**ALTERAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE UM LATOSSOLO AMARELO DE CRUZ
DAS ALMAS, BAHIA, PELO CULTIVO COM FRUTIFERAS PERENES E
MANDIOCA**

ANA LÚCIA BORGES

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl

**Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1993**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Borges, Ana Lúcia
B732a Alteração das propriedades de um latossolo amarelo
de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas
perenes e mandioca. Piracicaba, 1993.
161p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Fruta - Cultivo - Cruz das Almas 2. Latossolo
amarelo - Cruz das Almas 3. Mandioca - Cultivo -
Cruz das Almas 1. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.44

ALTERAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE UM LATOSSOLO AMARELO DE CRUZ
DAS ALMAS, BAHIA, PELO CULTIVO COM FRUTÍFERAS PERENES E
MANDIOCA

ANA LÚCIA BORGES

Aprovada em: 05.03.1993

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl	ESALQ/USP
Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri	CENA/USP
Prof. Dr. Klaus Reichardt	ESALQ/USP
Prof. Dr. Leonardo Teodoro Büll	UNESP
Dr. Ronaldo Severiano Berton	IAC

Prof. Dr. JORGE DE CASTRO KIEHL
Orientador

À minha filha,
Maria Tereza

AGRADECIMENTOS

-À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), pela oportunidade de realizar este curso.

-Ao Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT), pelo apoio na coleta das amostras de solo.

-Ao Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl, pela orientação.

-Ao Prof. Dr. Lucedino Paixão Ribeiro, pelo incentivo e apoio na seleção dos locais amostrados.

-Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em especial ao Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri e aos laboratoristas da Seção de Química do Solo, pela grande colaboração nas análises da matéria orgânica.

-À Profa. Dra. Elke Jurandy B. N. Cardoso e aos técnicos do laboratório de microbiologia do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ, pelo auxílio nas análises microbiológicas.

-Aos colegas e amigos que de alguma maneira colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	ix
"Curriculum vitae".....	xv
Resumo.....	xvi
Summary.....	xix
 1. INTRODUÇÃO.....	 1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Efeito de diferentes culturas sobre as proprieda- des químicas do solo.....	 4
2.2. Efeito de diferentes culturas sobre as proprieda- des físicas do solo.....	 8
2.3. Efeito de diferentes culturas sobre a microbiota do solo.....	 13
2.4. Efeito de diferentes culturas sobre o teor de ma- téria orgânica do solo.....	 16
2.4.1. Importância da matéria orgânica.....	16
2.4.2. Classificação das substâncias húmicas.....	18
2.4.3. Alterações na matéria orgânica do solo.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Caracterização da área.....	25
3.1.1. Localização.....	25
3.1.2. Clima.....	25
3.1.3. Vegetação.....	26

3.1.4.Geologia.....	26
3.1.5.Solo e relevo.....	27
3.2.Amostragem das glebas.....	27
3.2.1.Gleba sob mata.....	28
3.2.2.Gleba cultivada com banana.....	29
3.2.3.Gleba cultivada com citros.....	30
3.2.4.Gleba cultivada com manga.....	31
3.2.5.Gleba cultivada com mandioca.....	32
3.3.Análises de laboratório.....	32
3.3.1.Determinações químicas.....	32
3.3.2.Determinações físicas.....	34
3.3.3.Determinação da atividade microbiana.....	37
3.3.4.Determinações da matéria orgânica.....	38
3.4.Análise estatística.....	39
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1.Efeito de diferentes culturas sobre as proprieda-	
des químicas do solo.....	40
4.1.1.Efeito nos teores de cálcio, magnésio, po-	
tássio e sódio trocáveis.....	43
4.1.2.Efeito no pH, na acidez potencial, na capa-	
cidade de troca catiônica, na acidez trocá-	
vel e na saturação por alumínio.....	51
4.1.3.Efeito nos teores de cobre, ferro, manga-	
nês, zinco e boro disponíveis.....	60
4.1.4.Efeito nos teores de fósforo "disponível" e	
enxofre (S-SO ₄).....	71

4.2.Efeito de diferentes culturas sobre as proprieda-	
des físicas do solo.....	76
4.2.1.Efeito na densidade do solo.....	76
4.2.2.Efeito na macroporosidade, na microporosi-	
dade e na porosidade total.....	81
4.2.3.Efeito na agregação.....	92
4.2.4.Efeito na capacidade de retenção de água,	
no ponto de murcha permanente e na água	
disponível.....	99
4.3.Efeito de diferentes culturas sobre a atividade	
microbiana do solo.....	104
4.4.Efeito de diferentes culturas sobre o conteúdo de	
matéria orgânica do solo	108
4.4.1.Efeito no teor e no estoque de carbono	
total.....	108
4.4.2.Efeito no teor de nitrogênio e relação C/N..	114
4.4.3.Efeito na granulometria da matéria	
orgânica.....	119
4.4.4.Efeito nas frações químicas da matéria	
orgânica.....	127
5.CONCLUSÕES.....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Saturação por bases no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais....	41
Figura 2. Teor de sódio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	49
Figura 3. Teor de potássio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	50
Figura 4. Teor de alumínio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	59
Figura 5. Teor de boro disponível no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	70
Figura 6. Distribuição da macroporosidade no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	85
Figura 7. Distribuição da microporosidade no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	87
Figura 8. Distribuição dos agregados (% peso) em classes de tamanho (mm) no horizonte superficial de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	96

Figura 9. Estoque de carbono acumulado no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	114
Figura 10. Relação C/N no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)....	118
Figura 11. Distribuição do carbono na fração de 0,2 a 2mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	123
Figura 12. Distribuição do carbono na fração de 0,05 a 0,2mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	124
Figura 13. Distribuição do carbono na fração menor que 0,05mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	124
Figura 14. Distribuição das frações húmicas em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	130
Figura 15. Distribuição das frações húmicas no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	132

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Equações de regressão significativas para a variação da saturação por bases (V) (%), dos teores de cálcio e magnésio trocáveis e da soma de bases (S) (meq/100cm ³) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	42
Tabela 2. Teores de cálcio e de magnésio trocáveis e soma de bases (S) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais....	44
Tabela 3. Teores de sódio e potássio trocáveis em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	47
Tabela 4. Valores de pH em água, pH CaCl ₂ , pH KCl, delta pH e acidez potencial (H+Al) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	52
Tabela 5. Equações de regressão significativas para a variação do delta pH, da acidez potencial (H+Al) (meq/100cm ³), da capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0 (meq/100cm ³), da CTC efetiva (meq/100cm ³) e da saturação por alumínio (m) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	54

Tabela 6. Capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0, CTC efetiva e saturação por alumínio (m) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	56
Tabela 7. Acidez trocável (Al^{3+}) em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	58
Tabela 8. Teores de cobre, ferro, manganês e zinco disponíveis no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	62
Tabela 9. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de cobre, ferro, manganês e zinco disponíveis (ppm) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	63
Tabela 10. Teores de boro disponível em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	69
Tabela 11. Teores de fósforo "disponível" e enxofre ($S-SO_4$) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	72
Tabela 12. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de fósforo "disponível" e enxofre ($S-SO_4$) ($\mu g/100cm^3$) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	74

Tabela 13. Densidade dos horizontes de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	77
Tabela 14. Equações de regressão significativas para a variação da densidade do solo (g/cm^3) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	79
Tabela 15. Macroporosidade (Mp), microporosidade (mp) e porosidade total (Pt) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	82
Tabela 16. Equações de regressão significativas para a variação da macroporosidade (Mp), da microporosidade (mp) e da porosidade total (Pt) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	86
Tabela 17. Percentagens de macroporos (Mp) e microporos (mp) em relação à porosidade total (Pt) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	91
Tabela 18. Percentagem de agregados na massa total do solo (AG.MTS), percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm (AG.EST. ÁGUA) e percentagem de agregados estáveis em água na massa total do solo (AG.EST.ÁGUA MTS) em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro	

horizontes).....	92
Tabela 19. Equações de regressão significativas para a variação da percentagem de agregados na mas- sa total do solo (AG.MTS), da percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm (AG.EST.ÁGUA) e da percentagem de agregados estáveis em água na massa total do solo (AG. EST.ÁGUA MTS) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais).....	93
Tabela 20. Distribuição do tamanho de agregados em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	97
Tabela 21. Umidade retida a 0,03MPa em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	100
Tabela 22. Ponto de murcha permanente (PMP) e água dis- ponível (AD) no perfil de um Latossolo Ama- relo sob diferentes coberturas vegetais.....	101
Tabela 23. Equações de regressão significativas para a variação do ponto de murcha permanente (PMP) e da água disponível (AD) (%) (Y) com a pro- fundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	103
Tabela 24. Evolução de CO ₂ durante a incubação de amos- tras do perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais pelo período	

de sete dias.....	105
Tabela 25. Equações de regressão significativas para a variação da evolução do CO ₂ (mg/100g solo seco)(Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	107
Tabela 26. Teores e estoques de carbono total no per- fil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	109
Tabela 27. Equações de regressão significativas para a variação do teor de carbono total (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	112
Tabela 28. Teor de nitrogênio total no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	115
Tabela 29. Equações de regressão significativas para a variação do teor de nitrogênio total (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais...	116
Tabela 30. Relação C/N em um Latossolo Amarelo sob di- ferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes).....	117
Tabela 31. Teor de carbono total em três frações granu- lométricas de amostras provenientes do per- fil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais.....	120

- Tabela 32. Distribuição do estoque de carbono total em três frações granulométricas de amostras provenientes do horizonte Ap (0-9cm) de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais..... 122
- Tabela 33. Equações de regressão significativas para a variação do teor de carbono total nas frações 0,2-2mm, 0,05-0,2mm e 0-0,05mm (mgC/g solo) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais..... 125
- Tabela 34. Concentração do carbono nos ácidos fúlvicos livres (AFL), ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) presentes na fração 0-0,05mm de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)..... 129
- Tabela 35. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de ácidos fúlvicos livres (AFL), ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) (mgC/g fração) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)..... 131

"CURRICULUM VITAE"

ANA LÚCIA BORGES, mineira de Patos de Minas, é engenheira agrônoma formada pela Universidade Federal de Viçosa (MG) em 1979.

Em 1980 foi contratada pela EMBRAPA, prosseguindo seus estudos de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, onde obteve o grau de mestre em 1982.

É pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT), situado em Cruz das Almas (BA), onde conduz trabalhos na área de adubação e nutrição da cultura da bananeira.

ALTERAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE UM LATOSSOLO AMARELO DE CRUZ
DAS ALMAS, BAHIA, PELO CULTIVO COM FRUTÍFERAS PERENES E
MANDIOCA

Autora: Ana Lúcia Borges

Orientador: Prof. Dr. Jorge de Castro Kiehl

RESUMO

Os Latossolos Amarelos com horizontes subsuperficiais coesos, predominantes na região de Cruz das Almas(BA), após a retirada da mata nativa foram ocupados com vegetação secundária, culturas de subsistência e frutíferas perenes. A substituição das matas naturais por culturas agrícolas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo. Neste estudo, avaliaram-se as alterações nas propriedades químicas, físicas e microbiológicas do solo, causadas pelo cultivo com banana, citros, manga e mandioca por mais de dez anos, utilizando como testemunha um solo sob mata nativa.

A área estudada está localizada em Latossolo Amarelo classe textural franco-argilo-arenoso, apresentando maior teor de areia no horizonte superficial. Três trincheiras foram abertas nas quatro glebas cultivadas e na gleba sob mata, amostrando-se o solo nos quatro horizontes - Ap(0-9cm), A₁ no solo sob mata, AB(9-38cm), BW₁(38-72cm) e BW₂(72-100cm). As amostras foram submetidas a análises

químicas de fertilidade e físicas, como também ao fracionamento físico e químico da matéria orgânica do solo, além da evolução do CO_2 .

Os dados foram avaliados através da análise de variância (teste F) considerando-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5×4 . Aplicou-se o teste de Tukey para comparação de médias do fator "glebas" ou "coberturas vegetais" e regressão polinomial para avaliar o fator "horizontes".

Os resultados indicaram que o solo sob vegetação nativa é originalmente ácido e pobre em macronutrientes, e que a cultura e a natureza da cultura implantada alteraram suas propriedades. As culturas de banana e citros proporcionaram ao solo melhoria em suas propriedades químicas, principalmente nos horizontes superficiais, exceção para o enxofre (S-SO_4) uma vez que seu teor aumentou em profundidade.

O cultivo do solo elevou sua densidade e diminuiu a macroporosidade. É baixa a quantidade de água disponível em todas as coberturas vegetais; esse índice variou de 0,8% a 3,3%, mostrando-se maior nos horizontes mais profundos. A quantidade de agregados maiores foi reduzida nos solos cultivados, exceção para a gleba com mandioca; porém a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm na massa total do solo foi semelhante entre as diferentes coberturas vegetais.

A implantação de culturas agrícolas diminuiu a atividade microbiana no horizonte superficial, não havendo diferenças entre as culturas implantadas.

Nos solos cultivados houve redução do estoque total de carbono, exceção para aquele cultivado com citros. As frações de matéria orgânica de maior tamanho (0,2 a 2mm) diminuíram nas glebas cultivadas, como também em profundidade. As frações húmicas de menor tamanho (0 a 0,05mm) constituíram a maior parte da matéria orgânica do solo, sendo esta predominantemente formada por huminas; a gleba com manga apresentou os teores mais baixos de huminas. O cultivo do solo reduziu os teores de ácidos fúlvicos livres, mas não afetou os teores de ácidos fúlvicos. A fração ácidos húmicos foi a menos expressiva, tendo diminuído no solo cultivado com citros. Todas as frações húmicas decresceram em profundidade, contudo, houve aumento relativo da quantidade de ácidos fúlvicos livres.

A camada coesa apresentou densidade mais elevada nos solos cultivados do que no solo sob mata.

PROPERTIES OF A YELLOW LATOSSOL OF BAHIA (BRAZIL) ALTERATED
BY CULTIVATION WITH PERENNIAL FRUIT TREES AND MANIOC

Author: Ana Lúcia Borges

Adviser: Dr. Jorge de Castro Kiehl

SUMMARY

Yellow latosols with hard layer in the subsoil are the predominant soils in the Municipality of Cruz das Almas, State of Bahia. After the removal of the native forest, these soils were occupied by secondary vegetation, subsistence crops and perennial fruit trees. It is well known that the substitution of natural vegetation for crops usually breaks the equilibrium of the ecosystem and changes the soil properties. In this study, alterations in the chemical, physical and microbiological properties, caused by cultivating banana, citrus, mango and manioc for more than ten years, were evaluated for the above soil using as control a soil under native forest.

The Yellow Latosol in the studied area is a sandy clay loam with a high sand content in the upper horizon. Three trenches were opened in each of the four cropping areas and in the forest area; samples were collected from the four horizons, namely Ap(0-9cm), A₁ for the forest

area, AB(9-38cm), BW₁(38-72cm) and BW₂(72-100cm). Routine chemical and physical analysis were performed in the samples, as well the physical and chemical fractionation of soil humus; additionally, evolution of CO₂ from the samples was measured.

Data in triplicate were statistically evaluated by analysis of variance (F test) considering a completely randomized design and a 5x4 factorial treatments. Means from the five areas were compared by Tukey test, whereas means from the four horizons were studied by polynomial regression.

Results showed that the soil under native vegetation is originally acid and low in macronutrients, and that cultivation, as well as the nature of the crop, changed the soil properties. For example, chemical properties were improved, specially in the upper horizons, by cultivating soil with banana and citrus, except for sulphur (S-SO₄), which content increased with increasing depth in the soil profile.

Cultivation increased soil density and reduced macroporosity. Available water retention was low in all cropping systems; these values ranged from 0.8% to 3.3%, the higher figures occurring in the deeper horizons. The amount of large aggregates was lower in cropped than in uncropped soil, except for the soil with manioc; however, the percent of water-stable aggregates larger than 0.5mm in the total mass of soil was similar among the different vegetation covers.

Microbiological activity in the upper horizon was lowered by cultivation, but no differences were found when comparing the crops.

Cultivated soils showed a smaller stock of carbon than natural forest soil, except the soil cultivated with citrus. The amount of larger organic matter fractions (0.2-2mm) decreased with cultivation and with increasing depth in the soil profile. The smallest humic fraction (0-0.05mm), most of which consisted of humins, represented the main portion of the soil organic matter; soil grown with mango had the lowest contents of humins. Cultivation reduced the amount of free fulvic acids but had no influence on the fulvic acids. The humic acids were the less important fraction, specially in the area with citrus. All the humic fractions decreased with increasing depth in the soil profile; however there was a relative increase in the amount of the free fulvic acids.

The density of the hard layer was higher in the cultivated than in the forest soil.

1. INTRODUÇÃO

As extensas áreas de cultivo na região de Cruz das Almas (BA) correspondem aos baixos platôs costeiros, onde predominam os latossolos amarelos distróficos ou álicos. São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico, baixos teores de Fe_2O_3 e coloração amarelada.

São, portanto, solos pobres em nutrientes e matéria orgânica, porém as condições de relevo favorecem a utilização agrícola desde que corrigidas as deficiências nutricionais. Apresentam também baixa capacidade de retenção de água e contam com a presença de uma camada coesa, muito dura quando seca, principalmente no horizonte AB.

Este adensamento é observado tanto no solo sob mata quanto em glebas sob cultivo, levando a crer que a presença do horizonte coeso não está unicamente relacionada ao manejo do solo.

Cultiva-se nesses solos principalmente mandioca e citros, bem como são conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT) ensaios com frutíferas, em grande parte na área de melhoramento genético.

Portanto, o conhecimento detalhado desses solos, ou seja, as transformações de suas propriedades físicas, químicas, microbiológicas e principalmente da matéria orgânica, após a implantação de culturas agrícolas como banana, citros, manga e mandioca, será de fundamental importância na definição de futuras práticas de cultivo e manejo desses solos. Os efeitos e as contribuições de cada cultura nas propriedades do solo, após anos de cultivo, serão avaliados e comparados ao solo sob vegetação de mata nativa, pois sabe-se que o solo é um recurso natural vulnerável à deterioração pelas atividades do homem, quando não realizadas adequadamente. Pretende-se, assim, com as informações adquiridas, tentar minimizar as limitações agronômicas desses solos a fim de que as plantas possam expressar todo o seu potencial genético.

Desta maneira, o trabalho propõe os seguintes objetivos:

.Avaliar as modificações das propriedades químicas, físicas e da atividade microbiana do solo sob vegetação nativa e após cultivos contínuos com banana, citros, manga e mandioca.

.Determinar a variação da quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo quando este é submetido a cultivos contínuos com banana, citros, manga e mandioca.

.Verificar se o uso do solo com diferentes culturas exerce alguma influência nas propriedades físicas da camada adensada do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A substituição das matas naturais por culturas agrícolas vem ocorrendo ao longo dos anos. A mudança na vegetação causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, as quais variam com as condições de clima, espécie vegetal e natureza do próprio solo.

Os solos respondem de forma diferente aos diversos sistemas de cultivo, manejo e tempo de uso. Estas respostas são quantificadas através da avaliação das modificações nas suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas. Além disso, a influência da cultura introduzida dependerá da qualidade e quantidade de resíduos lançados ao solo. Segundo GODEFROY & JACQUIN (1975a; 1975b), a quantidade de resíduo restituída pela cultura da bananeira e do abacaxizeiro corresponde quantitativamente, às restituições de material orgânico de florestas equatoriais e tropicais úmidas, atingindo 10 a 15t/ha.ano, apesar das freqüências de adição serem diferentes.

Deste modo, o estudo detalhado comparando-se as propriedades do solo sob vegetação nativa com as de terrenos sob diferentes sistemas de culturas pode contribuir

para o entendimento de suas transformações e, assim, para seu manejo adequado.

2.1. Efeito de diferentes culturas sobre as propriedades químicas do solo

As alterações nas propriedades químicas do solo, após a retirada da mata natural e a introdução de novas culturas, dependem de vários fatores, como a classe de solo, a sua fertilidade inicial, o comportamento físico-químico de cada nutriente, suas interações com o meio, a cultura introduzida, como também o manejo e os tratos culturais adotados.

CUNNINGHAM (1963), pesquisando o efeito da retirada da mata sobre a dinâmica dos nutrientes em solos tropicais, constatou diminuição nos teores de carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e capacidade de troca catiônica. Isto ocorreu em razão do aumento da temperatura do solo, proporcionando rápida decomposição da matéria orgânica, e à não reposição da mesma.

Em Latossolo Amarelo do Amazonas, SMITH & BASTOS (1984) compararam os teores de nutrientes na biomassa, na cinza e no solo sob três tipos de vegetação (mata, capoeira de 12 anos e kudzu tropical) e observaram as alterações após a queima do material vegetal. Constataram que, antes da queima, o solo sob capoeira apresentava teores mais elevados de cálcio, magnésio e potássio e menor

saturação por alumínio do que o solo sob mata. Porém, logo após a incorporação das cinzas, os aumentos destes nutrientes, como também do fósforo, além do decréscimo do teor de alumínio, foram maiores no solo sob mata do que sob capoeira, pois nesta área a quantidade de cinza produzida foi menor. No entanto, o conteúdo de nutrientes no solo após a queima foi semelhante nas duas áreas. No solo sob kudzu tropical, em razão da menor quantidade de biomassa e, assim, de nutrientes, não houve aumento significativo na fertilidade do solo; entretanto o pousio durante quatro anos melhorou as condições de fertilidade.

Já em Latossolo Amarelo, no extremo sul do Estado da Bahia, SILVA (1981) verificou que a queima da floresta natural constituiu numa eficiente fertilização e correção do solo, uma vez que os teores de cálcio e magnésio se mantiveram constantes pelo menos até doze meses após a queima, além de ter havido aumento do pH e diminuição do alumínio trocável do solo.

Em Latossolo da Amazônia, CORRÊA & REICHARDT (1991), identificando as alterações químicas do solo sob pastagem, em relação ao solo sob floresta, verificaram que o sistema de preparo das áreas para a implantação da pastagem melhorou a fertilidade do solo em relação à floresta. Entretanto, o desenvolvimento da pastagem foi afetado pelas deficiências de fósforo e nitrogênio no solo devidas ao manejo inadequado.

MENDONÇA (1988) verificou que os teores de ferro, alumínio e fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob mata natural, seringueira e pastagem variaram entre as quatro classes de agregados (maiores que 4mm, de 4-2mm, de 2-0,2mm e de 0,2-0,05mm) e decresceram com o uso do solo.

Em latossolos sob cerrado, LOPES & COX (1977) constataram estreita relação entre a vegetação e o nível de fertilidade do solo. Observaram que os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, bem como os de fósforo, cobre, zinco e manganês, aumentavam significativamente no horizonte superficial, à proporção em que a densidade e a altura da vegetação aumentavam. LEPSCH (1980), verificando a influência do cultivo, por mais de oito anos, de eucalipto e pinheiro nas propriedades químicas de um solo de cerrado do Estado de São Paulo, constatou que nestas áreas os teores de nutrientes apresentaram-se mais baixos, além da acidez ser mais elevada quando comparada à do solo sob vegetação natural.

Da mesma forma, COELHO (1990) observou que a ciclagem de nutrientes na camada superficial de solo de cerrado sob vegetação nativa foi eficiente na manutenção de condições químicas mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal. Além disso, verificou que o cultivo do solo promoveu maior distribuição de bases em profundidade.

Por outro lado, em solos arenosos, AINA (1979) observou que o cultivo proporcionou menor capacidade de troca catiônica (CTC), teores mais baixos de cálcio e magnésio trocáveis e, conseqüentemente, menor valor de pH. Já, em solo

franco-siltoso, SKIDMORE et alii (1975) verificaram que os teores de potássio, zinco, cobre, ferro e manganês, além dos valores de pH e CTC de solos recentemente cultivados eram semelhantes aos dos cultivados por mais de 60 anos.

SARAIVA (1987) verificou, em Podzólico Vermelho-Amarelo, que o teor de fósforo "disponível" aumentou com o sistema de cultivo, exceção para aquele com arado de disco; além disso, foram maiores os teores de magnésio trocáveis na testemunha mantida em pousio.

Em solos tropicais da Nigéria, LAL (1976) e JUO & LAL (1979) constataram que a presença dos restos culturais na superfície do solo aumentou as concentrações de nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio na camada de 0-10cm do solo, além da produção de grãos. Na cultura da bananeira, BORGES (1991) observou que a cobertura do solo com seus próprios resíduos proporcionou aumento dos teores de potássio, cálcio, bem como da saturação por bases, além de ter aumentado significativamente o peso do cacho, em relação ao solo sem resíduos.

Do exposto constata-se, portanto, que a remoção da vegetação e a implantação de culturas agrícolas proporcionam diferentes alterações nas propriedades químicas do solo, em razão da cultura introduzida, do solo, do seu preparo, bem como do manejo adotado.

2.2. Efeito de diferentes culturas sobre as propriedades físicas do solo

O cultivo do solo, de modo geral, modifica suas propriedades físicas, pois mesmo as práticas culturais mais simples, como as capinas manuais, podem proporcionar a pulverização de sua superfície (RUSSEL & RUSSEL, 1961). As propriedades físicas dos solos deterioram-se, geralmente, quando os mesmos são cultivados intensamente (SKIDMORE et alii, 1975; JUO & LAL, 1977; COOTE & RAMSEY, 1983).

As práticas de manejo influenciam diretamente o tamanho, a distribuição e a estabilidade dos agregados do solo (YODER, 1936; PAGE & WILLARD, 1946; GROHMANN, 1960; AINA, 1979; ELLIOTT, 1986). O diâmetro médio dos agregados será tanto menor quanto mais intenso for a movimentação do solo, provocada pelo sistema de cultivo (WILSON & BROWNING, 1945; BAVEL & SCHALLER, 1950; GROHMANN & ARRUDA, 1961; AINA, 1979). Uma das hipóteses levantadas é a redução dos níveis de matéria orgânica, constituinte que apresenta papel fundamental na estabilização dos agregados do solo (BERTRAMSON & RHOADES, 1938; KONONOVA, 1966; ALLISON, 1968; TISDALL & OADES, 1982; MBAGWU & BAZZOFFI, 1988). ELLIOTT (1986) constatou que na classe dos microagregados, tanto em solos sob pastagem quanto cultivados, havia teores mais baixos de carbono, nitrogênio e fósforo orgânico que na dos macroagregados.

Na região citrícola do Recôncavo Baiano, CINTRA & COELHO (1987), avaliando as condições físicas do solo em função do manejo adotado, observaram nos locais onde a prática da adubação era usual, maior agregação do solo devido, provavelmente, aos maiores teores de matéria orgânica.

OLIVEIRA et alii (1983), estudando a influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo, textura média-argilosa, da região de Lavras(MG), verificaram menor agregação sob condições de cultivo do que sob pastagem natural (capim gordura sem pastejo). A camada superficial, até a profundidade de 34cm, foi a mais prejudicada pelo cultivo. Segundo UHLAND (1949), a cobertura do solo com pastagem natural favorece a formação de agregados de diâmetros maiores. TISDALL & OADES (1982) também constataram que a estabilidade dos macroagregados (agregados maiores que 0,25mm) é comandada pelo manejo do solo: os maiores valores foram verificados em solo sob pastagem, e declinaram quando o solo cultivado foi arado. AINA (1979) acredita que a maior agregação do solo sob pastagem é devida à proliferação do seu vigoroso sistema radicular.

Nos solos sob cultivo, principalmente nas camadas superficiais, o aumento de microagregados está relacionado à destruição da macroestrutura pelos efeitos do preparo do solo e do impacto da gota de chuva. Segundo TISDALL & OADES (1982) a boa estrutura para o crescimento das

plantas depende da presença de agregados de 1 a 10mm de diâmetro e que permanecem estáveis quando molhados.

AINA (1979) constatou, em solo cultivado, maior teor de areia e menor de silte na superfície, até 15cm, em relação ao solo em pousio. O autor supõe que o aumento do teor de areia esteja relacionado à eluviação de silte e argila, fenômeno que aumenta com a quebra dos agregados pelo impacto da gota de chuva.

A densidade do solo também é afetada pela substituição da vegetação nativa por culturas, ou seja, torna-se maior em solos cultivados (AINA, 1979; SILVA, 1981; COOTE & RAMSEY, 1983; FIALHO, 1985; NEVES et alii, 1991). SILVA (1981) constatou, em Latossolo Amarelo do sul do Estado da Bahia, aumento da densidade do solo quando mecanizado em relação àquele sob vegetação de floresta, devido à destruição da estrutura do solo provocada pelo uso de máquina pesada. Já em um Podzólico Vermelho-Amarelo, SARAIVA (1987) verificou diminuição da densidade nos solos onde se procedeu a aração, em relação à testemunha em pousio, bem como aumento da porosidade total e da macroporosidade.

Em Latossolo Amarelo do Estado do Pará, NEVES et alii (1991), estudando o efeito de diferentes coberturas vegetais, observaram que a densidade do solo em áreas sob mata primária era menor do que nas áreas cultivadas com cacau por dois e quatro anos e macega; além disso, constatarem na camada 0-20cm aumento significativo da

densidade nos solos cultivados com cacau durante quatro anos, bem como na área com macega.

Por outro lado, MACHADO et alii (1981), comparando as propriedades de um solo sob cultivo convencional com as de outro sob vegetação de mata virgem, verificaram que somente a partir do oitavo ano de cultivo havia alteração na densidade, na porosidade total e na macro e microporosidade. Além disso, as alterações mais evidentes foram observadas somente no décimo quarto ano de cultivo, mostrando alto grau de compactação do solo.

CINTRA et alii (1983), caracterizando fisicamente o solo de um pomar de laranja 'Baianinha' submetido a diferentes práticas de manejo, verificaram que o uso contínuo e a longo prazo de grade e herbicida permitiu a formação de camadas compactadas e um adensamento na superfície. Concluíram que a prática de ceifa permanente manteve ou melhorou as propriedades físicas do solo.

No entanto, PACHECO et alii (1975) verificaram, em um Latossolo Vermelho-Amarelo fase cerrado, também sob pomar de laranja 'Baianinha', que a vegetação natural ceifada e a soja perene ceifada tiveram efeitos desfavoráveis, tanto no crescimento quanto na produção. A competição para a água do solo, entre as plantas de cobertura e as laranjeiras, foi a principal causa do insucesso das coberturas vivas permanentes. Por isto, CINTRA et alii (1983) recomendam a ceifa no período das chuvas associada à gradagem no verão, considerando-se a ocorrência, na região do

Recôncavo Baiano, de período com elevado déficit hídrico; deve-se lembrar, também, que o uso contínuo de grade favorece a incidência de gomose em citros (OLIVEIRA et alii, 1981).

A densidade do solo influencia de forma direta a resistência à penetração de raízes e, de forma inversa, a difusão de oxigênio. Nos latossolos com camadas adensadas do Estado de Pernambuco, OLIVEIRA (1967) constatou maior densidade nestas camadas, associada a menores volumes de macroporos e coeficientes de permeabilidade; essas condições levaram à saturação e encharcamento da camada superficial do solo. TAYLOR & GARDNER (1963) verificaram, na cultura do algodoeiro, maior dificuldade de penetração do sistema radicular com o aumento da densidade do solo.

CINTRA & CUNHA (1987), comparando as propriedades físicas do solo sob mata e sob cultura de abacaxi, este com diferentes tempos de utilização, verificaram que, apesar do manejo inadequado do solo, não houve alterações significativas nas suas propriedades físicas. Constataram que os benefícios introduzidos com a adição de matéria orgânica compensaram os possíveis problemas decorrentes do tempo de uso do solo e do manejo inadequado. Deve-se levar em consideração que a quantidade de material orgânico restituído ao solo pela cultura do abacaxizeiro, segundo GODEFROY & JACQUIN (1975a; 1975b), corresponde aproximadamente de 10 a 12t/ha.ano de matéria seca, embora GODEFROY & JACQUIN (1975a) tivessem verificado maior estabilidade estrutural e índice de permeabilidade no solo

sob floresta em relação aos cultivados com abacaxi e banana, em razão daquele produzir continuamente material orgânico que tem ação fundamental na agregação do solo.

As propriedades físicas, como densidade, porosidade e agregação, são facilmente alteradas com o cultivo estabelecido após a retirada da vegetação nativa. O manejo adequado, incluindo adição de matéria orgânica, mantém ou melhora as suas propriedades físicas, as quais vão afetar diretamente o desenvolvimento das culturas.

2.3. Efeito de diferentes culturas sobre a microbiota do solo

A mudança da vegetação, causada pela substituição da vegetação natural por culturas, bem como as práticas culturais realizadas, levam a um desequilíbrio da microbiota, alterando sua atividade e, assim, a decomposição da matéria orgânica.

O desenvolvimento e a produtividade de muitas culturas estão em parte relacionados com o processo de decomposição dos resíduos culturais no solo e com a conseqüente mineralização dos nutrientes. O acréscimo de nutrientes no solo, proveniente desse processo de decomposição, é extremamente importante nos solos fortemente intemperizados, como os latossolos brasileiros. A biomassa e a atividade microbiana fornecem informações sobre as

possíveis transformações do material orgânico do solo em diferentes sistemas de culturas e práticas de manejo.

FONSECA (1984) verificou maior quantidade de microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetos) no solo sob eucalipto, na camada de 0-5cm, do que em solos sob mata natural e pastagem, provavelmente devido às mudanças químicas e físicas do solo proporcionadas pelas diferentes vegetações. No entanto, FIALHO (1985) não constatou diferença significativa entre as atividades biológicas nos três sistemas, eucalipto, mata e pastagem, na camada de 0-2cm, deduzindo que a microbiota não teve a sua atividade limitada pela matéria orgânica disponível. Porém, verificou menor atividade biológica em amostras das camadas de 2-4cm sob pastagem e de 2-4 e 4-6cm sob eucalipto, atribuindo esse fato à existência de substâncias mais resistentes à decomposição microbiológica.

Em Latossolo Amarelo da Amazônia, SANTOS & GRISI (1981) verificaram menor atividade dos microrganismos no solo sob floresta primária; além disso, constataram maior taxa de respiração dos microrganismos na área de capoeira desenvolvida após derrubada e queima da floresta primária, do que na área de capoeira desenvolvida após derrubada sem a queima da floresta primária. Acreditam que a queima tende a exercer, nos primeiros anos, uma ação benéfica sobre a atividade dos microrganismos do solo, provavelmente devido ao aumento da quantidade de alguns nutrientes, bem como à insolubilização de alumínio. O mesmo foi observado

anteriormente em latossolo do Estado da Bahia (GRISI & SANTOS, 1978).

Da mesma forma, em Latossolo Amarelo do sul do Estado da Bahia, SILVA (1981) verificou, na camada de 0-20cm, aumento da ordem de 87% no número de bactérias e actinomicetos no solo que sofreu queima leve, em relação ao que não sofreu queima, após 30 dias. Provavelmente este fato ocorreu em razão do fornecimento de nutrientes, devendo-se levar em conta também que o aumento da temperatura do solo não atingiu nível prejudicial aos microrganismos, já que com as queimadas mais fortes houve redução dos mesmos.

O manejo do solo e as práticas culturais realizadas nas diferentes culturas atuam, indiretamente, sobre a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, sobre o processo de decomposição da matéria orgânica, devido à sua influência sobre as propriedades do solo como temperatura, umidade, densidade, aeração, pH e teor de nutrientes minerais (GRISI & SANTOS, 1978; SANTOS & GRISI, 1981; SILVA, 1981; TEWARY et alii, 1982). A acidez do solo (pH e alumínio trocável) tem sido apontada como uma das propriedades químicas que mais influencia a atividade biológica e, por conseguinte, a decomposição da matéria orgânica do solo (LOPES, 1977; SELBACH, 1989).

O efeito da acidez do solo sobre os processos microbiológicos está também associado à disponibilidade dos nutrientes, a qual é reduzida em solos ácidos (SELBACH, 1989). Trabalhos têm demonstrado aumento na atividade

biológica e na decomposição da matéria orgânica após a correção da acidez do solo (SALONIUS, 1972; LOPES, 1977).

A atividade da microbiota do solo também é afetada pela porosidade. TEWARY et alii (1982) verificaram maior evolução do CO_2 em solos com menor densidade.

Os trabalhos aqui relatados mostram, portanto, que a atividade da microbiota do solo dependerá de condições favoráveis como aeração, temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes, proporcionadas pelo manejo adequado do solo e da cultura após a retirada da mata nativa.

2.4. Efeito de diferentes culturas sobre o teor de matéria orgânica do solo

2.4.1. Importância da matéria orgânica

A matéria orgânica desempenha importante papel na manutenção da fertilidade dos latossolos brasileiros, os quais possuem baixa reserva de nutrientes, predominância de caulinita, óxidos de ferro e alumínio, ou seja, argilas de baixa atividade, além de acidez elevada. Segundo ANDREUX & BECERRA (1975), as argilas cauliníticas, predominantes nos latossolos amarelos, são pouco aptas a formar complexos argilo-húmicos devido à sua baixa capacidade de troca.

Os resíduos vegetais de qualquer natureza que são incorporados ao solo constituem a sua principal fonte de matéria orgânica e, muitas vezes, de nutrientes. O ciclo da

matéria orgânica é rápido e a taxa anual de humificação média dos materiais vegetais é de 10 a 20%. No entanto, a taxa anual de mineralização varia com o tipo de vegetação e o clima, segundo DABIN (1980), e está em torno de 1,7% a 4% na floresta e de 0,5% a 1,3% em vegetação de savana.

Dois processos fundamentais ocorrem na transformação dos resíduos orgânicos no solo: a mineralização e a humificação. A mineralização da matéria orgânica, humificada ou não, refere-se à formação de compostos minerais, em geral solúveis (fosfatos, sulfatos, nitratos etc) ou gasosos (CO_2 e NH_3), pela ação de microrganismos. Já na humificação, a matéria orgânica fresca é subdividida mecanicamente ou é enterrada nos horizontes minerais pela atividade de animais que habitam o solo, sendo rapidamente transformada pelos microrganismos do solo em compostos intermediários (precursores húmicos) de moléculas pequenas e, com freqüência, solúveis (DUCHAUFOR, 1984).

Desta maneira, pode-se dizer que a matéria orgânica do solo é constituída de substâncias húmicas e não húmicas. Estas últimas são aquelas sintetizadas pelos animais e vegetais e que não sofreram transformações. As substâncias húmicas, por outro lado, são polímeros resultantes da recombinação de produtos aromáticos, aminoácidos e aldeídos.

2.4.2. Classificação das substâncias húmicas

As substâncias húmicas constituem cerca de 85-90% da reserva de matéria orgânica do solo. São constituídas pelos ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas (KONONOVA, 1966). VOLKOFF et alii (1978), estudando um Latossolo distrófico humífero do Estado da Bahia, verificaram que as frações do húmus distribuem-se nitidamente em dois grupos. O primeiro corresponde às substâncias mais ricas em ^{13}C , ou seja, os ácidos fúlvicos livres e as huminas de precipitação, que são mais resistentes e mais estáveis. O outro grupo corresponde às frações ácidos fúlvicos ligados, ácidos húmicos e huminas herdada e residual, que são pobres em ^{13}C ; esta última, geneticamente, pertence ao conjunto das frações mais transitórias.

Os ácidos fúlvicos são materiais orgânicos que não se precipitam, possuem baixo peso molecular e menor número de cadeias polissacarídicas (KONONOVA, 1966; MARTIN & HAIDER, 1971). Esse grupo é considerado, segundo GREENLAND (1965), o mais heterogêneo, englobando também os ácidos fúlvicos livres ou móveis. Estes são praticamente eliminados da superfície do solo por lixiviação, concentrando-se no horizonte B e representando, segundo DABIN (1980), mais de 50% do carbono total do solo.

Os ácidos húmicos são solúveis em bases mas precipitam-se em meio ácido (pH 2,0), apresentando cor marrom, quase preta (MARTIN & HAIDER, 1971; FASSBENDER,

1984); são substâncias bastante polimerizadas e com alto peso molecular (KONONOVA, 1966), formadas por aminoácidos e compostos fenólicos e apresentando partículas esféricas (GREENLAND, 1965). Segundo DUCHAUFOUR (1970), existem ácidos húmicos cinzas e marrons. Estes últimos são provenientes da polimerização progressiva das moléculas de lignina e não diferem muito dos ácidos fúlvicos. Os ácidos húmicos cinzas são formados por moléculas grandes e estão ligados às argilas.

As huminas são substâncias orgânicas altamente desenvolvidas e resistentes à degradação microbiana, constituídas por ácidos húmicos de natureza mais simples e que se encontram fortemente combinadas à fração mineral do solo (FELBECK Jr., 1965; STEVENSON, 1982). As huminas, apresentando-se sob diferentes formas, constituem um conjunto complexo, dificilmente extraível. Sob clima de estações contrastantes podem originar-se de uma "superevolução" por maturação dos ácidos húmicos (DUCHAUFOUR, 1970). Já Flexor (1972), citado por VOLKOFF et alii (1978), subdivide as huminas em quatro frações: humina hidrolisável (solúvel em HCl 1N e HF 1N a quente); humina de precipitação (extraída com NaOH 0,1N); humina herdada (resíduo leve, que permanece em suspensão em H_3PO_4) e humina residual, ou seja, o resíduo final.

2.4.3. Alterações na matéria orgânica do solo

Nos trópicos úmidos, a retirada da mata nativa e a introdução de novas culturas acarreta redução de aproximadamente 75% da matéria orgânica do solo (MILLER et alii, 1982). SANTOS & GRISI (1981) estimaram, em Latossolo Amarelo da Amazônia, perdas de até 50% da matéria orgânica no primeiro ano e 30% no segundo ano, após a queima, face ao aumento da atividade dos microrganismos do solo.

GODEFROY & JACQUIN (1975a; 1975b), comparando os aportes de matéria orgânica em solos cultivados com banana e abacaxi com os de solos sob floresta, na Costa do Marfim, verificaram que a introdução de uma cultura em um solo anteriormente sob floresta leva, geralmente, à redução do teor de matéria orgânica. Esta diminuição é rápida nos dois primeiros anos e, posteriormente, estabelece-se novo equilíbrio com a cultura. Sob floresta, a ciclagem da matéria orgânica é contínua e a biodegradação é regular e mais lenta do que no solo cultivado, em razão da redução da temperatura média do solo. Pode-se acrescentar, ainda, que nos solos cultivados a incidência dos raios solares e a aeração são maiores devido aos constantes trabalhos de aração e gradagem, e a erosão é mais intensa pela menor proteção oferecida pela cultura em relação à floresta.

A matéria orgânica do solo constitui um sistema dinâmico e modifica-se a cada novo equilíbrio ao qual o solo é submetido. A cultura da bananeira produz grande

massa vegetal que retorna ao solo. BERNHARD-REVERSAT & TCHIBINDA-PEMO (1988) constataram, na camada de 0-10cm, maior teor de carbono na área com banana (1,8%) em relação à área consorciada com Terminalia superba (1,5%), considerando-se que neste sistema a dinâmica da matéria orgânica é maior. Sob cobertura morta com resíduos da própria bananeira, BORGES (1991) verificou teores de matéria orgânica 12% e 10% superiores aos solos sem resíduos e intercalado com feijão de porco, respectivamente.

A natureza dos resíduos tem influência na qualidade da matéria orgânica. Sabe-se que os mais ricos em nitrogênio são rapidamente decompostos, e que a decomposição mais rápida ou mais lenta do resíduo influencia não apenas o conteúdo, como também pode favorecer a síntese de determinada fração do húmus em detrimento de outras.

O teor de matéria orgânica do solo decresce com a profundidade, bem como com a intensidade de cultivo do solo (KONONOVA, 1966; TAN et alii, 1970; GODEFROY & JACQUIN, 1975b; MOURA, 1981; MUZILLI, 1983; CARVALHO, 1984; MENDONÇA, 1988; NASCIMENTO, 1989; COELHO, 1990).

A diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob cultivo, segundo STEVENSON (1982), não pode ser atribuída unicamente à redução da quantidade de resíduos vegetais disponíveis para a síntese de húmus, mas também à melhoria da aeração e à alternância de umedecimento e secagem, fenômenos que podem levar ao aumento da atividade microbiana e à perda de matéria orgânica. VOLKOFF (1977),

estudando o húmus de três latossolos vermelho-amarelos do Estado da Bahia, constatou que o teor de húmus desses solos dependia de fatores climáticos, principalmente temperatura e umidade.

Posteriormente, estudando o húmus dos solos brasileiros, VOLKOFF & CERRI (1988) concluíram que três fatores principais determinam a natureza do húmus, ou seja, acidez, aeração e temperatura, na respectiva ordem decrescente de importância. Embora os autores não tivessem encontrado efeito da pluviosidade, relatam que a alternância de umedecimento e secagem determinou o grau de polimerização das frações alcalino-solúveis.

Estudando a composição dos resíduos vegetais em um solo cultivado com gramíneas e leguminosas, LASSUS (1990) verificou diferenças significativas na quantidade e natureza da matéria orgânica leve, até 2,5cm de profundidade; além disso, encontrou nas camadas inferiores apenas 5% do total da matéria orgânica leve do solo.

Uma vez que os sistemas de uso e práticas culturais influem de forma marcante na matéria orgânica do solo, o mesmo ocorre com os ácidos húmicos e fúlvicos. Nos solos ferralíticos típicos de clima tropical úmido, segundo DABIN (1980), há uma dominância dos ácidos fúlvicos sobre os ácidos húmicos, a qual aumenta com a profundidade. Segundo VOLKOFF & ANDRADE (1976) e VOLKOFF (1977), nos latossolos distróficos, em razão da mineralização rápida dos restos vegetais e da grande quantidade de produtos pré-húmicos,

estes migram em profundidade, mantendo-se no solo sob a forma de ácidos fúlvicos livres adsorvidos pelas argilas ou complexados com alumínio.

Deste modo, estudando o húmus de solos da floresta Amazônica, VOLKOFF & CERRI (1981) verificaram que esse constituinte está presente nas camadas mais profundas do solo em quantidades não desprezíveis. Nos solos bem drenados, o húmus de profundidade é essencialmente constituído de ácidos fúlvicos livres, diferindo nitidamente do húmus da camada superficial, rico em frações alcalino-solúveis (ácidos húmicos e ácidos fúlvicos).

Em Latossolo Vermelho-Amarelo sob vegetação de capim-gordura, LONGO (1982) constatou teores totais de ácidos húmicos e fúlvicos decrescendo com a profundidade, até 60cm; porém, os teores de ácidos fúlvicos mantiveram-se superiores aos de ácidos húmicos.

Da mesma forma, em um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço, submetido a diferentes sistemas de cultivo, SARAIVA (1987) verificou que a fração ácidos fúlvicos foi três a quatro vezes maior que a de ácidos húmicos. O mesmo autor observou que as huminas corresponderam a mais da metade do carbono do solo, em todas as situações analisadas, fato também confirmado por PARRA (1986) e por NASCIMENTO (1989).

Portanto, o conhecimento das transformações da matéria orgânica e suas frações húmicas é de fundamental importância para a adoção de práticas adequadas de manejo,

uma vez que são componentes dinâmicos, reduzindo-se com a retirada da mata nativa e sendo influenciadas pela natureza dos cultivos e das práticas de manejo introduzidas, além de variarem com a profundidade. Sabe-se que a matéria orgânica é o constituinte do solo que melhor reflete as interações entre o solo, a planta e a biosfera.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

3.1.1. Localização

A área em estudo está localizada no Município de Cruz das Almas, na região do Recôncavo do Estado da Bahia, no planalto pré-litorâneo. Está a uma latitude de 12°40'19" Sul, longitude de 39°06'22" WGr e altitude de 220 metros.

3.1.2. Clima

O clima da região, segundo a classificação de Thornthwaite, é do tipo C₁, seco e subúmido (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1981). A pluviosidade média anual, no período de 1949 a 1990, esteve em torno de 1 200mm. Os meses mais chuvosos, em condições normais, são abril e maio (150mm), e os mais secos, setembro e outubro (60mm). A umidade relativa média do ar é de aproximadamente 81%, e a temperatura média máxima está em torno de 28°C (EMBRAPA, 1991).

O balanço hídrico do Município de Cruz das Almas, determinado por CARMO (1973), no período de 1949 a 1972, mostra excedente hídrico de 90mm no inverno, concentrando-se no mês de julho, e déficit hídrico de 221mm, notadamente nos meses de janeiro e fevereiro.

3.1.3. Vegetação

Floresta Estacional Semidecidual cobria originalmente os solos próximos a Cruz das Almas e Feira de Santana. Essa vegetação é adaptada a climas com duas estações mais ou menos definidas, uma chuvosa e outra seca. A região está atualmente ocupada por pastagens, culturas de subsistência e frutíferas perenes, além de vegetação secundária, entre as quais Shinopsis brasiliensis (braúna), Goniorrhachis marginata (itapicuru), Mimosa malacocentra (calumbi), Croton sp (marmeleiro) e Syagrus vagans (licurioba) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1981).

3.1.4. Geologia

Segundo RIBEIRO (1991), os solos da região são formados por depósitos sedimentares terciários da Formação Capim Grosso, assentados discordantemente sobre rochas precambrianas do complexo granulítico. A Formação Capim Grosso é constituída por rochas detríticas mal consolidadas,

ou seja, arenitos amarelos avermelhados, silticos argilosos, mal selecionados e também argilosos.

3.1.5. Solo e relevo

Na região, os solos são conhecidos como "tabuleiros", correspondendo aos baixos platôs costeiros. Predomina o Latossolo Amarelo álico, apresentando horizontes subsuperficiais coesos. O relevo é plano, inferior a 3% de declividade.

Na área estudada o solo pertence à classe textural franco-argilo-arenoso, contendo 63% de areia e 32% de argila. Conta com um horizonte superficial mais arenoso, com aproximadamente 74% de areia; além disso, o teor de argila aumenta em profundidade.

3.2. Amostragem das glebas

Foram estudadas diferentes coberturas vegetais, ou seja, cinco glebas distintas, uma com vegetação natural (mata) e as demais cultivadas com banana, citros, manga e mandioca. A gleba sob mata foi utilizada como referência para se avaliar as modificações, nas demais glebas, decorrentes da presença das citadas culturas. As glebas sob cultivo estão situadas dentro da Estação Experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMPF), enquanto a gleba sob mata está

localizada na entrada da cidade, distando aproximadamente 3km do CNPMF.

As amostras de solo foram coletadas em trincheiras, sendo três em cada gleba, amostrando-se os quatro horizontes: Ap(0-9cm), A₁ na gleba sob mata, AB(9-38cm), BW₁(38-72cm) e BW₂(72-100cm).

3.2.1. Gleba sob mata

Constitui-se de uma reserva biológica pertencente à Prefeitura, localizada na entrada do Município de Cruz das Almas.

Segundo MELO FILHO & ARAÚJO FILHO (1984), a vegetação primária é uma transição floresta subperenifólia/subcaducifólia, com as espécies: Jacarandá, Camaçari, Giquitibá, Cedro, Baba de boi, Aipim, Tripa de aboborá, Baraúna de espinho, Itapicuru preto e amarelo, Vinhático, Ipê amarelo, Pau d'arco, Murta, Sapucaia, Piquiá, Fava caboclo, Jaqueira do mato, Araçá baranhem, Pau bode, Louro sassafrá, Pau sangue, Pau d'óleo, Imbiriaricu, Gameleira e Monzé. Esta vegetação proporciona uma serapilheira de aproximadamente 10cm de altura, cobrindo toda a superfície do solo.

As trincheiras foram abertas em locais escolhidos ao acaso no meio da mata; o horizonte coeso está presente na profundidade de 30 a 78cm, abrangendo o horizonte BW₁.

3.2.2. Gleba cultivada com banana

A gleba está sendo cultivada com banana desde 1976, tendo sido anteriormente utilizada com fumo durante aproximadamente 10 anos. Dista 3 200m da gleba sob mata.

Está sendo cultivada atualmente com tetraplóides, no espaçamento 3m x 3m, os quais apresentam bom aspecto vegetativo. Os tratos culturais da bananeira, como desbaste e desfolha, são realizados periodicamente, bem como a capina manual. As práticas de adubação e calagem seguem o manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia, sendo o potássio o elemento mais aplicado, seguido do nitrogênio (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989).

Parte da superfície do solo está coberta com uma camada de aproximadamente 10cm de resíduos da própria bananeira.

As trincheiras foram abertas nas entrelinhas, na direção de duas bananeiras adjacentes; a camada coesa está presente na profundidade de 17 a 42cm, abrangendo o horizonte AB.

As raízes da bananeira são fasciculadas, significando que maior número delas se desenvolve horizontalmente, podendo ultrapassar 4m de extensão; além disso, as radículas se concentram nas camadas mais superficiais do solo.

3.2.3. Gleba cultivada com citros

A gleba está sendo cultivada com citros desde a década de 50, e dista aproximadamente 3 200m da gleba sob mata. Atualmente encontra-se cultivada com laranja Pera, com idade de 6 anos, ocupando uma área em torno de 0,90ha, no espaçamento 6m x 4m, apresentando bom aspecto vegetativo.

As recomendações de adubação e calagem tem seguido o manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia, sendo o nitrogênio o elemento mais aplicado (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989).

Para o controle de ervas daninhas é feita capina mecânica com grade duas a três vezes durante o ano, a uma profundidade máxima de 7cm para não causar danos severos às raízes.

As trincheiras foram abertas no meio da entrelinha. A camada coesa, de 9 a 74cm, abrange os horizontes AB e BW₁.

Maior número de raízes da laranjeira encontra-se na camada superior do solo, até 50cm de profundidade, pois são ávidas por oxigênio; horizontalmente, as radículas atingem até 2m.

3.2.4. Gleba cultivada com manga

O local está sendo cultivado com manga desde 1976. Anteriormente foi cultivado com fumo durante aproximadamente 10 anos. Dista 3 280m da gleba sob mata.

Desde 1976 está implantado, nesta gleba, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de manga, no espaçamento 10m x 10m, o qual se encontra com bom aspecto vegetativo.

Os tratos culturais são realizados periodicamente, seguindo-se as práticas de cultivo recomendadas por SAMPAIO & RODRIGUES (1982).

O nitrogênio e o potássio são os elementos mais exigidos, e a quantidade aplicada segue o manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989).

A superfície do solo está coberta com um manto de folhas, de aproximadamente 3cm de altura.

As trincheiras foram abertas nas entrelinhas, a 5m do tronco da planta. A camada coesa está presente na profundidade de 17 a 50cm, abrangendo o horizonte AB; no entanto, apresenta também uma camada menos coesa logo abaixo, até 75cm de profundidade.

O sistema radicular da cultura é profundo, atingindo até 5,5m; no entanto, 95% das raízes concentram-se na profundidade de 0,30 a 1,50m, bem como a 2m de distância do tronco.

3.2.5. Gleba cultivada com mandioca

Nesta gleba cultiva-se mandioca para produção de farinha desde 1977, havendo anteriormente pastagem (capim de corte); dista 4 480m da gleba sob mata.

O espaçamento utilizado é de 1,0m x 0,60m. As trincheiras foram abertas nas entrelinhas. A camada coesa está de 9 a 49cm de profundidade, abrangendo o horizonte AB. Entretanto, de 49 a 69cm existe uma camada menos coesa.

O fósforo é o nutriente mais exigido e aplicado na cultura, o que é feito seguindo-se o manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989).

As raízes da mandioca são tuberosas, fusiformes a cilíndricas-cônicas, medindo de 20 a 60cm de comprimento e 5 a 15 cm de diâmetro. Podem atingir até 1,40m de profundidade na época da colheita; no entanto, a maior quantidade encontra-se até 1m. Já as raízes assimilatórias, quase 100% estão a 30cm de profundidade.

3.3. Análises de laboratório

3.3.1. Determinações químicas

As determinações químicas foram feitas em amostras de solo secas em estufa a 35-40°C e passadas em

peneiras de 2mm de diâmetro. Os seguintes parâmetros foram determinados:

.Fósforo "disponível" e cálcio, magnésio e potássio trocáveis

Foram extraídos com resina trocadora de íons (RAIJ & QUAGGIO, 1983). O fósforo foi determinado pelo método do complexo fosfomolibdico empregando-se ácido ascórbico como redutor, o cálcio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atômica e o potássio por fotometria de chama (RAIJ & QUAGGIO, 1983).

.Enxofre ($S-SO_4$)

Foi extraído com acetato de amônio 0,5N em ácido acético 0,25N e determinado turbidimetricamente (VITTI, 1989).

.Alumínio trocável (Al^{3+})

Foi extraído com solução de KCl 1N e determinado por titulometria (EMBRAPA, 1979).

.Acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$)

Determinada através da solução tampão SMP (RAIJ & QUAGGIO, 1983).

.pH do solo

Determinou-se o pH em solução centimolar de cloreto de cálcio (CaCl_2 0,01M) (RAIJ & QUAGGIO, 1983), o pH em água e o pH em cloreto de potássio (KCl) 1N, na relação solo:solução de 1:2,5 (EMBRAPA, 1979).

.Delta pH

Calculado conforme a expressão:

$$\text{Delta pH} = \text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$$

.Boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio

Foram extraídos com solução de Mehlich (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N) na proporção 5g solo/50ml solução. O boro foi determinado pelo método colorimétrico da azometina H, o sódio por fotometria de chama e os demais por espectrofotometria de absorção atômica.

3.3.2. Determinações físicas

Os seguintes parâmetros foram determinados:

.Densidade do solo e densidade de partículas

A densidade do solo (d_s) foi determinada em amostras indeformadas, coletando-se duas repetições em cada horizonte, utilizando anéis volumétricos. A densidade de partículas (d_p) foi determinada em amostras passadas em

peneira de 2mm de diâmetro, empregando-se o método do balão volumétrico (CAMARGO et alii, 1986).

.Porosidade total, microporosidade e macroporosidade

A porosidade total (Pt) foi calculada pela expressão:

$$Pt(\%) = \frac{dp - ds}{dp} \times 100$$

A microporosidade (mp), após a determinação da umidade retida a 0,006MPa, utilizando amostras indeformadas, foi calculada pela expressão (EMBRAPA, 1979):

$$mp(\%) = \frac{\text{Peso amostra a 0,006MPa de tensão} - \text{Peso amostra seca a } 105^{\circ}\text{C}}{\text{volume do cilindro}} \times 100$$

A macroporosidade (Mp) foi determinada pela diferença entre a porosidade total (Pt) e a microporosidade (mp).

$$Mp(\%) = Pt(\%) - mp(\%)$$

.Estabilidade de agregados

Para avaliação da percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm (AG.EST.ÁGUA) foi obtida, inicialmente, a percentagem de agregados na massa total do solo (AG. MTS), cujo tamisamento, via seca, foi feito manualmente, utilizando-se peneiras de 2,00 e 7,92mm de diâmetro. Os agregados que passaram na peneira de 7,92mm e ficaram retidos na de 2,00mm, após pesagem, foram utilizados para a avaliação via úmida, colocados em equipamento para tamisamento mecânico em água, com peneiras de diâmetro de malhas de 4,76; 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25mm (EMBRAPA, 1979).

De posse desses dados determinou-se a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm na massa total do solo (AG.EST.ÁGUA MTS) pela expressão:

$$\%AG.EST.ÁGUA \text{ MTS} = \%AG.MTS \times \%AG.EST.ÁGUA$$

Determinou-se também a distribuição do tamanho de agregados em três classes: 4,76-2,00; 2,00-1,00 e 1,00-0,50mm.

.Capacidade de retenção de água, ponto de murcha permanente e água disponível

A capacidade de retenção de água e o ponto de murcha permanente foram determinados em amostras indeformadas, coletadas com os cilindros volumétricos,

medindo-se o teor de água retida nas amostras às tensões de 0,03MPa e 1,5MPa, respectivamente.

A água disponível (AD) foi calculada a partir da capacidade de retenção de água a 0,03MPa (CRA) e do ponto de murcha permanente (PMP), pela expressão:

$$AD\% = CRA\% - PMP\%$$

3.3.3. Determinação da atividade microbiana

A determinação da atividade respiratória dos microrganismos do solo, ou seja, a estimativa da população nativa do solo, foi feita através da evolução do CO₂. Segundo WITKAMP (1966), a taxa de evolução de CO₂ é a medida mais comum da atividade microbiana do solo.

Amostras de solo de 20g foram colocadas em frascos de vidro de um litro de capacidade. Em cada frasco colocou-se um recipiente menor de vidro contendo 10ml de NaOH 0,5N. Durante o período de sete dias de incubação, o CO₂ liberado pela respiração dos microrganismos foi fixado pelo NaOH, formando carbonato de sódio. O NaOH que não reagiu com o CO₂ foi titulado com HCl 0,5N e, pela diferença entre esse valor e o de uma amostra testemunha (sem solo), determinou-se a quantidade de CO₂ proveniente da respiração dos microrganismos.

3.3.4. Determinações da matéria orgânica

.Carbono total

Foi determinado pelo método da combustão (via seca) utilizando-se o equipamento Carmograph 12A "Wosthoff" (CERRI et alii, 1990). Em função desse valor e da densidade do solo (ds) determinou-se o estoque de carbono (EC) em cada horizonte, pela expressão:

$$EC(g/m^2) = ds(g/cm^3) \times \text{espessura horizonte}(cm) \times \%C \times 100$$

.Fracionamento físico

A separação dos compartimentos orgânicos do solo foi feita de acordo com o diâmetro das partículas após a agitação em água. O solo foi peneirado sob água, separando-o em três frações distintas, 0,2 a 2mm; 0,05 a 0,2mm e menor que 0,05mm. Determinou-se o teor de carbono total presente em cada fração (CERRI et alii, 1990).

.Fracionamento químico

Quantidades conhecidas da fração menor que 0,05mm, onde se encontra o complexo argilo-húmico, foram passadas para tubos de centrifuga e separadas em ácidos fúlvicos livres, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas. Os ácidos fúlvicos livres foram extraídos com ácido fosfórico 2M. Os ácidos fúlvicos e húmicos foram extraídos com solução de pirofosfato de sódio 0,1M e, posteriormente, com solução de hidróxido de sódio 0,1N; o tratamento do extrato com ácido

sulfúrico 2N permite a separação dos ácidos fúlvicos que permanecem em solução, dos ácidos húmicos, que se precipitam. As huminas correspondem ao resíduo no tubo da centrífuga, pois não são extraídas com ácidos nem bases, ou seja, é a fração mais fortemente ligada à parte mineral do solo (CERRI et alii, 1990).

.Nitrogênio total

Determinado pelo método semi-micro Kjeldahl (EMBRAPA, 1979).

3.4. Análise estatística

Os dados obtidos das 60 amostras foram analisados como delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x4 (coberturas vegetais x horizontes) com três repetições. Efetuou-se análise de variância (Teste F) para cada parâmetro, aplicando-se o teste de Tukey para comparação de médias do fator coberturas vegetais e regressão polinomial para avaliar o fator horizontes. Foram feitas correlações lineares simples entre os parâmetros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito de diferentes culturas sobre as propriedades químicas do solo

O solo estudado é originalmente pobre em nutrientes. A saturação por bases da gleba sob mata mostrou tratar-se de solo realmente distrófico, sendo de 14% no horizonte superficial (0-9cm) e decrescendo para 7% e 4% nos horizontes inferiores (Figura 1). Apesar da baixa saturação por bases, a mata é exuberante, certamente em razão da ciclagem de nutrientes devolvidos ao solo através da queda de folhas e galhos e da renovação das raízes. Segundo SILVA (1981), esta vegetação clímax encontra-se em equilíbrio e, assim, os nutrientes nela contidos subsistem em circulação fechada. A interrupção desse ciclo, pela utilização agrícola, poderá proporcionar danos ao ecossistema se não houver adoção de práticas adequadas de manejo do solo e da cultura. No entanto, nas glebas cultivadas com citros, manga e banana, a saturação por bases na superfície do solo foi maior que 50%, sendo significativamente superior à gleba cultivada com mandioca e sob mata (Figura 1).

Em todas as coberturas vegetais, exceto de

mandioca, observou-se decréscimo significativo da saturação por bases com a profundidade. Na gleba com mandioca, a saturação por bases não variou significativamente ao longo do perfil do solo, sendo a média de aproximadamente 11%. No solo sob mata o decréscimo foi suave e linear, enquanto nas demais coberturas vegetais o decréscimo foi acentuado nos horizontes superficiais (0-38cm) (Figura 1 e Tabela 1).

Figura 1. Saturação por bases no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Tabela 1. Equações de regressão significativas para a variação da saturação por bases (V) (%), dos teores de cálcio e magnésio trocáveis e da soma de bases (S) (meq/100cm³) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARA- METRO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%) PARA F	R ²
V	MATA	$Y = 14,8 - 0,13x$	2,32	0,58
	BANANA	$Y = 54,2 - 1,07x + 0,007x^2$	0,44	0,99
	CITROS	$Y = 67,7 - 1,60x + 0,012x^2$	0,01	0,98
	MANGA	$Y = 55,9 - 2,70x + 0,049x^2 - 0,00027x^3$	3,07	1,00
Ca	BANANA	$Y = 2,5 - 0,11x + 0,0018x^2 - 0,0000099x^3$	2,94	1,00
	CITROS	$Y = 2,4 - 0,10x + 0,0017x^2 - 0,0000091x^3$	4,44	1,00
	MANGA	$Y = 0,9 - 0,024x + 0,00018x^2$	3,71	0,94
Mg	MATA	$Y = 0,3 - 0,0029x$	0,91	0,70
	BANANA	$Y = 1,2 - 0,053x + 0,0010x^2 - 0,0000056x^3$	2,50	1,00
	CITROS	$Y = 0,9 - 0,018x + 0,00011x^2$	2,69	1,00
	MANGA	$Y = 0,5 - 0,014x + 0,00012x^2$	1,82	0,93
S	MATA	$Y = 0,9 - 0,0080x$	0,93	0,62
	BANANA	$Y = 4,0 - 0,17x + 0,0029x^2 - 0,000016x^3$	1,73	1,00
	CITROS	$Y = 3,4 - 0,08x + 0,00059x^2$	0,02	0,99
	MANGA	$Y = 1,6 - 0,04x + 0,00034x^2$	1,26	0,94

4.1.1. Efeito nos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio trocáveis

O solo sob mata na área de estudo é naturalmente pobre em cátions trocáveis, principalmente cálcio e magnésio, necessitando da aplicação de calcário dolomítico antes da implantação de culturas (Tabela 2). SILVA (1981) constatou em Latossolo Amarelo do sul do Estado da Bahia, coberto com floresta natural, ausência de cálcio trocável abaixo de 10cm de profundidade. Por outro lado, verificou aumento do teor de magnésio com a profundidade, chegando a 1,1 meq/100g a 150cm da superfície.

Observa-se na Tabela 2 que os teores de cálcio e magnésio diferem entre as coberturas vegetais somente nos horizontes superficiais. Tanto no horizonte Ap quanto no AB os teores de cálcio trocáveis nos solos cultivados com banana e citros foram significativamente superiores aos dos demais solos. Tais teores foram cerca de quatro e oito vezes superiores aos do solo sob mata, respectivamente nos horizontes A e AB.

Observa-se também que os teores de magnésio trocável no horizonte superficial dos solos sob banana e citros foram, respectivamente, cerca de duas e meia e duas vezes superiores aos do solo sob mata.

Tabela 2. Teores de cálcio e de magnésio trocáveis e soma de bases (S) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
Ca (meq/100cm ³)	Ap ¹	0,5B	2,0A	2,0A	0,8B	0,5B
	AB	0,1B	0,8A	0,8A	0,3B	0,3B
	BW ₁	0,1A	0,3A	0,4A	0,2A	0,2A
	BW ₂	0,1A	0,2A	0,4A	0,1A	0,2A
Mg (meq/100cm ³)	Ap ¹	0,4B	1,0A	0,8A	0,5B	0,3B
	AB	0,2B	0,4AB	0,6A	0,2B	0,1B
	BW ₁	0,1A	0,3A	0,3A	0,1A	0,1A
	BW ₂	0,1A	0,2A	0,2A	0,1A	0,1A
S (meq/100cm ³)	Ap ¹	1,1B	3,3A	3,1A	1,5B	0,9B
	AB	0,5B	1,4A	1,6A	0,6B	0,4B
	BW ₁	0,3A	0,7A	0,8A	0,4A	0,4A
	BW ₂	0,3A	0,6A	0,6A	0,3A	0,3A

¹ A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Os maiores teores de cálcio e magnésio trocáveis encontrados nos solos cultivados com banana e citros podem ser atribuídos tanto às práticas de calagem efetuadas nessas glebas quanto ao retorno desses elementos ao

solo através da grande quantidade de resíduos vegetais, principalmente na cultura da banana, que corresponde de 10 a 15t/ha.ano (GODEFROY & JACQUIN, 1975a).

Nos solos cultivados com banana, citros e manga observou-se redução dos teores de cálcio com a profundidade, sendo que nas primeiras glebas o decréscimo foi cúbico, apresentando teores significativamente mais elevados no horizonte superficial (0-9cm) (Tabela 1). Esses resultados evidenciam a baixa mobilidade desse elemento quando aplicado na forma de calcário. Além disso, deve-se considerar que os resíduos vegetais da bananeira são abundantes e ricos em cálcio, o que favorece o aumento da concentração do nutriente no horizonte superficial do solo. Na gleba cultivada com manga o decréscimo foi quadrático, apresentando teor mínimo de cálcio igual a 0,06meq/100cm³, a 67cm de profundidade, isto é, no horizonte BW₁ (38-72cm), segundo a equação apresentada na Tabela 1. Nos solos sob mata e mandioca os teores de cálcio não variaram significativamente ao longo do perfil do solo, sendo a média, respectivamente, 0,2 e 0,3meq/100cm³.

Os solos cultivados com manga e mandioca apresentam, inclusive no horizonte Ap, teores baixos de cálcio, menores que 1meq/100cm³. Mesmo assim, para a cultura da mandioca aconselha-se o limite máximo de uma tonelada de calcário por hectare, independentemente dos teores trocáveis de cálcio, magnésio e alumínio (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989). Pois, em solos com pH elevado

(maior que 6,0) o zinco passa a formas menos solúveis, com isso menos disponíveis para as plantas, causando, assim, deficiências. No entanto, verificou-se correlação linear positiva, significativa a 1% ($r=0,82^{**}$) entre pH em água e zinco disponível do solo.

No que se refere ao comportamento do magnésio no perfil do solo, verificou-se que somente no solo cultivado com mandioca a regressão não foi significativa, ou seja, nessa gleba o teor médio de magnésio é aproximadamente igual a $0,15\text{meq}/100\text{cm}^3$ ao longo do perfil do solo. Na Tabela 1 observa-se que na cobertura vegetal de mata o decréscimo do teor de magnésio do solo foi linear, enquanto na cobertura vegetal de banana o decréscimo foi cúbico, ou seja, os teores de magnésio do horizonte superficial foram significativamente superiores aos dos horizontes subjacentes. Já nos solos cultivados com citros e manga os efeitos foram quadráticos, com teores mínimos nos horizontes BW_2 e BW_1 , respectivamente.

Quanto aos teores de sódio e potássio não se constatou interação significativa pelo teste F, entre as coberturas vegetais e horizontes, ou seja, o comportamento dos elementos nos horizontes foi o mesmo em todas as coberturas vegetais. Os teores de sódio dos solos sob mata e citros foram significativamente maiores que o cultivado com mandioca (Tabela 3). Contudo, os valores detectados podem ser considerados insignificantes, não causando alteração nas propriedades do solo.

Tabela 3. Teores de sódio e potássio trocáveis em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	Na (meq/100cm ³)	K (meq/100cm ³)
MATA	0,04a	0,13a
BANANA	0,03ab	0,14a
CITROS	0,04a	0,13a
MANGA	0,02ab	0,09a
MANDIOCA	0,01b	0,03b

Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1978) o teor de sódio no solo deve ser considerado alto quando atinge 0,30meq/100cm³, ou quando as concentrações se encontram entre 10% e 20% do total de cátions trocáveis. Nas glebas estudadas, a média obtida da saturação por sódio foi inferior a 1%.

Quanto ao elemento potássio observa-se, na Tabela 3, que somente o solo cultivado com mandioca apresenta teores significativamente inferiores aos das demais coberturas vegetais, provavelmente devido à baixa quantidade aplicada e à alta extração pela cultura (220kg/ha, segundo MALAVOLTA, 1980). Além disso, segundo GOMES & EZETA (1982) esta é considerada uma "cultura esgotante" pois facilita

elevadas perdas de solo por erosão, em razão da pequena massa foliar e poucos resíduos culturais. Porém, os mesmos autores relatam que, em geral, a adubação potássica tem proporcionado pequenos incrementos na produção de mandioca.

Verifica-se, também na Tabela 3, que não houve aumento do teor de potássio com o cultivo em relação ao solo sob mata, ou seja, a introdução de novas culturas não proporcionou aumento dos teores de potássio no solo.

Embora os resíduos de bananeira contenham em torno de 2% de potássio, não se observou aumento do teor deste no solo. No entanto, deve ser lembrado que é grande a extração de potássio pelas culturas estudadas, principalmente banana e mandioca. Conseqüentemente, torna-se necessário utilizar adubos potássicos a fim de aumentar o seu teor no solo.

Tanto para sódio quanto para potássio verificou-se decréscimos quadráticos com a profundidade; os teores mínimos ocorreram nos horizontes mais profundos, embora sódio e potássio sejam elementos móveis no perfil do solo (Figuras 2 e 3).

Considerando-se a soma das bases trocáveis (cálcio, magnésio, potássio e sódio), verifica-se que somente nos horizontes superficiais houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais (Tabela 2). Nesse particular, os solos cultivados com manga e mandioca são iguais à condição originalmente existente, ou seja, ao solo sob mata, enquanto aqueles com banana e citros mostram acréscimos nas somas das

bases originais. Em Latossolo Amarelo do sul do Estado da Bahia, SILVA (1981) verificou que a associação dendê/kudzu foi responsável pelo maior aumento da soma das bases na camada de 0-5cm, tendo sido aproximadamente 60% superior à observada para a associação banana/mandioca.

Figura 2. Teor de sódio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

Figura 3. Teor de potássio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

Observou-se decréscimo da soma de bases com a profundidade, exceção para o solo cultivado com mandioca cuja regressão não foi significativa, apresentando teor médio de $0,5 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ ao longo do perfil do solo. As equações mostradas na Tabela 1 indicam decréscimo linear no solo sob mata e, nas demais coberturas vegetais, decréscimos cúbico e quadráticos, com soma de bases significativamente mais elevada no horizonte superficial.

Apesar do aumento das bases trocáveis verificado após a implantação das culturas de citros e

banana, deve-se atentar para a possibilidade de escassez dessas bases, notadamente potássio, pois este foi o nutriente que não aumentou em relação ao solo sob mata, provavelmente por ser o mais extraído; por isso, segundo a COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (1989), todas as culturas estudadas necessitam adubação potássica.

4.1.2. Efeito no pH, na acidez potencial, na capacidade de troca catiônica, na acidez trocável e na saturação por alumínio

Os dados de pH apresentados na Tabela 4 mostram que somente nos horizontes superficiais houve diferenças entre as coberturas vegetais.

Os solos cultivados com banana, citros e manga apresentam valores de pH em CaCl_2 0,01M e pH em água significativamente superiores aos dos solos com mandioca e sob mata, notadamente no horizonte superficial.

O pH em CaCl_2 0,01M mostrou-se diretamente correlacionado com a saturação por bases ($r=0,93^{**}$), como também com os teores de bases trocáveis, principalmente cálcio e magnésio, com coeficientes de correlação lineares de 0,86^{**} e 0,83^{**}, respectivamente.

Para o horizonte AB não se observaram diferenças significativas entre os valores de pH em KCl 1N dos solos das coberturas vegetais; nesse horizonte, a amplitude máxima de variação foi de 0,3 unidade de pH.

Porém, no horizonte superficial, os solos sob mata e mandioca apresentaram valores de pH em KCl 1N significativamente inferiores aos das demais coberturas vegetais (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de pH em água, pH CaCl₂, pH KCl, delta pH, e acidez potencial (H+Al) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
pH em água	Ap ¹	4,5B	5,3A	5,5A	5,5A	4,1B
	AB	4,2AB	4,7A	4,4AB	4,5AB	4,0B
	BW ₁	4,1A	4,3A	4,1A	4,2A	3,9A
	BW ₂	4,2A	4,2A	4,0A	4,0A	3,9A
pH CaCl ₂ 0,01M	Ap ¹	3,8B	4,4A	4,8A	4,6A	3,6B
	AB	3,4B	3,8AB	3,9A	3,6AB	3,5AB
	BW ₁	3,4A	3,6A	3,5A	3,6A	3,5A
	BW ₂	3,5A	3,6A	3,5A	3,5A	3,5A
pH KCl 1N	Ap ¹	3,9C	4,4B	4,9A	4,6AB	3,6C
	AB	3,7A	3,9A	4,0A	3,7A	3,7A
	BW ₁	3,7A	3,7A	3,7A	3,7A	3,7A
	BW ₂	3,7A	3,7A	3,6A	3,7A	3,7A
Delta pH	Ap ¹	-0,6A	-0,9B	-0,6A	-0,9B	-0,5A
	AB	-0,5A	-0,8B	-0,4A	-0,8B	-0,3A
	BW ₁	-0,4AB	-0,6B	-0,4AB	-0,5B	-0,2A
	BW ₂	-0,5B	-0,5B	-0,4AB	-0,3AB	-0,2A
H+AL (meq/100cm ³)	Ap ¹	4,9A	3,2B	1,9C	1,9C	4,2AB
	AB	5,6A	3,0B	3,4B	3,2B	3,9B
	BW ₁	5,5A	3,0B	3,7B	3,9B	4,2AB
	BW ₂	5,2A	2,9B	3,4B	3,5B	3,8B

¹ A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Uma vez que o pH em água, em todos os horizontes e em todas as coberturas vegetais, foi maior que o pH em KCl, os valores de delta pH são negativos, ou seja, no complexo de troca predominam as cargas negativas (Tabela 4).

Com exceção do solo cultivado com citros e sob mata, onde não houve diferenças entre horizontes quanto ao delta pH; nas demais glebas houve aumento linear desse valor com a profundidade, segundo as equações apresentadas na Tabela 5. Conseqüentemente, a presença de cargas negativas, as quais são as responsáveis pela retenção dos cátions do solo, é maior nos horizontes superficiais. Os dados mostram correlação linear negativa entre delta pH e soma de bases no solo ($r=-0,53^{**}$), ou seja, quanto mais negativo o delta pH, maior será a quantidade de bases trocáveis. Além disso, foi significativa e negativa a correlação entre delta pH e teor de carbono total do solo ($r=-0,41^{**}$), isto é, teores mais elevados de carbono levam a valores mais negativos de delta pH.

Quanto à acidez potencial ($H+AL$), observa-se na Tabela 4 que os solos cultivados com manga e citros apresentam no horizonte superficial valores significativamente mais baixos que os das demais coberturas vegetais. Além disso, o teor mais elevado foi observado no solo sob mata, o qual, no entanto, não diferiu significativamente do solo cultivado com mandioca nos horizontes superficial e BW_1 .

Tabela 5. Equações de regressão significativas para a variação do delta pH, da acidez potencial (H+Al) (meq/100cm³), da capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0 (meq/100cm³), da CTC efetiva (meq/100cm³) e da saturação por alumínio (m) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂ- METRO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
			PARA F	R ²
Delta pH	BANANA	$Y = -0,91 + 0,0050x$	0,009	0,98
	MANGA	$Y = -0,97 + 0,0082x$	0,001	0,98
	MANDIOCA	$Y = -0,45 + 0,0039x$	0,09	0,79
H+Al	CITROS	$Y = 1,67 + 0,076x - 0,00065x^2$	0,64	0,93
	MANGA	$Y = 1,57 + 0,080x - 0,00067x^2$	0,54	0,99
CTC 7,0	BANANA	$Y = 6,71 - 0,100x + 0,00074x^2$	0,17	0,95
CTCe	BANANA	$Y = 4,06 - 0,15x + 0,0029x^2 - 0,000017x^3$	0,89	1,00
	CITROS	$Y = 3,35 - 0,05x + 0,00037x^2$	0,34	0,95
m	MATA	$Y = 33,6 + 1,79x - 0,0146x^2$	0,14	0,95
	BANANA	$Y = 6,7 + 0,69x$	0,001	0,94
	CITROS	$Y = -5,3 + 1,68x - 0,010x^2$	1,75	0,99
	MANGA	$Y = 1,0 + 2,54x - 0,019x^2$	0,02	0,97
	MANDIOCA	$Y = 53,2 + 0,36x$	0,07	0,75

Não houve diferença significativa entre os horizontes quanto à acidez potencial nos solos sob mata, banana e mandioca. No entanto, nos solos cultivados com citros e manga houve aumento significativo com a profundidade, como mostram as equações apresentadas na Tabela 5.

Verifica-se na Tabela 6 que a capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0 no horizonte superficial foi mais elevada no solo cultivado com banana do que nas demais glebas, porém, o valor não diferiu do solo sob mata. Provavelmente a maior incorporação de matéria orgânica ao solo propiciou valores mais elevados de CTC nas glebas com banana e sob mata, uma vez que houve correlação linear positiva entre teor de carbono e CTC ($r=0,63^{**}$). Além disso, é possível que a matéria orgânica contribua para altos valores de acidez potencial no horizonte superficial, em razão de sua elevada reserva de íons H^+ dissociáveis. Deste modo, constatou-se correlação linear significativa, embora baixa, entre carbono e os íons H^+ ($r=0,37^{**}$); no entanto, a correlação entre estes e a CTC é bem maior ($r=0,82^{**}$).

Somente no solo cultivado com banana observou-se decréscimo significativo da CTC ao pH 7,0 com a profundidade (Tabela 5). Nas demais coberturas vegetais as equações de regressão não foram significativas, ou seja, nos solos sob mata, citros, manga e mandioca os valores médios ao longo do perfil foram 5,9; 4,6; 3,8 e 4,6 meq/100cm³, respectivamente.

Tabela 6. Capacidade de troca catiônica (CTC) ao pH 7,0, CTC efetiva e saturação por alumínio (m) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
CTC pH 7,0 (meq/100cm ³)	Ap ¹	6,0AB	6,5A	5,0B	3,4C	5,1B
	AB	6,1A	4,4B	5,0AB	3,8B	4,4B
	BW ₁	5,8A	3,7B	4,4B	4,2B	4,6AB
	BW ₂	5,6A	3,5B	4,1B	3,8B	4,2B
CTC efetiva (meq/100cm ³)	Ap ¹	1,8B	3,4A	3,2A	1,6B	1,6B
	AB	1,7AB	1,8AB	2,2A	1,5B	1,5B
	BW ₁	1,9A	1,5A	1,8A	1,6A	1,6A
	BW ₂	1,8A	1,5A	1,7A	1,6A	1,6A
m (%)	Ap ¹	39A	5B	3B	8B	47A
	AB	73A	25B	26B	58A	70A
	BW ₁	84A	52C	58BC	77AB	77AB
	BW ₂	81A	61A	63A	81A	80A

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A CTC efetiva do horizonte superficial foi mais elevada nos solos cultivados com banana e citros (Tabela 6), certamente devido aos maiores valores de soma de bases

encontrados nessas glebas (Tabela 2) e à existência de correlação positiva entre os dois parâmetros ($r=0,90^{**}$). Desta forma, somente nessas glebas verificaram-se diferenças significativas ao longo do perfil, ou seja, houve decréscimo com a profundidade, como mostram as equações apresentadas na Tabela 5. Por outro lado, nos solos sob mata, manga e mandioca os valores médios da CTC efetiva foram 1,8; 1,6 e 1,6 meq/100cm³, respectivamente.

Quanto ao teor de alumínio trocável (Tabela 7), a análise de variância não mostrou interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes. Os solos sob mata e mandioca apresentaram teores mais elevados de alumínio trocável, enquanto os cultivados com banana e citros apresentaram os menores teores.

Em decorrência dos elevados índices de acidez trocável, as maiores saturações por alumínio também foram constatadas nos solos sob mata e mandioca (Tabela 6); no entanto, no horizonte AB esses valores não diferiram daqueles encontrados na gleba cultivada com manga, os quais foram superiores a 50% e caracterizam o solo como álico. Nos solos cultivados com banana e citros, em razão dos teores mais baixos de alumínio, a saturação nos horizontes superficiais foi inferior a 30%, provavelmente devido às práticas de calagem realizadas nessas glebas.

Tabela 7. Acidez trocável (Al^{3+}) em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	Al (meq/100cm ³)
MATA	1,2a
BANANA	0,6d
CITROS	0,7cd
MANGA	0,9bc
MANDIOCA	1,1ab

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Observou-se aumento dos teores de alumínio com a profundidade (Figura 4), assim como da saturação por alumínio, como mostram as equações da Tabela 5. A partir de 23,5cm de profundidade constata-se saturação média por alumínio maior que 50% nos solos sob mata, mandioca e manga. SILVA (1981) também verificou alta saturação por alumínio em Latossolo Amarelo do sul da Bahia, sob floresta, embora a partir de 68cm de profundidade esse índice decrescesse até 16% no horizonte $BW_{2,3}$, a 200-260cm de profundidade. Já AGUIAR NETTO & NACIF (1988) observaram baixos valores de saturação por alumínio em Latossolo Amarelo da região de Cruz das Almas(BA), sob pastagem; no entanto, a partir de 45cm de profundidade a saturação atingiu 50%. Em latossolos do Estado

de Sergipe, a saturação máxima obtida por SOUZA et alii (1973) foi de 20%.

Figura 4. Teor de alumínio trocável no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

Os altos valores de saturação por alumínio verificados abaixo de 23,5cm de profundidade possivelmente são reflexos da baixa saturação por bases e dos baixos valores de pH (Figura 1 e Tabela 4). Os dados mostram correlação linear negativa entre pH em água e saturação por

alumínio ($r=-0,85^{**}$). Vale ressaltar que altos teores de alumínio inibem sensivelmente o crescimento das raízes.

Por outro lado, a maior quantidade de bases trocáveis (Tabela 2), decorrente da reciclagem de material orgânico e práticas culturais, provavelmente levaram à menor saturação por alumínio observada no horizonte superficial. O coeficiente de correlação linear entre essas variáveis foi igual a $-0,88^{**}$.

De modo geral, os dados mostraram que o solo é originalmente ácido, apresentando baixos valores de pH e CTC efetiva. Entretanto, os solos cultivados com banana e citros apresentaram, nos horizontes superficiais, saturação por alumínio menor que 30% e CTC efetiva mais elevada, talvez devido às práticas de adubação e calagem. Além disso, constatou-se, em todas as coberturas vegetais, decréscimo do pH, bem como aumento dos teores de alumínio trocável e saturação por alumínio com a profundidade; o teor de alumínio e a sua saturação foram significativamente mais baixos no horizonte superficial, provavelmente em razão das práticas culturais e da reciclagem de matéria orgânica.

4.1.3. Efeito nos teores de cobre, ferro, manganês, zinco e boro disponíveis

Embora se saiba que a disponibilidade dos micronutrientes ferro, cobre, manganês e zinco diminua com a

elevação do pH, somente com o elemento ferro esse parâmetro mostrou correlação linear negativa ($r=-0,50^{**}$); para cobre, manganês e zinco os coeficientes foram positivos, com valores respectivos de $0,61^{**}$, $0,87^{**}$ e $0,82^{**}$.

Os dados apresentados na tabela 8 mostram que somente o elemento ferro apresentou diferenças de disponibilidade entre as coberturas vegetais nos quatro horizontes; quanto aos demais elementos, as diferenças ocorreram unicamente no horizonte superficial. O solo cultivado com manga destacou-se dos demais, apresentando teor de 8,7ppm de cobre no horizonte Ap, possivelmente devido à utilização de produtos à base de cobre para controle de doenças.

Os solos sob mata, banana e mandioca apresentaram teores mais baixos de cobre, provavelmente abaixo do nível crítico. Santos & Sobral (1980), citados por FERREIRA & CRUZ (1991), estabeleceram em solos do Nordeste brasileiro o nível crítico de 0,8ppm de cobre para a cultura de cana-de-açúcar.

Quanto à profundidade, nos solos sob mata e naqueles cultivados com banana e mandioca as equações de regressão não foram significativas para os teores de cobre, mostrando que a disponibilidade desse elemento não variou ao longo do perfil do solo. Entretanto, para citros e manga observou-se decréscimo com a profundidade, apresentando efeitos linear e cúbico, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 8. Teores de cobre, ferro, manganês e zinco disponíveis no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

ELEMENTO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
Cu (ppm)	Ap ¹	0,4C	0,5C	3,9B	8,7A	0,6C
	AB	0,4A	0,6A	2,4A	2,5A	0,6A
	BW ₁	0,3A	0,5A	0,7A	0,8A	0,5A
	BW ₂	0,4A	0,3A	0,5A	0,7A	0,4A
Fe (ppm)	Ap ¹	122A	58C	79ABC	71BC	116AB
	AB	159A	89B	97B	84B	150A
	BW ₁	118B	80B	103B	109B	230A
	BW ₂	51C	76BC	84BC	104B	208A
Mn (ppm)	Ap ¹	17B	47A	33A	34A	7B
	AB	3A	11A	8A	8A	4A
	BW ₁	2A	3A	2A	2A	3A
	BW ₂	1A	2A	2A	2A	2A
Zn (ppm)	Ap ¹	1,6B	4,3A	4,2A	2,1B	1,1B
	AB	0,5A	1,5A	1,5A	1,3A	0,7A
	BW ₁	0,6A	1,1A	1,0A	0,5A	0,3A
	BW ₂	0,5A	0,3A	0,8A	0,6A	0,2A

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 9. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de cobre, ferro, manganês e zinco disponíveis (ppm) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

ELE- MENTO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF.(%)	
			PARA F	R ²
Cu	CITROS	$Y = 3,6 - 0,041x$	0,02	0,87
	MANGA	$Y = 11,1 - 0,57x + 0,0100x^2 - 0,00005x^3$	1,16	1,00
Fe	MATA	$Y = 120,1 + 1,85x - 0,031x^2$	0,14	0,95
	MANDIOCA	$Y = 91,7 + 3,86x - 0,029x^2$	0,28	0,94
Mn	MATA	$Y = 12,5 - 0,16x$	1,68	0,62
	BANANA	$Y = 61,4 - 3,41x + 0,06x^2 - 0,00035x^3$	2,07	1,00
	CITROS	$Y = 36,2 - 1,23x + 0,0099x^2$	0,19	0,93
	MANGA	$Y = 37,3 - 1,25x + 0,0099x^2$	0,18	0,93
Zn	BANANA	$Y = 5,4 - 0,27x + 0,005x^2 - 0,000033x^3$	2,56	1,00
	CITROS	$Y = 5,2 - 0,26x + 0,005x^2 - 0,000029x^3$	4,94	1,00
	MANGA	$Y = 1,9 - 0,02x$	0,62	0,80

Embora os teores de cobre tenham sido baixos, não foram detectados sintomas visuais de deficiência desse nutriente nas culturas estudadas. No entanto, o problema pode ocorrer, principalmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica, onde poderá haver lixiviação do elemento. Uma vez

que o solo em estudo é bastante arenoso, cuidados devem ser tomados para que as culturas não venham a apresentar sintomas de deficiência. Além disso, como não se dispõe de método de análise de solo devidamente calibrado para as culturas brasileiras, é possível que "fome oculta" possa estar ocorrendo (FERREIRA & CRUZ, 1991).

FERREIRA & CRUZ (1991) citam que problemas de deficiência de cobre no Brasil já foram observados no Estado da Bahia, nas culturas de café e laranja. Porém, os mesmos autores relatam informações de León et alii (1985), os quais citam que efeitos negativos já foram constatados na produção de mandioca, sorgo e arroz quando se adicionou adubo que continha cobre.

No que se refere ao ferro, a preocupação não deve ser grande, uma vez que os solos brasileiros são bem supridos desse elemento. Sua carência ocasional, em certos solos, normalmente ocorre pela baixa disponibilidade do elemento devido à elevação do pH ou à presença de quantidades excessivas de fósforo ou metais pesados como cobre, manganês e outros. Os dados obtidos não mostraram correlação significativa entre os elementos ferro e cobre. No entanto, com manganês, zinco e fósforo as correlações lineares foram negativas, apresentando, respectivamente, os coeficientes $-0,36^{**}$; $-0,45^{**}$ e $-0,43^{**}$.

Observa-se na Tabela 8 que o solo sob mata apresenta teores mais elevados de ferro nos horizontes superficial e AB, porém, para o primeiro esses teores não

diferem dos solos cultivados com mandioca e citros, enquanto no AB os teores não diferem do solo com mandioca. Vale lembrar que no horizonte superficial os solos sob mata e mandioca apresentam valores de pH em água inferiores aos demais (Tabela 4), o que pode ter favorecido a maior disponibilidade de ferro no solo. Como foi visto, constatou-se correlação linear negativa entre pH em água e ferro disponível no solo ($r=-0,50^{**}$).

Nos solos cultivados com banana, citros e manga os teores de ferro não variaram com a profundidade. No entanto, no solo sob mata observou-se teor máximo de ferro a 30cm de profundidade (horizonte AB), enquanto no solo sob mandioca o máximo ocorreu a 66cm, ou seja, no horizonte BW_1 , conforme as equações da Tabela 9. Provavelmente nesta última gleba a maior concentração de ferro no subsolo esteja relacionada à presença de complexos solúveis ou agentes quelantes que, segundo BATAGLIA (1991), facilitam o movimento do ferro. Segundo Lindsay (1974), citado por BATAGLIA (1991), esses agentes quelantes originam-se de exsudados de raízes ou de substâncias produzidas durante a decomposição da matéria orgânica do solo. Na cultura da mandioca, o maior revolvimento do solo na época da colheita propiciaria condições mais favoráveis aos microrganismos decompositores, favorecendo a formação dos agentes quelantes.

Não se conhece o nível crítico do elemento ferro no solo; no entanto, os teores das formas solúveis extraídas pela solução ácida de Mehlich (Tabela 8) estão

acima, em todos os horizontes, do teor encontrado por CAMARGO et alii (1982) em um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa do Estado de São Paulo, que foi de 39,1ppm.

Com relação ao manganês, os dados da tabela 8 mostram que o solo sob mata e o cultivado com mandioca apresentam teores inferiores aos demais no horizonte superficial. Em solos formados a partir de arenitos, Santos Filho (1988), citado por BORKERT (1991), constatou teores de manganês total inferiores a 50ppm. Segundo Singh (1984), citado por BORKERT (1991), os latossolos amarelos são pobres em manganês.

Somente na gleba cultivada com mandioca não se verificou regressão significativa, ou seja, o teor de manganês foi o mesmo ao longo do perfil do solo, aproximadamente 4ppm (média). No solo sob mata o decréscimo do teor de manganês com a profundidade foi linear, enquanto nas demais coberturas vegetais os decréscimos foram cúbico e quadráticos, como mostram as equações de regressão apresentadas na Tabela 9.

Lopes (1983), citado por BORKERT (1991), utilizou como nível crítico o teor de 5ppm de manganês para os solos do Brasil Central, quando a extração foi feita com a solução de Mehlich. Em latossolos amarelos da Região Amazônica os teores de manganês disponível variaram amplamente de acordo com o método utilizado. Com o extrator de Mehlich obteve-se um teor médio de 0,97ppm (Singh, 1984, citado por BORKERT, 1991).

Pelos resultados da Tabela 8 verifica-se que o teor de manganês no horizonte superficial se encontra acima dos níveis críticos. Segundo BORKERT (1991), em geral as soluções ácidas extraem mais manganês do que as outras, talvez em razão de extraírem formas facilmente reduzíveis no solo, além do manganês trocável. Além disso, outras dificuldades existem com relação ao manganês, como mudanças no teor do elemento durante a coleta da amostra, preparo e armazenamento. Dados de um Latossolo Roxo distrófico ácido da região de Londrina mostraram aumento de 136% no teor de manganês após secagem ao ar (BORKERT, 1991).

Segundo Pavan & Miyazawa (1984), citados por BORKERT (1991), os resultados referentes ao manganês trocável são imprevisíveis e dependem, dentre outras causas, do tempo entre a secagem da amostra e a extração, do pH, da matéria orgânica e da textura do solo. Apesar dessas incertezas quanto ao nível crítico, nas glebas estudadas não foram observados sintomas visuais de deficiência ou toxidez do elemento nas culturas.

Quanto ao elemento zinco, verifica-se, como constatado para o cobre e o manganês, que somente no horizonte superficial houve diferenças entre as coberturas vegetais. Além disso, os solos cultivados com banana e citros apresentam teores significativamente superiores aos demais (Tabela 8). Provavelmente nessas glebas, devido à prática da calagem, o cálcio tenha diminuído a lixiviação do zinco, promovendo sua fixação na forma de zincato de cálcio,

CaZn(OH)_4 ; esse efeito da calagem sobre o zinco foi estudado por Hochberg & Lahav, 1978, citados por SOUZA & FERREIRA (1991). Os dados mostram correlação linear positiva entre cálcio e zinco ($r=0,89^{**}$). É possível, também, que a aplicação de adubos nitrogenados favoreça a dissolução do zinco devido à acidificação do meio.

Nos solos sob mata e mandioca não houve diferenças significativas entre os horizontes quanto ao teor de zinco, cujos valores médios foram, respectivamente, 0,8ppm e 0,6ppm. No entanto, no solo cultivado com manga houve decréscimo linear do teor de zinco disponível com a profundidade. Já nos solos cultivados com banana e citros o decréscimo foi cúbico (Tabela 9).

Apesar do zinco ser um nutriente quase sempre deficiente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica, sintomas visuais de deficiência não foram detectados. Na cultura da mandioca, a aplicação de calcário é limitada a 1,0 t/ha a fim de não se elevar muito o pH do solo, evitando, assim, o surgimento de deficiência de zinco (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989).

No que se refere ao elemento boro, não se verificou interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes. O solo sob mata apresentou maior teor de boro, seguido do solo cultivado com mandioca (Tabela 10). Provavelmente o maior teor de boro encontrado no solo sob mata esteja relacionado à não exportação do elemento, como ocorrem nas glebas cultivadas, bem como ao

teor mais elevado de carbono total (Tabela 26), pois o boro disponível do solo encontra-se principalmente associado à matéria orgânica (Berger & Truog 1940, citados por DANTAS, 1991). A correlação linear verificada entre os dois parâmetros mostrou coeficiente igual a 0,46, o qual, embora baixo, foi significativo ao nível de 0,05%.

Tabela 10. Teores de boro disponível em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	B (ppm)
MATA	3,09a
BANANA	1,92c
CITROS	1,98c
MANGA	1,93c
MANDIOCA	2,39b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Segundo Batista (1987), citado por DANTAS (1991), os teores de boro de 0,31 a 0,53ppm encontrados pelo extrator de Mehlich, em solos de Brejo Paraibano, não estão em níveis considerados deficientes. Desta maneira, pode-se dizer que os solos em estudo não estão deficientes, nem mesmo a 100cm de profundidade (Figura 5). DANTAS (1991) cita que

trabalhos de pesquisa conduzidos no Brasil com o objetivo de quantificar o boro disponível no solo para as plantas têm, na sua maioria, indicado bom suprimento do elemento. No entanto, em algumas regiões constatou-se deficiência em certas espécies, como por exemplo, em citros nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (Malavolta, 1981, citado por DANTAS, 1991).

Figura 5. Teor de boro disponível no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

De modo geral, os dados mostraram que não há deficiência de micronutrientes, notadamente no horizonte superficial. O solo cultivado com manga apresentou teores de cobre significativamente mais elevados na camada de 0 a 9cm, provavelmente em razão da utilização de produtos à base de cobre para o controle de doenças. Verificaram-se teores de ferro e manganês acima dos níveis considerados adequados; assim, cuidados devem ser tomados para se evitar toxidez. Teores mais elevados de zinco foram encontrados nos solos cultivados com banana e citros, possivelmente devido às práticas de adubação e calagem. O teor de boro foi mais elevado no solo sob mata, talvez em razão deste apresentar quantidade maior de carbono, uma vez que o boro está associado à matéria orgânica do solo.

Apesar de não terem sido detectados sintomas visuais de deficiências de micronutrientes, cuidados devem ser tomados, principalmente com relação ao cobre, zinco e boro, pois os solos são arenosos e pobres em matéria orgânica. Além disso, não se dispõe de níveis críticos calibrados para as situações em estudo.

4.1.4. Efeito nos teores de fósforo "disponível" e enxofre (S-SO₄)

Pelos dados obtidos nas cinco coberturas vegetais verifica-se que somente nos horizontes superficial e AB houve diferenças quanto ao teor de fósforo (Tabela 11).

No horizonte superficial observam-se teores mais elevados nos solos cultivados com banana e citros, provavelmente decorrentes das adubações realizadas nessas culturas. Pois, segundo levantamento feito por MAGALHÃES (1987), o fósforo é o nutriente mais limitante nos latossolos produtores de citros dos Estados da Bahia e Sergipe.

Tabela 11. Teores de fósforo "disponível" e enxofre (S-SO₄) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

ELEMENTO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
P (µg/100cm ³)	Ap ¹	7,0B	20,3A	15,3A	6,3B	5,0B
	AB	4,3BC	12,0A	8,0AB	6,7BC	2,0C
	BW ₁	1,3A	3,3A	5,7A	4,7A	1,0A
	BW ₂	2,0A	2,0A	3,0A	4,3A	0,3A
S-SO ₄ (µg/100cm ³)	Ap ¹	12,8A	4,2A	6,4A	3,9A	13,0A
	AB	16,2A	9,8A	24,2A	13,4A	14,0A
	BW ₁	30,0BC	45,0AB	52,2A	24,9C	33,8BC
	BW ₂	34,6C	58,8AB	73,4A	41,8BC	41,4BC

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra são diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nos solos cultivados com manga e mandioca não se observou regressão significativa, ou seja, o teor de fósforo foi constante ao longo do perfil e, respectivamente, igual a $5,5\mu\text{g}/100\text{cm}^3$ e $2,1\mu\text{g}/100\text{cm}^3$ (médias); esses teores são considerados muito baixos (RAIJ et alii, 1985). No entanto, na cobertura vegetal de mata houve decréscimo linear com a profundidade, enquanto nos solos cultivados com banana e citros os decréscimos foram quadráticos, apresentando teores mínimos de $1,2\mu\text{g}/100\text{cm}^3$ e $3,0\mu\text{g}/100\text{cm}^3$, respectivamente, a 79cm e 80cm de profundidade, segundo as equações da Tabela 12. AGUIAR NETTO & NACIF (1988) constataram que o teor de fósforo no horizonte Ap de um Latossolo Amarelo de Cruz das Almas (BA) sob pastagem era oito vezes maior que o do horizonte subjacente. O maior acúmulo de fósforo na camada superficial mostra a sua baixa mobilidade, como também, a baixa solubilidade de seus compostos.

O enxofre (S- SO_4), diferentemente do fósforo, apresentou teores mais elevados nos horizontes mais profundos (Tabela 11). Além disso, em todas as coberturas vegetais foi significativa a regressão (Tabela 12). Observa-se aumento linear nos solos sob mata, citros, manga e mandioca. Porém, na cobertura vegetal de banana o acréscimo foi cúbico e mais acentuado nos horizontes mais profundos. Assim, somente nos horizontes BW_1 e BW_2 houve diferenças entre as coberturas vegetais (Tabela 11).

Tabela 12. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de fósforo "disponível" e enxofre (S-SO₄) (µg/100cm³) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

ELE- MENTO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
			PARA F	R ²
P	MATA	$Y = 6,3 - 0,06x$	0,54	0,76
	BANANA	$Y = 22,8 - 0,55x + 0,0035x^2$	0,08	1,00
	CITROS	$Y = 16,0 - 0,32x + 0,0020x^2$	3,52	0,94
S-SO ₄	MATA	$Y = 11,2 + 0,29x$	0,04	0,96
	BANANA	$Y = 6,5 + 0,71x - 0,044x^2 - 0,00033x^3$	4,31	1,00
	CITROS	$Y = 4,2 + 0,82x$	0,001	0,99
	MANGA	$Y = 1,8 + 0,45x$	0,001	0,99
	MANDIOCA	$Y = 9,2 + 0,39x$	0,003	0,94

Já é sabido que em solos de regiões tropicais úmidas há acúmulo de sulfatos no subsolo (Fox & Blair, 1986, citados por RAIJ, 1991). O primeiro motivo pode ser atribuído à presença de maior quantidade de matéria orgânica nos horizontes superficiais, a qual aumenta a carga negativa do solo, repelindo os sulfatos. O segundo motivo estaria associado à aplicação freqüente de calcário, o qual eleva o pH do solo, aumentando as cargas negativas e liberando os sulfatos adsorvidos. Além disso, os fosfatos aplicados em adubações ligam-se preferencialmente às posições que seriam

ocupadas pelos sulfatos (RAIJ, 1991). Concordando com as teorias apresentadas, os teores de sulfato mostraram correlações lineares negativas com teor de carbono total ($r=-0,58^{**}$), pH em água ($r=-0,51^{**}$), pH CaCl_2 ($r=-0,59^{**}$) e teor de fósforo ($r=-0,51^{**}$).

Na tabela 11 observa-se que, tanto no horizonte BW_1 quanto no BW_2 , os solos cultivados com citros e banana, notadamente o primeiro, apresentam teores de S-SO_4 superiores às demais coberturas vegetais. Considerando-se toda a camada de zero a 1,0m de profundidade, os solos cultivados com citros e banana apresentam quantidades totais disponíveis 40% e 20%, respectivamente, superiores à gleba sob mata. Provavelmente esses teores mais elevados sejam decorrentes do manejo do solo e do uso de adubos contendo enxofre, como o sulfato de amônio e o superfosfato simples.

VITTI (1989) apresenta a primeira aproximação de classificação dos teores de S-SO_4 no solo, considerando teores menores que $5,0 \mu\text{g}/100\text{cm}^3$ muito baixos e acima de $15,0 \mu\text{g}/100\text{cm}^3$ adequados. A partir desta informação, constata-se que, abaixo do horizonte AB, todas as glebas apresentam teores adequados de sulfato.

De modo geral, os dados mostraram maior concentração de fósforo no horizonte superficial, principalmente nos solos cultivados com banana e citros, provavelmente em razão das adubações frequentes, confirmando a característica de baixa mobilidade do fósforo no perfil.

Por outro lado, o enxofre ($S-SO_4$) mostrou-se móvel no perfil do solo, apresentando teores mais elevados nos horizontes BW_1 e BW_2 , notadamente nos solos cultivados com citros e banana.

4.2. Efeito de diferentes culturas sobre as propriedades físicas do solo

4.2.1. Efeito na densidade do solo

A análise de variância dos dados mostrou interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes para densidade do solo.

Na tabela 13 observa-se que somente no horizonte BW_2 não houve diferenças entre as coberturas vegetais quanto à densidade do solo, a qual foi de aproximadamente $1,44g/cm^3$ (média).

No horizonte superficial os solos cultivados com manga e citros foram os que apresentaram maior densidade. Sabe-se que o cultivo do solo, bem como o uso de grade, comum na gleba com citros, favorecem a formação de camadas compactadas na superfície. Além disso, teores baixos de carbono no solo, de certa maneira, contribuem para aumentar a sua densidade. Embora o solo cultivado com manga apresentasse teores mais baixos de carbono (Tabela 26), não houve correlação significativa entre carbono e densidade. Entretanto, KIEHL (1979) constatou correlação significativa

e negativa tanto em solos podzólicos quanto em latossolos. Essa relação inversa entre a densidade do solo e o teor de carbono pode ser atribuída ao efeito da matéria orgânica, a qual, além de ter baixa densidade, proporciona a agregação do solo.

Tabela 13. Densidade dos horizontes de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
	MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
	g/cm ³				
Ap ¹	1,36C	1,45C	1,57AB	1,65A	1,46BC
AB	1,46B	1,62A	1,61A	1,60A	1,64A
BW ₁	1,46AB	1,56A	1,45B	1,54AB	1,51AB
BW ₂	1,45A	1,41A	1,40A	1,41A	1,51A

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

No horizonte AB a densidade do solo sob mata foi significativamente inferior às das demais coberturas vegetais. Os solos não cultivados costumam apresentar menor densidade (AINA, 1979; SILVA, 1981; COOTE & RAMSEY, 1983; FIALHO, 1985; NEVES, 1991). Segundo AINA (1979), após o

preparo do solo, a densidade geralmente abaixa, aumentando posteriormente sob ação das chuvas durante o desenvolvimento da cultura. No horizonte BW₁ o solo cultivado com citros apresentou menor densidade, porém, esta não diferiu da dos solos sob mata, mandioca e manga.

Correlações negativas e significativas foram verificadas entre densidade e capacidade de retenção de água a 0,03MPa ($r=-0,44^{**}$), macroporosidade ($r=-0,61^{**}$), microporosidade ($r=-0,34^{**}$) e água disponível ($r=-0,42^{**}$). De maneira geral, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será o grau de compactação, menor a estruturação, menor a porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as limitações para o desenvolvimento e crescimento das plantas, pois maior será a resistência à penetração das raízes e menor a difusão de oxigênio no solo.

Com relação à variação da densidade com a profundidade, observaram-se regressões significativas em todas as coberturas vegetais (Tabela 14). Segundo KIEHL (1979), a densidade do solo geralmente aumenta com a profundidade, pois as pressões exercidas pelas camadas superiores sobre as subjacentes favorecem a compactação. Além disso, a movimentação de material fino dos horizontes superiores para os inferiores reduz os espaços porosos, aumentando a densidade.

Tabela 14. Equações de regressão significativas para a variação da densidade do solo (g/cm^3) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF.(%)	
		PARA F	R ²
MATA	$Y=1,35+0,0047x-0,000043x^2$	3,00	0,83
BANANA	$Y=1,37+0,019x-0,00041x^2+0,0000022x^3$	2,93	1,00
CITROS	$Y=1,53+0,010x-0,00034x^2+0,0000024x^3$	1,78	1,00
MANGA	$Y=1,67-0,0028x$	0,001	0,97
MANDIOCA	$Y=1,37+0,023x-0,00059x^2+0,0000040x^3$	0,04	1,00

No entanto, as regressões não indicam necessariamente aumento da densidade com a profundidade (Tabela 14). No solo cultivado com manga houve decréscimo linear com a profundidade, mesmo considerando-se a presença da camada coesa de 17 a 50cm da superfície. AGUIAR NETTO & NACIF (1988) também verificaram redução da densidade com a profundidade até o horizonte B₂₂ (+153cm), explicando o fato pelo aumento do teor de argila em profundidade.

Apesar do acréscimo do teor de argila total com a profundidade, constatou-se aumento da densidade nos horizontes mais profundos em relação ao superficial nas glebas sob mata e mandioca (Tabela 13). O solo sob mata apresenta menor densidade no horizonte A₁ (0-9cm), enquanto a máxima densidade ($1,48\text{g/cm}^3$) é observada a 55cm de profundidade, ou seja, no horizonte BW₁, segundo a equação

apresentada na Tabela 14.

Nos solos cultivados com mandioca, banana e citros densidade foi maior no horizonte AB(9-38cm), onde nessas glebas aparece a camada coesa (Tabela 13). Este fato ocorreu mesmo na gleba com mandioca, cuja cultura resulta em considerável revolvimento do solo na época da colheita, além do fato de o solo ser preparado anual ou bienalmente para o plantio. Da mesma maneira, em solos tropicais da Nigéria, HULUGALLE & EZUMAH (1991) não constataram influência da cultura da mandioca na densidade do solo. No entanto, no solo cultivado com citros, apesar de a camada coesa (9 a 74cm) abranger os horizontes AB e BW, somente no horizonte AB a densidade foi mais elevada, decrescendo posteriormente nos horizontes mais profundos, ou seja, abaixo de 55cm da superfície do solo (Tabela 14).

Nos horizontes coesos de latossolos amarelos da região Norte do Estado de Pernambuco, OLIVEIRA (1967) verificou densidades mais elevadas, apresentando valores médios de $1,64 \text{ g/cm}^3$ nos cinco perfis estudados, enquanto nos horizontes não coesos a densidade média se encontrava em torno de $1,52 \text{ g/cm}^3$.

De modo geral, constatou-se que os solos cultivados apresentam maior densidade que o de mata, notadamente nos horizontes superficiais. Os solos cultivados apresentam densidade maior no horizonte coeso (AB), já que a mesma nos horizontes subjacentes é bem menor que em AB. Vale

ressaltar que a densidade dos solos minerais varia normalmente de 1,1 a 1,6 g/cm³; além disso, quanto maior a densidade, maior a compactação do solo e, provavelmente, maior dificuldade terá o sistema radicular para se desenvolver. Portanto, práticas de manejo devem ser adotadas com a finalidade de diminuir a densidade nos horizontes superficiais, principalmente na camada coesa, para, desta maneira, favorecer o desenvolvimento das culturas.

4.2.2. Efeito na macroporosidade, na microporosidade e na porosidade total

A porosidade total de um solo por si só não é um parâmetro relevante, mas o é a distribuição do tamanho dos seus poros, ou seja a macroporosidade e a microporosidade.

Os dados da Tabela 15 mostram diferenças entre as coberturas vegetais em todos os horizontes, tanto para macroporosidade e microporosidade, quanto para porosidade total.

Nos horizontes superficiais a macroporosidade, ou porosidade de aeração, foi maior no solo sob mata do que nos solos cultivados, com exceção do horizonte Ap do solo cultivado com banana. A macroporosidade mostrou-se relacionada ao teor de carbono ($r=0,54^{**}$), à densidade do solo ($r=-0,61^{**}$) e à quantidade de agregados de maior tamanho, ou seja, entre 4,76 e 2,00mm de diâmetro ($r=0,51^{**}$). Segundo KIEHL (1979), a macroporosidade aumenta com a

agregação do solo e com o tamanho dos agregados, mostrando que há correlação positiva entre macroporosidade e tamanho dos agregados.

Tabela 15. Macroporosidade (Mp), microporosidade (mp) e porosidade total (Pt) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
Mp (%)	Ap ¹	23,4A	21,3AB	14,7C	14,8C	16,8BC
	AB	18,8A	8,5B	8,0B	10,4B	11,1B
	BW ₁	15,5AB	7,3C	14,4AB	10,5BC	17,2A
	BW ₂	13,3AB	11,0B	16,6AB	17,5A	13,9AB
mp (%)	Ap ¹	18,0AB	17,3AB	19,0A	14,1B	19,4A
	AB	17,6B	20,9AB	23,6A	18,7B	18,0B
	BW ₁	20,9AB	22,3A	23,8A	20,7AB	16,9B
	BW ₂	23,4AB	25,5A	24,0AB	20,0B	20,4B
Pt (%)	Ap ¹	41,4A	38,6AB	33,7CD	28,9D	36,2BC
	AB	36,4A	29,4B	31,6AB	29,1B	29,1B
	BW ₁	36,4A	29,6B	38,2A	31,2B	34,1AB
	BW ₂	36,7AB	36,4AB	40,6A	37,5AB	34,3B

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Baver et alii (1976), citados por KIEHL (1979), relatam que a aeração ótima do solo está situada entre 20% e 30%. Na Tabela 15 verifica-se, com exceção do horizonte superficial dos solos sob mata e banana, que os valores da macroporosidade estão abaixo da condição relatada como ótima. Vale lembrar que o solo é franco-argilo-arenoso, contendo aproximadamente 63% de areia, e que os solos arenosos apresentam menor porosidade.

No horizonte BW₁, o solo cultivado com mandioca apresenta maior macroporosidade apesar de não diferir significativamente dos solos sob mata e citros. Por outro lado, o solo cultivado com banana, embora não difira do solo sob manga, apresenta menor macroporosidade, ou seja, menor aeração. Vale lembrar que a camada coesa abrange parte do horizonte BW₁ tanto no solo cultivado com banana quanto com manga. Já no horizonte BW₂, só houve diferenças entre os solos cultivados com manga e banana, sendo que neste, a quantidade de macroporos foi 37% inferior à do solo sob manga.

Observa-se na Figura 6 e Tabela 16 que a macroporosidade variou significativamente com a profundidade para todas as coberturas. No solo sob mata houve decréscimo linear da macroporosidade, deduzindo-se que a presença do horizonte coeso, de 30 a 78cm, não reduziu a aeração. No solo cultivado com manga o ajuste foi quadrático, apresentando valor mínimo de 9,7% a 40cm de profundidade; constata-se, desta maneira, que a menor macroporosidade está presente na camada coesa que abrange de 17 a 50cm da superfície. Nos

solos cultivados com banana, citros e mandioca o efeito foi cúbico. Entretanto, no solo sob banana o valor foi significativamente maior na camada superficial, decrescendo acentuadamente nos horizontes AB(9-38cm) e BW₁(38-72cm) (Figura 6), enquanto nos solos com citros e mandioca verificou-se menor macroporosidade no horizonte AB(9-38cm) onde está presente a camada coesa. OLIVEIRA (1967) observou, em latossolos coesos da região Norte de Estado de Pernambuco, acentuada redução da macroporosidade na camada adensada, sendo que no solo onde se cultivou citros houve redução de cerca de 70% da macroporosidade em relação ao horizonte superficial (0-8cm). Já no presente estudo, na gleba sob citros, o decréscimo da macroporosidade foi da ordem de 46% no horizonte coeso (AB) em relação ao superficial.

Para a microporosidade, aquela que envolve os poros de reserva de água, constatou-se correlação linear positiva com a quantidade de água disponível ($r = 0,36^{**}$). Na Tabela 15 observa-se que os solos cultivados com citros e mandioca apresentaram microporosidade 35% e 38%, respectivamente, superior à do solo sob manga no horizonte superficial.

No horizonte AB os solos cultivados com citros e banana apresentaram as maiores percentagens de microporos. No horizonte BW₁ somente o solo cultivado com mandioca diferiu dos solos sob banana e citros sendo que aquele apresentou teores significativamente menores, enquanto no horizonte BW₂, o solo cultivado com banana apresentou

percentagem de microporos aproximadamente 1,3 vez superior à dos solos sob manga e mandioca.

Figura 6. Distribuição da macroporosidade no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Somente no solo sob mandioca não se observou variação significativa da microporosidade com a profundidade, ficando o valor médio em torno de 18,7%. Nas demais coberturas vegetais observou-se aumento da microporosidade com a profundidade (Figura 7), como mostram também as equações da Tabela 16, certamente em razão do aumento da quantidade de argila.

Tabela 16. Equações de regressão significativas para a variação da macroporosidade (Mp), da microporosidade (mp) e da porosidade total (Pt) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂ- METRO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%) PARA F	R ²
Mp	MATA	$Y = 22,8 - 0,12x$	0,004	0,94
	BANANA	$Y = 26,4 - 1,23x + 0,0227x^2 - 0,00012x^3$	1,99	1,00
	CITROS	$Y = 18,4 - 0,92x + 0,0242x^2 - 0,00016x^3$	0,36	0,99
	MANGA	$Y = 16,1 - 0,32x + 0,0040x^2$	0,05	0,92
	MANDIOCA	$Y = 20,2 - 0,86x + 0,0244x^2 - 0,00018x^3$	0,16	1,00
mp	MATA	$Y = 16,9 + 0,073x$	0,03	0,92
	BANANA	$Y = 17,6 + 0,093x$	0,004	0,95
	CITROS	$Y = 18,7 + 0,199x - 0,0016x^2$	3,76	0,86
	MANGA	$Y = 13,3 + 0,258x - 0,0021x^2$	0,90	0,98
Pt	MATA	$Y = 41,8 - 0,22x + 0,0019x^2$	2,58	0,84
	BANANA	$Y = 40,1 - 0,52x + 0,0056x^2$	0,001	0,93
	CITROS	$Y = 35,4 - 0,45x + 0,015x^2 - 0,00010x^3$	2,17	1,00
	MANGA	$Y = 29,3 + 0,07x + 0,0019x^2$	2,94	0,99
	MANDIOCA	$Y = 39,9 - 0,93x + 0,024x^2 - 0,00016x^3$	0,10	1,00

Figura 7. Distribuição da microporosidade no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Nos solos sob mata e banana o aumento da microporosidade foi linear, enquanto nos solos com citros e manga o efeito foi quadrático, com valor máximo a 62cm abaixo da superfície do solo (Figura 7); isso leva a crer que esteja havendo translocação de material mais fino do horizonte superficial para os subjacentes. AINA (1979) acredita que a eluviação de silte e argila é aumentada pela destruição dos agregados. Vale lembrar que no solo cultivado com citros é comum o uso de grade, a qual favorece a quebra dos agregados.

A correlação linear entre microporosidade e macroporosidade foi negativa ($r = -0,47^{**}$), ou seja, quanto

maior a microporosidade, menor a quantidade de macroporos. No entanto, uma vez que a microporosidade se refere aos poros ocupados com água, constatou-se correlação linear positiva com a capacidade de retenção de água a 0,03MPa ($r = 0,76^{**}$) e ponto de murcha permanente ($r = 0,59^{**}$).

A porosidade total do solo mostrou correlação linear positiva ($r = 0,74^{**}$) com a macroporosidade, mas não houve correlação significativa com a microporosidade.

A Tabela 15 mostra que no horizonte superficial os solos sob mata e banana apresentaram maior porosidade total que os demais, o que era de se esperar uma vez que essas duas glebas apresentaram menor densidade (Tabela 13) e esses dois parâmetros estão relacionados.

No horizonte AB os solos sob mata e citros apresentaram maior porosidade total, enquanto no horizonte BW₁ os solos sob citros e mata apresentaram porosidade total significativamente superiores às dos solos cultivados com manga e banana. No horizonte BW₂ apenas as glebas cultivadas com citros e mandioca diferiram entre si.

No que se refere à camada adensada, os dados da Tabela 15 confirmam o observado por OLIVEIRA (1967) em latossolos da região Norte do Estado de Pernambuco, que, apesar de a porosidade total por si só não caracterizar um adensamento, verificou-se tendência de diminuição do seu valor na camada coesa em relação ao horizonte superficial. No solo cultivado com manga, o menor valor obtido no horizonte Ap é função da alta densidade nesse horizonte.

Pelas equações da Tabela 16 constata-se que a porosidade total nas glebas com mata, banana e mandioca é maior na superfície do solo, decrescendo com a profundidade, provavelmente em razão da maior macroporosidade, bem como da menor densidade. Já no solo sob manga, menor porosidade total é observada nos horizontes superficiais. AGUIAR NETTO & NACIF (1988) verificaram, em Latossolo Amarelo de Cruz das Almas (BA), menor porosidade total no horizonte Ap (0-6cm), explicando o fato pelo uso de máquinas agrícolas e pisoteio de animais. Neste caso, a camada coesa (22-73cm) apresenta porosidade total e macroporosidade superiores às observadas nos horizontes Ap e A₁, os quais apresentam adensamentos. SILVA (1981) verificou, em latossolos do extremo sul do Estado da Bahia, diminuição da porosidade total com uso de máquina pesada em relação ao solo sob floresta, principalmente abaixo de 5cm de profundidade; esse autor concluiu que a compactação provocada pela destruição estrutural do solo afetou negativamente o desenvolvimento da cultura da mandioca.

Se o solo ideal é aquele que contém 1/3 de macroporos (34%) e 2/3 de microporos (66%) (KIEHL, 1979), os dados da Tabela 17 mostram, em alguns casos, situações não ideais. No solo sob mata há excesso de macroporos, e somente no horizonte BW₂ a proporção de macro e microporos, aproxima-se da ideal. Assim, deduz-se que a presença do horizonte coeso (BW₁) não afetou a aeração do solo. No solo cultivado com banana a situação é diferente, ou seja, há maior

proporção de macroporos na superfície e, a partir do horizonte AB, diminui a quantidade de poros contendo ar, além de haver excesso de microporos. Pode-se supor uma compactação ou adensamento, já que a densidade atinge $1,62\text{g/cm}^3$ em razão da presença do horizonte coeso (17-42cm). No solo cultivado com citros também se observa proporção menor de macroporos no horizonte AB, e como a densidade também é mais elevada (Tabela 13), leva a crer que existe efeito da camada coesa. Tanto no solo sob cobertura vegetal de manga quanto no solo com mandioca observou-se proporção de macroporos próxima à ideal no horizonte coeso (AB), podendo, então, ser considerados solos com boa aeração ao longo do perfil do solo.

De modo geral, os dados mostraram que os solos sob mata e banana apresentaram maior quantidade de macroporos no horizonte superficial, provavelmente em razão da menor densidade do solo e do maior teor de carbono. Na gleba sob mata a ocorrência do horizonte coeso não diminuiu a macroporosidade; no entanto, nos solos cultivados a macroporosidade foi menor na camada coesa (horizonte AB).

A microporosidade do solo correlacionou-se positivamente com a quantidade de água disponível, capacidade de retenção de água a $0,03\text{MPa}$ e ponto de murcha permanente. Além disso, com exceção do solo cultivado com mandioca, verificou-se aumento da microporosidade com a profundidade.

Tabela 17. Percentagens de macroporos (Mp) e microporos (mp) em relação à porosidade total (Pt) no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
		%				
Mp/Pt	Ap ¹	56	55	44	51	46
	AB	52	29	25	36	38
	BW ₁	43	25	38	34	50
	BW ₂	36	30	41	47	40
mp/Pt	Ap ¹	44	45	56	49	54
	AB	48	71	75	64	62
	BW ₁	57	75	62	66	50
	BW ₂	64	70	59	53	60

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Valores mais baixos de porosidade total indicam solos com maior densidade, ou seja, solos mais compactados e com menor quantidade de macroporos. Portanto, práticas culturais adequadas devem ser realizadas com a finalidade de proporcionar ambientes mais arejados para o melhor desenvolvimento das plantas.

4.2.3. Efeito na agregação

A análise de variância para percentagem de agregados não mostrou interação significativa para o teste F, entre coberturas vegetais e horizontes.

Observa-se na Tabela 18 que os solos sob mata e banana apresentam maior percentagem de agregados na massa total do solo, que o solo sob mandioca.

Tabela 18. Percentagem de agregados na massa total do solo (AG.MTS), percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm (AG.EST.ÁGUA) e percentagem de agregados estáveis em água na massa total do solo (AG.EST.ÁGUA MTS) em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	AG.MTS	AG.EST.ÁGUA	AG.EST.ÁGUA MTS
	%		
MATA	29,1a	74,0ab	21,6a
BANANA	30,5a	63,5c	19,7a
CITROS	27,9ab	77,6a	21,7a
MANGA	27,3ab	64,1bc	17,6a
MANDIOCA	23,4b	72,4abc	17,1a

Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Na Tabela 19, verifica-se pela equação de regressão, que há decréscimo linear da percentagem de agregados na massa total do solo com a profundidade, provavelmente devido à redução do teor de carbono ($r=0,45^{**}$), da atividade microbiana ($r=0,33^{**}$) e dos teores de cátions flocculantes, principalmente cálcio ($r=0,46^{**}$). A matéria orgânica talvez seja o principal agente de agregação nesse solo, já que o teor de óxidos de ferro dos latossolos amarelos é baixo. Vale lembrar que os óxidos de Alumínio também têm sua importância como agente cimentante.

Tabela 19. Equações de regressão significativas para a variação da percentagem de agregados na massa total do solo (AG.MTS), da percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm (AG.EST.ÁGUA) e da percentagem de agregados estáveis em água na massa total do solo (AG.EST.ÁGUA MTS) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

PARÂMETRO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
		PARA F	R ²
AG.MTS	$Y=31,3-0,088x$	0,02	0,94
ÁG.EST.ÁGUA	$Y=74,5-0,098x$	1,13	0,74
AG.EST.ÁGUA MTS	$Y=23,5-0,093x$	0,006	0,95

Os maiores valores de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm foram encontrados nos solos com citros, mata e mandioca (Tabela 18). Esperava-se, na gleba cultivada com banana, maior percentagem de agregados estáveis em água, principalmente devido à quantidade de material orgânico restituída ao solo, como também à maior presença de cátions flocculantes no horizonte Ap, notadamente cálcio.

Segundo GODEFROY & JACQUIN (1975a), apesar das quantidades de resíduos restituídas ao solo pelas culturas da banana, do abacaxi e de uma floresta tropical úmida serem as mesmas, no caso da floresta tropical há maior regularidade de restituição e a temperatura do solo é mais baixa, o que propicia produções permanentes e mais lentas de substâncias húmicas, importantes para a estabilidade dos agregados.

Apesar dessas considerações, observou-se que a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm correlacionou-se melhor com o teor de ácidos húmicos e de huminas, com respectivos coeficientes de correlação de 0,36** e 0,33*; isso indica, portanto, que as frações mais humificadas são as que estão proporcionando maior estruturação do solo.

Os solos com maior percentagem de estabilidade de agregados em água podem ser considerados relativamente mais resistentes à deformação e à quebra; além disso, acredita-se que a permeabilidade à água e ao ar não será afetada se os solos forem manejados corretamente. Segundo TISDALL & OADES (1982), os agregados estáveis em água devem

ser porosos, ou seja, apresentar poros com diâmetros maiores que 0,075mm, pois desta maneira, permanecerão aeróbicos e ainda possuirão suficiente número de poros de menor diâmetro para reterem água para as plantas.

Os tratos culturais, ou mesmo, o uso intensivo do solo, principalmente quando realizados de maneira incorreta, reduzem o número de agregados maiores, aumentando o número de agregados menores (YODER, 1936; WILSON & BROWNING, 1945; PAGE & WILLARD, 1946; BAVEL & SCHALLER, 1950; GROHMANN, 1960; GROHMANN & ARRUDA, 1961; AINA, 1979; ELLIOTT, 1986). CINTRA et alii (1983) constataram redução do tamanho dos agregados quando se utilizou herbicida e se procedeu a gradagem em pomar de laranja 'Baianinha'.

Na Figura 8 observa-se a distribuição dos agregados para as diferentes coberturas vegetais e para o horizonte superficial, onde os efeitos foram mais evidentes; nos horizontes BW₁ e BW₂ não houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais para a classe de agregados maiores que 2mm (Tabela 20).

Na Tabela 20 e na Figura 8 observa-se que no horizonte superficial, os solos sob mata e mandioca apresentam maiores quantidades de agregados com diâmetro superior a 2mm.

É alta a associação entre teor de carbono total e agregados maiores que 2mm ($r=0,72^{**}$), o que talvez explique a redução da quantidade desses agregados com a profundidade (Tabela 20). A maior quantidade de agregados superiores a 2mm

reflete-se na aeração do solo e na atividade dos microrganismos, já que existe correlação significativa e positiva entre esses parâmetros, cujos coeficientes são, respectivamente, 0,51** e 0,72**.

Figura 8. Distribuição dos agregados (%peso) em classes de tamanho (mm) no horizonte superficial de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Tabela 20. Distribuição do tamanho de agregados em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	HORIZONTE	TAMANHO DE AGREGADOS (mm)		
		4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50
		%		
MATA	A ₁	73,9	8,7	4,5
	AB	40,1	15,6	3,9
	BW ₁	17,6	13,6	9,2
	BW ₂	10,6	14,8	15,1
BANANA	Ap	26,0	13,8	2,9
	AB	8,3	12,9	17,9
	BW ₁	3,5	11,9	7,2
	BW ₂	2,7	8,1	13,4
CITROS	Ap	38,2	14,8	8,6
	AB	18,4	20,4	11,1
	BW ₁	15,3	16,9	15,5
	BW ₂	15,1	17,9	15,1
MANGA	Ap	26,6	7,7	1,4
	AB	9,2	11,7	16,9
	BW ₁	9,0	15,6	11,0
	BW ₂	7,3	12,1	19,0
MANDIOCA	Ap	60,2	11,4	8,4
	AB	34,2	15,5	4,3
	BW ₁	23,7	16,5	9,1
	BW ₂	18,1	18,6	6,5

Valores de DMS a 5% de significância pelo teste de Tukey para comparação de coberturas vegetais dentro de cada horizonte: fração 4,76-2,00=23,9; fração 2,00-1,00=7,0 e fração 1,00-0,50=6,6.

CINTRA et alii (1983) constataram, em solo cultivado com citros, que a utilização de ceifa permanente propiciou maior quantidade de agregados superiores a 2mm. A estabilidade dos macroagregados é controlada pelo manejo e declina quando o solo cultivado é arado. ELLIOTT (1986) constatou, na América do Norte, que o solo com vegetação nativa, apesar de apresentar as mesmas características estruturais do solo cultivado, contém macroagregados mais estáveis.

Observa-se também na Tabela 20 que os solos sob mata e mandioca apresentam, nos três primeiros horizontes, maior quantidade de agregados entre 4,76 e 2,00mm do que os de menor tamanho. No entanto, nos solos cultivados com banana, citros e manga, a partir do horizonte AB é maior a quantidade de agregados menores que 2mm.

Na Tabela 19 verifica-se decréscimo linear com a profundidade da percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm, provavelmente em razão da redução do teor de carbono, uma vez que existe correlação positiva entre esses dois parâmetros ($r = 0,42^{**}$).

No que se refere à percentagem de agregados estáveis em água na massa total do solo, não se observaram diferenças significativas entre as coberturas vegetais (Tabela 18). Dessa maneira, leva-se a crer que o manejo e os tratos culturais realizados nas áreas não estão alterando a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm na massa total do solo.

Na Tabela 19 verifica-se, através da equação de regressão, decréscimo linear com a profundidade, possivelmente devido à redução do teor de carbono ($r = 0,55^{**}$), pois acredita-se que este seja um dos principais fatores que interferem na estabilização dos agregados do solo (BERTRAMSOM & RHOADES, 1938; KONONOVA, 1966; ALLISON, 1968; TISDALL & OADES, 1982; CINTRA et alii, 1983; ELLIOTT, 1986; CINTRA & COELHO, 1987; MBAGWU & BAZZOFFI, 1988).

Embora o uso mais intensivo do solo provavelmente tenha contribuído para diminuir a percentagem de agregados na massa total do solo da gleba cultivada com mandioca, esta apresentou quantidade maior de agregados estáveis em água, entre 4,76-2,00mm de diâmetro, igual à gleba sob mata. Contudo, como a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm na massa total do solo não diferiu entre as coberturas vegetais, acredita-se que os manejos adotados não estejam afetando a agregação do solo.

4.2.4. Efeito na capacidade de retenção de água, no ponto de murcha permanente e na água disponível

A análise dos dados de retenção de água a 0,03MPa não mostrou interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes. Na Tabela 21 verifica-se que o solo cultivado com citros apresentou

retenção de água significativamente superior às dos solos cultivados com manga e mandioca. Essa variável mostrou-se positivamente correlacionada ($r = 0,76^{**}$) com a quantidade de microporos.

Tabela 21. Umidade retida a 0,03MPa em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	UMIDADE
	% em volume
MATA	11,9ab
BANANA	11,7ab
CITROS	13,4a
MANGA	10,1b
MANDIOCA	10,9b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Em relação aos horizontes, não houve diferença significativa entre eles pelo teste F, indicando que a retenção de água foi a mesma ao longo do perfil do solo, ou seja, aproximadamente 11,6% (média).

No que se refere ao ponto de murcha permanente (PMP), verificou-se interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes; nos quatro horizontes houve diferenças entre as coberturas vegetais (Tabela 22). Para o horizonte superficial os valores de PMP foram maiores

nos solos sob mata, citros e mandioca, sendo mínimo na gleba com manga. No horizonte AB os valores mais altos de PMP ocorreram nos solos cultivados com citros, mandioca e banana, enquanto nos demais horizontes, destacaram-se as glebas com citros e banana.

Tabela 22. Ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD), no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
		% em volume				
PMP	Ap ¹	12,5A	9,0BC	10,9AB	6,6C	10,2AB
	AB	9,4B	9,6AB	12,7A	8,0B	10,5AB
	BW ₁	8,8B	9,9AB	12,4A	8,7B	8,0B
	BW ₂	8,8AB	11,1A	10,8A	8,1AB	7,3B
AD	Ap ¹	1,1A	1,4A	1,0A	1,6A	1,7A
	AB	1,7A	1,8A	0,8B	2,3A	0,8B
	BW ₁	2,5A	1,9A	1,8A	2,3A	2,3A
	BW ₂	2,9AB	2,3B	3,3A	2,8AB	3,0AB

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Houve correlação positiva entre microporos e PMP ($r = 0,59^{**}$). Embora a matéria orgânica humificada tenha capacidade de reter apreciável quantidade de água a elevadas tensões, a correlação linear entre o teor de carbono e o PMP foi baixa ($r = 0,27^{**}$).

Os solos cultivados com banana, citros e manga não mostraram variação significativa do PMP com a profundidade; e os valores médios foram, respectivamente de 9,9%, 11,7% e 7,9%. Nessas glebas, a presença da camada coesa não afetou a quantidade de água no ponto de murcha permanente. No entanto, verifica-se na Tabela 23 que nas coberturas vegetais de mata e mandioca houve decréscimo do ponto de murcha permanente com a profundidade, nas formas quadrática e linear, respectivamente.

No que se refere à quantidade de água disponível, ou seja, a capacidade de armazenamento de água no solo, verificam-se teores variando de 0,8 a 3,3% (Tabela 22), os quais são considerados baixos. Vale lembrar que o solo possui em torno de 63% de areia.

AGUIAR NETTO & NACIF (1988) constatarem teores de água disponível em Latossolo Amarelo de Cruz das Almas (BA) superiores aos encontrados aqui, variando de 8,20% e 10,65%; esse fato provavelmente se deva às várias tensões utilizadas de acordo com os horizontes, ou seja, para o A_p e o A_{11} , 0,01MPa, para o A_3 , 0,018MPa; para o B_1 e o B_2 , 0,016MPa, como também, a diferenças entre os solos quanto às propriedades físicas e químicas.

Tabela 23. Equações de regressão significativas para a variação do ponto de murcha permanente (PMP) e da água disponível (AD) (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

PARÂMETRO	COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
			PARA F	R ²
PMP	MATA	$Y=12,8-0,147x+0,0012x^2$	4,52	0,93
	MANDIOCA	$Y=10,8-0,035x$	0,28	0,88
AD	MATA	$Y=1,1+0,021x$	0,001	0,98
	BANANA	$Y=1,4+0,010x$	0,26	0,93
	CITROS	$Y=0,9-0,012x+0,00047x^2$	0,18	0,99
	MANGA	$Y=1,8+0,012x$	0,05	0,82
	MANDIOCA	$Y=2,3-0,152x+0,0043x^2-0,000028x^3$	0,04	1,00

Nos horizontes superficial e BW, não houve diferenças entre as coberturas vegetais, enquanto no horizonte AB os solos cultivados com citros e mandioca apresentaram teores significativamente mais baixos que os demais. Nessas glebas, esse resultado ocorre na presença do horizonte coeso.

Em todas as coberturas vegetais observa-se aumento da água disponível com a profundidade, segundo as equações apresentadas na Tabela 23. No entanto, na gleba com mandioca o teor de água disponível no horizonte AB(9-38cm) foi significativamente inferior aos dos demais horizontes,

provavelmente devido à presença da camada coesa.

De modo geral, o solo cultivado com citros apresentou retenção de água a 0,03MPa superior à dos solos sob manga e mandioca. Os valores mais elevados de ponto de murcha permanente dependeram do horizonte considerado, mas tenderam a predominar nos solos sob mata e citros no horizonte superficial e nas glebas com citros e banana nos horizontes subjacentes. Não houve diferenças entre os horizontes quanto à retenção de água a 0,03MPa e ao ponto de murcha permanente, exceção para os solos sob mata e mandioca nos quais houve decréscimo do ponto de murcha permanente com a profundidade.

Os baixos teores de água disponível, notadamente até 38cm de profundidade, onde se concentra grande parte do sistema radicular das plantas, é um fato preocupante. Práticas de manejo do solo, como irrigação e uso de cobertura morta, a qual diminui a evaporação do solo, devem ser utilizadas a fim de se aumentar o teor de água no solo favorecendo, assim, o desenvolvimento das culturas.

4.3. Efeito de diferentes culturas sobre a atividade microbiana do solo

Na Tabela 24 observa-se que somente no horizonte superficial houve diferenças entre as coberturas vegetais quanto à evolução de CO_2 ; pelo maior desprendimento

de CO₂ observado na amostra proveniente do solo sob mata, infere-se que esta apresentou atividade microbiana superior às das demais coberturas vegetais. Esse fato pode ser atribuído à maior concentração de carbono na camada superior do solo sob mata, já que houve correlação linear positiva entre os dois parâmetros ($r = 0,77^{**}$).

Tabela 24. Evolução de CO₂ durante a incubação de amostras do perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais, pelo período de sete dias

HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
	MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
	mgCO ₂ / 100g solo seco				
Ap ¹	40,73A	20,65B	20,18B	13,24B	18,38B
AB	10,16A	8,73A	4,84A	10,63A	17,04A
BW ₁	8,77A	4,47A	11,84A	7,04A	11,53A
BW ₂	3,48A	2,15A	2,88A	5,23A	3,80A

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

CEULEMANS et alii (1987) constataram que a evolução de CO_2 foi 86% maior na área sob floresta do que em solo sob seringueira, ou seja, o desmatamento nas regiões tropicais da Malásia proporcionou decréscimo considerável da atividade microbiana e da decomposição da matéria orgânica; os autores consideram que esse seja o efeito mais negativo do desmatamento.

Das várias correlações estudadas entre evolução de CO_2 e propriedades do solo, como fósforo "disponível" ($r = 0,31^*$), este significativo a 5%, soma de bases ($r = 0,39^{**}$), pH em água ($r = 0,35^{**}$), macroporosidade ($r = 0,51^{**}$), alumínio trocável ($r = -0,34^{**}$) e saturação por alumínio ($r = -0,37^{**}$), destaca-se apenas a obtida com o nitrogênio total, cujo coeficiente foi $0,71^{**}$. As correlações negativas observadas com o teor e a saturação por alumínio trocável concordam com o fato de que a presença desse elemento em alguns solos tropicais tem sido considerada como fator de inibição do processo de decomposição da matéria orgânica, contribuindo para a sua maior estabilidade (KAWAGUCHI & KYUME, 1959; MUTATKAR & PRITCHETT, 1966; LOPES, 1977; SELBACH, 1989).

A atividade microbiana decresceu com a profundidade (Tabela 25), exceção para o solo cultivado com manga, onde a regressão não foi significativa; nessa gleba, a evolução média de CO_2 foi de aproximadamente $9,0\text{mg CO}_2/100\text{g}$ solo seco. Nos solos cultivados com banana e mandioca o decréscimo foi linear, enquanto nas glebas sob mata e citros

o efeito foi cúbico, mostrando valores significativamente superiores no horizonte superficial(0-9cm). Na gleba com citros a evolução de CO₂ foi pequena no horizonte AB, da mesma forma que a macroporosidade (Tabela 15); conforme foi visto, houve correlação positiva ($r = 0,51^{**}$) entre essas variáveis.

Tabela 25. Equações de regressão significativas para a variação da evolução de CO₂ (mg/100g solo seco) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
		PARA F	R ²
MATA	$Y = 53,6 - 3,14x + 0,06x^2 - 0,0004x^3$	0,10	1,00
BANANA	$Y = 17,8 - 0,21x$	0,03	0,82
CITROS	$Y = 28,0 - 1,95x + 0,05x^2 - 0,0003x^3$	0,32	1,00
MANDIOCA	$Y = 20,4 - 0,18x$	0,09	0,97

A redução da atividade microbiana com a profundidade pode estar relacionada ao decréscimo dos teores de carbono e nitrogênio totais (Tabelas 26 e 28), bem como da quantidade de nutrientes como cálcio, magnésio e fósforo (Tabelas 2 e 11).

De modo geral, verificou-se que somente no horizonte superficial houve diferenças entre as coberturas vegetais, e que o solo sob mata apresentou atividade microbiana mais elevada que os demais. Constata-se, então, que o cultivo do solo, independentemente da cultura, afetou direta ou indiretamente a atividade microbiana no horizonte superficial. A redução dessa atividade em profundidade provavelmente possa estar relacionada à diminuição da macroporosidade, dos teores de carbono e nitrogênio, além de outros nutrientes, como cálcio, magnésio e fósforo. Portanto, condições físicas e químicas apropriadas devem ser proporcionadas ao solo para que a microbiota possa se desenvolver adequadamente.

4.4. Efeito de diferentes culturas sobre o conteúdo de matéria orgânica do solo

4.4.1. Efeito no teor e no estoque de carbono total

Os dados de percentagem de carbono total apresentados na Tabela 26 mostram que somente no horizonte superficial, até 9cm de profundidade, houve diferenças entre as coberturas vegetais. O solo cultivado com manga apresentou teor significativamente mais baixo que as demais coberturas vegetais, talvez devido à maior perda de matéria orgânica na superfície em decorrência do maior espaçamento (10m x 10m)

entre plantas.

Tabela 26. Teores e estoques de carbono total no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

CARBONO TOTAL	HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
		MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
TEOR (%)	Ap ¹	1,18A	1,04AB	0,92B	0,63C	0,96AB
	AB	0,73A	0,54A	0,70A	0,53A	0,64A
	BW ₁	0,60A	0,43A	0,55A	0,48A	0,44A
	BW ₂	0,56A	0,38A	0,49A	0,42A	0,41A
ESTOQUE (g/m ²)	Ap ¹	1437A	1358A	1304A	935A	1262A
	AB	3085AB	2558BC	3286A	2442C	3028ABC
	BW ₁	2993A	2278B	2694AB	2520AB	2262B
	BW ₂	2284A	1487B	1907AB	1648B	1716AB
	MÉDIA	2450A	1920C	2298AB	1886C	2067BC

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O solo sob mata apresentou teor mais elevado de carbono, o qual não diferiu dos solos cultivados com banana e mandioca. Vale ressaltar que é grande a restituição de material orgânico da mata nativa, cuja vegetação é exuberante e composta desde jaqueiras, ipês, até cedros e jacarandás; a fertilidade é mantida principalmente pela presença de matéria

orgânica e da manta orgânica. Trabalhos conduzidos sob florestas tropicais têm demonstrado que estas restituem ao solo anualmente cerca de 9 a 15t/ha de matéria seca (CUNNIGHAM, 1963; GODEFROY & JACQUIN, 1975a).

A cultura da bananeira, da mesma forma, restitui ao solo grande quantidade de material orgânico, cerca de 66% de sua massa vegetal; porém, a qualidade do material e as condições da região, como a elevada temperatura, favorecem a rápida decomposição dos seus resíduos. Apesar disso, a redução do teor de carbono em relação à gleba sob mata foi somente de 12%. Na Costa do Marfim, GODEFROY & JACQUIN (1975a) verificaram reduções dessa magnitude quando trabalharam em solos sob banana, abacaxi e floresta.

Segundo MILLER et alii (1982), a substituição da mata nativa por culturas, no sistema agrícola dos trópicos úmidos, acarreta redução de aproximadamente 75% da matéria orgânica do solo. Embora o decréscimo no solo cultivado com manga tenha sido de 47%, a redução média nas glebas em estudo foi de apenas 25%; esse fato pode ser atribuído à má distribuição pluviométrica, bem como ao manejo adequado adotado nas culturas, além do efeito dos vários anos de cultivo que proporcionaram um novo equilíbrio de carbono no solo. Segundo STEVENSON (1982), a diminuição do teor de matéria orgânica no solo sob cultivo é também causada pela melhoria da aeração e pela alternância de umedecimento e secagem, fenômenos que podem levar ao aumento da atividade

microbiana e, assim, à redução do teor de matéria orgânica.

Em todas as coberturas vegetais houve decréscimo do teor de carbono com a profundidade (Tabela 27). O maior teor de carbono no horizonte superficial era esperado, já que nessa camada ocorrem a produção e a adição de grande quantidade de resíduos orgânicos. Nos solos sob mata e banana o decréscimo foi cúbico, no solo cultivado com manga foi linear e nos solos sob citros e mandioca foi quadrático, segundo as equações apresentadas na Tabela 27. Vale ressaltar, ainda, a importância da matéria orgânica nos latossolos tropicais, pois é alta a associação do carbono total do solo com vários parâmetros, como teor de cálcio ($r=0,55^{**}$), soma de bases ($r=0,59^{**}$), capacidade de troca catiônica ($r=0,63^{**}$), capacidade de troca catiônica efetiva ($r=0,53^{**}$), atividade microbiana ($r=0,77^{**}$), agregados maiores que 2mm ($r=0,72^{**}$) e macroporosidade ($r=0,54^{**}$).

O estoque de carbono total do solo não diferiu entre as coberturas vegetais no horizonte superficial (Tabela 26). Observa-se que em todos os horizontes o solo cultivado com citros não diferiu do solo sob mata, presumindo-se, então, que os quase 40 anos de cultivo com citros levaram ao equilíbrio de carbono igual ao do solo sob mata, significando que a quantidade de material orgânico proveniente dos resíduos culturais, bem como as práticas e os manejos adotados, foram suficientes para compensar as perdas que normalmente ocorrem nos solos cultivados.

Tabela 27. Equações de regressão significativas para a variação do teor de carbono total (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF.(%)	
		PARA F	R ²
MATA	$Y=1,35-0,042x+0,0007x^2-0,000004x^3$	3,03	1,00
BANANA	$Y=1,24-0,047x+0,0009x^2-0,000005x^3$	1,07	1,00
CITROS	$Y=0,97-0,012x+0,00008x^2$	4,53	0,99
MANGA	$Y=0,61-0,002x$	0,72	0,93
MANDIOCA	$Y=1,03-0,018x+0,00013x^2$	0,19	0,99

No horizonte AB (9-38cm) verifica-se que o solo sob manga apresentou estoque significativamente inferior ao solo sob mata. Vale lembrar que essa gleba foi cultivada anteriormente com fumo, porém, há 16anos está sendo cultivada com manga. Deste modo, novo equilíbrio de matéria orgânica foi atingido, uma vez que este é um componente dinâmico em permanente renovação no solo.

CERRI (1986) mostra que no agrossistema cana-de-açúcar as maiores perdas de estoque de matéria orgânica foram observadas nos primeiros anos após o desmatamento. Portanto, acredita-se que os solos cultivados já atingiram o equilíbrio de ganhos e perdas após os vários anos de cultivo, porém, como nos solos com banana, manga e mandioca alguns horizontes apresentaram estoques de carbono menores que o

solo de mata, depreende-se que os resíduos vegetais, bem como as práticas culturais e os manejos adotados nas diversas glebas, não estão sendo suficientes para proporcionar ganhos que compensem as perdas, como ocorreu no solo cultivado com citros (Tabela 26).

A Figura 9 representa as quantidades de carbono no perfil do solo, calculadas de forma acumulada a partir do horizonte superficial. Observa-se que na profundidade de 0-38cm (horizontes A e AB) o solo sob citros acumulou 68g/m² de carbono a mais que o solo sob mata, porém, considerando-se a camada de 0 a 100cm, o solo sob mata acumulou 2254g/m², 2118g/m², 1531g/m² e 608g/m² a mais de carbono que os solos sob manga, banana, mandioca e citros, respectivamente.

De modo geral, os resultados mostraram maior percentagem e maior estoque de carbono total no solo sob mata. Diferenças quanto à percentagem de carbono somente foram observadas no horizonte superficial, sendo que o solo sob mata não diferiu daqueles cultivados com banana e mandioca. O estoque de carbono do solo sob mata não diferiu daquele cultivado com citros. A gleba cultivada com manga apresentou teor de carbono 47% inferior ao do solo sob mata, enquanto o acumulado no perfil foi 2254g/m² inferior. Desta maneira, alternativas devem ser definidas com a finalidade de se elevar a quantidade de carbono, uma vez que em solos sesquioxídicos e arenosos a matéria orgânica tem influência significativa em vários parâmetros, como teor de cátions trocáveis, capacidade de troca catiônica, macroporosidade,

atividade microbiana etc.

Figura 9. Estoque de carbono acumulado no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

4.4.2. Efeito no teor de nitrogênio e relação C/N

Observa-se na Tabela 28 que somente nos dois primeiros horizontes, ou seja, até 38cm de profundidade, há diferenças entre as coberturas vegetais, pois é justamente na

camada mais superficial do solo que os efeitos da vegetação e do manejo se fazem sentir com maior intensidade. Além disso, essas diferenças possivelmente estejam relacionadas à atividade microbiana ($r=0,71^{**}$) e ao teor de carbono ($r=0,88^{**}$).

Tabela 28. Teor de nitrogênio total no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
	MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
	%				
Ap ¹	0,065A	0,068A	0,064A	0,029C	0,043B
AB	0,039A	0,040A	0,040A	0,026B	0,032AB
BW ₁	0,024A	0,025A	0,023A	0,015A	0,017A
BW ₂	0,016A	0,015A	0,019A	0,014A	0,009A

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

No horizonte superficial observam-se teores mais elevados de nitrogênio nos solos sob banana, mata e citros. Os demais valores mostram teores abaixo dos normalmente encontrados nos solos cultivados, pois segundo CANTARELLA (1989), o teor de nitrogênio total da camada

arável geralmente varia de 0,05% a 0,5%. A gleba cultivada com manga foi a que apresentou o menor teor de nitrogênio total, ou seja, 55% inferior ao do solo sob mata. Teores obtidos por SOUZA et alii (1973), em latossolos do Estado de Sergipe até 30cm de profundidade, foram cerca de uma e meia vez inferiores aos constatados no solo sob mata.

Verificam-se, através das equações de regressão (Tabela 29), que nos solos sob mata, citros e mandioca o teor de nitrogênio decresceu com a profundidade de forma quadrática, enquanto, nas glebas cultivadas com banana e manga os decréscimos foram, respectivamente, cúbico e linear.

Tabela 29. Equações de regressão significativas para a variação do teor de nitrogênio total (%) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
		PARA F	R ²
MATA	$Y=0,069-0,00135x+0,0000087x^2$	0,02	0,98
BANANA	$Y=0,078-0,00242x+0,0000387x^2-2,2 \cdot 10^{-7} x^3$	2,98	1,00
CITROS	$Y=0,069-0,00137x+0,0000092x^2$	0,01	0,99
MANGA	$Y=0,030-0,0002x$	0,01	0,90
MANDIOCA	$Y=0,047-0,00077x+0,0000044x^2$	2,59	0,99

Para a relação C/N a análise de variância não mostrou interação significativa pelo teste F, entre coberturas vegetais e horizontes. Observa-se na Tabela 30 que a relação C/N foi maior nos solos com manga, mandioca e mata. Segundo RAIJ (1991), a relação C/N das camadas superficiais de solos bem drenados e não muito ácidos varia em torno de 10 a 12. Da mesma maneira, em solos sob floresta e banana da Costa do Marfim, GODEFROY & JACQUIN (1975a) constataram relação C/N próxima de 12; no entanto, em solos mais arenosos cultivados com abacaxi, a relação C/N elevou-se para 15.

Tabela 30. Relação C/N em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	C/N
MATA	24ab
BANANA	18c
CITROS	21bc
MANGA	27a
MANDIOCA	25ab

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Foi negativa a correlação linear ($r=-0,72^{**}$) entre a relação C/N e o teor de nitrogênio total. Os dados mostraram, além de relações C/N acima do valor adequado, aumento linear dessa relação com a profundidade (Figura 10). Esse comportamento diverge do normalmente encontrado nos solos, uma vez que, em geral, a relação C/N diminui com a profundidade.

Figura 10. Relação C/N no perfil de um Latossolo Amarelo
(médias das cinco coberturas vegetais)

Assim, a partir dos resultados obtidos, constatou-se que as diferenças observadas no teor de nitrogênio total entre as coberturas vegetais ocorreram nos horizontes superficiais. Além disso, não houve aumento nos solos cultivados em relação ao solo sob mata, indicando, desta maneira, que o nitrogênio aplicado ao solo na forma mineral é efêmero, ou seja, não permanece no solo. As relações C/N encontraram-se acima dos valores considerados adequados, provavelmente em razão das freqüentes restituições ao solo de material vegetal fresco.

4.4.3. Efeito na granulometria da matéria orgânica

O carbono do solo foi determinado em três frações de tamanhos distintos da amostra, ou seja, em compartimentos de 0,2 a 2mm; 0,05 a 0,2mm e de 0 a 0,05mm de diâmetro. A análise de variância dos dados obtidos mostrou interação significativa pelo teste F, entre os fatores coberturas vegetais e horizontes.

Observa-se na Tabela 31 que a maior quantidade de carbono do solo está presente na fração 0-0,05mm, possivelmente formando o chamado complexo argilo-húmico. Nas frações 0,2-2mm e 0,05-0,2mm só houve diferenças entre as coberturas vegetais no horizonte superficial; além disso, verificou-se que o solo sob mata apresentou teor significativamente superior aos solos cultivados com citros

e manga na fração 0,2-2mm, e aos solos sob citros, mandioca e manga na fração 0,05-0,2mm.

Tabela 31. Teor de carbono total em três frações granulométricas de amostras provenientes do perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

FRAÇÃO		HORIZONTE	COBERTURA VEGETAL				
			MATA	BANANA	CITROS	MANGA	MANDIOCA
			mg C/g solo				
0,2-2mm	Ap ¹	1,57A	1,33AB	0,83BC	0,72C	1,18ABC	
	AB	0,29A	0,27A	0,25A	0,32A	0,30A	
	BW ₁	0,16A	0,11A	0,13A	0,19A	0,15A	
	BW ₂	0,20A	0,11A	0,18A	0,18A	0,11A	
0,05-0,2mm	Ap ¹	1,28A	1,26A	0,78B	0,65B	0,77B	
	AB	0,39A	0,27A	0,41A	0,29A	0,32A	
	BW ₁	0,34A	0,11A	0,21A	0,22A	0,20A	
	BW ₂	0,25A	0,16A	0,19A	0,25A	0,18A	
0-0,05mm	Ap ¹	8,91A	7,85A	7,62A	4,93B	7,69A	
	AB	6,46A	4,89BC	6,38AB	4,66C	5,78ABC	
	BW ₁	5,53A	4,08A	5,12A	4,39A	4,05A	
	BW ₂	5,18A	3,50B	4,50AB	3,74AB	3,78AB	

¹A₁ na cobertura vegetal de mata

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Considerando a distribuição do estoque total de carbono no horizonte superficial, observa-se na Tabela 32 que os solos cultivados apresentam menores quantidades de carbono ligados à fração 0,2-2mm, ou seja, a gleba sob mata contém aproximadamente 79%, 64% e 24% a mais de carbono do que as glebas cultivadas com manga, citros e mandioca, respectivamente. O maior estoque de carbono observado no solo sob mata deve estar relacionado à maior presença de matéria orgânica leve, pois sabe-se que a decomposição dos restos vegetais sob floresta é mais lenta, em razão da temperatura mais baixa do solo, como também da restituição contínua de material vegetal (GODEFROY & JACQUIN, 1975a; 1975b). No entanto, o estoque de carbono na fração 0,2-2mm no solo sob mata foi somente 10% superior ao do cultivado com banana. Deve-se considerar a grande restituição de material vegetal feita pela cultura da bananeira, visto que parte da superfície do solo fica coberta com seus resíduos em razão das desfolhas e colheitas periódicas.

Portanto, deduz-se que o cultivo e os tratos culturais do solo tendem a reduzir o estoque de carbono nas frações de maior granulometria, enquanto no complexo argilo-húmico (fração 0-0,05mm), o decréscimo é menor, ou seja, o estoque no solo sob mata foi somente cerca de 1%, 6%, 8% e 49% superior ao dos solos cultivados com citros, banana, mandioca e manga, respectivamente. Nessa fração, observa-se na Tabela 31 que no horizonte BW₁ não houve diferenças entre as coberturas vegetais. No entanto, no horizonte superficial,

o solo cultivado com manga foi significativamente inferior aos demais e, no horizonte AB, o solo sob mata não diferiu dos cultivados com citros e mandioca, enquanto no BW₂ o solo sob mata só diferiu daquele cultivado com banana.

Tabela 32. Distribuição do estoque de carbono total em três frações granulométricas de amostras provenientes do horizonte superficial de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA VEGETAL	FRAÇÃO DO SOLO						
	TOTAL	0,2-2mm		0,05-0,2mm		0-0,05mm	
	g/m ²	g/m ²	%	g/m ²	%	g/m ²	%
MATA	1437	191	13	157	11	1089	76
BANANA	1358	173	13	163	12	1022	75
CITROS	1304	117	9	110	8	1077	83
MANGA	935	107	12	96	10	732	78
MANDIOCA	1262	154	12	101	8	1007	80

Entretanto, considerando a distribuição proporcional do estoque de carbono total do solo no horizonte superficial (Tabela 32), não se verificou grandes diferenças entre as coberturas vegetais, ou seja, aproximadamente 12% (média) do carbono encontram-se nas frações maiores e, em média, 78% na fração 0-0,05mm de diâmetro. Da mesma maneira,

MARTINS et alii (1990) constataram que o maior teor de carbono de um Latossolo-Podzólico Amarelo alterado da Amazônia ocorreu na fração 0-0,05mm, uma vez que aproximadamente metade do carbono presente nas frações maiores foi destruída e não houve posterior deposição suficiente de resíduos vegetais.

Verificou-se, em todas as coberturas vegetais e para as três frações, decréscimos dos teores de carbono em profundidade (Figuras 11, 12 e 13 e Tabela 33).

Figura 11. Distribuição do carbono na fração de 0,2 a 2mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Figura 12. Distribuição do carbono na fração de 0,05 a 0,2mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Figura 13. Distribuição do teor de carbono na fração menor que 0,05mm de diâmetro no perfil de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Tabela 33. Equações de regressão significativas para a variação do teor de carbono total nas frações 0,2-2mm, 0,05-0,2mm e 0-0,05mm (mg/g solo) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

COBERTURA		EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
FRAÇÃO	VEGETAL		PARA F	R ²
0,2-2mm	MATA	$Y=2,09-0,126x+0,0024x^2-0,000014x^3$	0,31	1,00
	BANANA	$Y=1,74-0,101x+0,0019x^2-0,000011x^3$	1,68	1,00
	CITROS	$Y=0,90-0,029x+0,00024x^2$	0,93	0,92
	MANGA	$Y=0,60-0,006x$	0,48	0,71
	MANDIOCA	$Y=1,52-0,084x+0,0016x^2-0,000009x^3$	4,11	1,00
0,05-0,2mm	MATA	$Y=1,66-0,091x+0,0018x^2-0,000011x^3$	0,63	1,00
	BANANA	$Y=1,65-0,095x+0,0018x^2-0,000010x^3$	1,38	1,00
	CITROS	$Y=0,68-0,007x$	0,06	0,78
	MANGA	$Y=0,53-0,004x$	1,92	0,57
	MANDIOCA	$Y=0,82-0,022x+0,0002x^2$	2,94	0,94
0-0,05mm	MATA	$Y=9,24-0,121x+0,00088x^2$	0,25	0,96
	BANANA	$Y=9,00-0,278x+0,0051x^2-0,000030x^3$	3,06	1,00
	CITROS	$Y=7,49-0,038x$	0,001	0,95
	MANGA	$Y=5,02-0,014x$	2,45	0,96
	MANDIOCA	$Y=8,19-0,119x+0,00079x^2$	0,52	1,00

Na Figura 11 observa-se para a fração 0,2-2mm decréscimo acentuado no horizonte superficial (0-9cm) nas coberturas vegetais de mata, banana e mandioca. No solo sob

citros observou-se teor mínimo a 60cm abaixo da superfície, enquanto na gleba de manga o decréscimo foi suave e linear. Na fração 0,05-0,2mm, os solos sob mata e banana apresentaram decréscimos acentuados no horizonte superficial (0-9cm), enquanto sob citros e manga o decréscimo foi mais suave e linear. No solo cultivado com mandioca observou-se teor mínimo de carbono nessa fração a 55cm de profundidade, ou seja, no horizonte BW₁ (Figura 12). Na fração 0-0,05mm, o solo cultivado com banana apresentou decréscimo acentuado do teor de carbono no horizonte superficial, enquanto sob citros e manga foi suave e linear. Já os solos sob mata e mandioca mostraram decréscimos quadráticos do teor de carbono nessa fração, apresentando teores mínimos no horizonte BW₁ (38-72cm) (Figura 13). Não se verificaram alterações importantes no horizonte AB(9-38cm) onde ocorre a camada coesa nos solos cultivados.

De maneira geral, os dados mostraram que a maior quantidade de carbono do solo está presente na fração menor que 0,05mm, como também no horizonte superficial, onde esta fração contém aproximadamente 80% do carbono total do solo. No entanto, verificou-se aumento dessa proporção com a profundidade, uma vez que na superfície há acúmulo de partículas de maior diâmetro, devido à deposição de resíduos vegetais. Por essa razão, observou-se maior contribuição da gleba sob mata, cujo estoque de carbono foi 10% superior ao do solo cultivado com banana e 79% superior ao da gleba com manga. Quanto à fração menor que 0,05mm, o solo sob mata

continha 1% e 49% mais carbono que os cultivados com citros e manga, respectivamente. Esses resultados mostram que o cultivo e os tratos culturais afetam o estoque de carbono nas frações maiores, principalmente na camada mais superficial do solo, em intensidade que depende da restituição de material vegetal pela cultura. Desta maneira, cuidados devem ser tomados para que essa redução seja minimizada, uma vez que é grande a importância da matéria orgânica nos latossolos distróficos.

4.4.4. Efeito nas frações químicas da matéria orgânica

A distribuição qualitativa do húmus foi determinada na fração de 0 a 0,05mm de diâmetro, visto que nela se encontra a maior parte do carbono do solo.

A análise de variância dos teores de carbono nas diversas frações húmicas não mostrou interação significativa para o teste F, entre coberturas vegetais e horizontes para nenhuma das frações. Nesse sentido, VOLKOFF & CERRI (1988) constataram, através do estudo do isótopo estável ^{13}C , que o húmus do horizonte A está em equilíbrio com a vegetação presente no solo, enquanto o húmus dos horizontes mais profundos parece desvinculado das influências dessa vegetação.

Na Tabela 34 estão contidas as concentrações de carbono nos quatro componentes húmicos, além do carbono

total da fração 0-0,05mm. Observa-se que o solo sob mata apresenta maior teor de ácidos fúlvicos livres, seguido do solo cultivado com mandioca. Segundo GODEFROY & JACQUIN (1975b), o solo sob floresta, por conter maior quantidade de resíduos na superfície e proporcionar restituição permanente de matéria orgânica fresca, favorece a decomposição mais freqüente e menos rápida da matéria orgânica, propiciando, desta maneira, formação de maior quantidade de fração facilmente biodegradável; em outras palavras, o húmus sob floresta incorpora frações jovens pouco polimerizadas, ou seja, ácidos fúlvicos livres. MANARINO et alii (1982) observaram que a maior parte dos precursores do húmus de um Latossolo Amarelo da região Amazônica, sob floresta primária parece estar imobilizada ao nível da serapilheira.

Os solos cultivados com banana, citros e manga apresentaram teores significativamente mais baixos de ácidos fúlvicos livres. No entanto, na Figura 14 observa-se em todas as coberturas vegetais que aproximadamente 25% do carbono da fração 0-0,05mm estão sob a forma de ácidos fúlvicos livres, ou seja, aproximadamente 20% do carbono total do solo.

Na Tabela 35 verifica-se, pela regressão, que há decréscimo linear do teor de ácidos fúlvicos livres com a profundidade, porém, a redução foi somente de 18% do horizonte superficial para o mais profundo; esse fato está de acordo com VOLKOFF & ANDRADE (1976), segundo os quais os compostos húmicos pouco polimerizados mineralizam-se lentamente mas migram a grande profundidade.

Tabela 34. Concentração do carbono nos ácidos fúlvicos livres (AFL), ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) presentes na fração 0-0,05mm de um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais (médias dos quatro horizontes)

COBERTURA VEGETAL	FRAÇÃO HÚMICA				TOTAL
	AFL	AF	AH	HU	
	mg C/g fração				
MATA	3,9a	2,3a	0,85a	7,6a	14,65a
BANANA	2,9c	2,7a	0,72ab	6,5ab	12,82ab
CITROS	2,8c	2,1a	0,30b	5,8ab	11,00b
MANGA	2,7c	2,0a	0,41ab	5,2b	10,31b
MANDIOCA	3,4b	2,6a	0,88a	7,2a	14,08a

Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Embora o teor de ácidos fúlvicos livres decresça com a profundidade, sua proporção na fração húmica do solo aumenta de 14% no horizonte superficial para 48% no BW₂ (Figura 15); esses valores correspondem, respectivamente, a 11% e 38% do carbono total do solo. VOLKOFF (1977) constatou contribuição dos ácidos fúlvicos livres variando de 1% a 6% na camada superficial, aumentando em profundidade para 40% e 60% do carbono total em um Latossolo Vermelho-Amarelo do Estado da Bahia. Verificou também correlação positiva entre as taxas de carbono dos ácidos fúlvicos livres

e os teores de argila e alumínio trocável do solo em profundidade, ressaltando o papel da matéria orgânica no fenômeno da aluminização dos latossolos, considerado um dos grandes problemas para a utilização desses solos. No presente estudo não se constatou correlação significativa entre teor de ácidos fúlvicos livres e teor de argila, porém, foi significativa a correlação com o teor de alumínio nos horizontes superficial, AB, BW₁ e BW₂, cujos respectivos coeficientes foram 0,81**, 0,75**, 0,67** e 0,60*.

Figura 14. Distribuição das frações húmicas em um Latossolo Amarelo sob diferentes coberturas vegetais

Tabela 35. Equações de regressão significativas para a variação dos teores de ácidos fúlvicos livre (AFL), ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e huminas (HU) (mgC/g fração) (Y) com a profundidade (cm) (X), em um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

FRAÇÃO HÚMICA	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	SIGNIF. (%)	
		PARA F	R ²
AFL	$Y = 3,42 - 0,0062x$	0,002	0,85
AF	$Y = 5,25 - 0,1171x + 0,00075x^2$	0,002	0,99
AH	$Y = 2,54 - 0,1293x + 0,0021x^2 - 0,000011x^3$	1,00	1,00
HU	$Y = 15,82 - 0,5977x + 0,0096x^2 - 0,000051x^3$	0,21	1,00

Quanto aos ácidos fúlvicos, não houve diferenças significativas entre as coberturas vegetais, sendo que o teor médio foi de 2,3 mgC por grama da fração 0-0,05mm ou 1,8 mgC por grama de solo (Tabela 34). Esta fração apresenta alta associação com os ácidos húmicos e huminas cujos coeficientes de correlação foram, respectivamente, 0,84** e 0,95**.

Na Figura 14 verifica-se que o solo sob mata apresenta percentualmente menor quantidade de carbono na forma de ácidos fúlvicos, ou seja, aproximadamente 16%, e o solo cultivado com banana contém a maior proporção, cerca de 21%. Esse fato pode ser atribuído ao processo mais intenso de

mineralização da matéria orgânica nesse sistema, comparado à gleba sob mata, já que os teores de carbono total na fração 0-0,05mm não diferiram (Tabela 34).

Figura 15. Distribuição das frações húmicas no perfil de um Latossolo Amarelo (médias das cinco coberturas vegetais)

Observa-se decréscimo quadrático do teor de ácidos fúlvicos com a profundidade, indicando teor mínimo de 0,68mgC/g fração a 78cm abaixo da superfície do solo (Tabela 35). No entanto, DABIN (1980) relata que a fração extraída com pirofosfato de sódio geralmente aumenta em profundidade,

ao contrário ocorrendo com os ácidos fúlvicos extraídos pelo hidróxido de sódio, em solos esgotados pelas culturas.

Na figura 15 verifica-se que a percentagem de ácidos fúlvicos na fração húmica decresceu com a profundidade, passando de 20% nos horizontes superficiais, para aproximadamente 8% no BW₂.

Quanto aos ácidos húmicos observa-se na Tabela 34 que os solos sob mandioca e mata apresentam teores mais elevados que o do solo cultivado com citros. Neste solo, somente cerca de 3% do carbono da fração, ou seja, aproximadamente 2% do carbono do solo, estão na forma de ácidos húmicos (Figura 14). Esse fato pode ser atribuído ao uso freqüente de grade, pois esta intensifica a mineralização da matéria orgânica, favorecendo a síntese de substâncias húmicas de baixo peso molecular em detrimento dos ácidos húmicos (DUCHAUFOR, 1976; DORMAAR, 1979).

Da mesma maneira, nas demais coberturas vegetais esta foi a fração encontrada em menor quantidade, ou seja, constituiu a fração menos expressiva do húmus do solo. Apesar disso, correlacionou-se positivamente com a macroporosidade ($r=0,54^{**}$), com a soma de bases ($r=0,47^{**}$), com a capacidade de troca catiônica ($r=0,40^{**}$), com a atividade microbiana ($r=0,70^{**}$) e com o teor de nitrogênio no solo ($r=0,73^{**}$). TAN et alii (1972) constataram que a adubação nitrogenada favorece a formação de ácidos húmicos.

Poder-se-ia supor que a diminuição da concentração dessa fração na matéria orgânica do solo fosse

causada pela grande capacidade de adsorção dos ácidos húmicos aos íons alumínio e ferro quando presentes nos sítios de troca (Sen, 1960 e Kobo & Fujisawa, 1963, citados por GREENLAND, 1965; TAN et alii, 1972). Contudo, verificou-se correlação negativa entre teor de ácidos húmicos e alumínio trocável ($r=-0,54^{**}$).

Observou-se através da equação de regressão que o teor de ácidos húmicos decresceu com a profundidade (Tabela 35); além disso, a partir do horizonte BW, essa fração não foi mais detectada no solo. VOLKOFF & ANDRADE (1976) também constatarem, em latossolos do Estado da Bahia, que os ácidos húmicos se encontram sobretudo nas camadas mais superficiais do solo, sendo quase inexistentes em profundidade; os autores acreditam que esta fração despolimeriza-se muito rapidamente em profundidade. Por outro lado, NASCIMENTO (1989) verificou, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado, que a variação do teor de ácidos húmicos com a profundidade não era bem definida, havendo, inclusive, aumento de 19% na camada 10-15cm em relação à 0-5cm; atribuiu o fato ao caráter bastante mutável desse componente húmico.

A Figura 15 mostra que no horizonte superficial cerca de 8% da fração húmica estão na forma de ácidos húmicos, enquanto no AB essa proporção cai para 4%.

Quanto à fração huminas, verifica-se que os solos sob mata e mandioca apresentaram quantidades mais elevadas que as do solo cultivado com manga (Tabela 34). Provavelmente naqueles solos as substâncias húmicas estejam

estabelecendo ligações químicas mais fortes com a fração mineral do solo, tornando-se mais resistentes. GODEFROY & JACQUIN (1975b) constataram maior quantidade de huminas na gleba cultivada com banana do que nas glebas com abacaxi e sob floresta nos latossolos da Costa do Marfim; acreditam que a calagem favorece a humificação da matéria orgânica do solo. Deste modo, VOLKOFF & CERRI (1980) constataram maior teor de huminas em um Rendzina, solo que contém altos teores de cálcio trocável, do que em um Solontchak e um litossolo, da região semi-árida do Rio Grande do Norte. Além disso, esses autores verificaram que as huminas do Rendzina são constituídas quase que exclusivamente de compostos insolúveis, ou seja, humina residual.

Em todas as coberturas vegetais, as huminas constituem a fração presente em maior quantidade, correspondendo a aproximadamente 50% da fração húmica (Figura 14). DABIN (1980) encontrou valores dessa magnitude em solos tropicais do Brasil e da África.

O acúmulo de huminas no solo possivelmente esteja relacionado à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como também à maior resistência à decomposição. Entretanto, é a fração húmica que apresentou maior correlação com a atividade microbiana ($r=0,78^{**}$), mostrando-se, também, altamente correlacionada com o teor de ácidos fúlvicos ($r=0,95^{**}$) e de ácidos húmicos ($r=0,93^{**}$). Além disso, correlacionou-se positivamente com a soma de bases ($r=0,64^{**}$) e capacidade de troca catiônica

($r=0,46^{**}$).

Observou-se decréscimo cúbico do teor de huminas em profundidade, constatando-se quantidade significativamente mais elevada no horizonte superficial (0-9cm) (Tabela 35). A redução do teor de huminas em profundidade pode estar associada à diminuição das proporções de humina herdada, pois, segundo Flexor (1972), citado por VOLKOFF et alii (1978), esta desaparece totalmente nos horizontes mais profundos, enquanto as outras frações das huminas, humina de precipitação e humina residual, são muito estáveis.

Por outro lado, NASCIMENTO (1989) verificou aumento do teor de huminas até 20cm de profundidade em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, acreditando que esse fato se deva ao aumento das restrições à atividade microbiana com a profundidade, aliado às condições pedoambientais mais estáveis.

Na Figura 15 observa-se que no horizonte superficial, aproximadamente 56% do carbono humificado estão na forma de huminas, enquanto nos horizontes BW₁ e BW₂ esse percentual é de cerca de 43%. Verifica-se, desta maneira, que o decréscimo percentual com a profundidade é pequeno, enquanto o decréscimo em valores absolutos chegou a 80% (Tabela 35).

Sabe-se que a forte acidez do solo é capaz de desagregar as argilas, fazendo com que sejam eluviadas. Além disso, VOLKOFF et alii (1984) supuseram que, em presença de

grandes quantidades de moléculas orgânicas pouco polimerizadas com forte poder de complexação, caulinita e gibbsita deveriam sofrer considerável alteração. Por essas inferências, RIBEIRO¹ acredita que a desagregação pode ocorrer em razão da acidez de substâncias húmicas e levar à formação de horizontes de consistência muito forte. No entanto, neste trabalho verificou-se na camada coesa, presente no horizonte AB dos solos cultivados, que a fração húmica do solo era constituída de 26% de ácidos fúlvicos livres, 21% de ácidos fúlvicos, 4% de ácidos húmicos e 49% de huminas. Desta maneira, a soma das proporções das frações de baixo peso molecular e pouco polimerizadas (ácidos fúlvicos livres e ácidos fúlvicos) é semelhante à fração huminas. Já nos horizontes BW a proporção é maior, ou seja, existem 56% de ácidos fúlvicos livres e ácidos fúlvicos. Por isso, provavelmente, a hipótese proposta por RIBEIRO¹ não seja comprovada, pois no presente trabalho observou-se a ocorrência dessas frações húmicas tanto nos horizontes superficiais quanto nos inferiores, deduzindo que não devem ser a causa do aparecimento do horizonte coeso.

De modo geral, os dados mostraram que o teor de carbono total na fração de 0 a 0,05mm de diâmetro no solo sob mata e mandioca, foi maior que o dos solos sob citros e manga. O maior teor de ácidos fúlvicos livres foi verificado

¹RIBEIRO, L. P. (UFBA-Instituto de Geociências) Comunicação pessoal, 1991.

na gleba sob mata; no entanto, o de ácidos fúlvicos foi igual para todas as coberturas vegetais, girando em torno de 2,3mg C/g da fração de solo estudada. Os ácidos húmicos constituíram a fração menos expressiva, enquanto as huminas, a fração presente em maior quantidade, correspondendo a 50% do carbono total. Todas as frações húmicas decresceram em profundidade, contudo, houve aumento relativo da quantidade de ácidos fúlvicos livres.

É importante conhecer os constituintes húmicos do solo, bem como a sua distribuição ao longo do perfil, pois, mesmo em pequenas quantidades, interferem na macroporosidade do solo, na atividade microbiana e na capacidade de troca catiônica. Desta maneira, o seu conhecimento em diferentes situações contribui para melhor utilização do solo com as culturas agrícolas.

5. CONCLUSÕES

.A natureza da cultura implantada e os manejos nelas adotados alteraram as propriedades do solo.

.As culturas de banana e citros melhoraram as propriedades químicas do solo, principalmente nos horizontes superficiais, exceção para o enxofre (S-SO₄) uma vez que seu teor aumentou em profundidade. Contudo, as culturas de manga e mandioca, principalmente esta, não contribuíram para a melhoria das propriedades químicas do solo.

.O cultivo do solo elevou sua densidade e diminuiu a macroporosidade. A quantidade de agregados maiores foi reduzida nos solos cultivados, exceção para a gleba com mandioca; porém a percentagem de agregados estáveis em água maiores que 0,5mm na massa total do solo foi semelhante entre as diferentes coberturas vegetais.

.A implantação de culturas agrícolas diminuiu a atividade microbiana no horizonte superficial, não havendo diferenças entre as culturas implantadas.

.Nos solos cultivados houve redução do estoque total de carbono, exceção para aquele cultivado com citros. As frações de matéria orgânica associadas às partículas do solo de maior tamanho (0,2 a 2,0mm) diminuíram nas glebas

cultivadas, como também diminuíram em profundidade. A fração húmica associada às partículas de menor tamanho (0 a 0,05mm) constituiu a maior parte da matéria orgânica do solo, sendo predominantemente formada por huminas. Estas, ocorreram em maior quantidade nos solos sob mata e mandioca do que na gleba sob manga. O cultivo do solo reduziu o teor de ácidos fúlvicos livres mas não afetou o teor de ácidos fúlvicos. Os ácidos húmicos constituíram a fração menos expressiva, tendo sido maior nas glebas com mandioca e mata e menor no solo cultivado com citros. Todas as frações húmicas decresceram em profundidade, contudo houve aumento relativo da quantidade de ácidos fúlvicos livres.

.O horizonte coeso apresentou maior densidade nos solos cultivados do que na gleba sob mata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, A. O. & NACIF, P. G. S. **Caracterização morfológica e físico-hídrica de solos representativos do Recôncavo Baiano. II - Determinação da capacidade de campo "in situ" e suas relações com dados obtidos em laboratório.** Cruz das Almas, Universidade Federal da Bahia/Escola de Agronomia, 1988. 58p.

AINA, P. O. Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, **43(1)**: 173-7, 1979.

ALLISON, F. E. Soil aggregation - Some facts and fallacies as seen by a microbiologist. **Soil Science**, Baltimore, **106(2)**: 136-43, 1968.

ANDREUX, F. & BECERRA, S. P. de. Fraccionamiento y caracterización del material húmico em algunos suelos de sabana de la Orinoquia Colombiana. **Turrialba**, San Jose, **25(2)**: 191-8, 1975.

- BATAGLIA, O. C. Ferro. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. da, ed. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS, 1991. p.159-72.
- BAVEL, C. H. M. van & SCHALLER, F. W. Soil aggregation, organic matter, and yield in a long time experiment as affected by crop management. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, 15:399-404, 1950.
- BERNHARD-REVERSAT, F. & TCHIBINDA-PEMO, G. A. Influence du système agroforestier de culture de la banane sur la dynamique de la matière organique. **Cahiers Orstom. Sér. Pédologie**, Paris, 24(4): 355, 1988.
- BERTRAMSOM, B. R. & RHOADES, H. F. The effects of cropping and manure applications on some physical properties of a heavy soil in Eastearn Nebraska. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, 3:32-6, 1938.
- BORGES, A. L. **Influência da cobertura morta nas características químicas do solo e produção da bananeira**. Cruz das Almas, EMBRAPA/CNPMPF, 1991. 6p. (EMBRAPA/CNPMPF.Comunicado Técnico, 19).
- BORKERT, C. M. Manganês. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. da, ed. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS, 1991. p.173-90.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6(2):83-8, 1982.

CAMARGO, O. A. de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 94p. (IAC.Boletim Técnico, 106).

CANTARELLA, H. Matéria orgânica e nitrogênio do solo. In: BOLL, L. T. & ROSOLEM, C. A., ed. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação.** Botucatu-SP, FEPAF, 1989. p.37-74.

CARMO, G. F. do. Balanço hídrico do Município de Cruz das Almas para a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), segundo Thornthwaite & Mather-1955. **Projeto Mandioca**, Série Pesquisa, 1(1):61-77, 1973.

CARVALHO, E. J. M. Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico vermelho-Amarelo Câmbico distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja. Viçosa, 1984. 73p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo no agrossistema cana-de-açúcar. Piracicaba, 1986. 197p. (Livre docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CERRI, C. C.; EDUARDO, B. P.; PICCOLO, M. C. **Métodos de análise em matéria orgânica do solo.** Piracicaba, CENA, 1990. 78p.

CEULEMANS, R.; IMPENS, I.; GABRIËLS, R. CO₂ evolution from different types of soil cover in the tropics. **Tropical Agriculture**, London, 64(1): 68-9, 1987.

CINTRA, F. L. D. & COELHO, Y. S. Caracterização física do solo em pomares da região citrícola do Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, 9(1): 27-35, 1987.

CINTRA, F. L. D. & CUNHA, G. A. P. da. Caracterização física de solos cultivados com abacaxi em áreas com diferentes tempos de utilização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, 9(3): 7-15, 1987.

CINTRA, F. L. D.; COELHO, Y. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da.; PASSOS, O. S. Caracterização física do solo submetido a prática de manejo em pomar de laranja 'Baianinha'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 18(2): 173-9, 1983.

COELHO, R. M. Influência da vinhaça, da fertilização mineral e do cultivo em características químicas da matéria orgânica e da fração mineral de um Latossolo Vermelho-Escuro. Viçosa, 1990. 84p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. Salvador, CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. 176p.

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**, Ottawa, 63(1): 1-14, 1983.

- CORRÊA, J. C. & REICHARDT, K. Alterações químicas de um latossolo da Amazônia Central sob pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. **Resumos**. Porto Alegre, SBCS/UFRGS, 1991. p.107.
- CUNNINGHAM, R. K. The effect of clearing a tropical forest soil. **Journal of Soil Science**, Oxford, 14(2): 334-45, 1963.
- DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. **Cahiers Orstom. Sér. Pédologie**, Paris, 18(3/4): 197-215, 1980.
- DANTAS, J. P. Boro. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. da, ed. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS, 1991. p.113-30.
- DORMAAR, J. F. Organic matter characteristics of undisturbed and cultivated chernozemic and solonetzic A horizons. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, 59(4); 349-56, 1979.
- DUCHAUFOR, P. Humification et ecologie. **Cahiers Orstom. Sér. Pédologie**, Paris, 7(4): 379-90, 1970.

DUCHAUFOR, P. Dynamics of organic matter in soils of temperate regions: its action on pedogenesis. *Geoderma*, Amsterdam, 15:31-40, 1976.

DUCHAUFOR, P. *Edafologia; l.edafogénesis y clasificación*. Barcelona, Masson, 1984. 493p.

ELLIOTT, E. T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 50(3): 627-33, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. *Relatório técnico anual-1980*. Cruz das Almas, 1981. 209p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. *Relatório técnico-1987-1990*. Cruz das Almas, 1991. 196p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

FASSBENDER, H. W. *Química de suelos; com enfase en suelos de América Latina*. San Jose, IICA, 1984. 422p.

FELBECK Jr., G. T. Structural chemistry of soil humic substances. *Advance in Agronomy*, New York, 17: 327-68, 1965.

FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P, da. Cobre. In:———., ed. *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba, POTAFOS, 1991. p.131-57.

FIALHO, J. F. Efeito da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividade da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de Viçosa-Minas Gerais. Viçosa, 1985. 55p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

FONSECA, S. Propriedades físicas, químicas e microbiológicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob eucalipto, mata natural e pastagem. Viçosa, 1984. 78p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. *Fruits*, Paris, 30(10): 595-612, 1975a.

GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Influence de la végétation sur l'humification en sol ferrallitique. *Cahiers Orstom. Sér. Pédologie*, Paris, 23(3-4): 279-98, 1975b.

- GOMES, J. C. & EZETA, F. N. Nutrição e adubação potássica da mandioca no Brasil. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R., ed. **Potássio na agricultura brasileira**. Londrina, IAPAR, 1982. p.487-506.
- GREENLAND, D. J. Interaction between clays and organic compounds in soils. Part II. Adsorption of soil organic compounds and its effect on soil properties. **Soils fertilizers**, Bucks, 28(6): 521-32, 1965.
- GRISI, B. M. & SANTOS, O. M. Respiração edáfica em vegetação natural e submetida à queima, num ecossistema de floresta tropical no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, 38(3): 579-86, 1978.
- GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. **Bragantia**, Campinas, 19(13): 201-13, 1960.
- GROHMANN, F. & ARRUDA, H. V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra-Roxa-Legítima. **Bragantia**, Campinas, 20(49): 1203-9, 1961.
- HULUGALLE, N. R. & EZUMAH, H. C. Effects of cassava based cropping systems on physico-chemical properties of soil and earthworm casts in a tropical Alfisol. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, 35(1): 55-63, 1991.

JUO, A. S. R. & LAL, R. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Dordrecht, 47(3): 567-84, 1977.

JUO, A. S. R. & LAL, R. Nutrient profile in a tropical Alfisol under conventional and no-till systems. **Soil Science**, Baltimore, 127(3): 168-73, 1979.

KAWAGUCHI, K. & KYUME, K. On the complex formation between soil humus and polyvalent cation. **Soil Plant Food**, 5:54-63, 1959.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia - relações solo-planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KONONOVA, M. M. **Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility**. 2.ed. New York, Pergamon Press, 1966. 544p.

LAL, R. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 40(5): 762-8, 1976.

LASSUS, C. de. Comparação dos resíduos vegetais em um solo manejado com nove sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14(3): 375-80, 1990.

LEPSCH, I. F. Influência do cultivo de Eucalyptus e Pinus nas propriedades químicas de solos sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 4(2): 103-7, 1980.

LONGO, J. V. Fracionamento e caracterização de substâncias húmicas em materiais de solos. Viçosa, 1982. 66p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

LOPES, A. S. & COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 41(4): 742-7, 1977.

LOPES, D. N. Influência do calcário, fósforo e micronutrientes na mineralização da matéria orgânica e características físico-químicas de material de três solos em Altamira (Pará). Viçosa, 1977. 77p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

MACHADO, J. A.; SOUZA, D. M. de; BRUM, A. C. R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 5(3): 187-9, 1981.

- MAGALHÃES, A. F. J. Fertilidade dos solos de áreas produtoras de citros dos Estados da Bahia e Sergipe. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, 9(2): 31-41, 1987.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- MANARINO, R. P.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Comparação do húmus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região Amazônica, Brasil. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., Piracicaba, 1982. *Anais*. Piracicaba, CENA, 1982. p.51-7.
- MARTIN, J. P. & HAIDER, K. Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Science*, Baltimore, 111(1): 54-63, 1971.
- MARTINS, P. F. S.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; ANDREUX, F. Consequências do cultivo e do pousio sobre a matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*, Manaus, 20(único): 19-28, 1990.
- MBAGWU, J. S. C. & BAZZOFFI, P. Stability of microaggregates as influenced by antecedent moisture content, organic waste amendment and wetting and drying cycles. *Catena*, Braunschweig, 15: 565-76, 1988.

MELO FILHO, H. R. F. de & ARAÚJO FILHO, J. C. de. Descrição perfil da mata de Cruz das Almas-Bahia. Recife. EMBRAPA/ Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo-Nordeste, 1984. 4p.

MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica e características químicas de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob mata natural, seringueira e pastagem. Viçosa, 1988. 78p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

MILLER, R. H.; NICHOLAIDES, J. J.; SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E. Soil organic matter considerations in agricultural systems of the humid tropics. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., Piracicaba, 1982. Anais. Piracicaba, CENA, 1982. p.105-10.

MOURA, A. R. B. Efeito de sistemas de manejo na cultura do milho (*Zea mays* L.) sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico, fase terraço. Viçosa, 1981. 116p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

MUTATKAR, V. K. & PRITCHETT, W. L. Influence of added aluminum on carbon dioxide production in tropical soil. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 30: 343-6, 1966.

- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 7(1): 95-102, 1983.
- NASCIMENTO, E. J. do. Dinâmica da matéria orgânica em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado, submetido a diferentes sistemas de preparo do solo e rotação de milho e soja. Viçosa, 1989. 70p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- 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, SBSCS/UFRGS, 1991. p.169.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P.; COELHO, Y. S.; PASSOS, O. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. da. Relação entre manejo do solo e ocorrência da gomose de *Phytophthora* spp em pomar de laranja 'Baianinha' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 16(6): 841-4, 1981.
- OLIVEIRA, L. B. de. O estudo físico do solo e a aplicação racional de técnicas conservacionistas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2: 281-5, 1967.

- OLIVEIRA, M. de; CURI, N.; FREIRE, J. C. Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 7(3): 317-22, 1983.
- PACHECO, E. B.; SILVA, T. C. A.; SANTOS, H. L. dos; FELDMANN, R. O.; TEIXEIRA, S. L. Efeito do manejo de um Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado, sobre o crescimento e produção de laranjeira (*Citrus sinensis* Osbeck cv. 'Baianinha'). *Experientia*, Viçosa, 19(10): 211-38, 1975.
- PAGE, J. B. & WILLIARD, C. J. Cropping systems and soil properties. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 11: 81-8, 1946.
- PARRA, M. S. Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de culturas. Viçosa, 1986. 94p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Agronômica Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p. (IAC.Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI Jr., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agronômico, 1985. 107p. (IAC.Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, L. P. **Primeiras avaliações sobre a gênese dos solos coesos da região de Cruz das Almas-BA.** Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1991. 33p.

RUSSEL, E. J. & RUSSEL, R. W. **Soil conditions and plant growth.** 9.ed. London, Longman & Green, 1961. 770p.

SALONIUS, P. O. **Microbiological response to fertilizer treatments in organic forest soils.** *Soil Science*, Baltimore, 114(1): 12-9, 1972.

SAMPAIO, J. M. M. & RODRIGUES, J. A. S. **A cultura da mangueira: práticas de cultivo.** Cruz das Almas, EMBRAPA/CNPMF, 1982. 22p. (EMBRAPA/CNPMF.Circular Técnica, 3).

SANTOS, O. M. & GRISI, B. M. Efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos de solo de terra-firme na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, 11(1): 97-102, 1981.

SARAIVA, O. F. Relações da matéria orgânica com as características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico, fase terraço, submetido a sistemas de cultivo. Viçosa, 1987. 175p. (Doutorado - Universidade Federal de Viçosa).

SELBACH, P. A. Acidez dos solos e atividade microbiana. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., Santa Maria, 1989. *Anais*. Santa Maria, UFSM, 1989. p.62-73.

SILVA L. F. da. Alterações edáficas em "solos de tabuleiro" (Haplorthoxs) por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. *Revista Theobroma*, Itabuna, 11(1): 5-19, 1981.

SKIDMORE, E. L.; CARSTENSON, W. A.; BANBURY, E. E. Soil changes resulting from cropping. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 39(4): 964-7, 1975.

SMITH, T. J. & BASTOS, J. B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(1): 127-32, 1984.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Roteiro da excursão a Cruz das das Almas.** Salvador, 1981. 41p.

SOUZA, E. C. A. de & FERREIRA, M. E. Zinco. In: FERREIRA, M. E. & CRUZ, M. C. P. da, ed. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba, POTAFOS, 1991. p.219-42.

SOUZA, L. F. da; REZENDE, J. O.; JESUS, A. F. de. Avaliação sumária da fertilidade dos solos dos tabuleiros de Neópolis-SE. **Solos.** Cruz das Almas, IPEAL, 1973. (IPEAL.Boletim Técnico, 20).

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

TAN, K. H.; BEATY, E. R.; McCREERY, R. A.; POWELL, J. D. Humic-fulvic acid content in soils as related to ley clipping management and fertilization. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, 36(4): 565-7, 1972.

TAN, K. H.; EDWARDS Jr., J. H.; BEATY, E. R.; McCREERY, R. A. Soil organic matter content and composition as related to ley clipping management and fertilization. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, 34(4): 610-2, 1970.

- TAYLOR, H. M. & GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedlings taproots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Science*, Baltimore, **96**(3): 153-6, 1963.
- TEWARY, C. K.; PANDEY, V.; SINGH, J. S. Soil and litter respiration rates in different microhabitats of a mixed oak-conifer forest and their control by edaphic conditions and substrate quality. *Plant and Soil*, Dordrecht, **65**(2): 232-8, 1982.
- TISDALL, J. M. & OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, **33**(2): 141-63, 1982.
- UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by crops and management. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, **14**: 361-6, 1949.
- VITTI, G. C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 37p.
- VOLKOFF, B. La matière organique des sols ferrallitiques du nordeste du Brésil. *Cahiers Orstom, Sér. Pédologie*, Paris, **15**(3): 275-90, 1977.

VOLKOFF, B. & ANDRADE, M. J. de. Caracterização da matéria orgânica de alguns solos ferralíticos do Estado da Bahia: aplicação de um método de fracionamento das substâncias húmicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1976. Anais. Campinas, SBCS, 1976. p.119-26.

VOLKOFF, B. & CERRI, C. C. Comparação de húmus de um Solontchak, um rendzina, e um solo litólico da região semi-árida do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4(1): 49-56, 1980.

VOLKOFF, B. & CERRI, C. C. Húmus em solos da floresta Amazônica na região do rio Madeira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 5(1): 15-21, 1981.

VOLKOFF, B. & CERRI, C. C. L'humus des sols du Brésil. Nature et relations avec l'environnement. *Cahiers Orstom. Sér. Pédologie*, Paris, 24(2): 83-95, 1988.

VOLKOFF, B. CERRI, C. C.; MELFI, A. J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(3): 277-83, 1984.

- VOLKOFF, B.; FLEXOR, J. M.; ISABEL, L. S.; ISABEL, M. S.
Natureza do húmus nos latossolos distróficos da Bahia.
Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(1): 59-63, 1978.
- WILSON, H. A. & BROWNING, G. M. Soil aggregation, yields, runoff, and erosion as affected by cropping systems. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, 10:51-7, 1945.
- WITKAMP, M. Rates of carbon dioxide evolution from the forest floor. **Ecology**, Durham, 47(3):492-4, 1966.
- YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Geneva, 28(5): 337-51, 1936.