

ALTERAÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS DE AGRICULTURA NO ENTORNO DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR, UBATUBA (SP)¹

Cristiane Figueira da SILVA²

Marcos Gervasio PEREIRA³

Arcângelo LOSS⁴

Eliane Maria Ribeiro da SILVA⁵

Maria Elisabeth Fernandes CORREIA⁶

RESUMO: Este trabalho foi realizado no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP), nas seguintes áreas: plantio de mandioca, bananal agroflorestal, área de capoeira e floresta secundária, com o objetivo de identificar o grau de alteração a que estas áreas vêm sendo submetidas. Foram feitas coletas em julho de 2003 e março de 2004 e avaliadas alterações nas propriedades químicas e físicas do solo em cada área. Os resultados mostram que houve um maior incremento de carbono orgânico, cálcio, magnésio, bem como maior saturação por bases e diminuição nos teores de alumínio na área de banana comparada à área de mandioca que, por sua vez, apresentou maior densidade do solo e menor volume total de poros. Através da análise dos componentes principais, verifica-se que as características do solo mais correlacionadas com as alterações nos sistemas foram: a fração ácido húmico, hidrogênio e alumínio, humina, fósforo, carbono orgânico e magnésio.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Matéria Orgânica do Solo, Agrossistemas, Sustentabilidade.

SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL CHANGES IN AGRICULTURAL AREAS SURROUNDING THE PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR, UBATUBA-SP

ABSTRACT: This study was carried out in four surrounding areas of Sea Mountain Range State Park, Ubatuba (SP), in areas of banana intercropped with forest, cassava plantation, secondary regrowth and secondary forest with the objective to determine the changes in the chemical and physical properties of

¹ Aprovado para publicação em 14.12.06

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

² Aluna de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF. Av. Alberto Lamego, 2000 - Campos dos Goytacazes (RJ), CEP: 28013-600

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado do Deptº. de Solos da UFRRJ, BR 465, km 7, Seropédica (RJ). CEP: 23890-000.

⁴ Engenheiro Agrônomo, aluno de Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo da UFRRJ, Bolsista da CAPES, BR 465, km 7, Seropédica (RJ). CEP: 23890-000.

⁵ Engenheira Florestal, PhD, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, Seropédica (RJ). CEP: 23890-000.

⁶ Licenciada em Ciências Biológicas, Dra., Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.

these areas. Soil samples were collected in July of 2003 and March of 2004 for the analysis of physical and chemical properties in each area. Banana intercropped with forest showed higher organic carbon, calcium, magnesium and base saturation and lower aluminium level than cassava plantation. On the other hand, cassava plantation showed higher bulk density values and low porosity. Through the main components analysis was verified that the soil characteristics more correlated with areas degradation were: the acid humic fraction, hydrogen and aluminium, humin fraction, phosphorus, organic carbon and magnesium.

INDEX TERMS: Soil Organic Matter, Agrosystems, Sustainability

1 INTRODUÇÃO

A floresta tropical é conhecida mundialmente como a de maior diversidade biológica do planeta, normalmente, abrigada sob formações florestais densas, com múltiplos estratos e com elevada complexidade funcional e estrutural (MATA atlântica, 2003). Entretanto, há muitos anos este ecossistema vem perdendo suas características originais, cedendo lugar às atividades agrícolas (CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA/UNICAMP, 1992). As regiões Sul e Sudeste do país foram submetidas a um processo intenso de ocupação e exploração agrícola do seu território, sendo este mais acentuado nos últimos cinquenta anos (SOARES; PEREZ FILHO, 1997), gerando uma grande perda da biodiversidade, matéria orgânica e nutrientes, entre outros.

A ação antrópica exercida sobre o solo através das práticas agrícolas afeta em menor ou maior grau as suas propriedades químicas, físicas e biológicas, comprometendo desta forma sua qualidade. De acordo com Islam e Weil (2000) a qualidade do solo, sendo um estado funcional complexo, não pode ser medida diretamente, mas pode ser inferida a partir de propriedades do solo designadas

como propriedades indicadoras da qualidade do solo (PAPENDICK; PARR, 1992).

Em áreas do entorno do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) em Ubatuba (SP), verificam-se núcleos de agricultura familiar e tradicional. Em função de vários fatores, entre eles a redução da produtividade de algumas áreas, algumas destas vêm sendo abandonadas, o que leva a uma perda cultural, bem como a erosão genética de algumas culturas (RAIMUNDO, 2001). Desta forma, surge a necessidade do estabelecimento de indicadores da qualidade do solo para avaliação do grau de alteração que essas áreas vêm sendo submetidas, e, desta forma, subsidiar a elaboração de propostas de manejo sustentável, e que contribuam para a diminuição desses problemas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as modificações das propriedades químicas e físicas do solo de quatro áreas: (plantio de mandioca, plantio de banana entremeada à floresta, capoeira e floresta secundária) no EPESM em Ubatuba (SP) com fins de se obter indicadores de qualidade do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se em uma propriedade rural, no município de Ubatuba, próximo à divisa com o estado do Rio de Janeiro. As coordenadas geográficas são 23°18'14" de latitude Sul e 44°51'44.1" de longitude Oeste e a altitude está em torno de 54m. O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Cfa, na qual a média do mês mais quente é superior a 22°C. As precipitações variam de 1500 a 2500 mm chegando a 4300 mm nos contrafortes da serra do Mar (BRASIL, 1983) Na Figura 1 é apresentada a distribuição da precipitação durante o período de estudo.

Na área de estudo predominam os CAMBISSOLOS HÁPLICOS, sendo, também, observados NEOSSOLOS LITÓLICOS nas áreas de maior declividade. Segundo Raimundo (2001), os Cambissolos apresentam caráter distrófico. O relevo é montanhoso com vertente tendendo à concavidade.

Na propriedade foram selecionadas as seguintes áreas: a) plantio de mandioca com aproximadamente sete meses, sendo que a cultura vem sendo conduzida a cinco anos na área. O plantio não foi feito em camalhões e são feitas capinas periódicas; b) plantio de banana entremeada à floresta (25 anos de condução). Esse bananal apresentava um sub-bosque de herbáceas nativas e, também, algumas espécies arbóreas nativas, como guapuruvu (*Schyzolobim parabyba*) e palmito jussara (*Euterpes edulis*) entremeadas aos pés de bananas. As bananeiras apresentavam uma

distribuição irregular no terreno. Foram realizadas roçadas na área e limpeza das mudas (raleamento); c) capoeira (40 anos de revegetação); e d) floresta secundária pertencente ao Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) (Figura 2). Nas áreas de cultivo da banana e da mandioca não se realizam as práticas convencionais de uso do solo, tais como: aração, gradagem e adubação.

Em cada uma das coberturas, foi delimitada uma área de 400 m², e para a avaliação das propriedades edáficas foram realizadas coletas em julho de 2003 e março de 2004. As amostras foram coletadas com um trado sonda a uma profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm. Foram coletadas de cada área trinta amostras simples, que misturadas de 10 em 10 resultaram em três amostras compostas. Estas foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA), e procedidas as determinações químicas (pH, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H⁺ + Al⁺³, P, K⁺, Na⁺, carbono orgânico e saturação por bases) Para a avaliação da densidade do solo (Ds) e volume total de poros (VTP) foram coletadas cinco amostras indeformadas com auxílio de um anel de Kopecky. Todas as análises foram realizadas segundo Embrapa (1997).

Para realização da extração e fracionamento dos compostos orgânicos do solo foram realizadas coletas nas quatro áreas estudadas. Foram recolhidas três amostras compostas nas profundidades de

0-5 cm. Para as análises foi utilizado o método proposto pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS) (SWIFT, 1996), com adaptações propostas por Benites, Madari e Machado (2003).

Para o estudo das alterações de propriedades edáficas foram feitas análises estatísticas dos dados considerando o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (floresta secundária, capoeira, plantio de banana e de mandioca) e três repetições. Foi feita avaliação da homogeneidade das variâncias dos erros pelo Teste de Cochran. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste Scott Knott a 5 % de probabilidade.

Os resultados obtidos também foram submetidos à análise de componentes principais (ACP), sendo os dados padronizados segundo Regazzi (2000) com média zero e variância 1

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s(x_j)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{e} \quad j = 1, 2, \dots, p$$

A análise, agrupando as características físicas e químicas de solo, objetivou sintetizar a variação multidimensional dos dados analisados em um diagrama, ordenando-as nos eixos, de acordo com as suas similaridades em termos das variáveis utilizadas.

As amostras (coberturas vegetais) e as variáveis (características físicas e químicas do solo) foram transformadas em coordenadas (escores), que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação ou autovetores (eingenectores), representando o peso de cada parcela ou variável sobre o eixo em questão. O autovalor (eigenvalue), que é a soma ao quadrado do maior dos escores de cada eixo representa o maior grau de correlação possível de todas as parcelas ou variáveis com o eixo e dá uma indicação direta da contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (TER BRAAK, 1986, 1987).

Para a execução da análise dos componentes principais (ACP), foram produzidos matrizes das características físicas e químicas do solo na profundidade de 0-5 cm, sendo produzidos diagramas de ordenação dos parâmetros do solo e coberturas vegetais. Nos diagramas, a distribuição das coberturas é representada por pontos, que indicam sua correlação com os eixos, enquanto as características do solo são representadas por setas, indicando a direção do gradiente máximo das mesmas, sendo o comprimento da seta proporcional à correlação da característica com os eixos e à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo.

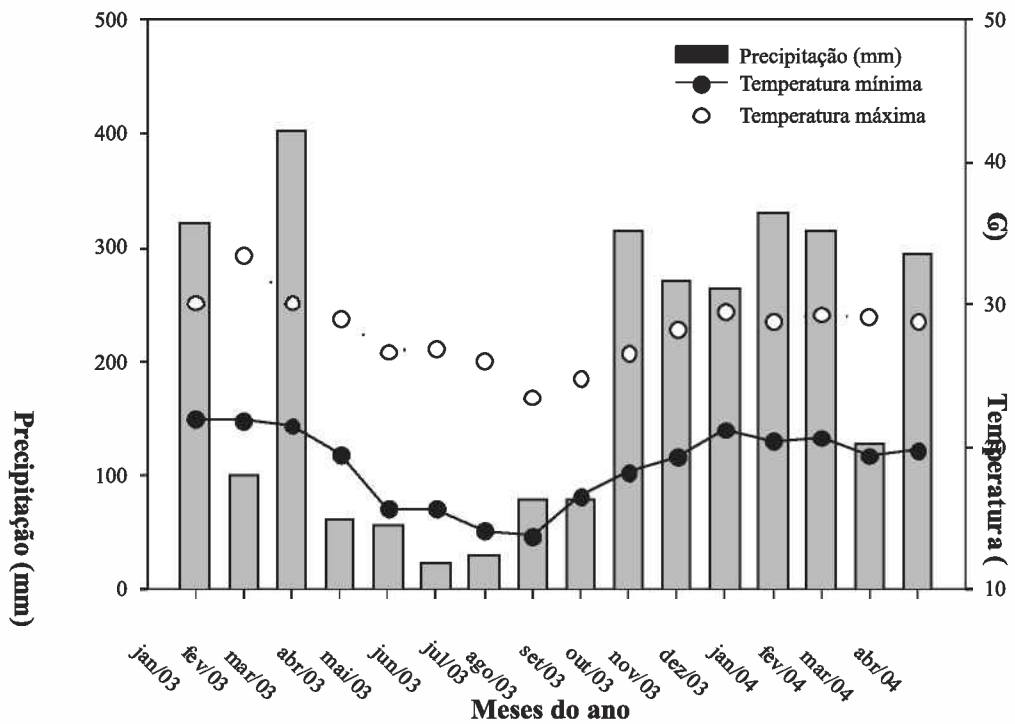


Figura 1 Distribuição da precipitação e temperatura durante o período do estudo

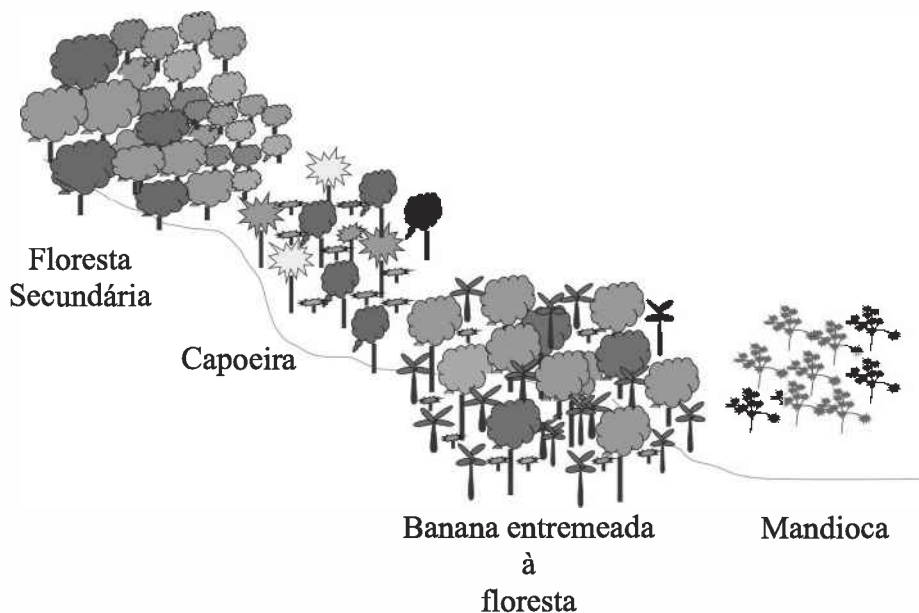


Figura 2 - Croqui da área em estudo (floresta secundária, capoeira, plantio de banana e mandioca).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARBONO ORGÂNICO, SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E NITROGÊNIO

Observou-se para as áreas de floresta secundária e plantio de banana em ambas as profundidades avaliadas (0-5 e 5-10 cm) os maiores teores de C orgânico no solo, quando comparados com a área de plantio de mandioca (Tabela 1). Tal fato pode ser explicado pelo menor grau de antropização e maior aporte de matéria orgânica nas áreas de floresta e plantio de banana. Na área de plantio de mandioca os menores valores são decorrentes da baixa adição de resíduos culturais. Marchiori Júnior e Melo (1999) verificaram reduções de 34% do teor de carbono orgânico do solo em área cultivada com algodoeiro por 10 anos em relação à floresta natural.

Swift e Woome (1993) relatam que em solos tropicais, quando áreas de florestas são convertidas em áreas agrícolas ou de pastagens, ocorre rapidamente um declínio do conteúdo de matéria orgânica. Porém, Raimundo (2001), avaliando as propriedades químicas de um Cambissolo distrófico em uma área de cultivo de banana entremeada à floresta comparada à floresta secundária em Ubatuba (SP), também não verificou diferenças significativas nos teores de matéria orgânica entre estas duas áreas. Uma possível explicação para esta similaridade pode ser decorrente tanto do seu sistema radicular fasciculado, que se concentra nas camadas mais superficiais do solo, quanto do manejo

conduzido pelos agricultores na área de plantio de banana.

O manejo adotado, segundo entrevistas com as lideranças locais, consiste na manutenção de algumas espécies do estrato herbáceo da floresta, juntamente com algumas outras de maior valor econômico ou que são proibidas de corte, como o palmito jussara (*Euterpes edulis*), que protegem o solo e aumentam o aporte de matéria orgânica. Além disso, após a colheita do cacho de banana, o pseudo-caule da bananeira é cortado, permanecendo no local, participando, assim, do fornecimento de matéria orgânica ao solo (RAIMUNDO, 2001).

Quanto às substâncias húmicas entre as áreas, nas duas estações (Tabela 2), foram verificadas diferenças significativas para os teores de ácidos fúlvicos (AF) e ácidos húmicos (AH) no inverno e no verão e para humina apenas no verão. Os maiores valores de AF foram observados nas áreas de floresta e capoeira e os menores valores na área de banana e mandioca, apresentando diferença significativa (Tabela 3). Leite et al. (2003) também observaram menores estoques de AF em áreas agrícolas em relação à floresta, avaliando estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo Vermelho-Amarelo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. A diminuição dos estoques das frações AF, decorrente da mudança da vegetação natural para agricultura, também foi observada por

Ferreira (1997) trabalhando com as interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru (SP) e Longo e Espíndola (2000), estudando C-orgânico, N total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica.

Mendonza et al. (2000) estudando os efeitos dos diferentes sistemas de colheita dos canaviais (com e sem queima da palhada) nas propriedades químicas e biológicas de solos dos Tabuleiros Costeiros, Linhares (ES), verificaram que o retorno da palhada ao solo promoveu maiores teores da fração ácidos fúlvicos, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm e ácidos fúlvicos livres, em relação ao sistema com queima.

Em relação aos AH, a área de plantio de mandioca foi a que apresentou menor valor diferindo estatisticamente das demais áreas (Tabela 3). Os menores valores de AF e AH nesta área podem ser decorrentes da rápida transformação da matéria orgânica, devido ao manejo a que é submetida. A fração humina (HUM) só diferiu significativamente entre as áreas no verão, onde as áreas de banana e mandioca apresentaram os menores valores (Tabela 2).

Em relação à sazonalidade, a área de plantio de mandioca apresenta menor quantidade de HUM no inverno, apresentando diferença significativa do verão. Já a área de plantio de banana apresentou o mesmo comportamento que a área de floresta, apresentando diferença significativa apenas para a fração AF, onde os maiores valores foram obtidos no verão. A área de capoeira

obteve tanto AF quanto a HUM maiores no verão (Tabela 2).

Em relação a distribuições das substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina), nas áreas estudadas nas duas estações. Em todas as coberturas vegetais e em ambas as épocas, a HUM constituiu a fração presente em maior quantidade quando comparada às frações AF e AH. Estes dados também foram observados por Borges e Kiehl (1996) que avaliaram a alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA) pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. Segundo Stevenson (1982) e Longo e Espíndola (2000), o maior acúmulo desta fração no solo pode estar relacionada à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como, também, à maior resistência à decomposição.

Quanto ao N, os valores mais elevados foram observados na área de capoeira, banana e floresta para as duas profundidades e nas duas épocas. A área de mandioca foi a que apresentou menor incremento desse nutriente, só não sendo diferente significativamente da área de floresta no inverno, na profundidade de 5-10 cm (Tabela 4). Os maiores valores encontrados nas áreas de floresta, capoeira e banana podem ser consequência do maior acúmulo de material orgânico, decorrente da incorporação de tecidos vegetais. Para todas as áreas observaram-se menores teores de N no verão em relação ao inverno.

Tabela 1 - Valores médios de carbono orgânico em função da cobertura vegetal na profundidade de 0-5 e 5-10 cm no inverno (I) e no verão (V).

Área	Corgânico (gkg ⁻¹)			
	I		V	
	0-5 (cm)		5-10 (cm)	
Floresta	32,28 Aa	35,32 Aa	26,28 Ba	33,08 Aa
Capoeira	30,87 Aa	27,04 Bc	22,48 Ab	25,32 Ab
Banana	34,59 Aa	32,08 Ab	25,68 Ba	30,32 Aa
Mandioca	26,25 Ab	26,28 Ac	20,21 Ab	23,88 Ab

Nota Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

Tabela 2 - Substâncias húmicas¹ na camada de 0-5 cm nas quatro áreas estudadas no inverno (I) e no verão (V).

Área	Ácidos Fúlvicos		Ácidos Húmicos		Humina	
	I	V	I	V	I	V
Floresta	0,60 Ba	0,81 Aa	0,45 Aa	0,54 Aa	1,14 Aa	1,27 Aa
Capoeira	0,63 Ba	0,75 Aa	0,46 Aa	0,54 Aa	1,06 Ba	1,30 Aa
Banana	0,55 Bb	0,63 Ab	0,48 Aa	0,53 Aa	1,04 Aa	1,08 Ab
Mandioca	0,54 Ab	0,58 Ab	0,35 Ab	0,35 Ab	0,91 Ba	1,15 Ab

Nota ¹Ácidos Fúlvicos, Ácidos Húmicos e Humina. *Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

Tabela 3 - Propriedades químicas do solo das quatro áreas estudadas na profundidade de 0-5 cm na estação do inverno (I) e no verão (V).

Área	Profundidade/Propriedade/Estação											
	pH		Ca (cmol _c kg ⁻¹)		Mg (cmol _c kg ⁻¹)		K (cmol _c kg ⁻¹)		Na (cmol _c kg ⁻¹)		V (%)	
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V
	0-5 (cm)											
Floresta	4,53 Ab	4,47 Ac	0,47 Ab	0,65 Ab	0,77 Bb	1,62 Ab	0,16 Ba	0,24 Aa	0,06 Aa	0,07 Aa		
Capoeira	4,69 Aa	4,76 Ab	0,40 Bb	1,55 Aa	1,13 Bb	2,07 Aa	0,17 Aa	0,23 Aa	0,07 Aa	0,07 Aa		
Banana	4,77 Ba	5,13 Aa	1,00 Ba	2,02 Aa	2,33 Aa	2,38 Aa	0,18 Aa	0,25 Aa	0,05 Aa	0,06 Aa		
Mandioca	4,83 Aa	4,90 Ab	0,33 Ab	0,42 Ab	0,93 Ab	1,38 Ab	0,23 Aa	0,26 Aa	0,05 Aa	0,06 Aa		
	Al (cmol kg ⁻¹)		H+Al (cmol kg ⁻¹)		N (g kg ⁻¹)		P (mg kg ⁻¹)		V (%)			
Floresta	1,80 Ba	2,60 Aa	11,69 Ba	14,61 Aa	2,04 Aa	1,37 Ba	2,62 Ba	8,53 Aa	12,35 Ab	16,33 Ac		
Capoeira	1,65 Aa	0,68 Bb	11,74 Aa	13,09 Aa	2,25 Aa	1,33 Ba	2,02 Ba	4,33 Ab	15,04 Bb	28,63 Ab		
Banana	0,80 Ab	0,17 Ab	10,95 Aa	9,93 Ab	2,20 Aa	1,13 Ba	1,53 Ba	5,33 Ab	33,43 Ba	45,61 Aa		
Mandioca	1,70 Aa	0,40 Bb	9,93 Aa	11,33 Ab	1,73 Ab	0,71 Bb	0,93 Ba	4,33 Ab	15,09 Ab	16,99 Ac		

Tabela 4 -Propriedades químicas do solo das quatro áreas estudadas na profundidade de 5-10 cm na estação do inverno (I) e no verão (V).

Área	Profundidade/Propriedade/Estação											
	5-10 (cm)											
	pH		Ca(cmokg)		Mg(cmokg)		K(cmokg)		Na(cmokg)		V (%)	
I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	
Floresta	4,69 Aa	4,40 Ab	0,35 Ab	0,73 Ab	0,75 Aa	1,20 Aa	0,16 Ba	0,20 Aa	0,06 Aa	0,07 Aa		
Capoeira	4,70 Aa	4,66 Ab	0,13 Bb	1,25 Aa	0,80 Aa	1,35 Aa	0,13 Bb	0,22 Aa	0,06 Aa	0,07 Aa		
Banana	4,82 Aa	5,06 Aa	0,87 Ba	1,58 Aa	0,86 Ba	2,05 Aa	0,14 Bb	0,22 Aa	0,05 Aa	0,06 Aa		
Mandioca	4,79 Aa	4,80 Aa	0,37 Ab	0,48 Ab	0,60 Ba	1,47 Aa	0,19 Aa	0,23 Aa	0,04 Aa	0,07 Aa		
	Al (cmolk _c g ⁻¹)		H+Al (cmolk _c g ⁻¹)		N (g kg ⁻¹)		P (mg kg ⁻¹)		V (%)			
	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V		
Floresta	2,28 Aa	1,40 Ba	10,54 Ba	13,91 Aa	1,73 Ab	1,21 Ba	2,08 Ba	7,00 Aa	12,65 Aa	15,00 Ab		
Capoeira	1,75 Ab	0,78 Bb	8,14 Ba	12,73 Aa	1,93 Aa	1,22 Ba	0,71 Ba	4,00 Ab	15,73 Aa	21,28 Ab		
Banana	1,18 Ac	0,20 Bc	9,40 Aa	10,43 Ab	1,84 Aa	1,07 Ba	1,47 Ba	4,33 Ab	20,35 Ba	35,96 Aa		
Mandioca	1,68 Ab	0,67 Bb	9,52 Aa	10,65 Ab	1,66 Ab	0,71 Bb	1,25 Ba	4,67 Ab	12,52 Aa	19,72 Ab		

Nota: Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

3.2 VALORES DE pH E CÁTIONS TROCÁVEIS

Nas Tabelas 3 e 4, são apresentadas as demais propriedades químicas analisadas. Quanto ao pH, observaram-se os valores mais baixos na área de floresta para as duas profundidades estudadas, tanto no inverno quanto no verão, não apresentaram diferença significativa entre as áreas no inverno na profundidade de 5-10 cm. A presença de pH mais ácido nesta área pode ser decorrente da adição freqüente de matéria orgânica bruta, devido à capacidade que os grupos funcionais da matéria orgânica apresentam em liberar ou receber íons H^+ (MEURER, 2000) e, também, dos processos de decomposição e de mineralização levando a produção de substâncias orgânicas de caráter ácido, reduzindo, assim, o pH do solo, principalmente nas camadas mais superficiais (FIALHO; BORGES; BARROS, 1991).

Este comportamento pode estar relacionado também ao alumínio, onde se observa uma concentração mais elevada deste elemento nesta área. Já a área de banana apresentou os maiores valores de pH e, ao contrário da área de floresta, os menores valores de alumínio.

Em relação ao alumínio (Al), os menores valores para as duas profundidades encontram-se na área de plantio de banana, diferindo estatisticamente das áreas de floresta, capoeira e mandioca em ambas as profundidades no inverno (Tabelas 3 e 4). No verão, observam-se os menores teores deste elemento, embora estes não sejam diferentes

estatisticamente da área de capoeira e mandioca na profundidade de 0-5 cm (Tabela 3). A baixa concentração de Al na área de banana pode ser resultante do aumento dos valores de pH, reduzindo a solubilidade do Al. Também não se descarta a provável reação de complexação do Al com compostos orgânicos.

Mendonça e Rowel (1994), estudando o efeito do cultivo do solo sobre a dinâmica dos compostos orgânicos e suas interações com o Al, por meio das relações entre diferentes frações de Al e matéria orgânica, observaram haver uma forte atuação da matéria orgânica na complexação e/ou disponibilização de formas de Al na solução do solo. A complexação do Al pela matéria orgânica foi demonstrada por Alcântara (1997) e Franchini et al. (1999), que encontraram acima de 90% do Al total de um solo ácido complexado pela matéria orgânica, após a aplicação de resíduos vegetais.

Em ambas as profundidades, as áreas de capoeira, banana e mandioca apresentaram menores concentrações de Al no verão em relação ao inverno (Tabelas 3 e 4), embora na profundidade de 0-5 cm a área de plantio de banana não tenha sido observada diferença relevante em relação às estações (Tabela 4).

Em relação aos valores de acidez potencial (H^+Al), não houve diferença significativa entre as áreas em ambas as profundidades no inverno. Já no verão as áreas de plantio de banana e mandioca

apresentaram os menores valores, tanto na profundidade de 0-5 cm quanto na de 5-10 cm, diferindo significativamente das áreas de capoeira e floresta (Tabelas 3 e 4).

Quanto ao Ca, na época do inverno houve diferença significativa da área de plantio de banana em relação às demais áreas em ambas as profundidades, onde a área de banana apresentou maior teor deste elemento. No verão, as áreas de banana e capoeira foram diferentes significativamente das demais áreas nas duas profundidades. Houve maior incremento de Ca no verão em relação ao inverno nestas duas áreas, sendo esta diferença significativa (Tabelas 3 e 4).

Para o Mg só houve diferença significativa entre as áreas na profundidade de 0-5 cm, tanto no inverno quanto no verão (Tabela 3). No inverno, a área de plantio de banana diferiu das demais áreas, e no verão se igualou à área de capoeira. Somente as áreas de floresta e capoeira apresentaram diferenças entre as estações, apresentando um maior teor deste elemento no verão (Tabelas 3 e 4).

Neste contexto, foi possível observar que no solo cultivado com mandioca, os teores de Ca e Mg, apesar de diferir da capoeira, não diferiram dos observados no solo sob floresta, enquanto que a área cultivada com banana mostrou teores superiores a área de floresta. É provável que os maiores teores de Ca e Mg na área da banana se devam ao acúmulo desses nutrientes em superfície, devido à deposição de grande quantidade de resíduos provenientes de sua parte aérea.

Não foi verificada diferença significativa para os teores de fósforo (P) do solo entre as áreas estudadas nas duas profundidades no inverno. Já no verão, os valores mais elevados deste elemento foram encontrados na área de floresta, sendo diferentes das demais áreas. Em relação à sazonalidade, no verão houve um incremento significativo deste elemento em todas as áreas (Tabelas 3 e 4).

Em relação ao potássio (K), só houve diferença significativa na profundidade de 5-10 cm no verão, onde capoeira e banana apresentando os menores valores foram diferentes significativamente das áreas de mandioca e floresta (Tabelas 3 e 4). Estes dados não estão de acordo com os de Borges e Kiehl (1997), que encontraram valor significativamente menor em área de cultivo de mandioca quando comparado a área de cultivo de banana, manga, citros e floresta, atribuindo este comportamento a baixas quantidades deste elemento aplicados na cultura da mandioca e à alta extração pela mesma por colheita. Em relação à sazonalidade na profundidade de 0-5 cm, somente a floresta apresentou diferença significativa entre as estações, apresentando menor conteúdo de K no inverno. Já na profundidade de 5-10 cm, além da floresta, as áreas de banana e capoeira também apresentaram quantidades de K significativamente menor no inverno.

Para o sódio (Na) não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, tanto no que se refere às profundidades quanto às épocas (Tabelas 3 e 4), o que era

esperado pelas características de solo e paisagem.

Houve diferença significativa no valor médio de V% nas duas estações. A área de plantio de banana diferiu-se das demais áreas apresentando os maiores valores de saturação por bases. Estes dados são corroborados pelos de Borges e Kiehl (1997) que constataram, em um Latossolo, maiores valores de V% em glebas cultivadas com banana quando comparada com mata e mandioca apresentando diferenças estatísticas entre os tratamentos. Na profundidade de 5-10 cm no inverno, não houve diferença entre os tratamentos, sendo que o maior valor de saturação por bases continuou sendo na área de banana (21 %) e o menor na área de mandioca (12 %) (Tabela 4). Houve um aumento do valor V% no verão em relação ao inverno, para banana de 5-10 cm e capoeira e banana de 0-5 cm, e este comportamento se deve ao aumento das bases nesta época, como já destacado acima (Tabelas 3 e 4).

3.3 DENSIDADE DO SOLO E VOLUME TOTAL DE POROS

Dentre as propriedades físicas, a densidade do solo (Ds) tem sido mais utilizada para avaliar alterações na porosidade do solo pela compactação, principalmente em decorrência das práticas de manejo.

Na Figura 2 pode-se observar os valores de Ds nas diferentes áreas dentro de cada estação. Os maiores valores de Ds foram encontrados na área de mandioca, tanto na estação seca quanto na estação chuvosa,

diferindo-se estatisticamente das demais áreas. Os maiores valores de Ds podem estar relacionados aos menores teores de matéria orgânica nesta área.

A elevação da Ds, pela redução no teor de MO e do volume de poros, tem implicações na produtividade da cultura ao interferir no desenvolvimento das raízes, reduzindo a absorção de nutrientes e água e o desenvolvimento radicular (NASCIMENTO, 2001).

Os solos não cultivados, por não serem submetidos à ação antrópica, costumam apresentar menor densidade (SILVA, 1981; COOTE; RAMSEY, 1983; NEVES; LIMA; MOREIRA, 1991). Este comportamento pode ser observado nas áreas de floresta e capoeira. A área de plantio de banana entremeada à floresta, embora seja uma área de cultivo, apresenta valores de densidades próximos aos de áreas sem interferência do homem, não apresentando diferença significativa em relação às mesmas (Figura 3).

Com relação à sazonalidade, somente as áreas de floresta e capoeira apresentaram diferença estatística significativa entre as duas estações, sendo o menor valor de Ds verificado na estação chuvosa. As duas áreas de cultivo permaneceram com densidades do solo próximas, não sendo constatadas diferenças significativas entre elas.

Em relação ao volume total de poros (VTP), as áreas de floresta, capoeira e banana diferiram estatisticamente da área de mandioca, tanto no inverno quanto no verão, apresentando maior porosidade (Figura 4).

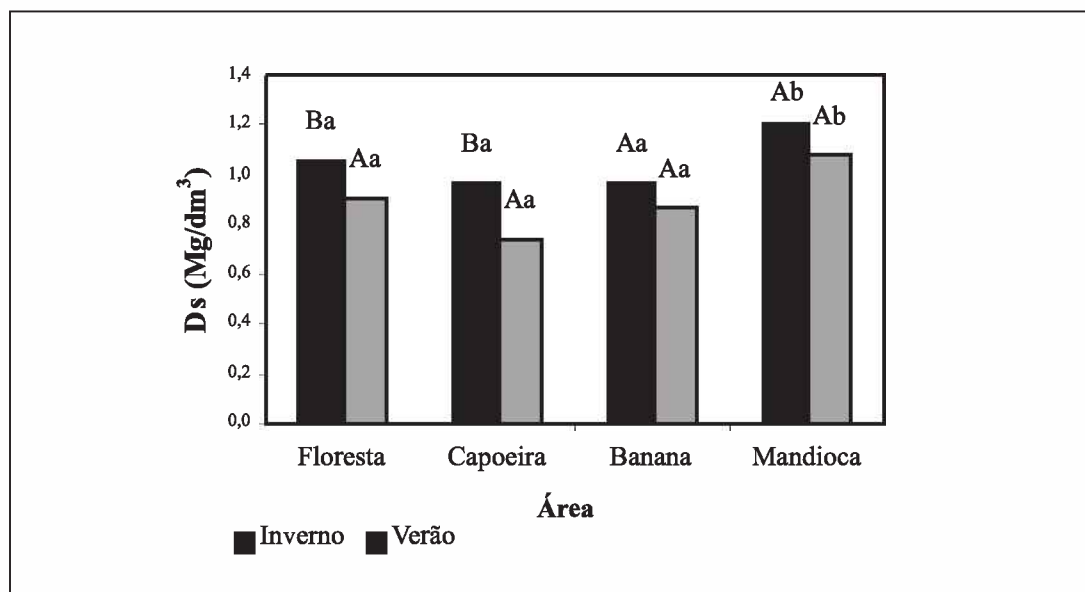


Figura 3 - Valores médios de densidade do solo nas quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) na profundidade de 0-5 cm no inverno e no verão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

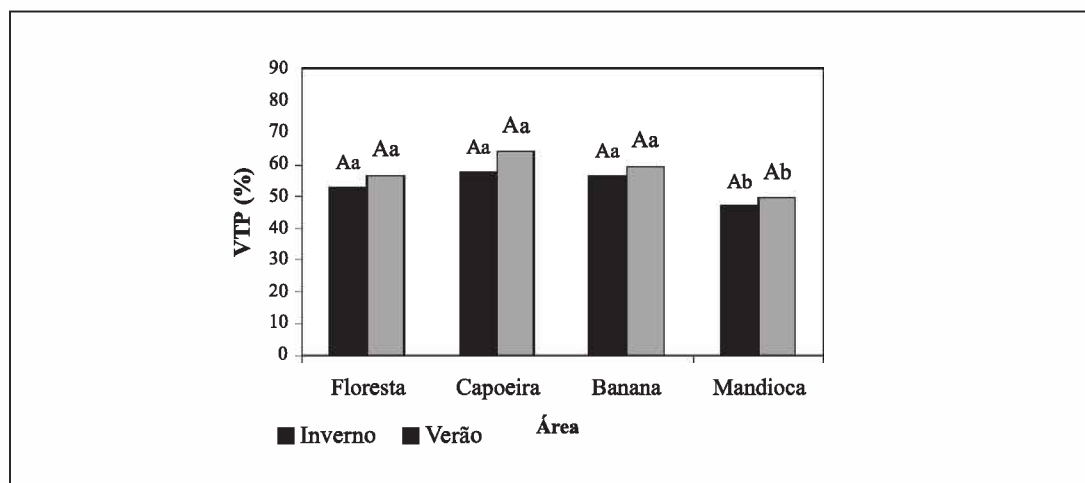


Figura 4 - Valores médios de volume total de poros (%) nas quatro áreas (floresta, capoeira, banana e mandioca) na profundidade de 0-5 cm no inverno e no verão. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as estações e mesma letra minúscula não diferem entre as áreas pelo teste Scott Knott a 5%.

3.4 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise de componentes principais (ACP) está representada nas Figuras 5 e 6, sendo a distribuição dos tratamentos (F_Floresta I, F_Floresta V, C_Capoeira I, C_Capoeira V, B_Banana I, B_Banana V, M_Mandioca I e M_Mandioca V), correspondem às áreas nas estações de inverno (I) e verão (V), feita por pontos, indicando sua correlação com os eixos. Na Figura 5, as características do solo são representadas por linhas indicando a direção do gradiente máximo das mesmas, sendo o comprimento da linha relativo a sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo, enquanto o ângulo de cada linha em relação aos eixos indica a correlação da característica com determinado eixo.

A ACP (Figura 5) apresentou autovalores de 42,12 % para o primeiro eixo, F1, (horizontal), e 27,81% para o segundo eixo, F2, (vertical), o que representa 69,92% da variância acumulada nos dois primeiros eixos, sendo a maior percentagem explicada pelo primeiro eixo. As características químicas que mais apresentaram correlação com o primeiro eixo foram à fração ácido húmico (AF = 0,80), hidrogênio e alumínio (H+Al = 0,72), húmica (H = 0,68), fósforo (P = 0,51), carbono orgânico (C.org = 0,33). No segundo eixo as características valor V (V% = 0,93), alumínio (Al = -0,69), pH (pH = 0,61) e densidade do solo (Ds = -0,41) foram as que apresentaram maiores valores de correlação.

De maneira geral, pode-se visualizar (Figura 6) o agrupamento das áreas F_Floresta I e C_Capoeira I e que a área de M_mandioca, independente da estação do ano, posicionou-se no quadrante inferior esquerdo..

Os teores de ácidos húmicos (AH) revelaram maior peso e correlação com a área de capoeira no verão (C_Capoeira V), enquanto hidrogênio e alumínio (H+Al) e nitrogênio (N) apresentaram maior correlação com a área de floresta (F_Floresta V) e (F_Floresta I) e C_Capoeira I.

A área de plantio de banana em ambas as estações (B_Banana I, B_Banana V) esteve fortemente relacionada com o eixo F2. O valor (V%), pH (pH) e alumínio (Al) estiveram diretamente relacionados com esta área, os valores de correlação positiva para os primeiros e negativa para o último demonstra que o manejo adotado para a cultura (não remoção dos resíduos) está favorecendo maior ciclagem dos nutrientes paralelo ao aumento dos valores de pH e redução do alumínio. Alvarenga e Davide (1999) estudando as características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas, através da ACP, verificaram que o teor de nutrientes (Ca, Mg, S e P) estiveram fortemente correlacionados com a cultura anual em detrimento às demais áreas estudadas.

A área de mandioca em ambas as estações (M_Mandioca V e M_Mandioca I) foi a que se apresentou a mais influenciada pela densidade do solo (Ds), tal fato deve-se

a esta área não receber insumos e, além disto, o aporte de material orgânico fornecido pela cultura ser reduzido. Alvarenga e Davide (1999) também observaram em seus estudos uma elevada correlação entre as propriedades físicas do solo (porosidade, macroporosidade e agregados maiores que 2 mm) com os ecossistemas que não receberam insumos (reflorestamento de eucalipto, pastagem plantada e pastagem nativa).

Na análise de componentes principais, verificou-se que as características de fertilidade na camada superficial do solo foram as que mais se diferenciaram. Foram verificadas diferenças significativas entre as áreas de floresta e banana em relação à área de plantio de mandioca, sendo que a área de plantio de capoeira apresentou comportamento intermediário entre estas.

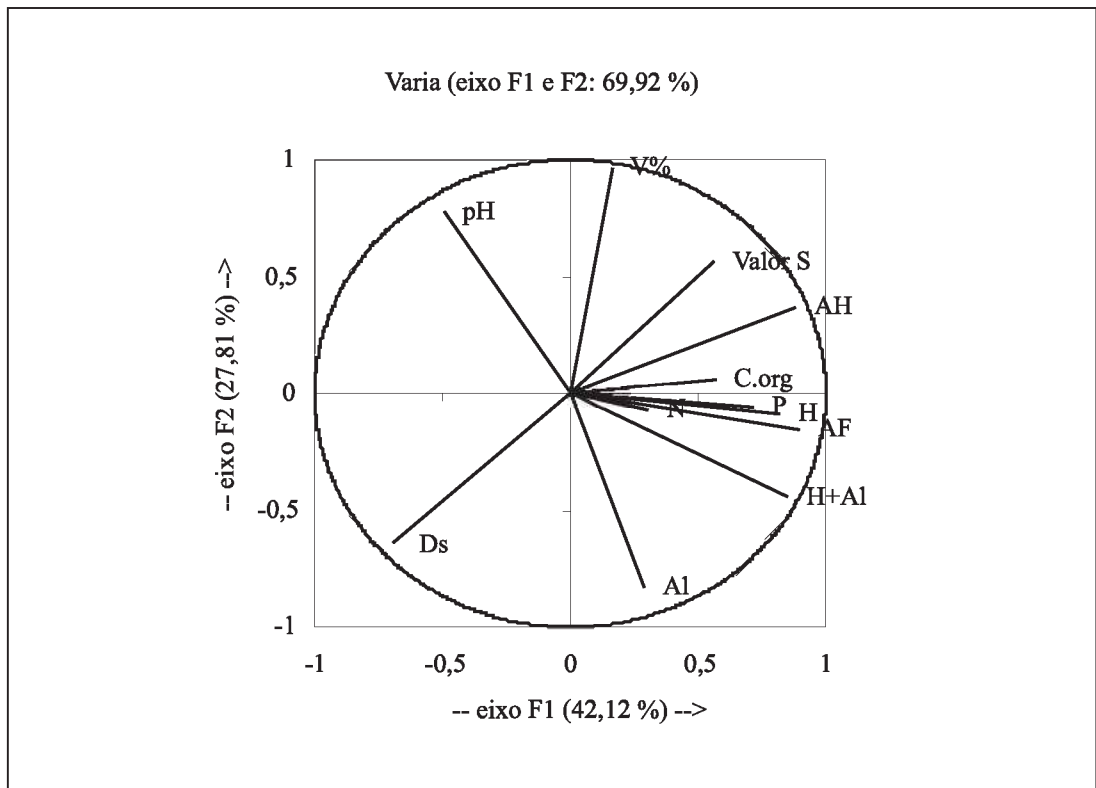


Figura 5 - Diagrama de ordenação produzido por análise de componentes principais na camada de 0-5 cm das características químicas e físicas estudadas.

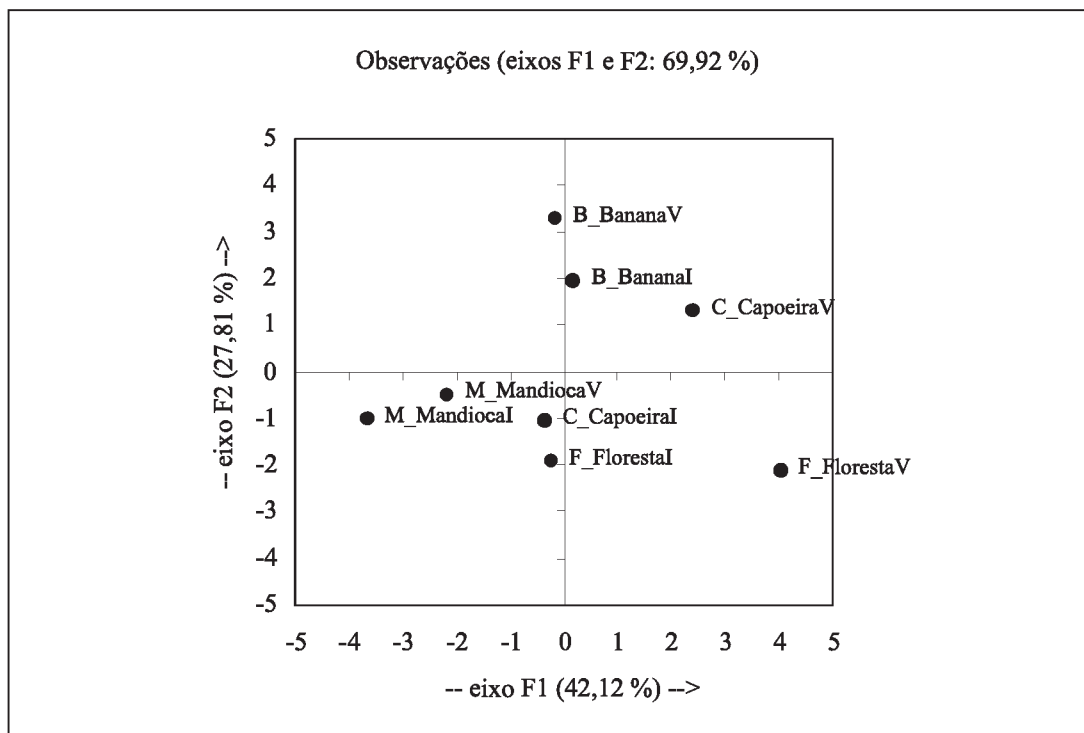


Figura 6- Diagrama de ordenação produzido por análise de componentes principais na camada de 0-5 cm das áreas estudadas.

CONCLUSÃO

a) O monocultivo da mandioca promoveu a redução da matéria orgânica assim como a redução da saturação por bases, aumento da densidade do solo e diminuição do volume total de poros.

b) As características do solo que mais indicaram as alterações nos sistemas foram: a fração ácido húmico, hidrogênio e alumínio, humina, fósforo, carbono orgânico e magnésio.

c) Dentre os sistemas avaliados no agroflorestal, constatou-se uma melhoria da fertilidade do solo, incremento de C orgânico, Ca e Mg e menores teores de Al.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E.N. *Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (Coffea arabica L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo distrófico*. 1997. 133p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 1997.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. 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.

- BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O. de A. *Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7 p. (Comunicado Técnico, 16)
- BORGES, A.L.; KIEHL, J.C. Alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA), pelo cultivo de frutíferas perenes e mandioca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, p.313-318, 1996.
- _____; _____. Cultivo de frutíferas perenes e de mandioca sobre propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Álico de Cruz das Almas (BA). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.341-345, 1997.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. *Folha SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória ; geologia, geomorfologia, pedagogia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1983. 780p.(Levantamento de Recursos Naturais, v. 32)
- CONSÓRCIO MATA ATLÂNTICA/ UNICAMP. *Reserva da Biosfera da Mata Atlântica: plano de ação*. Campinas, 1992. v.1(Referências Básicas, 1).
- COOTE, D.R. RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 63, p.1-14, 1983.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, L.M. *As interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru-SP*. 1997. 217p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- FIALHO, J.F.; BORGES, A.C.; BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas físicas e atividades e atividades da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.21-28, 1991.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 23, p.533-542, 1999.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.55, p.69-78, jan./mar. 2000.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.; GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.27, p.821-832, 2003.

- LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria sp.*) em áreas de Cerrado e floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, p.723-729, 2000.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividades enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, p.257-263, 1999.
- MATA ATLÂNTICA. Disponível em: <www.estradas.com.br/ext/ciencia/arquivo/Mata/index.htm>. Acesso em: 02 maio 2003.
- MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.295-303, 1994
- MENDONZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; CEDDIA, M.B.; ANTUNES, M.V.M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa(MG), v.24, p.201-207, 2000.
- MEURER, E.J. *Fundamentos de química do solo*. Porto Alegre:Genesis, 2000. 174p.
- NASCIMENTO, G.B. do. *Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense (RJ)*. 2001. 162p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo) - UFRRJ, Seropédica, 2001.
- NEVES, A.D.S.; LIMA, F.A.M.; MOREIRA, E.G.S. Efeito de coberturas vegetais sobre propriedades físicas de latossolo amarelo (Pará). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. *Resumos...* Porto Alegre: SBCS/UFRGS, 1991. p.169.
- PAPENDICK, R.I.; PARR, J.F. Soil quality. The key to a sustainable agriculture. *American Journal Alternative Agriculture*, v. 7, p.2-3, 1992.
- RAIMUNDO, S. *Nos bananais de Ubatuba (SP): dilemas e desafios para a gestão das unidades de conservação de proteção integral com comunidades tradicionais residentes*. 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado)-USP, São Paulo, 2001.
- REGAZZI, A.J. *Análise multivariada*, notas de aula INF 766. Viçosa(MG): Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, 2000. v.2.
- SILVA, L.F. Alterações edáficas em “solos de tabuleiro” (Haplorthoxs) por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. *Revista Theobroma*, v.11, p.5-9, 1981.
- SOARES, P. R. B. de; PEREZ FILHO, A. Recomposição de mata ciliar em planícies de inundação . Proposta metodológica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS., 3., 1997, Ouro Preto. *Anais...* Viçosa(MG): UFV, 1997. p. 14-26.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry, genesis, composition, reaction*. New York: J. Wiley, 1982. 443p.

SWIFT, M.J.; WOOPER, P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. New York: J. Wiley, 1993. p.3-18.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1996. p.1011-1020.

TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v.67, p.1167-1179, 1986.

_____. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G.; TER BRAAK, C.J.F.; TONGEREN, O.F.R. (Ed). *Data analysis in community and landscape ecology*. Oxford: University Press, 1987. p.91-173.