83	23,58	5,80	6,13	6,67	1,82 ab	2,39 ab
PG	76,15	7,73	4,69	4,38	7,05	2,11 a	2,55 a
PR	43,35	13,93	15,38	14,12	13,22	1,15 b	1,81 bc
RN	73,88	6,58	6,33	5,40	7,81	2,11 a	2,45 ab
SR	53,76	12,51	12,73	10,08	10,92	1,53 ab	2,04 bc

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A exemplo da segunda camada do solo, a terceira camada também não apresentou diferenciação estatística para a MO (TABELA 7), registrando-se valores considerados médios e baixos para o estado (PREZOTTI et al., 2007). Novamente, as áreas CC e PR estão entre as que apresentaram os menores valores, apesar dos reflexos das ações antrópicas nesta camada serem menos pronunciados (TABELA 6).

Houve diferença significativa dos valores de Pt na camada mais superficial do solo (TABELA 6), o que vai de encontro ao descrito por Cavenage et al. (1999), trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro sob quatro culturas e duas coberturas naturais. A Pt não diferiu entre as coberturas nas camadas do solo de 0,05 – 0,20 e 0,20 – 0,40m, corroborando com os resultados de Araújo et al. (2007) e Ribeiro et al. (2007), e discordando dos resultados obtidos por Cavenage et al. (1999). Provavelmente este resultado é reflexo do maior teor de matéria orgânica presente na camada de 0,00-0,05m (TABELA 7), uma vez que tal fator tem associação com o aumento da Pt do solo. À medida que se analisa as camadas mais profundas, a tendência é de haver diminuição do teor de MO. Na primeira camada do solo, a PG e RN apresentaram maior quantidade de Mi em relação aos Ma, o que indica degradação estrutural desta camada (LIMA et al., 2007). A PG apresentou a maior Ds em números absolutos, e, desse modo, quanto maior o valor da densidade, significa que os espaços, antes livres, foram preenchidos com sólidos, diminuindo a porosidade do solo (KIEHL, 1979). A não diferenciação estatística destes atributos em diferentes profundidades, assim como o aumento da Mip e a consequente diminuição da Map, também foram constatados por Ribeiro et al. (2007), trabalhando com Argissolo Acinzentado distrófico.

A Ds apresentou diferença estatística somente entre as áreas estudadas na camada de 0,00-0,05m, sendo não significativa a diferença entre elas nas demais profundidades (TABELA 6). Ao analisar os dados, constatou-se que as três áreas que apresentaram os maiores valores de Ds (CC, PG e PR) são as mesmas que apresentam um trânsito mais intenso tanto de máquinas (CC e PR), quanto de animais (PG), apesar das amostras terem sido todas coletadas no meio das ruas das lavouras e da conduta adotada pelo proprietário em relação à lotação da pastagem. Observou-se também que paralelo à diminuição da densidade do solo, registrou-se um aumento na PT.(CARVALHO et al., 2004; ALVES et al. 2007 e BARRETO et al., 2006).

TABELA 6. Efeito das coberturas do solo na Densidade do solo (Ds), Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Map), Microporosidade (Mip), em três profundidades

Cob.	Ds (kg dm⁻³)	Pt (m³ m⁻³)	Map (m³ m⁻³)	Mip (m³ m⁻³)
0,00–0,05m				
CC	1,52 ab	0,41 ab	0,21 a	0,20 a
RE	1,49 b	0,44 ab	0,25 a	0,19 a
MN	1,48 b	0,47 a	0,26 a	0,20 a
PG	1,67 a	0,38 b	0,16 a	0,22 a
PR	1,54 ab	0,42 ab	0,21 a	0,21 a
RN	1,39 b	0,47 a	0,21 a	0,26 a
SR	1,46 b	0,45 ab	0,28 a	0,17 a
0,05–0,20m				
CC	1,49 a	0,41 a	0,19 a	0,22 a
RE	1,60 a	0,42 a	0,21 a	0,21 a
MN	1,58 a	0,41 a	0,18 a	0,22 a
PG	1,60 a	0,40 a	0,15 a	0,24 a
PR	1,57 a	0,38 a	0,21 a	0,17 a
RN	1,50 a	0,45 a	0,23 a	0,21 a
SR	1,60 a	0,39 a	0,15 a	0,24 a
0,20–0,40m				
CC	1,59 a	0,39 a	0,17 a	0,22 a
RE	1,64 a	0,38 a	0,19 a	0,19 a
MN	1,48 a	0,43 a	0,24 a	0,19 a
PG	1,65 a	0,40 a	0,12 a	0,29 a
PR	1,68 a	0,36 a	0,16 a	0,20 a
RN	1,64 a	0,40 a	0,16 a	0,24 a
SR	1,73 a	0,35 a	0,09 a	0,26 a

Cob.- Cobertura vegetal; CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Nas colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para realização da análise canônica dos atributos físicos do solo foram utilizados os atributos Ds, PT, Ma, Mi, DMP e DMG. Para as coberturas estudadas

na primeira profundidade, a primeira e a segunda variável canônica corresponderam a 58,82% e 32,66% da variação total, respectivamente, totalizando 91,48% da variação total, sendo esse um percentual acima do mínimo de 80% exigido, conforme indicações de Cruz et al. (2004), para avaliação utilizando dispersão gráfica dos escores em relação à primeira e segunda variáveis canônicas. Para o agrupamento das coberturas foi utilizado método de Tocher, dando origem a três grupos nesta camada, sendo o primeiro formado pelo RE, SR, RN e MN, o segundo contempla CC e PR, ficando PG isolada (Figura 2A), demonstrando haver similaridade entre estas áreas agrupadas. A MN, tida como referência, se agrupou com as coberturas que apresentaram-se como semelhantes à mesma, quando se trata de proteção do solo, isso quando compilados todos os indicadores de forma simultânea.

TABELA 7. Teor de Matéria Orgânica (MO), para diferentes coberturas do solo em três profundidades.

Profundidade (m)	CC	RE	MN	PG	PR	RN	SR
	-----MO (dag kg ⁻¹)-----						
0,00-0,05	2,4 bc	2,6 b	3,3 a	1,9 cde	2,3 bcd	1,3 e	1,8 de
0,05-0,20	1,9 a	2,2 a	2,2 a	1,5 a	1,9 a	1,8 a	1,5 a
0,20-0,40	1,7 a	1,4 a	1,3 a	1,9 a	1,2 a	1,5 a	1,1 a

CC: café conilon; RE: eucalipto; MN: Mata Nativa; PG: pastagem; PR: pimenta-do-reino; RN: reflorestamento com espécies nativas; SR: seringueira.

Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados indicaram que para atributos físicos do solo aqui estudados, a menor profundidade (0,00-0,05m), não se mostrou capaz de evidenciar as mudanças produzidas por ações antrópicas, para as coberturas onde temos espécies de porte arbóreo.

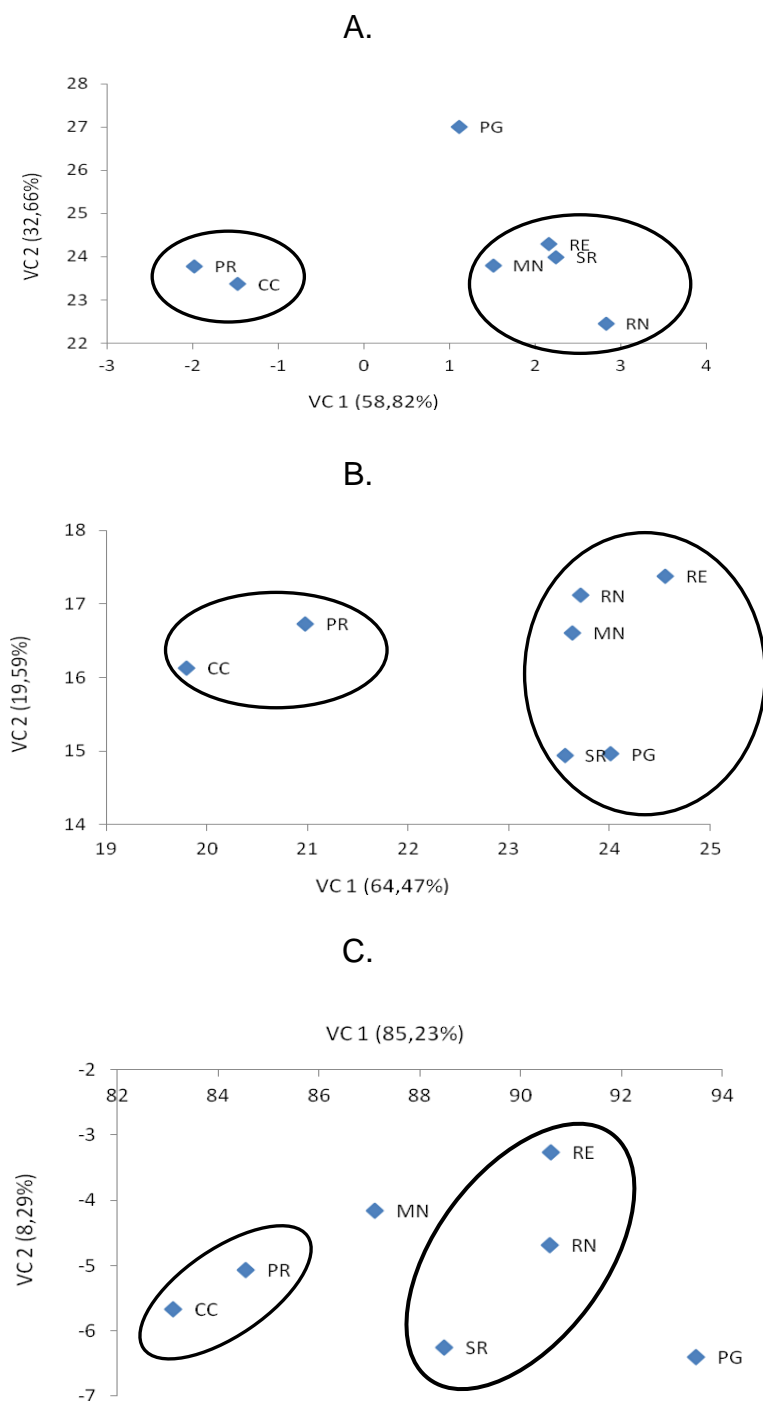


Figura 2. Dispersão gráfica, utilizando as duas primeiras variáveis canônicas (VC), das coberturas e nas três profundidades (A: 0,00-0,05m, B: 0,05-0,20m e C: 0,20-0,40m), agrupadas pelo método de Tocher.

Na camada de 0,05-0,20m, as duas primeiras variáveis canônicas explicaram, respectivamente, 64,47% e 19,59%, perfazendo um total de 84,06%, estando acima do percentual mínimo exigido. Nesta camada foram formados apenas dois grupos (Figura 2B), sendo primeiro formado por CC e PR, que são lavouras muito semelhantes quanto se trata da intensidade do manejo, do trânsito de

máquinas e da sua exposição aos fatores climáticos. O segundo grupo formado pelas demais coberturas (RE, SR, RN, PG e MN). O que pode ser um reflexo da redução dos efeitos das interferências antrópicas. Deve-se considerar também que as coberturas vegetais contidas neste segundo grupo são áreas com maior deposição e acúmulo de material orgânico e proporcionam cobertura vegetal do solo. No caso da pastagem, essa proteção é em área total, salientando-se de que trata-se de uma pastagem bem manejada.

A terceira camada do solo (0,20-0,40m) aparece com a formação de quatro divisões, sendo estes: RE, RN e SR; CC e PR, estando em grupos e isoladamente tem-se MN e PG (Figura 2C). As duas primeiras variáveis canônicas explicaram, respectivamente, 85,23% e 8,29%, totalizando 93,52% da variação total, que está acima do percentual mínimo exigido, resultado este que corrobora com os registrados por Carneiro et al. (2009). Nessa profundidade, a MN e a PG ficaram isoladas, a primeira (MN) por nunca ter sofrido qualquer espécie de uso ou manejo e a segunda pelo fato de seu processo de implantação ser restrito às camadas mais superficiais do solo, por isso é difícil registrar reflexos do manejo influenciando as propriedades do solo nessa profundidade. Já as demais áreas tem por hábito um preparo de solo mais profundo, com subsolagem e adubação em profundidade, por exemplo, o que interfere nos atributos físicos, uma vez que a condição natural do solo é modificada por tais intervenções ocorridas ao longo dos ciclos de plantio.

Insta salientar que o fato de haver dois solos de classes diferentes envolvidos no estudo, não refletiu nos resultados finais com um possível agrupamento das coberturas sobre as quais estão estas classes de solo.

Esses sinais e/ou respostas tem que ser melhor conhecidos para conseqüentemente serem interpretados com maior exatidão. Desta forma podemos chegar a conceitos que sejam usados para as melhorias nos sistemas de produção, de forma a atingirmos um uso racional e conservacionista, para que assim as futuras gerações também possam usufruir dos benefícios proporcionados pelo solo.

Conclusões

1. Houve alterações nas propriedades físicas do solo em função das coberturas.

2. A camada do solo de 0,00-0,05m, demonstrou não ser tão sensível as variações nela ocorridas, do ponto de vista físico.

3. Na segunda camada do solo (0,05-0,20m), houve conservação da qualidade física nas coberturas vegetais de reflorestamento com espécies nativas, seringueira, reflorestamento com eucalipto e pastagem, em relação à Mata Atlântica secundária nativa.

4. Na terceira camada do solo de 0,20-0,40m, a pastagem e a Mata Atlântica secundária nativa não apresentaram semelhanças com as demais áreas e nem entre si.

Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, E. N. & FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.711-721, 2000.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S. & SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.617-625, 2007

ARAÚJO, Q. R. **Solos de tabuleiros costeiros e qualidade de vida das populações**. Ilhéus: Editus, 2000. 97 p.

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**, v.31, p.1099-1108, 2007.

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

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R. de; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, Mossoró, Brasil, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro 2006.

BARZEGAR, A.R.; OADES, J.M.; RENGASAMY, P. & GILES, L. Effects of sodicity and salinity on disaggregation and tensile strength of an Alfison under different cropping systems. **Soil and Tillage Research.**, 32:329-345, 1994.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (ed.). **Methods of soil analysis** – physical and mineralogical methods. Medson: ASA-SSSA, p.363-375. 1986.

BREWER, R. & SLEEMAN, J.R. Soil structure: attempts at its quantitative characterization. **Journal Soil Science**, 11:172-185, 1960.

BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; WEST, L.T. & MILLER, W.P. Surface soil degradation and soil productivity restoration and maintenance, **Soil Science Society of America Journal**, v.59, p.654-660, 1995.

CAMARGO, O.A. & ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S. & AZEVEDO W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. & ARMANDO, M. S. Notas Científicas: Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.1153-1155, nov. 2004.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C. FREITAS, M. L. M. & BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.997-1003, 1999.

CHAER, G. M. & TÓTOLA, M. R. . Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1381-1396, 2007.

CRUZ, C.D. & CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. V. 2 Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CRUZ, C.D. **Programa GENES – Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG**, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 442p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. & CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. v. 1 Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 480p.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15: p. 3-11, 2000.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

DORAN, J.W.; VARVEL, G.E. & CULLEY, J.B.L. Tillage and residue management effects on soil quality and sustainable land management. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT**. Lethbridge, 1993. p.15-24.

EGUCHI, E. S.; SILVA, E. L. DA; OLIVEIRA, M. S. DE. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e da taxa de infiltração básica determinadas "in situ". **Ciência e Agrotecnologia.**, Lavras. Edição Especial, p.1607-1613, dez., 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

CASTRO FILHO, C. C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

FILHO, J. F. de M.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1599-1608, 2007.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. New York, Academic Press, 1982. 364p.

INGARAMO, O.E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. La Coruña, Universidade da Coruña, 2003. 298p. (Tese de Doutorado).

JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: **REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS**, 1996, Cruz das Almas. Anais. Cruz das Almas, EMBRAPA/UFBA, 1996. p.13-26.

KIEHL, J. E. **Manual de Edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A. & LIBARDI P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.857-867, 2002.

LIMA, H, V.; OLIVEIRA, T. S. de; OLIVEIRA; M. M. De; MENDONÇA E. de S. & Lima P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1085-1098, 2007.

MAIA, J. L. T. & RIBEIRO, M. R.. Propriedades de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.79-87, jan. 2004.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. Da; JUNIOR, J. DE D. G. dos S.; SÁ, M. A. C. de; VILELA, L. & BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.873-882, jun. 2007.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação dos atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 211-220, jul./set. 2006.

MOREAU, A. M. S. dos S.; KER, J. C.; COSTA, L. M. Da; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.1007-1019, 2006.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVERIA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5º Aproximação**. Vitória, ES: Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos/Instituto Capixaba de Pesquisa, Assitência Técnica e Extensão Rural , 2007, 305p.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.283-290, 1993.

RIBEIRO, K. A.; OLIVEIRA; T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; XAVIER, F. A. da S.; MAIA, S. M. F. & SOUSA, H. H. de F. Qualidade do solo na cultura do cajueiro anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.341-351, 2007.

RIBEIRO, L.P. Evolução da cobertura pedológica dos tabuleiros costeiros e a gênese dos horizontes coesos. In: **WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS**. Aracaju, 2001. Anais. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.93-121.

SILVEIRA, D. DE C.; FILHO, J. F. DE M.; SACRAMENTO, J. A. A. S. DO & SILVEIRA E. C. P. Relação umidade *versus* resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.659-667, 2010.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2^a ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2006.

SOJKA, R. E., UPCHURCH, D. R. Reservations regarding the soil quality concept. **Soil Science Society of America Journal**. v. 63, n. 5, p.1039–1054, sep./oct. 1999.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, 1984, p.153. (Relatório Convênio 545/81).

WANDER, M.M. & DRINKWATER, L.E. Fostering soil stewardship through soil quality assessment. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.61-73, 2000.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Houve alterações nas propriedades físicas e químicas do solo em função das coberturas hoje presentes. Sendo que do ponto de vista físico a camada de 0,00-0,05m não demonstrou ser tão sensível as variações nela ocorridas, como se mostrou do ponto de vista químico.

Na segunda camada do solo (0,05-0,20m), houve conservação da qualidade física e química nas coberturas vegetais de reflorestamento com eucalipto e pastagem, já o reflorestamento com espécies nativas e seringueira, só apresentaram tal comportamento para os atributos físicos, e o café conilon e a pimenta-do-reino para os atributos químicos, todos em relação à Mata Atlântica secundária nativa, sendo que nos tipos de solo estudados, estas coberturas proporcionaram uma menor perturbação ambiental, de acordo com os atributos a elas relacionados.

Na terceira camada do solo de 0,20-0,40m, nenhuma cobertura vegetal apresentou semelhança com a Mata Atlântica secundária nativa, do ponto de vista físico. Quimicamente a única cobertura vegetal que não conseguiu preservar a qualidade do solo foi o reflorestamento com espécies nativas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETO, A.O.; NACIF, P.G.S.; REZENDE, J.O. **Caracterização morfológica e físico-hídrica do solo representativo do Recôncavo Baiano**. I. Determinação da capacidade de campo “in situ” e suas relações com dados obtidos em laboratório. Cruz da Almas, BA: Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, 1988, p.59.

ALCÂNTARA, E. N. & FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24, p.711-721, 2000.

ALVARENGA, M. I. N & DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.23, p.933-942, 1999.

ARAÚJO, Q. R. **Solos de tabuleiros costeiros e qualidade de vida das populações**. Ilhéus: Editus, p. 97.2000.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R. de & FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

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

BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 987-995, 2001.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility Soils**, v.19, p.269-279, 1995.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S. & AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CHER, G. M. **Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P. Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil: uma análise dos efeitos do regime hídrico e da presença de camadas coesas dos solos. **Boletim informativo da SBCS**, Campinas, n. 18, p. 81-95, 1997.

CINTRA, F.L.D. Reflexões sobre o efeito dos horizontes coesos no movimento de água no solo e na distribuição do sistema radicular. In: **Papaya Brasil – Mercado e Inovações Tecnológicas para o Mamão**. MARTINS, D.S. (Editor). Vitória: Incaper, 2005. 666 p.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 4^o Aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, p. 206. 2001.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.3-11, 2000.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Sergipe**. Recife:EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas. 1975, 506p. (Boletim Técnico, 36).

FAGERIA, N. K.; STONE L. F. Qualidade do solo e meio ambiente - Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 35 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 197).

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SCAPIM, C. A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31: p. 9-19, 2007.

GLOVER, J.D.; REGANOLD, J.P. & ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v.80, p.29-45, 2000.

GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R. (eds.). **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam, Elsevier, p.448, 1997.

HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, v. 38, p.95-158, 1985.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br> >. Acesso em 12/12/2010.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JACOMINE, P.K.T. Distribuição Geográfica, Características e Classificação dos Solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: **REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS**, 1996, Cruz das Almas. Anais. Cruz das Almas, EMBRAPA/UFBA, 1996. p.13-26.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F. & SCHUMAN, G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of American Journal**, v.61, p.4-10, 1997.

LAL, R. & PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R. & PIERCE, F.J., eds. Soil management for sustainability. Ankeny, **Soil Water Conservation Society**, p.1-5, 1991.

LAL, R. Soil degradation in relation to climate. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Climate and food security**. Los Baños, 1989. p. 257-276.

LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35)

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Sciences**, v.1, p.277-294, 1985.

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.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V. & SOUZA, L. da S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um latossolo amarelo coeso dos tabuleiros costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.1599-1608, 2007.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P. & MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.211-220, jul./set. 2006.

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, p.1-8. 1999.

MOREAU, A. M. S. dos S.; KER, J. C.; COSTA, L. M. Da; GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, p.1007-1019, 2006.

NASCIMENTO, G. B. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambiente de tabuleiro costeiro da região norte fluminense (RJ)**. 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia Aplicada**. 3 ed. Piracicaba: FEALQ, p.592. 2008.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G. & OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, 305 p. 2007.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e Fertilidade do Solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação. Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, p.81. 1988.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicators of good physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, p.131-146, 2002.

RIBEIRO, L. P. Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação. Salvador: Seplantec – CADCT, 1998. 99 p.

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.30, p.1-12, 2006.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P. et al. Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, CNPS, v.2. 1993.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **A glossary of soil science terms**. Madison, 1997. 34 p.

SOJKA, R. E., UPCHURCH, D. R. Reservations regarding the soil quality concept. **Soil Science Society of America Journal**. v. 63, n. 5, p.1039 – 1054, sep./oct. 1999.

SOUZA, A. L. V. **Avaliação da qualidade de um latossolo amarelo Coeso argissólico dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.

SOUZA, L.S. Uso e manejo dos solos coesos dos tabuleiros costeiros. In: **REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS**, Cruz das Almas, 1996. Anais. Cruz das Almas, EAUFBA/GVFBA, EMBRAPA/ CNPMF, p.36-75.1996.

STABEN, M. L.; BEZDICEK, D. F.; SMITH, J. L.; FAUCI, M. F. Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheat-fallow soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p. 124-130, 1997.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola**. Viçosa, p. 153, 1984. (Relatório Convênio 545/81).

VERDADE, F. C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. **Bragantia**, v.15, n.4, p.35-42, 1956.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Uma Visão Sobre Qualidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

6. ANEXOS

6.1. Anexo “A”

TABELA 1. Resumo da análise de variância para indicadores químicos do solo na camada de 0,00-0,05m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
pH	0,05	1,270*	5,82	4,01
Matéria Orgânica	0,04	1,250*	2,22	9,46
CTC	0,67	3,320*	6,18	13,29
Alumínio Trocável	0,003	0,007 ^{ns}	0,11	48,51
Cálcio Trocável	0,63	2,920*	3,17	25,12
Magnésio Trocável	0,01	0,140*	0,82	14,01
Potássio Trocável	104,78	1201,150*	32,90	31,10
Acidez Potencial	0,17	2,420*	2,08	20,17
Soma de Bases	0,71	3,590*	4,10	20,60
Saturação de Bases	42,03	590,420*	65,84	9,84
Saturação Alumínio	2,96	20,200*	3,31	51,98

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.

TABELA 2. Resumo da análise de variância para indicadores químicos do solo na camada de 0,05-0,20m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
pH	0,032	0,738*	5,63	3,21
Matéria Orgânica	0,098	0,249 ^{ns}	1,85	16,86
CTC	0,403	2,023*	5,13	12,37
Alumínio Trocável	0,002	0,036*	0,16	26,20
Cálcio Trocável	0,195	1,620*	2,21	19,97
Magnésio Trocável	0,003	0,050*	0,52	11,77
Potássio Trocável	75,37	733,850*	28,13	30,85
Acidez Potencial	0,137	1,080*	2,30	16,10
Soma de Bases	0,236	2,462*	2,79	17,40
Saturação de Bases	28,15	495,820*	53,87	9,84
Saturação Alumínio	5,534	180,590*	7,31	32,16

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.

TABELA 3. Resumo da análise de variância para indicadores químicos do solo na camada de 0,20-0,40m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
Ph	0,131	0,314 ^{ns}	5,44	6,67
Matéria Orgânica	0,118	0,243 ^{ns}	1,45	23,58
CTC	0,128	1,028*	4,35	8,22
Alumínio Trocável	0,042	0,062 ^{ns}	0,23	86,46
Cálcio Trocável	0,270	0,568 ^{ns}	1,58	32,86
Magnésio Trocável	0,004	0,031*	0,29	23,76
Potássio Trocável	144,25	349,840*	22,93	52,36
Acidez Potencial	0,327	1,539 ^{ns}	2,38	23,99
Soma de Bases	0,330	0,813 ^{ns}	1,96	29,23
Saturação de Bases	174,98	468,420 ^{ns}	45,47	29,08
Saturação Alumínio	136,03	258,020 ^{ns}	12,62	92,39

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.

6.2. Anexo “B”

TABELA 1. Resumo da análise de variância para indicadores físicos do solo na camada de 0-0,05m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
Densidade do solo	0,0039	0,0022*	1,51	4,18
Porosidade Total	8,1500	29,4400*	43,40	6,57
Macroporosidade	43,4500	48,0200 ^{ns}	23,23	28,36
Microporosidade	29,4600	30,7400 ^{ns}	20,17	26,90
DMG	0,0500	0,5300*	2,33	10,36
DMP	0,0300	0,1300*	3,93	0,01

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.

TABELA 2. Resumo da análise de variância para indicadores físicos do solo na camada de 0,05-0,20m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
Densidade do solo	0,0045	0,0078 ^{ns}	1,56	4,33
Porosidade Total	15,9500	17,3300 ^{ns}	40,68	9,81
Macroporosidade	16,1200	31,5500 ^{ns}	18,98	21,15
Microporosidade	14,8100	24,1000 ^{ns}	21,70	17,73
DMG	0,1600	0,9000*	2,00	19,97
DMP	0,0800	0,6600*	2,37	12,29

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.

TABELA 3. Resumo da análise de variância para indicadores físicos do solo na camada de 0,20-0,40m

Indicadores	Quadrado Médio		Média Geral	CV(%)
	Resíduo	Coberturas		
Densidade do solo	0,01	0,017 ^{ns}	1,63	6,29
Porosidade Total	23,21	24,400 ^{ns}	38,77	12,42
Macroporosidade	38,68	80,160 ^{ns}	15,52	40,05
Microporosidade	14,29	44,370 ^{ns}	23,24	16,26
DMG	0,11	0,790*	1,74	19,03
DMP	0,05	0,540*	2,20	11,07

ns-não significativo a 5% pelo Teste F; * significativo a 5% pelo Teste F.