

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Atributos Edáficos em Áreas de Pastagem
Plantada em Relevo Movimentado no Noroeste
do Estado do Rio de Janeiro**

Flávio Couto Cordeiro

2006



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**ATRIBUTOS EDÁFICOS EM ÁREAS DE PASTAGEM PLANTADA
EM RELEVO MOVIMENTADO NO NOROESTE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**

FLÁVIO COUTO CORDEIRO

Sob a Orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação da Professora
Lúcia Helena Cunha dos Anjos

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências** em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo.

Seropédica - RJ
Fevereiro de 2006

633.202

C794i

T

Cordeiro, Flávio Couto, 1979-

Atributos edáficos em áreas de pastagem plantada em relevo movimentado no noroeste do Estado do Rio de Janeiro/ Flávio Couto Cordeiro. 2006.

89f. : il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 65-79.

1. Pastagens - Manejo - Rio de Janeiro(Estado) - Teses. 2. Gramínea - Rio de Janeiro(Estado) - Teses. 3. Solos - Fertilidade - Rio de Janeiro(Estado) - Teses. 4. Solos - Produtividade - Rio de Janeiro(Estado) - Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

FLÁVIO COUTO CORDEIRO

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/02/2006

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Bruno José Rodrigues Alves. Dr. Embrapa Agrobiologia

José Ronaldo de Macedo. Dr. Embrapa Solos

José Carlos Polidoro. Dr. Embrapa Solos

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Flavio O. Cordeiro & Lúcia M. M. Cordeiro**, aos meus irmãos **Lu, Cris, Lili & Jopa**, e minha querida namorada **Simone** que em todos os momentos, principalmente os mais difíceis, me apoiaram com seu amor e carinho e me dando forças para continuar e chegar até aqui.

DEDICO

Nós

poderíamos

ser muito melhores

se não quiséssemos ser tão bons.

(Sigmund Freud)

O mal

de quase

todos nós é que

preferimos ser arruinados

pelo elogio a ser salvos pela crítica.

(Norman Vincent)

AGRADECIMENTOS

Seria quase que impossível citar, aqui, os nomes de todas as pessoas que me ajudaram a trilhar esse longo caminho, que tornou possível esse trabalho. Mas devo agradecer:

A Deus, mestre do universo, por tudo de bom que me proporcionou;

Aos meus pais, que se sacrificaram muito para que pudesse chegar até aqui;

Aos professores e amigos Marcos Gervasio Pereira e Lúcia Helena Cunha dos Anjos, pela dedicação, orientação, experiência transmitida e por terem confiado em mim;

Ao grande amigo e professor Polidoro, pela ajuda nas análises estatísticas e as “cervejinhas”, horas de lazer;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por permitir minha capacitação;

A Capes e Faperj, pelo auxílio financeiro;

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Ciência do Solo, pelos conhecimentos transmitidos;

Aos bolsistas de iniciação científica Adriano e Fernando pela ajuda nas análises;

A todos os estagiários e bolsistas do Laboratório de Gênese e Classificação de solos da UFRRJ;

A todos os funcionários do Departamento de Solos;

A todos os colegas de curso que entraram comigo nessa jornada;

Aos meus amigos e irmãos do quarto 521, David (Piruca), Brenno (Brenildo), Ícaro (Smeagle), Mateus e agregados Fernando, Bruno, Thiago, que sempre me ajudaram e me apoiaram nas horas boas e difíceis;

Às meninas do quarto 306, por me aturarem sempre;

Aos meus amigos e irmãos Leonardo (Leo), Peterson e Gláucio, pela amizade e apoio em todas as horas, mesmo longe;

A todos os amigos do Alojamento da Embrapa Agrobiologia, especialmente aos meus grandes irmãos Flavio Yuddi Kubota, Joventino Fernandes Moreira e Elias Miranda, pela dedicação e amizade;

A todos da minha família, especialmente ao meu padrinho Omar Cordeiro;

Aos meus irmãos Cris, Jopa, Lili e Lu, pela compreensão e amizade na minha ausência;

À minha namorada Simone, pela compreensão, amor e ajuda dedicado a mim;

À professora e grande amiga Irmair da Silva Coelho, minha primeira orientadora, que me fez enxergar a importância da pesquisa científica e que me incentivou muito a chegar até aqui;

E a todos que, de alguma forma me ajudaram a trilhar essa estrada cheia de obstáculos.

BIOGRAFIA

FLÁVIO COUTO CORDEIRO, nasceu em 18 de setembro de 1979, em Campo Grande no município do Rio de Janeiro-RJ, filho de Flavio O. Cordeiro e Marly Couto Cordeiro. Em 1996 entrou para o Curso Técnico em Agropecuária no Colégio Técnico da UFRRJ, em nível de 2º grau, onde foi bolsista de Pré Iniciação Científica por 1 ano, tomando gosto pela pesquisa, formando em 1998. Em 1999 passou no vestibular para o curso de Engenharia Agrônoma e trabalhou como Técnico em Agropecuária, no Colégio Técnico da UFRRJ por um ano. No 4º período de Agronomia foi contemplado com uma bolsa de Iniciação Científica na Embrapa Agrobiologia, permanecendo até o final da Graduação. Foi graduado em Engenharia Agrônoma em fevereiro de 2004, e em março do mesmo ano passou no Mestrado em Agronomia-Ciência do Solo, sendo bolsista da CAPES.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Indicadores de Qualidade do Solo.....	3
2.2 Pastagens no Ambiente de Mar de Morros - Região Sudeste	6
2.3 Forrageiras Estudadas.....	7
2.3.1 <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.....	7
2.3.2 Tifton 85 (<i>Cynodon</i> spp. cv. Tifton 85).....	7
2.3.3 Suázi (<i>Digitaria swazilandensis</i> Stent).....	8
2.4 Matéria Orgânica do Solo	8
2.5 Agregação do Solo	11
2.6 Manejo e Degradação de Pastagens.....	13
2.6.1 Fertilidade do solo.....	15
2.6.2 Massa de raízes	15
2.6.3 População de plantas e presença de invasoras - composição botânica do dossel	16
2.6.4 Altura, perfilhamento e produção de forragem	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Histórico da Região e Caracterização da Área	18
3.2 Área de Estudo	21
3.3 Avaliação e Amostragem dos Atributos Edáficos	23
3.4 Análises Físicas	24
3.5 Análises químicas.....	26
3.6 Fracionamento Químico da Matéria Orgânica	27
3.7 Massa Seca de Parte Aérea e de Raiz das Gramíneas.....	29
3.8 Análise Estatística	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Análises Físicas	30
4.1.1 Distribuição de agregados	30
4.1.2 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico dos agregados	33
4.1.3 Macro e microagregados	35
4.1.4 Densidade do solo e volume total de poros.....	37
4.2 Análises Químicas.....	41
4.2.1 Carbono orgânico total	41
4.2.2 Frações da matéria orgânica	45
4.2.3 Fertilidade do solo.....	50
4.3 Análise de Componentes Principais.....	58
5. CONCLUSÕES	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
8. ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama demonstrando os componentes da matéria orgânica do solo. (Fonte: MACHADO, 1999).....	10
Figura 2. Vista geral da topografia da área de estudo (Fonte: Lúcia Anjos).....	19
Figura 3. Área de abrangência do estudo, evidenciando os municípios do Noroeste do estado do Rio de Janeiro participantes do Projeto RADEMA (Fonte: PROJETO RADEMA-Relatório Anual, 2003).....	20
Figura 4. Balanço hídrico e precipitação pluviométrica do município Itaperuna, no Rio de Janeiro (Fonte: PROJETO RADEMA-Relatório Anual, 2003).....	20
Figura 5. Esquema das áreas estudadas.....	21
Figura 6. Estado de degradação da área no início do projeto (Fonte: Lúcia Anjos).....	23
Figura 7. Vista das parcelas com a gramínea Braquiária terço médio (A) e terço superior (B) (Fonte: Lúcia Anjos).....	24
Figura 8. Parcela experimental com a gramínea Tifton 85 no terço médio (A) e no terço superior (B). (Fonte: Lúcia Anjos).....	24
Figura 9. Distribuição do peso dos agregados nas diferentes classes de diâmetro de peneira, nas diferentes gramíneas nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.....	30
Figura 10. Distribuição de macro e microagregados em função das épocas de coleta e da cobertura vegetal (média de 2 amostras).	36
Figura 11. Densidade do solo, nos tipos de gramíneas e posição da encosta, nas diferentes profundidades até 70 cm, em agosto e dezembro de 2004.	39
Figura 12. Porosidade total, nos tipos de gramíneas e posição da encosta, nas diferentes profundidades até 70 cm, em agosto e dezembro de 2004.	40
Figura 13. Valores médios de carbono orgânico total no Tempo Zero e atualmente, nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, para as diferentes coberturas.....	41
Figura 14. Distribuição de carbono orgânico dos agregados retidos nas diferentes classes de diâmetro de peneira, nas diferentes áreas nas camadas de 0-10 (a) e 10-30cm (b).....	42
Figura 15. Porcentagem das frações da matéria orgânica do solo em relação ao COT para diferentes pastagens nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.....	47

- Figura 16.** Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas, posição da encosta e épocas de coleta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0-10 cm.. 59
- Figura 17.** Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas, posição da encosta e épocas de coleta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 10-30 cm. 59
- Figura 18.** Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas e posição da encosta produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0-10 cm. 62
- Figura 19.** Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas e posição da encosta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 10-30 cm. 62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos e biológicos propostos para monitorar as mudanças que ocorrem no solo (LARSON & PIERCE, 1991; DORAN & PARKIN, 1994; SEYBOLD et al., 1997).	4
Tabela 2. Dados de Fertilidade do solo (A); Análise granulométrica e Densidade do solo (B) em 2001 (Tempo Zero).	22
Tabela 3. Índices de agregação do solo para as áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi, nas camadas de 0-10 e 10-30 cm de profundidade.	31
Tabela 4. Porcentagem de agregados estáveis em água maiores que 2,0mm (AGRI >2,0mm) e Peso de agregados retidos na peneira de 2,0mm (>2,0mm) em amostras de solo sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas e posições da encosta.	32
Tabela 5. Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) (mm) dos agregados das áreas sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas e posições da encosta.	34
Tabela 6. Massa seca de parte aérea das diferentes gramíneas em maio de 2005.	35
Tabela 7. Carbono orgânico total (g kg^{-1}) e massa seca de raiz (g) de amostras de solo em função das diferentes coberturas nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.	43
Tabela 8. Carbono orgânico total (COT) de amostras de solo sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas de coleta e posições da encosta.	44
Tabela 9. Carbono das frações da matéria orgânica e relações entre elas para as diferentes pastagens nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.	45
Tabela 10. Carbono na fração ácido húmico (C-AH) e fração ácido fúlvico (C-AF) (g kg^{-1}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.	48
Tabela 11. Carbono na fração humina (C-HUM) (g kg^{-1}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.	49
Tabela 12. COH e CONH (g kg^{-1}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.	50

Tabela 13. Valores de pH nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais, épocas e posição na encosta.	51
Tabela 14. Valores Al e H+Al (cmol _c kg ⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.	52
Tabela 15. Valores de Ca ⁺⁺ (cmol _c kg ⁻¹ de solo) e Mg ⁺⁺ (cmol _c kg ⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.	53
Tabela 16. Valores de K ⁺ e P (mg kg ⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais. ..	54
Tabela 17. Valores de N total (g kg ⁻¹ de solo) e relação C:N nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.	55
Tabela 18. Valores de saturação por bases (Valor S) e Valor T (cmol _c kg ⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.	56
Tabela 19. V % nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.	57
Tabela 20. Dados de Densidade das partículas (Mg m ⁻³) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi, nas diferentes posições da encosta, em agosto e dezembro de 2004.	89

RESUMO

CORDEIRO, Flávio Couto. **Atributos edáficos em áreas de pastagem plantada em relevo movimentado no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.** UFRRJ. Seropédica: UFRRJ, 2006 89f. (Dissertação, Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo).

Um dos maiores desafios da agropecuária mundial é aumentar a produtividade de diversas culturas, levando ao maior retorno sobre os investimentos, com sustentabilidade. Para tanto, é necessário estudar como minimizar efeitos negativos do manejo agrícola e as alterações nas propriedades funcionais e estruturais do solo e o comportamento do sistema como um todo. O estudo foi realizado na Fazenda Pau Ferro, Itaperuna – RJ, e teve como objetivo avaliar atributos do solo como indicadores de qualidade do solo em pastagens em relevo movimentado, com as gramíneas Braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf), Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent) e Tifton 85 (*Cynodon spp.* cv Tifton 85). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas e duas repetições. Amostras de solo foram coletadas de 0-10 e 10-30cm, no período seco (agosto de 2004, maio e agosto de 2005) e no período chuvoso (dezembro de 2004), nas seções de encosta terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). Os atributos físicos avaliados foram: a estabilidade dos agregados, os índices de estabilidade dos agregados Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e porcentagem de agregados estáveis em água > 2,0mm; a densidade do solo (Ds) e o volume total de poros (VTP) e os atributos químicos foram: o teor de carbono orgânico total (COT), as substâncias húmicas e a fertilidade do solo. Além disto, também foram coletadas amostras da parte aérea e do sistema radicular. Para se estudar o efeito multidimensional dos atributos do solo foi feita à análise dos componentes principais (ACP). Os atributos distribuição do peso de agregados em função das classes de tamanho, em especial na classe > 2,0mm, o teor de carbono orgânico total e o teor de carbono nas substâncias húmicas (C-AH e C-AF) se mostraram sensíveis aos efeitos dos tratamentos, tipos de gramíneas e sazonalidade. Em geral, a área com Braquiária apresentou maiores valores de DMP, DMG e % AGRI >2,0mm e maiores COT e COH, sendo o carbono da fração HUM (C-HUM) presente em maior quantidade em relação ao C-AH e C-AF. Dentre as frações da MO do solo, a fração húmica foi a que apresentou maiores valores de carbono. Para a área de Tifton 85 também foram verificados altos valores de DMP, DMG, % AGRI >2,0mm, COT e COH. A ACP possibilitou avaliar os efeitos multivariados dos atributos químicos e físicos do solo, separando as áreas estudadas em função da sazonalidade e posições da encosta. As características físicas e químicas mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram: DMP; agregados >2,0mm; microagregados, nas faixas de 0,50-0,25 e 0,25-0,10mm; C-AH; C-AF; COT; Valor S e Valor T. As áreas de Tifton 85 (TS) e Suázi (TS e TM) foram mais influenciadas pelas características físicas do solo, tendo maiores valores de correlação com o VTP e com a massa de agregados entre 2,0-0,50mm. As coberturas de Braquiária e Tifton-85 apresentaram os melhores índices de qualidade do solo, demonstrando potencial para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas.

Palavras chave: Gramíneas forrageiras, carbono orgânico, estabilidade dos agregados.

ABSTRACT

CORDEIRO, Flávio Couto. UFRRJ. **Edaphic attributes in cultivated pasture areas in the northwest of the State of Rio de Janeiro**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 89f. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

One of the largest challenges of the world agriculture is to increase the productivity of several crops, to obtain larger return on the investments, with sustainability. For that, it is necessary to study how to minimize negative effects of agricultural handling and alterations in the soil functional and structural properties, and the behavior of the system as a whole. The study was carried out in the Fazenda Pau Ferro, located in Itaperuna municipality, Rio de Janeiro State, and had as objective to evaluate soil attributes as indicators of soil quality in cultivated pastures areas, Braquiaria (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf), Suazi (*Digitaria swazilandensis* Stent) and Tifton 85 (*Cynodon* spp. cv Tifton 85) cultivated in a hilly landscape. The experimental design was completely randomized in subdivided blocks with three treatments (grasses) and two replications. Soil samples were taken at 0-10 and 10 -30cm depth, in two seasons - dry period (August of 2004, May and August of 2005) and in the rainy period (December of 2004) on different sections: at the hillside shoulder (TS), back slope (TM) and foot slope (TI) positions. The physical attributes evaluated were: soil aggregate stability, being used the indexes mean weight diameter (MWD), mean geometric diameter (MGD) and percentage of stable aggregates in water > 2,0mm; the bulk density (BD) and the total volume of pores (TVP). The chemical attributes analyzed were: total organic carbon (TOC), C in the humic substances (COH) and soil fertility. Samples of aerial part and grass root system were also collected. To study the multidimensional effect of soil attributes the Principal Component Analysis (PCA) was applied. The aggregates weight distribution as a function of diameter, specially the >2.0mm class, the total organic carbon content, and the amount of carbon in the humic fractions (C-HA and C-FA) showed to be sensitive to the effect of the treatments, grass types and season of the year. In general, the Braquiária showed higher values of MWD, MGD, and percentage of stable aggregates in water > 2.0mm. It also had higher values of TOC and COH, with the C content in the humin fraction (C-HUM) higher than C-HA and C-FA. Among the fractions of soil organic matter, the humin fraction was the one that presented higher values of carbon. The Tifton 85 grass area also presented high values of MWD, MGD, percentage of stable aggregates in water > 2.0mm, TOC, and COH. The PCA analyses allowed evaluating the multivariate effects of the soil chemical and physical attributes, separating the areas as a function of seasonal variation and slope positions. The physical and chemical characteristics that stronger correlated with the first order axe were: MWD; percentage of stable aggregates in water > 2.0mm; micro aggregates, in the classes of 0.50-0.25 and 0.25-0.10mm; C-HA; C-FA; TOC; S Value, and T Value. The areas with Tifton 85 (TS) and Suazi (TS and TM) were more influenced by the physical characteristics, showing higher correlation values with the total porosity, and the weight of aggregates in the class 2.0-0.50mm. The Braquiaria and Tifton 85 grasses showed the best soil quality indexes, showing a potential as soil coverage in recovery projects of degraded lands.

Key words: Forage grasses, organic carbon, aggregate stability.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores desafios da agropecuária mundial é propiciar aumentos substanciais na produtividade das culturas, levando o agricultor a obter maior retorno dos investimentos realizados e, conseqüentemente maiores lucros, mantendo entretanto, a sustentabilidade dos agrossistemas. Para tanto, é necessário estudar como minimizar efeitos negativos do manejo agrícola e as alterações nas propriedades funcionais e estruturais do solo e o comportamento do sistema como um todo.

A região Noroeste Fluminense ocupa uma área de 5.388,5 km², equivalendo a 12,3% da área total do Estado e está localizada dentro do domínio do Bioma Mata Atlântica. A topografia é constituída, na sua maioria, por terrenos acidentados e com declividades acentuadas. Os solos são, predominantemente, utilizados com pastagens de braquiárias (*Brachiaria* spp.) manejadas com pouca aplicação de insumos e sem práticas de conservação de solo, o que resulta em baixa produtividade do rebanho bovino, chegando a ponto de ter a capacidade de suporte 0,5 UA/ha e a produção de leite/vaca em lactação em torno 3 kg de leite/vaca/dia (EMATER-RIO, 1997). Os processos erosivos são incrementados no início do período chuvoso, devido ao fato da cobertura vegetal protetora do solo encontrar-se expressivamente reduzida, pela significativa redução da cobertura florestal de Mata Atlântica. Os solos apresentam evidentes sinais de degradação, ocorrendo erosão laminar e em sulcos bastante acentuada e, não raras vezes, voçorocas sendo ainda, freqüentemente, agravados pela utilização indiscriminada de queimadas e aração morro abaixo (PROJETO RADEMA, 2000).

A população é de 283.596 habitantes, dos quais 43% estão na área rural. Atualmente, a pecuária leiteira e de corte são as principais atividades econômicas, compreende 6.057 produtores e movimentaram um valor de R\$ 40.250.424,00 no ano de 1997, do qual, 24,4% referem-se à produção de leite e 28,4% à produção de carne (CIDE,1998). No que se refere ao tamanho das áreas de produção, 91% dos estabelecimentos da região possuem áreas com menos de 100 ha. O estado do Rio de Janeiro, apesar de possuir uma topografia ondulada, possui bastante potencial de utilização de pastagens, por se tratar de um estado de clima tropical, com abundância de luz, calor e umidade, o que permite que as plantas tenham sua capacidade de produção aumentada.

Este estudo é parte integrante do Projeto RADEMA (PRODETAB 106/02/99), Sistemas Pastoris Sustentáveis Utilizando Práticas de Plantio Direto para Recuperação de Áreas Degradadas em Relevo Movimentado do Bioma Mata Atlântica na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, coordenado pela Embrapa Solos, em convênio com a Pesagro-Rio, Emater-RJ, REBRAAF, UFSC e UFRRJ/IA-Depto Solos.

A avaliação dos atributos edáficos como indicadores da qualidade do solo é de alta relevância para a região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, que carece de adequados estudos da realidade ambiental para a elaboração de propostas de manejo sustentável. A falta de conhecimento da fragilidade das terras e dos recursos naturais dificulta o planejamento de sua utilização, podendo-se prever graves conseqüências socioeconômicas, caso não sejam tomadas decisões para modificar o quadro atual e reverter o processo de degradação ambiental.

O conhecimento das interações atributos do solo e de produtividade das terras contribuirá para o desenvolvimento e implementação de alternativas de uso sustentável destas, promovendo impactos positivos na vida das populações e na conservação dos ecossistemas. Em nível mais amplo, os conhecimentos gerados poderão ser transferidos para outros ambientes do bioma Mata Atlântica ou áreas sob condições edafoclimáticas similares, em condições de relevo movimentado.

Desta maneira o objetivo do estudo foi avaliar atributos do solo como indicadores de qualidade do solo/sustentabilidade de sistemas pastoris em relevo movimentado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indicadores de Qualidade do Solo

O entendimento atual do conceito de qualidade de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN & SEMENOV, 2000; SPOSITO & ZABEL, 2003). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo refere-se à capacidade do solo sustentar a produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e animais e do próprio ser humano (DORAN et al., 1996; SPOSITO & ZABEL, 2003).

Desde as primeiras discussões a respeito da qualidade do solo (QS) várias linhas de avaliação têm sido propostas. Entre elas, destacam-se aquelas que consideram a necessidade de um conjunto numeroso de atributos químicos, físicos e biológicos do solo para a obtenção de um índice de QS (LARSON & PIERCE, 1991). Em oposição a esta, existem também aquelas que consideram que um número reduzido de atributos chaves, como a matéria orgânica do solo (MOS), pode expressar eficientemente a QS (GREGORICH et al., 1994).

As relações entre as muitas funções do ecossistema, como a conservação da biodiversidade, têm sido ignoradas como indicadores de sustentabilidade do manejo da terra (HERRICK, 2000). Por exemplo, da mesma forma, embora a comunidade ambiental geralmente aceite que a qualidade da água depende da qualidade do solo, há pouca consciência da função que o solo exerce na diversidade e resiliência das comunidades de plantas e animais (HILLEL, 1991).

O acesso às pesquisas tradicionais para calibração de indicadores ambientais não envolve, necessariamente, experimentos dispendiosos. Estes devem, entretanto, ser capazes de estabelecer as relações causais entre os indicadores de qualidade do solo e as funções do ecossistema na conservação dos recursos solo e água (HERRICK, 2000).

O conhecimento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo possibilita a avaliação de sua qualidade e sustentabilidade, assegurando um melhor uso e minimizando impactos do manejo inadequado (DORAN & PARKIN, 1994).

Segundo DORAN & PARKIN (1994), para que as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo sejam consideradas indicadores de qualidade, devem cumprir as seguintes condições:

- Descrever os processos do ecossistema;
- Integrar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo;
- Refletir os atributos de sustentabilidade que se querem medir;
- Ser sensível às variações de clima e manejo;
- Ser acessível a muitos usuários e aplicáveis a condições de campo;
- Ser reproduzível;
- Ser de fácil entendimento;
- Ser sensível a mudanças que ocorrem no solo como resultado da interferência antropogênica;
- E, quando for possível, ser componente de uma base de dados.

Os indicadores disponíveis para avaliar a qualidade do solo podem variar de localidade dependendo do tipo de uso, função e fatores de formação do solo (ARSHAD & COEN, 1992).

Em virtude da existência de muitos atributos alternativos para avaliar a qualidade do solo, LARSON & PIERCE (1991); DORAN & PARKIN (1994) E SEYBOLD et al., (1997) propuseram um conjunto mínimo de atributos do solo para ser usado como indicador das mudanças que ocorrem no solo ao longo do tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos e biológicos propostos para monitorar as mudanças que ocorrem no solo (LARSON & PIERCE, 1991; DORAN & PARKIN, 1994; SEYBOLD et al., 1997).

Propriedade	Relação com a condição/função do solo	Unidades relevantes ecologicamente; comparações para avaliação
Físicos		
Textura	Retenção e transmissão de água e compostos químicos; erosão do solo	g kg ⁻¹ de areia, silte e argila;
Profundidade do solo e raízes	Estima a produtividade potencial; reservatório de água; susceptibilidade à erosão	Cm ou m
Infiltração e densidade do solo	Potencial de lixiviação; produtividade; recarga de aquíferos e erosividade	min/2,5 cm de água e Mg m ⁻³
Capacidade de retenção de água	Relação com a retenção de água, transporte e erosividade; umidade útil, textura e matéria orgânica	% (cm cm ⁻³), cm de umidade útil 30 cm ⁻¹ ; intensidade de chuva
Químicos		
Matéria orgânica (C e N total)	Define a fertilidade do solo, estabilidade de agregados ou da estrutura e erosão	Kg ha ⁻¹
pH	Atividade química e biológica; disponibilidade de elementos	Comparação entre os limites superiores e inferiores para a atividade vegetal e microbiana
Condutividade elétrica	Atividade vegetal e biológica; salinidade e sodicidade	d Sm ⁻¹ , comparação entre os limites superiores e inferiores para a atividade vegetal e microbiana
P e K extraíveis	Nutrientes disponíveis para as plantas, perda potencial de N; produtividade e indicadores de qualidade ambiental	Níveis suficientes para o desenvolvimento das culturas; kg ha ⁻¹
Biológicos		
C e N da biomassa microbiana	Potencial microbiano catalítico e deposição de C e N, mudanças rápidas dos efeitos do manejo do solo na matéria orgânica	kg N ou C por ha relativos a C e N total ou CO ₂ produzidos
Respiração, conteúdo de umidade e temperatura	Mede a atividade microbiana; estima a atividade da biomassa	kg N ou C ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo à atividade da biomassa microbiana; perda de C em relação à entrada no reservatório total de C
N potencialmente mineralizável	Produtividade do solo e fornecimento potencial de N	kg N ha ⁻¹ d ⁻¹ relativo ao conteúdo de C e N total

As propriedades físicas que podem ser utilizadas como indicadores da qualidade do solo (Tabela 1) são aquelas que refletem a maneira em que este recurso capta, retém e transmite água para as plantas, assim como as limitações que podem ser encontradas

para o crescimento das raízes, a emergência das plântulas, a infiltração e o movimento da água no perfil do solo. A estrutura, a densidade do solo, a estabilidade dos agregados, infiltração, profundidade superficial do solo, a capacidade de armazenamento de água e condutividade hidráulica são algumas das características físicas do solo que se tem proposto como indicadores de sua qualidade (SINGER & EWING, 2000).

Os indicadores químicos (Tabela 1) se referem a condições que afetam as relações solo-planta, a qualidade da água, a capacidade armazenadora do solo e a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas e fauna do solo. Como indicadores tem-se a disponibilidade de nutrientes, carbono orgânico total, carbono orgânico lábil, pH, condutividade elétrica, capacidade de adsorção de fosfatos, capacidade de troca catiônica, mudanças no teor da matéria orgânica, nitrogênio total e nitrogênio mineralizável (SQI, 1996).

Os indicadores biológicos (Tabela 1) integram uma grande quantidade de fatores que afetam a qualidade do solo, como a abundância e subprodutos dos macrorganismos e microrganismos, incluindo bactérias, fungos, nematóides, artrópodes entre outros, cujas funções vitais se correlacionam tão estreitamente com determinados fatores ambientais, que podem ser empregados como indicadores na avaliação de uma dada área. Incluem como funções a taxa de respiração, taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o nitrogênio e carbono da biomassa microbiana (SQI, 1996; KARLEN et al., 1997).

A exploração desordenada dos solos, aliada à destruição da cobertura vegetal, intensifica a erosão e, conseqüentemente, a perda de fertilidade dos mesmos, o que resulta no abandono das áreas por parte dos produtores.

Propriedades físicas, como o espaço poroso preenchido por água que influencia a atividade biológica, têm sido identificadas como importantes indicadores de qualidade do solo. Embora o espaço poroso seja mais dependente temporalmente, e talvez espacialmente, do que outros indicadores físicos, como densidade do solo ou indicadores químicos como CTC, a porosidade do solo pode apresentar respostas rápidas às variações nas práticas de manejo de solo e culturas (LINN & DORAN, 1984; DORAN et al., 1990).

Outras propriedades físicas usadas como indicadores para avaliar os efeitos de práticas de manejo do solo e de cultura na qualidade do solo são: a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados do solo.

Muller et al. (2001) trabalharam na região amazônica com pastagens de *Panicum maximum* Jacq. em quatro estádios de degradação: pastagem produtiva; pastagem em declínio; pastagem degradada (capoeira); e pastagem recuperada com implantação de *Andropogon gayanus* (Kunth). Eles concluíram que a degradação das pastagens diminuiu a cobertura do solo e o deixou mais exposto à chuva e ao pisoteio do gado, resultando em aumento da densidade do solo na camada superficial e diminuição do grau de flocculação da argila e da porosidade total. Também reportaram que a diminuição da produção da parte aérea na pastagem degradada foi acompanhada de diminuição do número de raízes no perfil do solo e da concentração de raízes.

As propriedades químicas também são importantes na avaliação da qualidade do solo. O conteúdo de carbono orgânico tem sido sugerido como indicador de qualidade do solo, entre outras razões, porque a diminuição deste componente pode estar diretamente relacionada à redução da estabilidade de macro e microagregados (TISDALL & OADES, 1982). O aumento nas concentrações de nutrientes, matéria orgânica e íons hidrogênio (diminuição do pH) na superfície do solo e a estratificação de fósforo e potássio têm sido relatados por vários pesquisadores como propriedades associadas a modificações na qualidade das terras. Para se discutir práticas de manejo

químico das pastagens, o conhecimento dos atributos do solo é relevante e o nível de fertilidade do solo é certamente um dos principais fatores que determina o montante de produção e o valor nutritivo da forragem (CORSI & NUSSIO, 1992).

CAMARGO FILHO (1999), estudando a recuperação de áreas degradadas no município de Paty do Alferes-RJ, com a introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas, ao comparar os tratamentos das gramíneas “Coast-cross”, Tifton 85, Suazi e Braquiária no que se refere ao comportamento funcional do solo (estrutura, porosidade, consistência, resistência à penetração, desenvolvimento de raízes, atividade biológica, entre outras) observou melhor desempenho do Suazi em relação às outras gramíneas nos atributos avaliados.

2.2 Pastagens no Ambiente de Mar de Morros - Região Sudeste

AB’SABER (1995), denominou a região acidentada coberta originalmente por floresta tropical, com substrato de rochas cristalinas, principalmente gnáissicas e granítica como Mar de Morros (RESENDE & RESENDE, 1996; IPPOLITI et al., 2005). Essa feição possui topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos. Drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales fechados e abertos, planícies aluviais com presença constante de alagamento. Constitui geralmente um conjunto de formas em “meia laranja” (RELEVO, 2004).

As principais classes de solos da região são os Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos (REZENDE et al., 1988). As condições climáticas são muito variáveis, com efeito marcante da latitude e variações da altitude. A precipitação média é superior a 1500 mm ano⁻¹, mas a amplitude varia de 900 mm no norte com período seco de seis meses até 3500 mm na parte litorânea. A temperatura média varia de 20 a 24°C, com amplitude de -4 °C a 42°C (IBGE, 1995).

O ambiente de Mar de Morros vem sendo degradado desde a época do descobrimento do Brasil, com a exploração intensiva da Mata Atlântica e a drástica remoção de sua reserva madeireira. Posteriormente, desenvolveu-se o cultivo da cana-de-açúcar e, principalmente, do café e atualmente da braquiária para pastagem. O seu relevo, ondulado a montanhoso, aumenta a fragilidade ambiental da paisagem (XAVIER et al., 1998).

Em muitas regiões do Brasil, as propriedades rurais de exploração pecuária situam-se em áreas montanhosas e as pastagens são constituídas, principalmente, por espécies nativas ou naturalizadas (XAVIER et al., 1998). As pastagens da Região Sudeste são, em grande parte, antrópicas e foram implantadas após a derrubada da mata, processo iniciado logo após a colonização do Brasil.

Na região sudeste do Brasil, a situação das pastagens localizadas em áreas de influência da Mata Atlântica é mais grave pelo predomínio de solos de baixa fertilidade (RESENDE & RESENDE, 1996; CARVALHO, 1998) em zonas de topografia acidentada, onde a cobertura vegetal é muitas vezes, escassa, gerando problemas de erosão e mau aproveitamento da água da chuva.

Estes solos apresentam uma acentuada deficiência de fósforo, o qual limita o crescimento das forrageiras na fase de estabelecimento (CARVALHO et al., 1985), e deficiência de nitrogênio e potássio (CARVALHO et al., 1991), que limitam a produtividade depois do estabelecimento. Devido à baixa capacidade de suporte das pastagens naturais de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.), as pastagens cultivadas nessas áreas acidentadas têm sido formadas utilizando-se principalmente as

gramíneas *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (RESENDE & RESENDE, 1996).

Pesquisadores da EMBRAPA Gado de Leite, localizada em Coronel Pacheco (MG), estudando os efeitos e produção de 15 gramíneas forrageiras em áreas de declive acentuado chegaram a conclusão de que as braquiárias, principalmente as espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proporcionaram melhor cobertura vegetal, apresentando em média de 90% de cobertura, o que é considerado um índice positivo para o controle da erosão (XAVIER et al., 1998).

2.3 Forrageiras Estudadas

2.3.1 *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Hochst. ex A. Rich.) Stapf

Trata-se de uma espécie cosmopolita em solos vulcânicos no continente africano e apresenta grande diversidade de tipos. É descrita como planta perene, cespitosa com bom valor forrageiro e alta produção de massa seca, muito robusta, lâminas foliares linear-lanceolada, rizomas muito curtos e encurvados (SOARES FILHO, 1994), tem porte ereto, 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais prostados. Esta gramínea é originária do Zimbábue e sua grande representatividade nas pastagens cultivadas está relacionada principalmente à resistência a cigarrinha das pastagens (NUNES et al., 1984). O Marandu tem grande produção de matéria seca por área, podendo produzir até 25,5 t MS por hectare por ano (Azevedo et al., 1992).

Um importante atributo devido à adaptação edafoclimática desta gramínea é a capacidade de produção de raízes, a qual proporciona uma maior área para absorção de água e nutrientes em solos de baixa fertilidade e/ou quando sob condições de estresse hídrico (VALLE et al., 2001). KANNO et al. (1999), num experimento de pastejo contínuo de pastagens recuperadas, observaram que após três anos de pastejo as plantas de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* apresentavam, em média, maior quantidade e melhor distribuição de raízes em profundidade, quando comparadas às plantas de *Panicum* e *Andropogon*.

Estas espécies possuem alta resposta à aplicação de fertilizantes, alta capacidade de cobertura do solo com domínio de invasoras, bom desenvolvimento sob sombra, boa qualidade forrageira, alta produção de raízes e sementes. Como aspectos negativos têm-se a baixa adaptação a solos mal drenados, resistência moderada a seca, necessidade de solos medianamente férteis para persistência em longo prazo e susceptibilidade à mancha foliar fúngica (RAO et al., 1996).

2.3.2 Tifton 85 (*Cynodon* spp. cv. Tifton 85)

O Tifton 85 é um híbrido F₁ interespecífico entre “Tifton 65” (*Cynodon nlemfuënsis*) e uma introdução, aparentemente, *C. dactylon*, proveniente da África do Sul, denominado PI 260884. Esta cultivar foi selecionada por causa de seu elevado potencial produtivo de forragem com elevada digestibilidade comparativamente às outras gramas-bermuda “bermuda grass” (SOLLENBERGER et al., 1995).

Foi descrito por Burton et al., (1993) sendo “mais alta, com colmos maiores, folhas mais largas e com coloração verde mais escura que outras gramas-bermuda híbridas”. Apresenta hastes grandes, e rizomas bem desenvolvidos.

É muito palatável e seus talos finos permitem a confecção de fenos de boa qualidade (Burton et al., 1993). Atinge mais de 50 cm de altura, produz 26% mais

matéria seca (MS) e para MICKENHAGEM (1996) é 11% mais digestível do que o capim “Coast-cross”.

O Tifton 85 tem grande produção de matéria seca por área, podendo produzir até 22,4 t MS por hectare por ano e teor médio de proteína bruta de até 21,0% (ALVIM et al. 1998).

É uma gramínea resistente à invasão por plantas daninhas, ao frio e à seca por possuir rizomas. Tem sido recomendada para terrenos de maior declividade porque fecha melhor o solo por possuir rizomas e estolões. É uma gramínea de alta produtividade e alta qualidade, tanto para pastejo como para produção de feno para bovinos e eqüinos (PEDREIRA & MELO, 2001).

2.3.3 Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent)

O capim Suázi, também chamado de Digitária é uma gramínea perene, bastante agressiva, imprimindo boa cobertura de solo, formando pequenos emaranhados de 2 a 20 cm de altura, elevando os caules com inflorescência até 10 a 40cm de altura, porém não produz sementes viáveis. Sua agressividade impede o desenvolvimento de plantas invasoras (MARASCHIM, 1988). Vegeta nos trópicos e subtropicais e as regiões com precipitações de 625 a 2500 mm prestam-se ao seu cultivo (WHYTE et al, 1959).

A produção de matéria seca do Suázi atinge 25,5 t MS por hectare por ano quando bem manejado (SCHANK et al., 1977). Esta gramínea tem-se mostrado muito adequada para revegetação de áreas de mineração de bauxita e também cresce bem em taludes e cortes de estrada (MARASCHIM, 1988).

Esta forrageira é resistente à seca e a queima (Parra & Flores, 1977). Suporta alta intensidade de desfolhação e é de excelente recuperação e persistência. É de moderada eficiência na utilização de nitrogênio para a produção de biomassa aérea, respondendo em forma linear a níveis de até 200 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ com uma maior eficiência ao nível de 100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (SANABRIA, 1986). FLORES & PARRA, (1976) indicam que o Suázi responde a adubação nitrogenada, mas que o fósforo é o elemento mais limitante para a produção.

2.4 Matéria Orgânica do Solo

A atuação da matéria orgânica nas propriedades do solo é de muita importância como fonte de energia e de nutrientes para os organismos e para as plantas, na capacidade de troca de cátions e no tamponamento do pH. Ela participa, também, como agente cimentante na agregação do solo, influenciando, diretamente, a retenção de água e o arejamento (FELLER & BEARE, 1997).

O aumento do conteúdo da matéria orgânica do solo (MOS) tem um limite que é regulado, principalmente, por três mecanismos, de acordo com FELLER & BEARE (1997) e SIX et al., (2002):

- a) estabilização física, ou proteção contra a decomposição por meio da formação de microagregados do solo;
- b) formação de complexo entre matéria orgânica e partículas de silte e argila;
- c) estabilização bioquímica, por formação de compostos recalcitrantes.

O primeiro mecanismo de proteção da MOS leva em consideração a proteção física por formação de agregados, sendo que para tal formação é indispensável que

ocorra a cimentação da fração argila, por algum agente cimentante, como polissacarídeos produzidos por microrganismos (HARTEL, 1999). Assim são formados os microagregados ($\emptyset < 250\mu\text{m}$) e macroagregados ($\emptyset > 250\mu\text{m}$) (OADES, 1993; CAMBARDELLA & ELLIOT, 1993; SIX et al., 2002).

Por sua vez, a estruturação do solo é responsável pela proteção da MOS, o que se deve: a) a compartimentalização do substrato e da biomassa microbiana, ou seja, maior concentração de matéria orgânica dentro dos agregados e maior densidade microbiana na superfície externa do agregado; b) a redução da difusão de oxigênio para dentro dos agregados, especialmente dos microagregados; c) a compartimentalização da biomassa microbiana e dos predadores de microrganismos (SIX et al., 2002). Assim, a formação de agregados promove o aumento da MOS por proteção física (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1993; SIX et al., 2002) e, conseqüentemente, o cultivo excessivo do solo, por estar relacionado à desagregação, reduz essa proteção física.

O segundo mecanismo de estabilização é a formação de complexos entre MOS e as partículas de silte e argila (FELLER & BEARE, 1997; SIX et al., 2002). Neste sentido, HASSINK (1997) observou haver uma relação mais ou menos entre a porcentagem de partículas do solo $< 20\mu\text{m}$ e a quantidade de C e N associadas a essa fração, que foi considerada como uma estimativa da capacidade do solo de preservar C e N por meio da associação destes com partículas da fração silte e argila. Assim, é de se esperar que solos com maior teor de argila e silte possuam maior capacidade de proteção da matéria orgânica quando comparados a solos arenosos. Em solos tropicais, essa característica da fração argila não é tão acentuada, pois os óxidos de Fe e Al atuam de duas formas contrastantes. Por um lado, reduzem a superfície das partículas disponível para proteção da MOS, por serem fortes agentes floculantes de argilas, e, por outro, esses óxidos podem atuar diretamente como agentes floculantes da MOS, protegendo-a do ataque dos microrganismos (SHANG & TIESSEN, 1997).

A proteção da MOS por meio da estabilização bioquímica ocorre devido à formação de compostos químicos de estrutura complexa, os quais se tornam difíceis de se decomporem pela atividade microbiana (ROVIRA & VALLEJO, 2003; SIX et al., 2002). Essa estrutura química é função dos próprios compostos orgânicos que constituem as plantas e seus resíduos (taninos, lignina, polifenóis) e/ou é resultado de reações químicas (condensação e complexação) durante a decomposição (SIX et al., 2002). FISHER et al. (1994) sugeriram que as gramíneas forrageiras de clima tropical (*A. gayanus* e *Brachiaria* sp.) são capazes de aumentar o armazenamento de C no solo devido ao extenso sistema radicular e a baixa qualidade destes resíduos.

A matéria orgânica pode ter, também, efeito direto sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Dessa forma, tem sido observado estímulo no crescimento radicular e foliar com a aplicação de substâncias húmicas na forma de adubo orgânico. Esse efeito tem sido correlacionado com o aumento na absorção de macro e micronutrientes, decorrente do aumento de sua solubilização. Contudo, pode ocorrer, também, absorção pelas plantas de frações orgânicas de baixo peso molecular, podendo acarretar aumento na permeabilidade da membrana celular e agindo, também, como hormônio (CHEN & AVRAD, 1990).

A redução dos conteúdos de matéria orgânica do solo tem relevância no processo de degradação das pastagens. Pois a fase mineral dos solos nas regiões tropicais geralmente contribui muito pouco com a liberação de nutrientes e, além disso, ocorrem processos de imobilização, com a formação de complexos de difícil reversão, entre os nutrientes disponíveis e a própria fase mineral. Dessa forma, o solo e a planta competem pela aquisição dos nutrientes disponíveis no solo.

O conteúdo de matéria orgânica em solos de regiões tropicais, altamente intemperizados, é geralmente baixo. A quantidade de matéria orgânica presente é regulada pela taxa de produção primária de material orgânico, pela distribuição dos fotoassimilados entre parte aérea e raízes e pela velocidade de decomposição dos compostos orgânicos (BATJES, 1996; ANJOS et al., 1999).

Os componentes da matéria orgânica do solo podem ser observados na Figura 1.

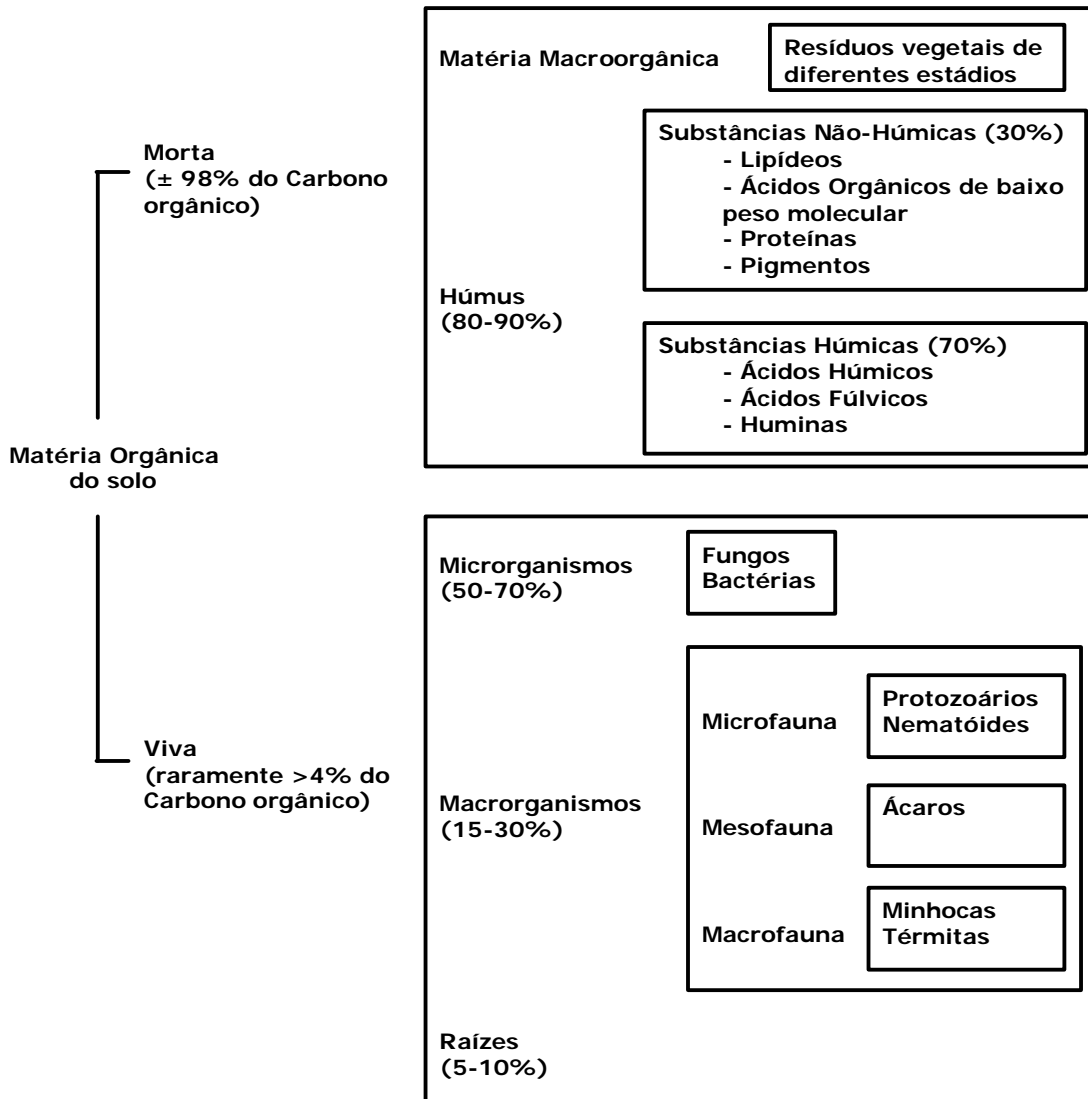


Figura 1. Diagrama demonstrando os componentes da matéria orgânica do solo. (Fonte: MACHADO, 1999).

As substâncias húmicas são consideradas o estágio final da evolução dos compostos de C no solo, consideradas a fração orgânica mais estabilizada e, como consequência desta estabilidade, vem constituir a reserva orgânica do solo (STEVENSON, 1994) representando cerca de 30% a 85% do húmus (KONONOVA, 1982). A dinâmica da matéria orgânica influencia os principais processos químicos, físicos e biológicos nos solos, e determina, muitas vezes, seu comportamento químico e de fertilidade (COLEMAN et al., 1989).

Estas desempenham um papel importante na qualidade dos sistemas agrícolas, pois interferem na disponibilidade de nutrientes para as plantas, são fontes de energia

para os microrganismos do solo, influenciam de maneira decisiva nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MIELNICZUK, 1999) e exercem efeitos diretos sobre o desenvolvimento das culturas (STEVENSON & COLE, 1999).

Segundo STEVENSON (1994), as substâncias húmicas podem ser definidas como uma série de polímeros amorfos de coloração amarelo-marrom a preta, de peso molecular relativamente alto e formados a partir de reações de síntese secundárias, bióticas e abióticas. As substâncias húmicas dividem-se em três classes, de acordo com a solubilidade em base forte e extrato tratado com ácido (LESSA et al., 1994):

- a) Resíduo extraível, denominado humina (insolúvel em meio ácido ou alcalino);
- b) Um precipitado escuro chamado ácido húmico (insolúvel em meio ácido);
- c) Material orgânico que permanece na solução ácida, chamado de ácido fúlvico.

As substâncias húmicas interagem com o material mineral, interferindo, assim, na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta, e exercendo um papel primordial na manutenção da fertilidade do solo (MENDOZA, 1996).

Diversas propriedades da matéria orgânica do solo, em particular das SH, dependem das suas características macromoleculares. Essas macromoléculas freqüentemente atingem dimensões que permitem classificá-las como colóides, isto é, agregados formados de numerosos átomos ou moléculas (NOVOTNY & MARTIN-Neto, 1999).

2.5 Agregação do Solo

Embora a estrutura do solo não seja considerada em si um fator de crescimento para as plantas, exerce influência na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas, no suprimento e no desenvolvimento do sistema radicular (PALMEIRA et al., 1999). Os agregados são componentes da estrutura do solo e, portanto, de suma importância na manutenção da porosidade e aeração do solo, no crescimento das plantas e da população microbiana, na infiltração de água e no controle dos processos erosivos (OADES, 1984; DEXTER, 1988).

A agregação do solo é o processo pelo qual as partículas primárias de diferentes tamanhos são unidas e soldadas por diferentes materiais orgânicos e inorgânicos (AMÈZQUITA, 1999). Para a formação do agregado é necessário que os colóides do solo se encontrem floculados e que todos os componentes do agregado sejam posteriormente estabilizados por algum agente cimentante (HILLEL, 1980).

Os agregados podem ser classificados quanto ao tamanho, de acordo com a teoria da hierarquização de agregados (TISDALL & OADES, 1982), em cinco grupos (< 0,2 μm ; de 0,2 a 2 μm ; de 2 a 20 μm , de 20 a 250 μm e > 2000 μm). Os menores que 250 μm são denominados microagregados e os maiores, macroagregados, sendo cada agregado formado pela união dos agregados da classe que vem logo abaixo, seguindo, assim, uma ordem hierárquica. Conforme seus tamanhos, cada classe será unida por diferentes agentes cimentantes.

A matéria orgânica, em sua função como agente cimentante do solo, tem sido foco de vários trabalhos (TISDALL & OADES, 1982; CHANEY & SWIFT, 1984; SILVA & MIELNICZUK, 1998; CASTRO FILHO et al., 1998). O aumento da estabilidade dos agregados está intimamente relacionado com a capacidade da matéria

orgânica de se aderir às partículas minerais do solo, formando as ligações argilo-metal-substâncias húmicas (EDWARDS & BREMNER, 1967).

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem simultaneamente na atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Esses processos atuam por mecanismos próprios, em que são envolvidos por substâncias que agem na agregação e na estabilização (SOUZA et al., 2004). Entre essas, as principais são: argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, metais polivalentes, carbonato de cálcio, óxido e hidróxidos de ferro e alumínio (SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Os agentes orgânicos envolvidos na estabilização dos agregados do solo podem ser divididos em três grupos, quanto a sua resistência à ação microbiana: os transitórios, os temporários e os persistentes. Os primeiros são os polissacarídeos que são rapidamente decompostos pelos microrganismos (ANGERS & MEHUYS, 1989) e, normalmente, estão associados à estabilidade dos macroagregados do solo. Os agentes temporários são as hifas de fungos e raízes, que permanecem no solo por semanas, meses ou até anos, estão associados aos macroagregados. As raízes podem apresentar ação mecânica, promovendo pressão nos constituintes do solo, e química, por meio das secreções. Os agentes persistentes são os materiais orgânicos humificados, principalmente associados aos óxidos de Fe e Al de baixa cristalinidade, constituindo a parte mais importante na formação de microagregados do solo (TISDALL & OADES, 1982).

A vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante, e isto, indiretamente, fornece nutrientes à fauna do solo (KIEHL, 1979). O tipo de vegetação também interfere na estruturação dos solos, ou seja, as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados do que as leguminosas (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990), por apresentarem um sistema radicular extenso e renovado constantemente (HARRIS et al., 1966).

Plantas monocotiledôneas são superiores às dicotiledôneas e gramíneas forrageiras são melhores que cereais na estabilização de agregados, devido ao fato de apresentarem maior biomassa de raiz (OADES, 1993). As raízes de gramíneas podem estar envolvidas direta ou indiretamente no processo de estabilização da agregação do solo. Diretamente, elas formam um emaranhado que desempenha um importante papel do ponto de vista físico, pois aproximam e protegem os agregados do solo, especialmente os macroagregados. Indiretamente, tanto pela exsudação quanto pelos processos que acontecem após a decomposição, as raízes fornecem materiais orgânicos estabilizantes e deposições de carbono nas camadas superficiais do solo, materiais estes de grande importância para a manutenção do solo (CAMARGO FILHO, 1999).

Para TISDALL & OADES (1982), as pastagens proporcionam um aumento nos componentes orgânicos do solo pela maior produção de parte aérea e de raízes. OADES (1984) afirmou que o sistema radicular de pastagens, especialmente o de gramíneas, tem um papel chave na recuperação dos solos, já que elas provêm excelente distribuição e mistura de uma grande quantidade de materiais orgânicos dentro do solo. Ainda segundo o mesmo autor, a ausência ou menor intensidade de distúrbios no solo sob pastagem não somente melhora o ambiente físico e químico, como também estimula a recuperação da fauna do solo (MENEZES et al., 2000a).

CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) ressaltaram a importância do uso de leguminosas em rotações com pastagens perenes, pelo seu fornecimento de nitrogênio e, conseqüentemente, maior taxa de decomposição dos resíduos, em decorrência da menor relação carbono/nitrogênio. PERIN et al. (2002), ao trabalharem com cobertura viva de leguminosas herbáceas perenes, concluíram que essas proporcionaram maiores índices

de estabilidade de agregados, na camada de 0–5 cm de profundidade, em relação a uma área capinada usada como testemunha.

Dentre as propriedades físicas do solo, a estrutura é uma propriedade sensível ao manejo e pode ser analisada segundo variáveis relacionadas a sua forma (ALBUQUERQUE et al., 1995) e ou estabilidade (CAMPOS et al., 1995). De modo geral, com o aumento da intensidade de cultivo tem sido observada alteração no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração (ALBUQUERQUE et al., 1995; ALVARENGA & DAVIDE, 1999; ANJOS et al., 1994; SILVA & MIELNICZUK, 1997). Para um mesmo solo, diferentes práticas de manejo podem afetar distintamente as propriedades, incluindo os processos de agregação (ROTH & PAVAN, 1991; CASTRO FILHO et al., 1998).

Face ao exposto, a estabilidade de agregados tem sido usada como indicador da qualidade física do solo, pois é sensível às alterações, conforme o manejo adotado.

2.6 Manejo e Degradação de Pastagens

O grande segredo do manejo de pastagens é encontrar o equilíbrio entre o solo, a planta e o animal. É sabido que o solo precisa ser conservado em suas boas condições físicas e químicas, isto é, aumento em seu teor de matéria orgânica, boa porosidade para melhor oxigenação e infiltração de água, evitar que haja erosão e ressecamento do solo (GUEDES, 1992).

A planta forrageira possui uma fisiologia que precisa ser respeitada para que apresente o máximo de produção. Quanto ao animal, já são bastante conhecidas suas necessidades e exigências, e, geralmente estas são atendidas, mesmo às vezes de maneira anti-econômica; mas de fato ele é o mais respeitado dentro do trinômio. Assim, o grande sucesso de uma exploração pecuária é equilibrar a demanda dos três elementos num sistema de pastagens (GUEDES, 1992).

O declínio gradual de produtividade das pastagens, com o decorrer dos anos, está diretamente relacionado com a fertilidade e as características físicas do solo (consistência, taxa de infiltração, porosidade, textura, densidade etc.). Contudo, outros fatores também contribuem para este processo, tais como deficiências em seu estabelecimento (sementes de baixa qualidade, mau preparo do solo etc.) e a utilização de práticas de manejo inadequadas. Em geral, a utilização das pastagens cultivadas tem sido realizada sob condições de altas pressões de pastejo, associadas ao pastejo contínuo ou períodos mínimos de descanso, as quais não são compatíveis com a manutenção do equilíbrio do complexo solo-planta-animal que permita uma produtividade satisfatória da pastagem em longo prazo (CARVALHO, 1993).

Em geral, as causas mais importantes da degradação tem sido relacionadas ao manejo equivocado da espécie forrageira, estabelecimento inadequado, além da escolha equivocada da espécie ou cultivar forrageiro para dada situação de manejo, clima ou fertilidade do solo impróprios, uso excessivo do fogo, compactação do solo por máquinas e animais, presença de pragas, doenças e plantas invasoras, e falhas na adequação do projeto de exploração pecuária como um todo, incluindo problemas relativos a conservação dos solos, distribuição de bebedouros e saleiros, conservação de forragens e planejamento do equilíbrio da oferta e demanda de alimentos ao longo do ano (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

No Brasil, as áreas de pastagens compreendem aproximadamente 180 milhões de ha, cerca de 20% do território nacional (FAO, 2003). Desse total mais de 60% das áreas pastoris são constituídas por pastagens cultivadas (ANUÁRIO ESTATÍSTICO

DO BRASIL, 1996). A região sudeste do país é responsável por cerca de 19,8 milhões de hectares de pastagens naturais e 12,1 milhões de hectares de pastagens plantadas (BATISTA, 2002).

A região sudeste do Brasil é caracterizada pela presença de relevo acidentado e solos ácidos com baixa fertilidade natural, onde o desmatamento feito no decorrer do tempo resultou na substituição da maior parte da vegetação nativa por espécies cultivadas, sendo que nas áreas montanhosas predominou as pastagens naturalizadas de capim gordura (*Melinis minutiflora*), contudo essa espécie vem sendo gradativamente substituída por forrageiras mais agressivas, como as do gênero *Brachiaria* (BOTREL et al., 1988). Fatores como manejo inadequado e deficiências nutricionais do solo têm concorrido para reduzir a produtividade do capim gordura, nos locais onde a substituição ainda não foi processada, bem como nas pastagens do capim braquiária, resultando no aparecimento de áreas descobertas que são povoadas por invasoras de folhas largas ou por gramíneas de baixo valor nutritivo, levando à degradação das pastagens. Em situações mais graves, a redução da cobertura vegetal se acentua e as perdas do solo por erosão são facilitadas.

O processo de degradação das pastagens pode ser reversível quando medidas controladoras, tais como, redução na taxa de lotação, vedação da pastagem em épocas estratégicas, controle de invasoras, entre outras técnicas, que são tomadas logo após o surgimento dos primeiros sinais de degradação (CARVALHO, 1993).

O início da degradação normalmente é caracterizado pela diminuição da área de solo que é coberta pelo estande de plantas forrageiras e redução do número de plantas novas, diminuição da produção, mudanças na composição botânica e diferentes graus de erosão do solo (NASCIMENTO JR. et al., 1994).

Também quando a produção de forragem é cada vez mais insuficiente para manter determinado número de animais no pasto, durante certo tempo. Diversas causas concorrem para o progressivo declínio da produtividade das pastagens. De acordo com MEIRELLES (1993) quando a produção de matéria seca diminui sensivelmente, a planta forrageira já reduziu drasticamente o seu sistema radicular. Como a decomposição das raízes e a deposição da liteira são as principais vias de ingresso da matéria orgânica no solo, acredita-se que deva existir relação entre o processo degradativo do sistema solo-planta e a redução na quantidade de carbono orgânico que anualmente é reciclado via sistema radicular. Todavia, existe pouca informação sobre a produção de biomassa radicular em ecossistemas de pastagens naturais ou cultivadas.

Os maiores problemas da exploração da pecuária estão na deficiência e baixa qualidade das pastagens no período seco do ano, o que prejudica o desempenho produtivo do rebanho. Nesse período, as pastagens, além da escassez, apresentam baixo valor nutritivo, baixo coeficiente de digestibilidade e pouca palatabilidade para o gado, resultando em consideráveis prejuízos para os criadores, pela baixa eficiência produtiva e reprodutiva do rebanho (YOKOYAMA et al., 1999).

Segundo MACEDO et al. (2000), nos últimos anos, muitas informações foram geradas pela pesquisa, dando origem a várias tecnologias de recuperação de pastagem, destacando-se as seguintes: recuperação direta, utilizando-se corretivos de acidez, adubação e manejo do solo (ZIMMER et al., 1994); recuperação, utilizando-se rotação com cultivos anuais de média (SEGUY et al., 1994) e curta duração (ZIMMER et al., 1994); e recuperação, consorciando-se culturas anuais com forrageiras, principalmente dos gêneros *Brachiaria* e *Andropogon* (YOKOYAMA et al., 1999).

A degradação pode ser evitada com o uso de tecnologias que mantenham a produção no patamar desejado, observadas as potencialidades do clima, solo, planta, animal e sistema de manejo adotado.

No entanto, quando as pastagens estão em processo de degradação, estas precisam ser recuperadas ou renovadas. Recuperar uma pastagem consiste no restabelecimento da produção mantendo-se a mesma espécie ou cultivar. Renovar uma pastagem consiste no restabelecimento da produção com a introdução de uma nova espécie ou cultivar (MACEDO et al., 2000).

COSTA & REHMAN (1999) afirmaram que a principal causa da degradação de pastagens é o superpastejo, um cenário que freqüentemente resulta de manejo inadequado. O superpastejo reduz o vigor das plantas, sua capacidade de rebrota e produção de sementes (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

Entre os critérios para a identificação do grau de degradação de áreas de pastagem foi proposto por SOUZA NETO & PEDREIRA (2004), que a fertilidade do solo, a massa seca de raízes, a população de plantas e presença de invasoras, a altura, perfilhamento e produção de forragem da pastagem sejam utilizados como parâmetro para caracterização da degradação da pastagem. A seguir será apresentado um resumo de cada um destes parâmetros, segundo os autores citados.

2.6.1 Fertilidade do solo

A fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes envolvidos na longevidade de pastagens. Solos de fertilidade elevada ou espécies mais adaptadas a condições ótimas de fertilidade são elementos chave para que as pastagens permaneçam produtivas ao longo do tempo. O monitoramento e o manejo adequado da fertilidade do solo, a escolha correta da espécie ou cultivar forrageiro a ser implantado em determinada área, além dos aspectos de reposição ou elevação da fertilidade com trabalho de calagem e adubação são componentes fundamentais à longevidade de pastagens produtivas. Cada espécie apresenta um nível crítico interno e externo de nutrientes necessários à alta produtividade. De posse dos resultados das análises de rotina, tem-se um importante indicador do potencial produtivo das áreas que se pretende estudar, o qual fornecerá subsídios para a composição de um quadro mais completo (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

Para a recuperação de áreas degradadas é fundamental a melhoria da fertilidade do solo e o manejo adequado da planta forrageira (ANCHÃO, 1997). O manejo da fertilidade do solo em áreas de pastagens degradadas difere do realizado em áreas recém-implantadas ou manejadas intensivamente há muitos anos. A resposta ao uso de fertilizantes em pastos degradados aumenta durante o processo de recuperação (OLIVEIRA et al., 2003).

O acúmulo de nutrientes na parte aérea de pastagens em processo de recuperação é alto. OLIVEIRA et al. (2000) encontraram acúmulo e posterior exportação de 326, 38 e 22 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, P e S, respectivamente, durante a recuperação de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Mesmo sendo baixa a exportação de nutrientes pelos animais destinados à produção de carne, leite e lã, a alta extração pelas plantas, somada às perdas e à ineficiência da reciclagem de nutrientes das dejeções animais, principalmente do nitrogênio (BODDEY et al., 2000), comprometem a sustentabilidade das pastagens, levando à degradação.

2.6.2 Massa de raízes

A maior parte das pesquisas com plantas forrageiras se concentra em estudos apenas de sua parte aérea. Há mais de duas décadas DAVIDSON (1978) mencionava ser surpreendente a existência de tão poucos dados relacionados a pesquisas sobre

raízes, mencionando-as como o componente esquecido das pastagens. A atual situação da pesquisa centrada em estudos de sistemas radiculares parece continuar caminhando a passos lentos, principalmente no caso de forrageiras tropicais. Dada situação é ratificada por BONO et al. (2000), enfatizando a falta de informações disponíveis sobre a produção de biomassa e morfologia do sistema radicular de forrageiras e por SCURLOCK & HALL (1998), estimando em menos de 10% os estudos mundiais sobre pastagens com medições diretas da biomassa subterrânea (PAGOTTO, 2001).

A importância do sistema radicular das plantas forrageiras não se restringe apenas no papel trivial de fixação da planta e absorção de água e nutrientes. O sistema radicular participa no mecanismo de recuperação da planta forrageira após a desfolha (COUTINHO et al., 2004).

A redução na massa seca de raízes é geralmente proporcional à intensidade de desfolha e os efeitos mais significativos sobre o sistema radicular ocorrem na primeira semana após o corte ou pastejo (CORSI et al., 2001). O crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas têm grande influência das condições ambientais, porém a disponibilidade de nutrientes também exerce papel fundamental (LAVRES JUNIOR & MONTEIRO, 2003).

Considerando o envolvimento múltiplo das raízes nos processos químicos, físicos e biológicos do solo, e ainda a variedade de manejos às quais os pastos possam estar submetidos, a simples determinação da massa seca radicular ao longo do perfil é insuficiente para avaliar o efeito do sistema radicular sobre a qualidade do solo (LIBARDI & JONG VAN LIER, 1999), devendo ser complementada pela quantificação do comprimento total das raízes, seu diâmetro e área radicular (ROSSIELLO et al., 1995), podendo ser utilizado o procedimento de estudo da distribuição radicular descrito por BRASIL et al. (1998). Por outro lado é essencial que tal parametrização seja acompanhada de um monitoramento conjunto das propriedades físicas e químicas do ambiente edáfico e das condições climáticas que influenciam o crescimento da parte aérea (MIELNICZUK, 1999), para que os dados obtidos possam ser avaliados corretamente.

A presença de sistema radicular bem desenvolvido, apesar de difícil observação pelo produtor e, freqüentemente, também pelo pesquisador em condições de campo, tem papel importante como indicador da persistência das plantas em pastagens. As raízes são as primeiras partes da planta forrageira a sofrerem os efeitos do mau manejo e podem, assim, constituir um importante indicador da degradação.

Dentre os fatores que afetam o crescimento das raízes está o manejo das pastagens, que influencia a quantidade de raízes presentes no perfil do solo. Em gramíneas tropicais ocorre uma sensível redução no crescimento radicular imediatamente após o pastejo e, quanto maior a intensidade do pastejo, menor é a taxa de crescimento subsequente do sistema radicular e mais longo é o período necessário à retomada do crescimento das raízes (CORSI et al., 2001). O tempo de descanso após o pastejo e a altura em que o pasto é manejado são fundamentais para a preservação de um sistema radicular desenvolvido e abundante.

2.6.3 População de plantas e presença de invasoras - composição botânica do dossel

A presença de plantas invasoras competindo com a planta cultivada por luz, água e nutrientes pode limitar a produção de forragem, restringindo o desempenho e a produtividade animal e, em casos extremos, desencadear a instalação do processo de degradação (MACEDO et al., 2001).

Em áreas onde a presença de espécies invasoras é muito elevada e onde a degradação da pastagem está avançada, normalmente não há outra solução senão a reforma ou renovação da pastagem. Um dos objetivos do manejo, portanto, deve ser evitar o aumento do número de plantas invasoras por unidade de área, pois as invasoras são indicadoras de que o manejo não está adequado. O diagnóstico precoce de infestação permite a implementação de técnicas de controle de invasoras (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

A identificação e a quantificação da presença de invasoras não exige exames laboratoriais, são simples e de baixo custo. Dentre os métodos mais usados está o de avaliação de amostras do estande, com ou sem corte de plantas, em pontos eleitos ao acaso ou de maneira sistematizada, usando-se molduras de área conhecida. Nesses pontos da pastagem pode-se contar o número de plantas forrageiras e de plantas invasoras por m², bem como avaliar visualmente a porcentagem de cobertura do solo por plantas forrageiras e plantas invasoras. Pode-se, ainda, cortar a vegetação do interior da moldura para separação manual no laboratório (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

2.6.4 Altura, perfilhamento e produção de forragem

A altura das plantas ou do dossel, o perfilhamento e a produção de forragem são medidas relativas do vigor do estande forrageiro e que permitem inferir o grau da degradação de uma pastagem, principalmente quando essas respostas são apreciadas ao longo de intervalos de tempo, ou seja, dentro de um contexto dinâmico. Pastagens em degradação são geralmente compostas por plantas debilitadas, freqüentemente menos vigorosas que aquelas de pastagens produtivas (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

Características de perda de vigor incluem menor altura, menor peso de matéria seca e menor número de perfilhos por planta para plantas de estágio de crescimento equivalente. Apesar de relativamente objetivos, todavia, esses critérios podem carregar o efeito de práticas de manejo e devem ser tomados com critério se deles se pretende inferir a condição atual do estande, sendo mais bem utilizados para produzir uma série histórica das áreas avaliadas (SOUZA NETO & PEDREIRA, 2004).

As medições pontuais da altura de plantas individuais ou do dossel, bem como do perfilhamento e sua dinâmica e da produção de forragem para um dado intervalo de tempo são simples e de baixo custo. A altura de plantas ou do dossel pode ser medida com régua usando-se ou não superfícies integradoras para reduzir a variabilidade espacial da vegetação. Populações de perfilhos podem ser quantificadas em pequenas áreas em qualquer ponto do tempo e as taxas de aparecimento, morte e sobrevivência de perfilhos podem ser calculadas marcando-se populações de perfilhos vivos e mortos dentro de pequenas áreas da pastagem e fazendo-se amostragens sucessivas dessas pequenas áreas ao longo do tempo e com a freqüência que se julgar conveniente (CARVALHO et al., 2001). A produção de forragem pode ser quantificada para qualquer intervalo de tempo através da amostragem da massa de forragem em pontos no tempo, existindo para isso uma série de métodos, cuja aplicabilidade e viabilidade são variáveis de acordo com infra-estrutura local e mão-de-obra treinada (PEDREIRA, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo é parte integrante do Projeto RADEMA (PRODETAB 106/02/99), Sistemas Pastorais Sustentáveis Utilizando Práticas de Plantio Direto para Recuperação de Áreas Degradadas em Relevo Movimentado do Bioma Mata Atlântica na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, coordenado pela Embrapa Solos, em convênio com a Pesagro-Rio, Emater-RJ, REBRAJ, UFSC e UFRRJ/IA-Depto Solos.

O projeto visou implantar Unidades de Pesquisa Participativa e Demonstrativa (UPEPADE) em terras de agricultores, com vistas à recuperação de áreas/pastagens degradadas em relevo movimentado associado à elevação da produtividade/nível tecnológico, introduzindo/adaptando práticas de plantio direto, novas gramíneas e manejo sustentável de pastagens, na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

As ações do projeto foram distribuídas em quatro subprojetos. Cada um possui uma instituição executora, buscando não somente a multistitucionalidade, mas, sobretudo, a redução de custos, através do trabalho integrado das ações de pesquisa, transformação, adaptação e transferência de tecnologia. As ações deste projeto efetivam a integração da Pesquisa/Ensino/Extensão/Agricultor; avanço tecnológico; aumento da produção de leite/carne e capacidade de suporte; implantação de pólos irradiadores de transferência de tecnologias para reincorporação de áreas/pastagens degradadas ao sistema produtivo, melhoramento dos níveis sócio-econômicos da Região Noroeste, sem prejuízos ao meio ambiente.

No presente estudo foi utilizada a UPEPADE 5, cujo objetivo era avaliar a produção de massa vegetativa de 3 capins e seu rendimento em ganhos de peso e bovinos em fase de terminação, tendo como instituição executora a UFRRJ, coordenado pela professora Lúcia Helena Cunha dos Anjos através do subprojeto Monitoramento e seleção de indicadores de recuperação da qualidade ambiental das terras de relevo movimentado na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, com apoio da FAPERJ.

3.1 Histórico da Região e Caracterização da Área

A região Noroeste Fluminense ocupa uma área de 5.388,5 km², equivalendo a 12,3% da área total do Estado do Rio de Janeiro e está localizada dentro do domínio do Bioma Mata Atlântica, localizada entre os paralelos de 20° 45' e 21° 50' de latitude sul, e entre os meridianos de 41° 28' e 42° 23', a oeste de Greenwich. (PROJETO RADEMA).

A topografia é constituída, na sua maioria, por terrenos acidentados e com declividades acentuadas (Figura 2). Os solos são, predominantemente, utilizados com pastagens de braquiárias (*Brachiaria* spp.) manejadas com pouca aplicação de insumos e sem práticas de conservação de solo, o que resulta em baixa produtividade do rebanho bovino, chegando a ponto de ter a capacidade de suporte 0,5 UA/ha e a produção de leite/vaca em lactação em torno 3 kg de leite/vaca/dia (Emater-Rio, 1997). Os processos erosivos são incrementados no início do período chuvoso, devido ao fato da cobertura vegetal protetora do solo encontrar-se expressivamente reduzida, pela significativa redução da cobertura florestal de Mata Atlântica. Os solos apresentam evidentes sinais de degradação, ocorrendo erosão laminar e em sulcos bastante acentuada e, não raras vezes, voçorocas sendo ainda, freqüentemente, agravados pela utilização indiscriminada de queimadas e aração morro abaixo (PROJETO RADEMA, 2000).

A população é de 283.596 habitantes, dos quais 43% estão na área rural. Atualmente, a pecuária leiteira e de corte são as principais atividades econômicas, compreende 6.057 produtores e movimentaram um valor de R\$ 40.250.424,00 no ano de 1997, do qual, 24,4% referem-se à produção de leite e 28,4% à produção de carne (CIDE, 1998). No que se refere ao tamanho das áreas de produção, 91% dos estabelecimentos da região possuem áreas com menos de 100 ha. O Estado do Rio de Janeiro, apesar de possuir uma topografia ondulada, possui bastante potencial de utilização de pastagens, por se tratar de um estado de clima tropical, com abundância de luz, calor e umidade, o que permite que as plantas tenham sua capacidade de produção aumentada (PROJETO RADEMA).

A área de abrangência do estudo compreende a região Noroeste Fluminense que é formada por treze municípios, a saber: Aperibé, Bom Jesus de Itabapoana, Cambuci, Italva, Itaocara, Itaperuna, Laje de Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, São José de Ubá e Varre-Sai (Figura 3). A região apresenta-se inserida nos domínios geomorfológicos da Depressão Escalonada dos rios Pomba e Muriaé, Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul e, em pequenas áreas, nos depósitos sedimentares de origem fluvial (BRASIL, 1983). Em relação a geologia da região predominam os gnaisses e migmatitos de idade pré-cambriana, relacionados à Formação Santo Eduardo (BRASIL, 1998). Segundo DANTAS (2001), insere-se nos domínios geoambientais do Norte-Noroeste Fluminense e planalto do alto Itabapoana.

Há uma considerável variabilidade de solos nessa região, como reflexo de uma combinação de fatores, principalmente relevo, clima e condicionantes geológicos (litologia e tectônica). Os solos dominantes são Argissolos e Nitossolos, geralmente eutróficos e de textura média/argilosa, e Latossolos Distróficos de textura argilosa, em relevo forte ondulado a montanhoso.

A região apresenta os piores índices sócio-econômicos do Estado e participa, apenas, com 0,81% do PIB do Estado. Atualmente, a cobertura florestal é de apenas 5%, constituída de fragmentos de matas secundárias com um certo grau de degradação (PROJETO RADEMA, dados não publicados).



Figura 2. Vista geral da topografia da área de estudo (Fonte: Lúcia Anjos).



Figura 3. Área de abrangência do estudo, evidenciando os municípios do Noroeste do estado do Rio de Janeiro participantes do Projeto RADEMA (Fonte: PROJETO RADEMA-Relatório Anual, 2003).

O clima da região é segundo a classificação de Köppen do tipo Aw, com temperatura média anual de 23°C e pluviosidade entre 1.000 e 1.200mm anuais, ocorrendo um período seco bem pronunciado, que vai de fevereiro a outubro, e um período chuvoso, que vai de novembro até o final de janeiro (Figura 4).

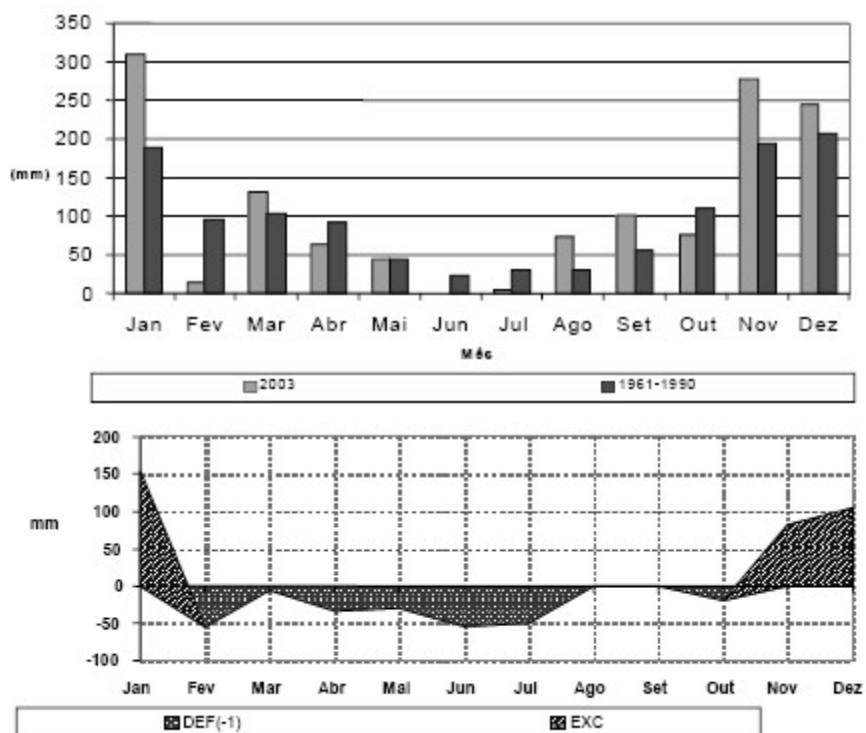


Figura 4. Balanço hídrico e precipitação pluviométrica do município Itaperuna, no Rio de Janeiro (Fonte: PROJETO RADEMA-Relatório Anual, 2003).

3.2 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda Pau Ferro, no município de Itaperuna (RJ). A UPEPADE 5 foi dividida, quanto à incidência solar, em duas faces de exposição, face soalheira e face noruega de uma encosta de relevo forte-ondulado (Figura 5), sendo os estudos realizados na face soalheira. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Anexo 1). Antes da implantação do projeto (2001) observava-se na área o predomínio de pastagens de *Brachiaria sp.* com baixo grau de cobertura do solo e, em algumas áreas, com processo erosivo acentuado, representando esta fase o ponto de referência do estudo (Figura 6). Os dados de fertilidade, densidade do solo e granulometria se encontram na Tabela 2. Em abril de 2002, a área foi subdividida em três (3) piquetes de 2 ha, onde foram implantados os capins *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.; Tifton 85 (*Cynodon spp.* cv. Tifton 85) e Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent). Cada piquete de 2ha foi subdividido para manejo dos animais.

A área é manejada em sistema rotacionado, com períodos de 9 dias de pastejo e 19 dias de descanso. Os animais são novilhos mestiços das raças Holandesa e Zebu, com peso médio inicial de 209 kg. Na formação dos pastos foram aplicados 80kg de P₂O₅ por hectare (Superfosfato simples). Como adubação de manutenção, foram feitas, em anualmente, aplicações em cobertura da fórmula 20-05-20 (200kg/ha), correspondendo a um total de 80 kg N, 20 kg P₂O₅ e 80 kg K₂O por hectare (dados obtidos pela equipe da Pesagro-Rio). Durante o período de 2004-2005 não houve um controle do número de animais por unidade de área.

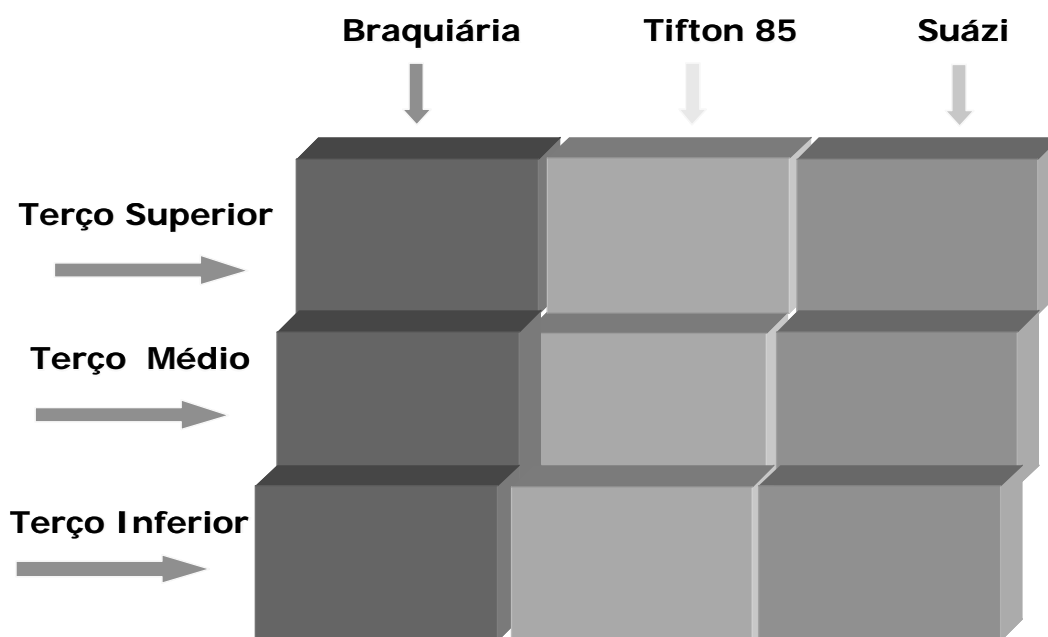


Figura 5. Esquema das áreas estudadas.

Tabela 2: Dados de fertilidade do solo (A); análise granulométrica e densidade do solo (B) em 2001 (Tempo Zero).

(A)		pH	Al	Ca	Mg	Na	K	H+Al	P	C	N
0-10cm		----- cmol _c kg ⁻¹ -----					--- mg kg ⁻¹ ---		----- g kg ⁻¹ -----		
Braquiária	Terço Superior	5,75	0,0	2,00	1,60	0,18	0,29	3,50	4	10,45	1,70
	Terço Inferior	6,05	0,0	2,75	1,75	0,04	0,24	2,30	4	10,47	1,72
Tifton 85	Terço Superior	5,85	0,0	2,30	2,10	0,03	0,39	3,45	3	12,21	1,88
	Terço Inferior	5,95	0,0	2,10	1,75	0,03	0,20	2,30	4	6,97	1,60
Suázi	Terço Superior	5,60	0,0	2,10	1,85	0,03	0,31	4,60	6,5	13,09	2,24
	Terço Inferior	6,00	0,0	2,70	1,75	0,03	0,13	3,00	3	11,11	1,68
10-30cm		----- cmol _c kg ⁻¹ -----					--- mg kg ⁻¹ ---		----- g kg ⁻¹ -----		
Braquiária	Terço Superior	5,80	0,00	1,45	1,05	0,03	0,15	3,10	4	8,52	1,26
	Terço Inferior	5,95	0,00	2,50	1,00	0,03	0,11	2,20	2	8,48	1,21
Tifton 85	Terço Superior	5,85	0,00	1,55	1,05	0,03	0,20	2,90	3	10,26	1,25
	Terço Inferior	6,05	0,00	1,95	1,00	0,03	0,08	1,45	3	6,11	1,19
Suázi	Terço Superior	5,10	0,25	1,25	0,85	0,03	0,25	4,40	4	9,75	1,07
	Terço Inferior	5,90	0,00	2,00	1,20	0,03	0,05	2,90	2	10,57	1,46
(B)		Argila.Natural	Argila Total	Areia	Silte	Grau de Floculação		Densidade do solo			
0-10cm		----- g kg ⁻¹ -----				%		Mg m ⁻³			
Braquiária	Terço Superior	175	290	535	170	41		1,46			
	Terço Inferior	150	290	550	160	48		1,44			
Tifton 85	Terço Superior	105	330	520	150	70		1,49			
	Terço Inferior	80	240	610	155	68		1,41			
Suázi	Terço Superior	230	400	490	110	45		1,41			
	Terço Inferior	300	385	560	55	23		1,52			
10-30cm		----- g kg ⁻¹ -----				%		Mg m ⁻³			
Braquiária	Terço Superior	235	355	495	150	35		1,42			
	Terço Inferior	215	345	565	90	39		1,48			
Tifton 85	Terço Superior	210	370	490	140	43		1,42			
	Terço Inferior	125	285	615	100	58		1,43			
Suázi	Terço Superior	395	435	410	155	8		1,36			
	Terço Inferior	350	435	505	55	21		1,44			



Figura 6. Estado de degradação da área no início do projeto (Fonte: Lúcia Anjos).

3.3 Avaliação e Amostragem dos Atributos Edáficos

A amostragem do solo realizada nas profundidades 0-10 e 10-30 cm, em função da distribuição dos horizontes e do sistema radicular das espécies de gramíneas cultivadas, com maior desenvolvimento do sistema radicular efetivo nestas profundidades. Foram coletadas amostras simples na face soalheira em três seções da encosta, terço superior (TS), terço médio (TM) e terço inferior (TI), com 2 repetições de campo (Figuras 5, 7 e 8).

Para o monitoramento das propriedades físicas do solo foram analisados os seguintes atributos: granulometria, densidade do solo, densidade das partículas, porosidade total, estabilidade de agregados. Dentre as propriedades químicas do solo foram analisados os teores de C, N total, P, K, Al, H + Al, Ca, Mg e pH e fracionamento da matéria orgânica. Também foram avaliadas a massa seca da parte aérea (maio de 2005) e massa seca de raiz nas épocas secas dos anos de 2004 e 2005, devido à perda do material amostrado.

As coletas de solo e plantas foram realizadas nos meses de agosto de 2004 (período seco); dezembro de 2004 (período chuvoso); maio de 2005 (período seco) e agosto de 2005 (período seco).

A partir da comparação das propriedades físicas e químicas dos solos pretendeu-se avaliar o estágio de degradação das terras e a qualidade do solo e possíveis modificações a curto/médio prazo, de forma a permitir previsão de comportamento em longo prazo, em função dos sistemas implantados.

As análises descritas a seguir estão de acordo com os métodos contidos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

As amostras de terra foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com tamis de 2,0 mm, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Para determinação da densidade do solo foram utilizadas amostras indeformadas. Já as amostras para avaliação da estabilidade dos agregados, também indeformadas, foram secadas ao ar e separadas através de peneiras de 8,0-4,0 mm.



Figura 7. Vista das parcelas com a gramínea Braquiária terço médio (A) e terço superior (B) (Fonte: Lúcia Anjos).



Figura 8. Parcela experimental com a gramínea Tifton 85 no terço médio (A) e no terço superior (B). (Fonte: Lúcia Anjos).

3.4 Análises Físicas

a) Composição granulométrica

O teor de argila total foi determinado pelo método da pipeta, que consiste em dispersão com NaOH 1 mol L⁻¹ de uma suspensão de TFSA em água destilada, agitadas em baixa rotação por 16 horas. Baseado na lei de Stokes pode-se obter uma alíquota purificada de argila em suspensão para determinação do seu teor, chamada argila total.

As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamisamento úmido em peneiras de 0,200 e 0,053 mm respectivamente.

A fração silte foi determinada pela relação abaixo:

$$\% \text{ Silte} = 100 - (\text{argila total} + \text{areia grossa} + \text{areia fina})$$

b) Argila dispersa em água ou argila natural

Foi determinada conforme o método no item anterior, utilizando-se de água destilada para dispersão.

c) Grau de flocculação

Foi calculado conforme a equação:

$$\% \text{ GF} = 100 \cdot \frac{(\% \text{ argila total} - \% \text{ argila natural})}{\% \text{ argila total}}$$

d) Densidade do solo

A densidade do solo foi obtida a partir de amostras coletadas com anel de Kopecky, com volume interno de 50 cm³, que foram secadas em estufa a 105°C por 24 horas. A densidade do solo foi expressa em Mg m⁻³

e) Densidade das partículas

A densidade das partículas foi obtida pelo método do balão volumétrico, e expressa em Mg m⁻³.

f) Porosidade total

Foi calculada conforme a equação:

$$\% \text{ VTP} = 100 \cdot \left(1 - \frac{\text{densidade do solo}}{\text{densidade das partículas}} \right)$$

g) Estabilidade dos agregados

A determinação do tamanho e estabilidade dos agregados em água foi feita pelo método de KEMPER & CHEPIL, (1965), que utiliza o aparelho de oscilação vertical de YODER (1936).

Utilizou-se um conjunto de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro. Para a tamisação, foi realizado um pré-tratamento das amostras, através do umedecimento via atomizador. Foram usados 25 gramas de agregados retidos na peneira de 4,0 mm. O conjunto de peneiras foi regulado de modo que a lâmina de água atingisse a porção superior da amostra na peneira de maior diâmetro. A tamisação foi realizada por um período de 15 minutos.

Quantificou-se a proporção de solo contida em cada peneira e, por diferença, o que ultrapassou a última peneira (< 0,105 mm), através da secagem, do material retido, em estufa, à temperatura de 65°C, por um período mínimo de 48 horas. Os valores obtidos foram usados para cálculo da porcentagem de agregados estáveis em água > 2 mm, o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados e o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) dos agregados (CASTRO FILHO, 1998). O DMP e o DMG foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

w_i = proporção da massa de agregados em relação ao total de cada classe;

x_i = diâmetro médio de cada classe de agregados.

$$DMG = 10 \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_p \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right]$$

w_p = peso de agregado de cada classe (g).

As propriedades DMP, DMG e distribuição de agregados foram utilizadas como índices para avaliar a agregação do solo.

3.5 Análises químicas

a) pH em água

Determinado potenciométricamente na suspensão de solo-água 1:2,5 após o tempo de contato de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.

b) Carbono orgânico total do solo e dos agregados

Para a determinação do teor de carbono orgânico total, o solo foi triturado em gral, sendo pesado 0,5 g, o qual foi transferido para erlenmeyer de 250 mL e adicionaram-se 10,0 mL de solução de dicromato de potássio $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ em meio ácido. As amostras foram aquecidas em placa elétrica, durante 5 a 7 minutos até a fervura branda. Após resfriamento, foram adicionados 80 mL de água destilada, 1 mL de ácido fosfórico concentrado e três gotas do indicador difenilamina. A quantificação do conteúdo de carbono orgânico foi feita por titulometria com sulfato ferroso amoniacal $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ até que a cor azul desaparecesse, cedendo lugar à cor verde (WALKLEY & BLACK, 1934).

Já a determinação do carbono orgânico dos agregados retirou-se uma porção dos agregados que ficaram retidos em cada classe de peneira, após a secagem em estufa, sendo determinada da mesma maneira que para o carbono orgânico total.

c) Cálcio e magnésio trocáveis

Utilizou-se o extrator KCl 1 mol L^{-1} na proporção 1:10 (solução:extrator), para obtenção do sobrenadante do qual se extrai uma alíquota para a determinação, sendo obtidos por complexometria com EDTA $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$.

d) Alumínio trocável

Foi extraído com o extrator KCl 1 mol L^{-1} na proporção 1:10 e determinado pela titulação da acidez com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$.

e) Potássio e sódio trocáveis

Extraídos com solução duplo-ácida (Norte Carolina) de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H₂SO₄ $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ e determinados por fotometria de chama (potássio) e colorimetria (fósforo).

f) Acidez extraível ou Valor H

Foram extraídos com acetato de cálcio 1 mol L^{-1} a pH 7,0 na proporção 1:15 e titulados com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$.

g) Valor S, Valor T, V%

O valor S é calculado pela soma das bases, ou seja, pela soma de cálcio, magnésio, potássio e sódio trocáveis. O valor T é calculado pela soma de bases e o valor H. Já o V% é a relação entre o valor S e o valor T multiplicado por 100.

h) Nitrogênio total

Foi determinado segundo TEDESCO et al. (1995). Digestão com ácido sulfúrico, peróxido de hidrogênio e mistura catalisadora. Destilação por arraste a vapor e titulação com solução ácido sulfúrico padronizada com TRIS.

3.6 Fracionamento Químico da Matéria Orgânica

a) Descrição do método

O fracionamento químico da matéria orgânica foi realizado segundo a metodologia de KONONOVA (1966) e DABIN (1981) modificados por BENITES et al. (2003).

Utilizou-se 1g de terra fina seca ao ar, colocado em tubo de centrífuga de 50 mL com tampa e adicionaram-se 20 mL de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. O material foi agitado manualmente e ficou em repouso por 24 h. Posteriormente foi centrifugado a 5.000 g por 30 min, recolhido o sobrenadante e reservado. Adicionaram-se mais 20 mL de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ a cada amostra e agitou-se manualmente até o desprendimento e ressuspensão do precipitado. O material ficou em repouso por 1 h. Após esse tempo foi centrifugado novamente a 5.000 g por 30 min e recolhido o sobrenadante junto ao previamente reservado, que consiste no extrato alcalino (pH 13,0). O pH do extrato alcalino foi ajustado para pH 1,0 ($\pm 0,1$), pela adição de gotas de solução de H_2SO_4 20% o mais rápido possível, para evitar a oxidação dos ácidos húmicos e fúlvicos, que normalmente ocorre em meio alcalino.

O material ficou decantando por 18 h e posteriormente o precipitado foi filtrado em papel de filtro. O filtrado foi recolhido e aferido seu volume para 50 mL usando H_2O destilada consistindo na fração ácidos fúlvicos. Para a fração ácidos húmicos foi feita a lavagem completa do filtro, adicionando NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ sobre o precipitado e posteriormente aferindo seu volume para 50 mL usando H_2O destilada.

Considerou-se a fração humina o precipitado que ficou nos tubos de centrífuga de 50 mL. Este precipitado foi transferido quantitativamente para tubos de digestão, utilizando o mínimo de líquido possível ($\pm 10 \text{ ml}$), secados em estufa aquecida a 65°C (até a secagem completa).

b) Determinação do teor de carbono orgânico total das frações

Para a fração humina adicionaram-se 5 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,1667 \text{ mol L}^{-1}$ e 10 mL de H_2SO_4 concentrado a cada amostra e em quatro tubos vazios (brancos). Os tubos com as amostras e dois dos quatro brancos foram levados ao bloco digestor pré-aquecido a

150°C durante 30 minutos, sob exaustão. quantitativamente O conteúdo dos tubos de digestão foi transferido para frascos Erlemeyer de 125 mL (amostras + dois brancos aquecidos + dois brancos sem aquecimento) e realizada a titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,250 mol L⁻¹ sob agitação, utilizando como indicador 3 gotas de Ferroin.

$$\text{Cálculo: } H = (V_{\text{baq}} - V_{\text{am}}) \cdot N_{\text{sfa}}(\text{corrigido}) \cdot \frac{12}{4} \cdot \frac{1}{pa(g)} \text{ sendo:}$$

H - mg C na forma de humina (mg de C-humina g⁻¹ solo)

V_{baq} - Volume (mL) de sulfato ferroso amoniacal (*sfa*) consumido na titulação do branco aquecido

V_{am} - Volume (mL) de SFA consumido na titulação da amostra

N_{sfa}(corrigido) - Normalidade do *sfa* corrigida pela equação:

$$N_{\text{sfa}}(\text{corrigido}) = \frac{\text{Volume de dicromato} \cdot \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Volume de SFA consumido na titulação do branco sem aquecimento}}$$

pa (g) - peso da amostra em gramas

Para as frações ácido húmico ou fúlvico foi transferida uma alíquota de 5mL da solução de ácido húmico ou fúlvico para tubos de digestão, utilizando uma pipeta, adicionado 1mL de K₂Cr₂O₇ 0,042 mol L⁻¹ e 5mL de H₂SO₄ concentrado a cada amostra e em quatro tubos contendo 5mL de H₂O destilada (brancos). Os procedimentos posteriores foram semelhantes à determinação do carbono da fração humina, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹ sob agitação.

$$\text{Cálculo: } X = (V_{\text{baq}} - V_{\text{am}}) \cdot N_{\text{sfa}}(\text{corrigido}) \cdot \frac{12}{4} \cdot \frac{50}{\text{alíquota(mL)}} \cdot \frac{1}{pa(g)} \text{ sendo:}$$

X - mg C na forma de ácido húmico (ou fúlvico) (C-ácido húmico g⁻¹ ou C-ácido fúlvico g⁻¹)

V_{baq} - Volume (mL) de sulfato ferroso amoniacal (*sfa*) consumido na titulação do branco aquecido

V_{am} - Volume (mL) de SFA consumido na titulação da amostra

N_{sfa}(corrigido) - Normalidade do *sfa* corrigida pela equação:

$$N_{\text{sfa}}(\text{corrigido}) = \frac{\text{Volume de dicromato} \cdot \text{Normalidade do dicromato}}{\text{Volume de SFA consumido na titulação do branco sem aquecimento}}$$

pa (g) - peso da amostra em gramas

A partir da determinação das frações da matéria orgânica podem-se estabelecer índices da qualidade da matéria orgânica, de acordo com as equações abaixo:

$$\text{COH} = \text{C - ácido húmico} + \text{C - ácido Fúlvico} + \text{C - humina}$$

onde: COH = carbono orgânico humificado

$$\text{CONH} = \text{COT} - \text{COH}$$

onde: CONH = carbono orgânico não humificado

COT = carbono orgânico total

$$\text{EA/HUM} = \frac{(\text{C - ácido húmico} + \text{C - ácido Fúlvico})}{\text{C - humina}}$$

onde: EA/HUM= relação extrato alcalino-humina

3.7 Massa Seca de Parte Aérea e de Raiz das Gramíneas

A massa de parte aérea foi coletada com auxílio de um quadrado de metálico, de área conhecida (25 x 25 cm) lançado aleatoriamente nas áreas estudadas. Foram coletadas amostras da parte aérea contida dentro desse quadrado com auxílio de uma tesoura, cortado rente à superfície do solo e guardadas em saco de papel previamente identificadas. Posteriormente foram colocados para secar em estufa de circulação forçada por 48 horas à 65°C ($\pm 5^\circ\text{C}$). Após seco, o material foi pesado em balança analítica de duas casas decimais e determinado à massa seca da parte aérea do material contido no quadrado. De posse desses dados foi possível calcular a massa seca de parte aérea para kg ha^{-1} .

A massa de raízes foi coletada em trincheiras com 1,0 m de profundidade x 1,5 m de largura em cada terço da encosta para as diferentes coberturas. As amostras contendo as raízes foram coletadas de uma parede do perfil, em forma de blocos de $1,0 \text{ dm}^3$ (0,1 x 0,2 x 0,05 m), retangulares, com auxílio de monólito metálico e marreta. Foram obtidos em cada amostragem 3 monólitos, representativos das profundidades 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m respectivamente. Em cada trincheira foram realizadas duas amostragens (repetições). No laboratório as amostras foram processadas, seguindo-se o protocolo de rotina, descrito em BRASIL et al. (2000).

3.8 Análise Estatística

O delineamento experimental foi ajustado para o modelo inteiramente casualizado, com 2 repetições, onde foram avaliadas as áreas de acordo com a cobertura vegetal, as posições da encosta e as épocas seca e chuvosa.

Os resultados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico utilizando-se o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa) (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Foram realizados os testes de normalidade (Teste de Lilliefors) e de homogeneidade das variâncias (Cochran e Bartlett) e posteriormente submetidos à análise de variância e o nível de significância analisado através do teste de F ($p < 0,05$). Quando as variáveis apresentavam-se significativas pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Os dados também foram submetidos à análise multivariada, executando-se a análise dos componentes principais (ACP) (TABACHNICK, & FIDELL, 2001), produzidas por matrizes das características físicas e químicas do solo, para as duas profundidades amostradas, utilizando-se o pacote estatístico xLStat Addin versão 6.00 (Thierry FHAMY, Paris).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises Físicas

4.1.1 Distribuição de agregados

A distribuição de peso dos agregados estáveis em água nas diferentes classes de diâmetro em função da pastagem é apresentada na Figura 9.

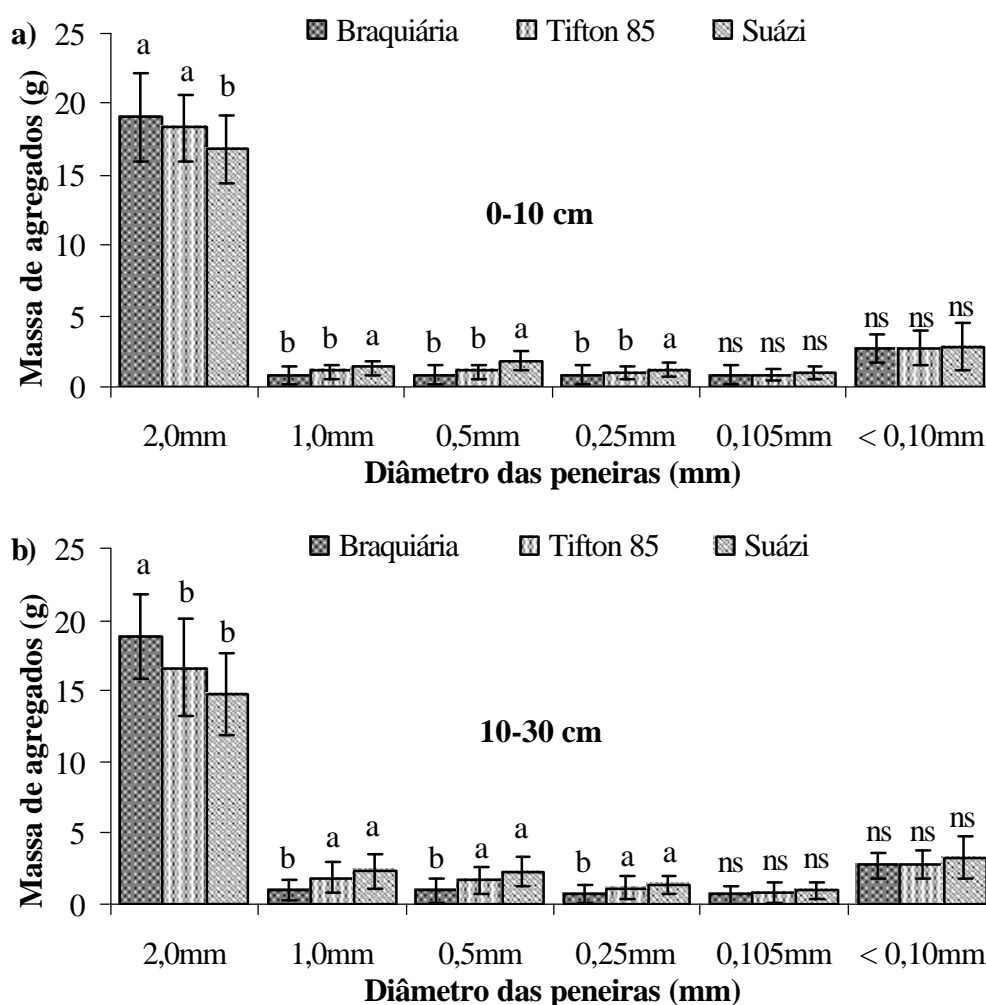


Figura 9. Distribuição do peso dos agregados nas diferentes classes de diâmetro de peneira, nas diferentes gramíneas nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.

Letras iguais dentro de cada diâmetro das peneiras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo.

De acordo com a Figura 9 verifica-se que a maior massa de agregados estáveis em água ocorreu na classe de diâmetro $> 2,0\text{mm}$, tanto para a camada de 0-10 cm como para a de 10-30 cm, para todas as gramíneas. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por CARPANEDO & MIELNICZUK (1990), em experimento avaliando diferentes coberturas. Esses autores verificaram a redução da porcentagem de

agregados nas classes de menor diâmetro em área de pastagens de siratro e de desmódio. Este comportamento demonstra o grande potencial das pastagens, quando bem manejadas, para a recuperação de solos degradados.

Na profundidade de 0-10 cm, as gramíneas Braquiária e Tifton 85 apresentaram maiores valores de massa de agregados nas peneiras de diâmetro > 2,0mm, não diferindo estatisticamente entre si, mas diferindo em relação ao Suázi. Para as outras classes de diâmetro de peneiras observaram-se menores valores de massa de agregados e o mesmo comportamento estatístico, não sendo verificada diferença entre as áreas de Tifton 85 e Braquiária, mas apresentando valores estatisticamente superiores à área de Suázi, até o tamanho de 0,50 mm. Para os valores menores do que 0,25mm não houve diferença significativa. Na profundidade de 10-30 cm constatou-se comportamento semelhante ao da profundidade de 0-10 cm, quanto à estabilidade dos agregados maiores 2,0mm em relação às outras classes. A área de Braquiária diferiu estatisticamente das outras áreas, apresentando maiores valores de massa de agregados. Já as áreas com Tifton 85 e Suázi mostraram-se semelhantes, com menores valores, porém não diferindo estatisticamente entre si, na classe > 2,0mm.

Para os resultados nas classes de diâmetro entre 1,0-0,25mm, nas duas profundidades amostradas, verificou-se que os valores foram maiores para as áreas de Tifton 85 e Suázi (não diferindo estatisticamente entre si), em relação à Braquiária (diferindo estatisticamente das demais).

As gramíneas Braquiária e Tifton 85 (Tabela 3) apresentaram maiores valores para os índices de estabilidade dos agregados, sendo que para a camada de 0-10 cm não foram constatadas diferenças significativas para o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP). Para o diâmetro médio geométrico (DMG) e porcentagem de agregados estáveis em água > 2,0mm % (AGRI >2,0mm) e massa de agregados > 2,0mm, as áreas com Braquiária e Tifton 85 foram superiores a área com o Suázi, sendo estas diferenças significativas estatisticamente.

Foram constatados baixos valores de coeficiente de variação para os índices de estabilidade dos agregados, indicando que estes podem ser usados como aferidores da qualidade do indicador.

Tabela 3. Índices de agregação do solo para as áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi, nas camadas de 0-10 e 10-30 cm de profundidade.

	Braquiária	Tifton 85	Suázi	CV (%)
Profundidade				
----- 0-10 cm -----				
DMP (mm)	3,91 ns	3,66 ns	3,65 ns	9,25
DMG (mm)	1,24 A	1,21 A	1,17 B	5,83
% AGRI >2,0mm	76,43 A	72,35 A	67,20 B	10,53
> 2,0mm (g)	19,12 A	18,32 A	16,81 B	10,67
----- 10-30 cm -----				
DMP (mm)	3,86 A	3,47 B	3,28 B	9,91
DMG (mm)	1,23 A	1,18 A	1,12 B	4,66
% AGRI >2,0mm	74,94 A	66,82 B	59,24 B	12,40
> 2,0mm (g)	18,83 A	16,61 B	14,81 B	11,93

Valores seguidos de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

CV (%) = Coeficiente de Variação; DMP-Diâmetro médio ponderado dos agregados; DMG-Diâmetro médio geométrico; % AGRI > 2,0mm-Porcentagem de agregados estáveis em água maiores que 2,0mm; >2,0mm-massa de agregados retidos na peneira de 2,0mm

As interações entre o efeito das coberturas e das épocas de coleta para massas de agregados da classe > 2,0mm e percentagem de agregados estáveis em água (% AGRI > 2,0mm) são apresentados na Tabela 4. Na profundidade de 0-10 cm observou-se que no mês de agosto de 2004 (período seco 2004), houve diferença significativa entre as áreas estudadas, sendo que a área de Suázi apresentou menores valores para a massa de agregados. Na coleta realizada em dezembro de 2004 (período chuvoso 2004), nas áreas das forrageiras Tifton 85 e Suázi foram verificados maiores valores quanto à massa de agregado, não diferindo estatisticamente entre si. Na coleta de maio e agosto de 2005 (período seco 2005), as áreas diferiram entre si estatisticamente. A área de Braquiária apresentou os maiores valores de massa de agregados e a de Suázi os menores.

A massa de agregados na área de Braquiária na camada de 0-10 cm foi maior no período seco, sendo que a área de Tifton 85, também apresentou valores de massa de agregados semelhantes a de Braquiária, de maneira geral não verificada diferença entre estas áreas. Os menores valores foram observados na área de Suázi. Na área da gramínea Suázi menores valores de massa de agregados foram constatados no período seco e os maiores no período chuvoso. Na profundidade de 10-30 cm não houve significância na análise de variância, portanto este parâmetro não foi avaliado.

Ao comparar-se o efeito promovido pelas diferentes gramíneas entre as estações sobre a massa de agregados, observam-se maiores valores médios para o período seco de 2004 e 2005 respectivamente, na profundidade de 0-10 cm, sendo estas diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 4. Porcentagem de agregados estáveis em água maiores que 2,0mm (AGRI >2,0mm) e Peso de agregados retidos na peneira de 2,0mm (>2,0mm) em amostras de solo sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas e posições da encosta.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Agri >2mm	2,0mm	Agri >2mm	2,0mm	Agri >2mm	2,0mm
	%	g	%	g	%	g
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	83,91 Ab	20,98 Aa	78,71 Ab	19,68 Aa	71,20 Ba	17,80 Ba
Dezembro 2004	63,89 Bd	15,97 Bc	67,11 Ac	16,78 Ab	66,26 Ab	16,56 Ab
Mai 2005	77,06 Ac	19,31 Ab	60,05 Bd	15,89 Bc	59,92 Bc	15,00 Cc
Agosto 2005	84,20 Aa	21,05 Aa	79,09 Ba	19,77 Ba	71,42 Ac	17,85 Ca
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	83,91 ns	20,98 ns	76,76 ns	19,19 ns	61,48 ns	15,37 ns
Dezembro 2004	64,14 ns	16,03 ns	57,68 ns	14,42 ns	56,82 ns	14,21 ns
Mai 2005	73,31 ns	18,69 ns	53,65 ns	13,04 ns	56,76 ns	14,19 ns
Agosto 2005	81,70 ns	20,42 ns	74,87 ns	18,72 ns	61,91 ns	15,48 ns
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	74,50 ns	18,62 ns	66,29 ns	16,62 ns	66,76 ns	16,69 ns
Terço Médio	82,24 ns	20,61 ns	76,08 ns	19,02 ns	66,31 ns	16,60 ns
Terço Inferior	72,56 ns	18,12 ns	74,70 ns	19,33 ns	68,53 ns	17,13 ns
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	73,72 ns	18,43 ns	72,89 ns	18,22 ns	64,32 ns	16,08 ns
Terço Médio	79,38 ns	20,13 ns	62,14 ns	15,53 ns	59,39 ns	14,85 ns
Terço Inferior	71,73 ns	17,92 ns	65,42 ns	16,08 ns	54,03 ns	13,51 ns

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

A agregação na época seca, na camada de 0-10 cm, pode estar relacionada a diversos fatores, tais como a atividade microbiana, que estimula a estabilização dos agregados no solo (PAUL & CLARK, 1997), aos maiores valores de carbono orgânico total (COT) (Tabela 7), que contribuem para a reorganização dos agregados menores em maiores, promovendo a melhoria na agregação do solo e também a mineralogia da fração argila, interagindo com a matéria orgânica promovendo a flocculação e a agregação (EL-SWAIFY, 1980). No período chuvoso de 2004 a massa de agregados retidos na peneira de 2,0mm foi menor, possivelmente devido à maior taxa de mineralização da matéria orgânica e com isto diminuição do conteúdo de COT no solo. O COT está relacionado com o mecanismo de estabilização dos agregados, atuando como agente cimentante para a manutenção da agregação do solo (TISDALL & OADES, 1982; OADES & WATERS, 1991; CASTRO FILHO & LOGAN, 1991; CASTRO FILHO et al., 1998; WOHLBERG et al., 2004).

Foi observado que o peso dos agregados acompanhou a variação de precipitação e, conseqüentemente, a variação do conteúdo de água no solo, o que pode estar influenciando a dinâmica de agregação das épocas seca e chuvosa.

O percentual de AGRI > 2,0mm apresentou significância apenas para a profundidade de 0-10 cm. Foram observados maiores valores de % AGRI > 2,0mm no período seco.

Avaliando diversos sistemas de produção VILELA et al. (2001) encontraram maiores valores de AGRI > 2,0mm em pastagem contínua, vegetação natural e rotação lavoura-pastagem, onde este sistema de produção superou o controle, composto pela vegetação natural. Nas lavouras estudadas estes autores observaram, um decréscimo da estabilidade dos agregados em 4 anos de cultivo. Isto é confirmado por Silva & MIELNICZUK. (1997) e demonstra a maior eficiência das gramíneas na formação de agregados estáveis.

Para as variáveis estudadas não foram constatadas diferenças significativas pelo teste de F-Fisher para as posições da encosta, assim não sendo feito o teste de Scott-Knott, nas profundidades amostradas. Entretanto, avaliando os valores da Tabela 3 é possível observar que as áreas de gramíneas nos terços superior e médio, de maneira geral apresentaram maiores valores para AGRI > 2,0mm e massa de agregados > 2,0mm, demonstrando o efeito da inclinação da encosta na distribuição e estabilidade dos agregados nessas posições em relação ao terço inferior, que possui uma inclinação mais acentuada do que os terços a montante, nas camadas estudadas.

4.1.2 Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico dos agregados

Na Tabela 5 são apresentadas às interações dos índices de estabilidade dos agregados em função das gramíneas e épocas de coleta, e de gramíneas e posições na encosta. O diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) é tanto maior quanto à porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras de malha maiores (CASTRO FILHO et al., 1998; PERIN et al., 2002).

Na profundidade de 0-10 cm, tanto a área de Braquiária quanto à de Tifton 85 apresentaram maiores valores de DMP no período seco de 2004. Os menores valores foram observados no período chuvoso de 2004. O mesmo comportamento foi observado na área de Suázi.

Para a camada de 10-30 cm, para as diferentes épocas de amostragem, ocorreu diferença significativa para a área de Braquiária. Na área de Tifton 85 verificaram-se maiores DMP no período seco 2004 e os menores no período chuvoso 2004. Na área de Suázi observou-se comportamento semelhante ao constatado na camada de 0-10 cm.

Nas duas profundidades amostradas os valores de DMP variaram durante o ano de estudo (agosto de 2004; dezembro de 2004; maio de 2005 e agosto de 2005), porém os valores de agosto são semelhantes, o que sugere que o que está influenciando na estabilidade dos agregados é o conteúdo de água do solo.

Tabela 5. Diâmetro Médio Ponderado (DMP) e Diâmetro Médio Geométrico (DMG) (mm) dos agregados das áreas sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas e posições da encosta.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	DMP	DMG	DMP	DMG	DMP	DMG
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	4,26 Aa	1,31 Aa	4,03 Aa	1,26 Aa	3,72 Ba	1,22 Aa
Dezembro 2004	3,38 Ac	1,14 Bc	3,51 Ab	1,16 Bb	3,51 Bc	1,19 Ab
Maio 2005	3,89 Ab	1,22 Ab	3,46 Cc	1,12 Bc	3,65 Bb	1,06 Cc
Agosto 2005	4,27 Aa	1,31 Aa	4,05 Ba	1,26 Ba	3,73 Ca	1,23 Ca
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	4,27 Aa	1,31 Aa	3,98 Aa	1,27 Aa	3,33 Bb	1,15 Bb
Dezembro 2004	3,33Ad	1,16 Ad	3,11 Ad	1,11 Bc	3,11 Ad	1,13 Ac
Maio 2005	3,83 Ac	1,20 Ac	3,36 Bc	1,07 Bd	3,31 Cc	1,05 Cd
Agosto 2005	4,16 Ab	1,28 Ab	3,89 Bb	1,25 Bb	3,35 Ca	1,16 Ca
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	3,84 Ab	1,22 ns	3,26 Bb	1,15 ns	3,73 Aa	1,17 ns
Terço Médio	4,14 Aa	1,29 ns	3,87 Ba	1,25 ns	3,54 Cc	1,15 ns
Terço Inferior	3,75 Bc	1,21 ns	3,86 Aa	1,24 ns	3,69 Cb	1,20 ns
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	3,75 ns	1,20 ns	3,53 ns	1,21 ns	3,64 ns	1,13 ns
Terço Médio	4,11 ns	1,27 ns	3,46 ns	1,16 ns	3,11 ns	1,14 ns
Terço Inferior	3,72 ns	1,21 ns	3,42 ns	1,18 ns	3,08 ns	1,10 ns

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

O diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência (CASTRO FILHO et al., 1998). Na profundidade de 0-10 cm, na área de Braquiária constataram-se os maiores valores desse índice de agregação no período seco de 2004 e 2005, sendo observada diferença estatística entre estas épocas.

Em relação ao Tifton 85 os valores encontrados para o DMG foram mais elevados no período seco de 2004, seguido do período seco de 2005, havendo diferença estatística entre as épocas secas. No período chuvoso observaram-se os menores valores de DMG diferindo estatisticamente da estação seca.

Para a área de Suázi, na profundidade de 0-10 cm, os maiores valores de DMG ocorreram no período seco, tanto nas amostragens realizadas no ano de 2004 quanto no de 2005, sendo as diferenças significativas. Na profundidade de 10-30 cm, as três gramíneas apresentaram comportamento semelhante à profundidade de 0-10 cm.

As gramíneas estudadas apresentaram comportamento variado nas diferentes épocas, sendo que no período seco os índices de estabilidade dos agregados foram maiores do que no período chuvoso. Os índices de agregação refletiram o comportamento da massa de agregados $> 2,0\text{mm}$, onde as forrageiras Braquiária e Tifton 85 apresentaram os maiores valores para esses índices. Estas gramíneas também

tiveram a maior produção de massa seca de parte aérea (Tabela 6), demonstrando o efeito protetor destas coberturas, comportamento que também foi observado por CAMPOS et al. (1995) e WOHLBERG et al. (2004) trabalhando com diferentes tipos de forrageiras.

Avaliando o comportamento das áreas das diferentes gramíneas em relação à encosta, é possível observar maiores valores de DMP na profundidade de 0-10 cm, em geral, nos terços médio e inferior da vertente, sendo que as áreas com Braquiária e Tifton 85 apresentaram maiores valores para este parâmetro em relação ao Suázi, com exceção do Tifton 85 no terço superior, sendo estas diferenças significativas estatisticamente. Na camada de 10-30 cm não foram constatadas diferenças estatísticas, assim como para o DMG nas duas camadas estudadas.

Os efeitos destas coberturas na agregação parecem ser devidos à ação conjunta das raízes e o efeito protetor da parte aérea sobre a camada superficial, protegendo o solo da ação desagregadora das gotas da chuva, além de preservar o solo contra a erosão, aumentando a reserva de matéria orgânica e melhorando as propriedades físicas do solo. Esta afirmativa é confirmada por CAMPOS et al. (1999).

Tabela 6. Massa seca de parte aérea das diferentes gramíneas em maio de 2005.

Gramíneas	Massa seca de parte aérea¹
	kg ha⁻¹
Braquiária	3210 A
Tifton 85	3650 A
Suázi	1260 B
CV %	44,95

1- Valor médio de trinta repetições sendo dez por terço de encosta

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05)

SALTON et al. (1999) comparando as alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho em área de cerrado com lavoura contínua e pastagem, encontraram significativas diferenças nos valores de DMP, atribuindo tais resultados a importância da pastagem em melhorar a estrutura do solo, devido ao agressivo e abundante sistema radicular da Braquiária.

WENDLING et al. (2005), trabalhando no sistema de plantio direto (PD) com rotação milho (silagem)/soja; PD milho (grão)/soja; PD tifton (feno); sistema convencional de soja e mata nativa observaram que o tifton foi eficiente em aumentar a estabilidade dos agregados, em todos os índices calculados (DMP, DMG e AGRI > 2,0mm).

BONO & MACEDO (dados não publicados) citado por MACEDO (2002), avaliando vários sistemas de produção nas propriedades físicas do solo, observaram o grande potencial das gramíneas forrageiras no melhoramento dessas propriedades e que com apenas um ano de implantação de pastagem, após 4 anos de lavoura, a estabilidade dos agregados do solo foi substancialmente incrementada pela ação do sistema radicular das gramíneas.

4.1.3 Macro e microagregados

A Figura 10 apresenta a distribuição de macroagregados (> 0,25mm) e microagregados (< 0,25mm) nas diferentes épocas de coleta e tipos de cobertura

vegetal. É possível observar que a área de Suázi apresenta maiores valores de massa de macroagregados na época chuvosa, na profundidade de 0-10 cm, quando comparada com as áreas das outras gramíneas, preservando mais os macroagregados e protegendo dos efeitos erosivos da chuva. Já em maio de 2005 na área com Suázi observaram-se as menores médias de massa de agregados em relação às áreas de Braquiária e Tifton 85.

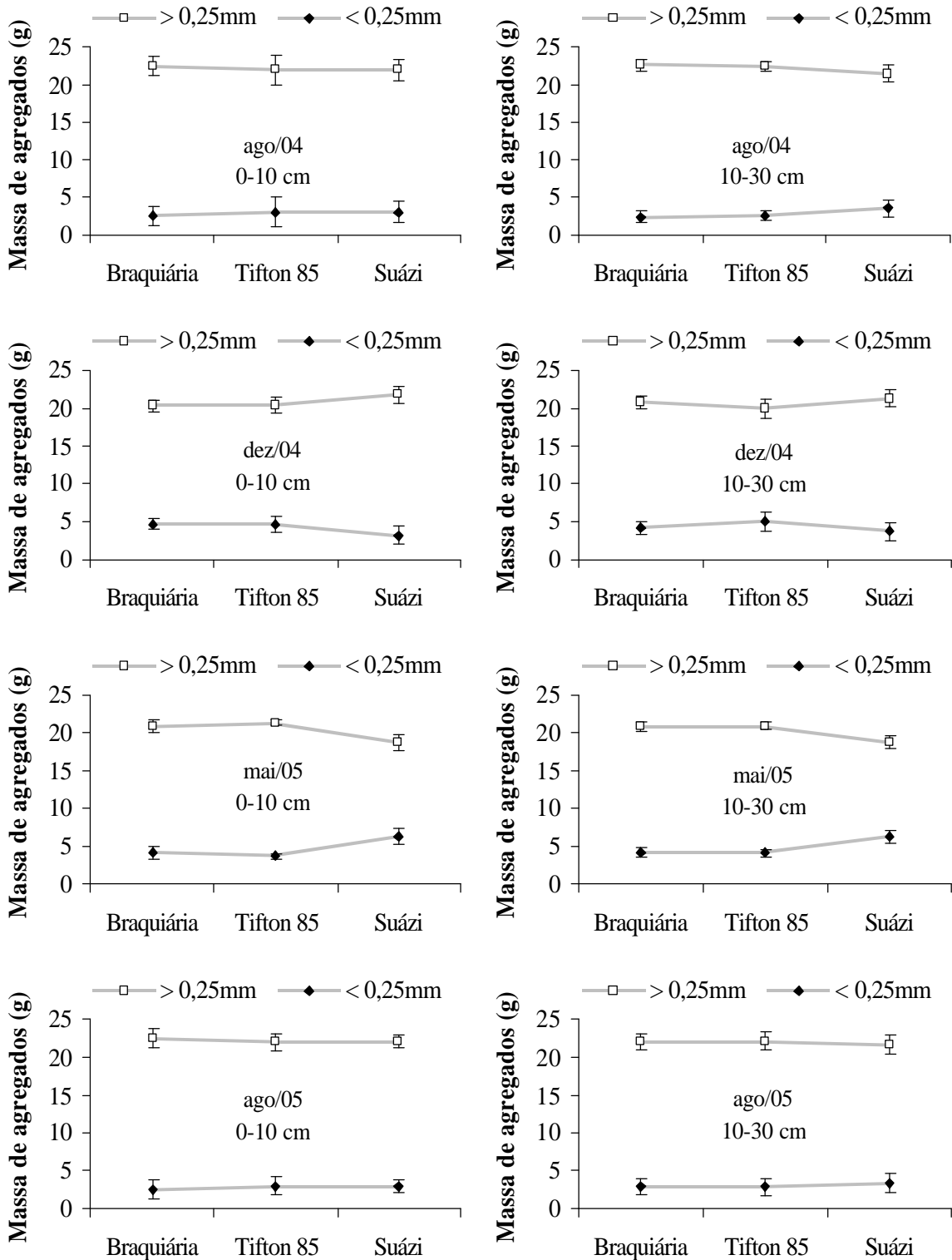


Figura 10. Distribuição de macro e microagregados em função das épocas de coleta e da cobertura vegetal (média de 2 amostras).

Flutuações na agregação do solo podem ocorrer em períodos curtos (meses) e podem ser relativamente grandes quando comparadas às mudanças em tempos longos (anos) (PERFECT et al., 1990). Segundo CAMPOS et al. (1999), a agregação do solo pode ter modificações temporárias, demonstrando a variação cíclica provocada pelo manejo do solo. A variação estacional da estabilidade estrutural do solo modifica-se com os processos físicos relacionados ao preparo do solo e pisoteio animal, clima e crescimento vegetal (KAY, 1990). Observando o efeito sazonal das forrageiras, percebe-se que estas reduzem o seu crescimento na época seca, pela falta de água e diminuição do fotoperíodo. Ocorre a senescência do material vegetal nessa época e parte do carbono orgânico oriundo do sistema radicular e parte aérea é adicionado ao solo. Já na época chuvosa, devido a maior atividade dos organismos, disponibilidade de água, aumento do fotoperíodo e maior velocidade das reações químicas, parte do carbono aportado na época seca é mineralizado e utilizado para o crescimento vegetativo, o que pode desfavorecer a formação de agregados.

Os índices de estabilidade dos agregados analisados estão refletindo o comportamento das áreas estudadas, que apresentaram uma variação de DMP de 3,08-4,27mm; DMG de 1,31-1,05mm e %Agri> 2,0mm de 84,24-54,03%, indicando que o manejo dos animais adotados está atuando para uma boa agregação do solo, e desta forma podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo das áreas estudadas, por serem sensíveis às variações da área.

4.1.4 Densidade do solo e volume total de poros

A densidade do solo (D_s) encerra uma complexidade de fatores inerente a cada local de amostragem, o que leva às dificuldades da sua avaliação. Um dos principais fatores que contribui para tal complexidade tem sido atribuído à variabilidade espacial (ANDRADE et al., 2005).

O comportamento da D_s foi variável em função da profundidade amostrada (Figura 11). Esta propriedade é normalmente alterada pela pressão mecânica exercida sobre o solo (BAVER et al., 1972), sendo influenciada pelo pisoteio animal, principalmente em pastagens (BERTOL, 1995). Segundo HILL (1990), os menores valores de D_s podem ser atribuídos ao intenso revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais, porém não foi o acontecido na área estudada.

Foram observadas variações na D_s em relação à estação seca e chuvosa, sendo encontrados menores valores para a segunda época. O aumento de D_s e as variações em profundidade podem estar relacionados a propriedades dos horizontes do solo, devidas à textura e estrutura, podendo haver uma ineficiência das forças naturais (ciclos de secagem e umedecimento) em reduzir a densidade do solo (VOORHEES, 1983).

SALTON et al. (1995), avaliando a sucessão da cultura da soja sobre pastagem de Braquiária em sistema de plantio direto, encontraram redução na D_s na área submetida ao preparo convencional, que está relacionada ao aumento de macroporos e, em consequência, ao volume total de poros do solo. Neste sistema foram encontrados maiores valores de D_s , em profundidade, quando comparado ao plantio direto, provavelmente pelo efeito do revolvimento do solo.

LUZ et al. (2004), em sistema de pastejo com lotação rotacionada, em piquetes de capim braquiarião sob diferentes ofertas de forragem, na FZEA/USP em Pirassununga SP encontraram aumento da D_s nos períodos posteriores ao pastejo, tendo seu efeito reduzido após o período em que a pastagem permaneceu em descanso.

O terço inferior da encosta, para todas as épocas, profundidades amostradas e gramíneas, foi o que proporcionou maiores valores de D_s . Comparando estes resultados

com os teores de COT e o peso de agregados nas diferentes classes de diâmetro e também o teor de argila total, esta posição de encosta foi a que apresentou os menores valores médios para estes parâmetros, o que pode estar contribuindo para a redução da porosidade. Valores mais altos de Ds são associados à compactação do solo, resultando em menor volume total de poros (TURETTA, 2000).

O volume total de poros (VTP) e sua distribuição (Figura 12) é um dos principais parâmetros físicos que condiciona as taxas de infiltração de água e difusão de oxigênio no solo e a sua capacidade de retenção de água (BAVER et al., 1972).

Os valores de Densidade das Partículas encontram-se no Anexo 2.

De modo geral, os valores de porosidade total foram variáveis em função da cobertura do solo, apresentando cerca de 30 % de VTP para a área com Braquiária em agosto de 2004 e 37 %, em dezembro do mesmo ano. Para a área com Tifton 85 a porosidade total manteve-se em torno de 36 % nas duas épocas. Já a área com a gramínea Suázi foi a que apresentou maior VTP, mantendo valores na faixa de 44%. O aumento na Ds no terço inferior resultou numa diminuição da porosidade total. A posição da encosta que apresentou menor Ds foi o terço médio, seguido do terço superior, nas duas épocas de coleta.

FEDERER et al. (1961); BERTOL et al. (1998); BERTOL et al. (2000) estudando diferentes níveis de oferta de forragem em pastagens encontraram nos níveis mais baixos um aumento na Ds, o que resultou na diminuição da porosidade total nesses tratamentos, apresentando um reflexo negativo do pisoteio animal sobre essas propriedades do solo até a profundidade de 10 cm.

A área com Suázi apresentou maiores valores de VTP (Figura 13) e menores valores de Ds em profundidade quando comparada as áreas com outras gramíneas, o que pode ter facilitado o desenvolvimento do sistema radicular desta forrageira.

Em termos de Ds, vê-se claramente que os valores diminuem da amostragem realizadas em agosto para dezembro de 2004. Em agosto de 2004 os valores de Ds variam de 1,5 a 1,8 Mg m^{-3} , enquanto que em dezembro de 2004 os valores caem para uma faixa de 1,3 a 1,5 Mg m^{-3} , com exceção dos dados do terço inferior. Essa variação pode ser explicada pela umidade do solo, que foi maior no período chuvoso e conseqüentemente promoveu essa menor Ds.

Analisando os dados de Ds, percebe-se nitidamente que a camada de 0-30 cm é a profundidade onde os efeitos do manejo da área são mais limitantes. Depois os valores tendem a diminuir e atingirem valores de Ds próximos a 1,3 Mg m^{-3} . Esses valores podem ser utilizados como indicativo da condição natural do solo.

Ao analisar os dados de Ds na fase de implantação do estudo (Tempo Zero-2001) (Tabela 2B) é possível observar que para a profundidade de 0-10 cm os valores de Ds variam de 1,52 a 1,41 Mg m^{-3} , valores estes próximos ao observado em dezembro de 2004, indicando que este atributo manteve-se constante com o manejo adotado.

O atributo Ds não foi adequado como indicador da qualidade ou degradação na área em questão. Sugestões para melhor avaliar o parâmetro seriam medir a umidade do solo no momento de coleta e incluir um referencial (como solo sob mata), que poderia fornecer subsídios para uma melhor interpretação dos resultados.

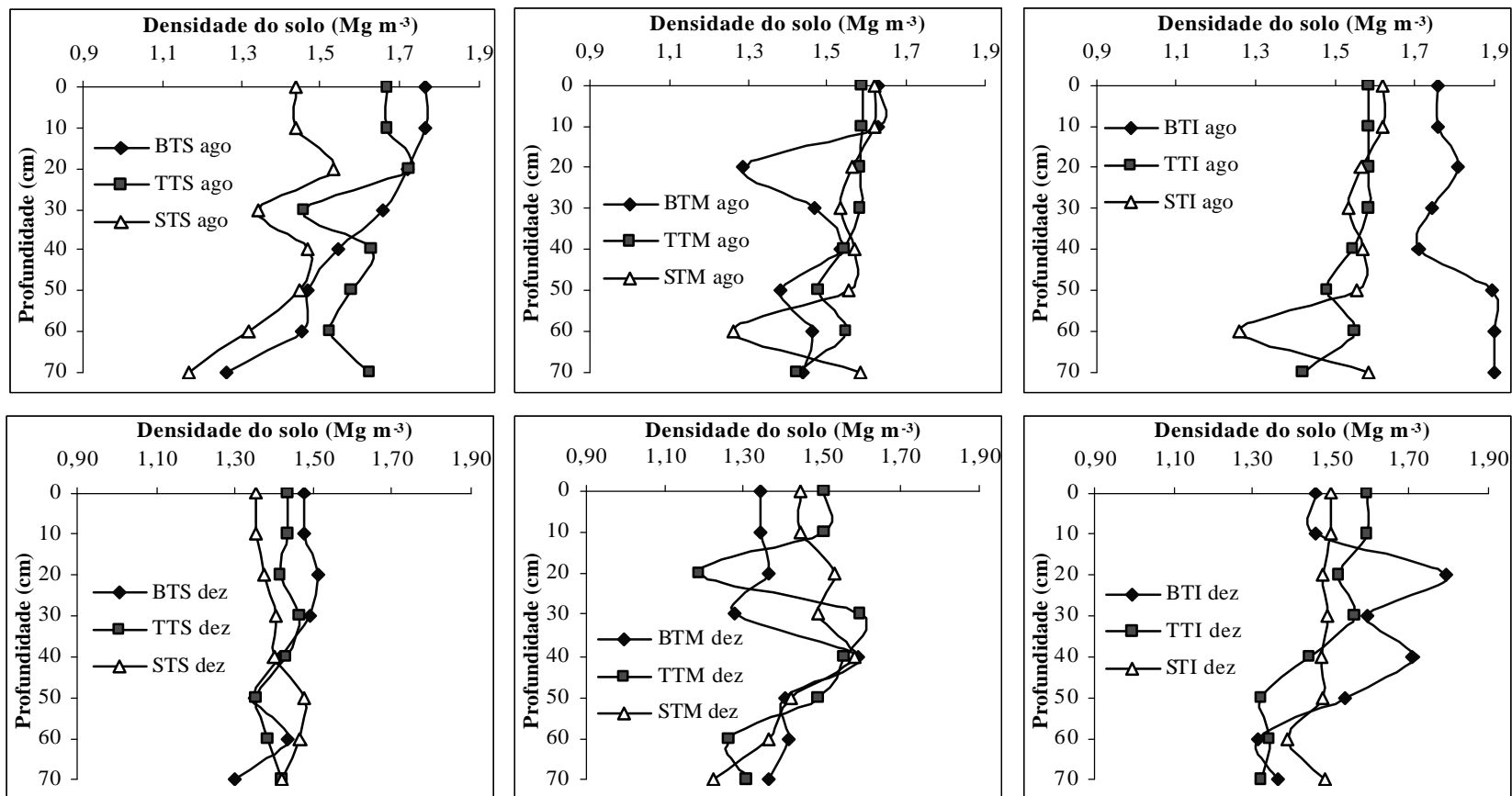


Figura 11. Densidade do solo, nos tipos de gramíneas e posição da encosta, nas diferentes profundidades até 70 cm, em agosto e dezembro de 2004.

Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); topo/terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI).

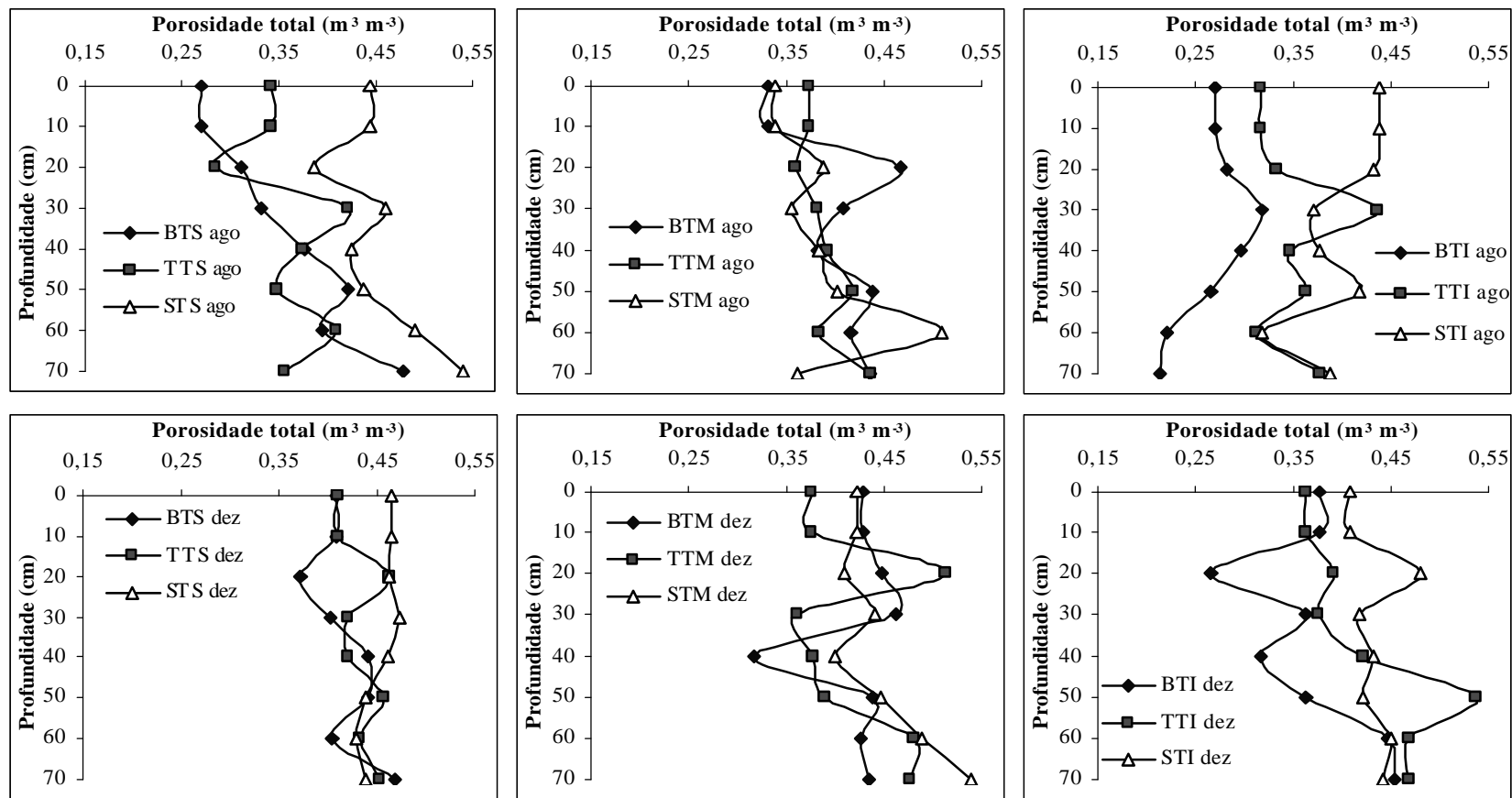


Figura 12. Porosidade total, nos tipos de gramíneas e posição da encosta, nas diferentes profundidades até 70 cm, em agosto e dezembro de 2004.

Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); topo/terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI).

4.2 Análises Químicas

4.2.1 Carbono orgânico total

O conteúdo de carbono orgânico total (COT), nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm no início do Projeto RADEMA (Tempo Zero-2001) e atual (média das coletas realizadas de agosto e dezembro de 2004 e maio e agosto de 2005), é apresentado na Figura 13.

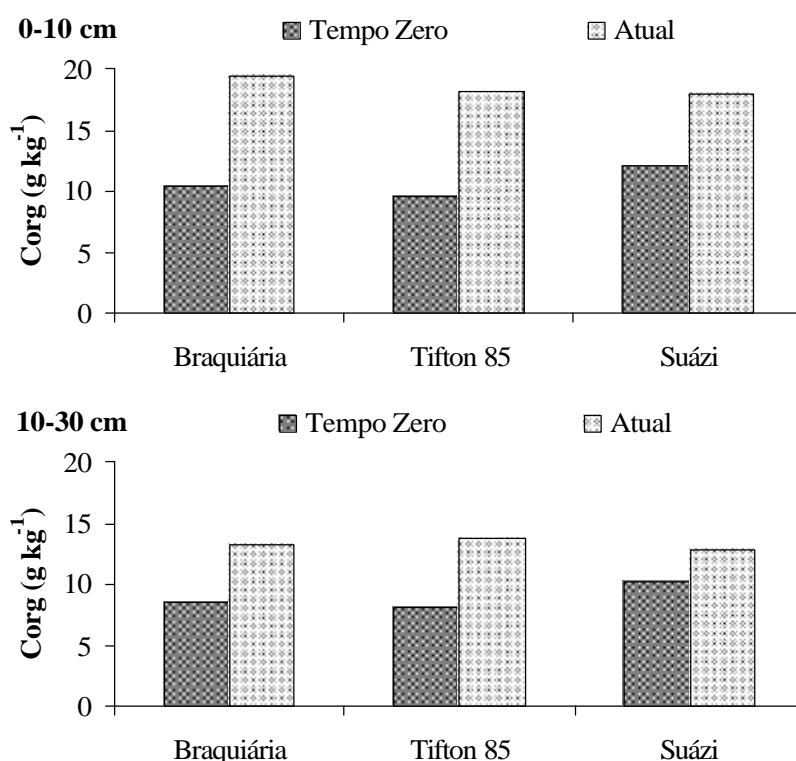


Figura 13. Valores médios de carbono orgânico total no Tempo Zero e atual, nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, para as diferentes coberturas.

De acordo com a Figura 13 é possível observar um aumento do estoque de carbono no solo das diferentes áreas, nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, a partir da implantação do estudo. Na área com Braquiária verifica-se um incremento de 46% de COT, na profundidade de 0-10 cm. Na camada de 10-30 cm, o incremento de carbono foi de aproximadamente 35,6%.

Na área com Tifton 85, na camada de 0-10 cm de profundidade observa-se um aumento de 46,9% de COT, desde a implantação das parcelas experimentais e para a profundidade de 10-30 cm houve um incremento de 40,3% de COT. Já para a área com Suázi, o estoque de carbono foi menor, quando comparado às outras áreas, onde o incremento foi na ordem de 32,4 e 20% para as camadas de 0-10 e 10-30 cm, respectivamente. Este comportamento demonstra que o manejo adotado e as gramíneas utilizadas têm a capacidade de promover o aporte de carbono e aumentar o estoque deste carbono no solo.

O conteúdo de carbono orgânico total (COT) dos agregados retidos nas diferentes classes de peneira e nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm é apresentado na Figura 14.

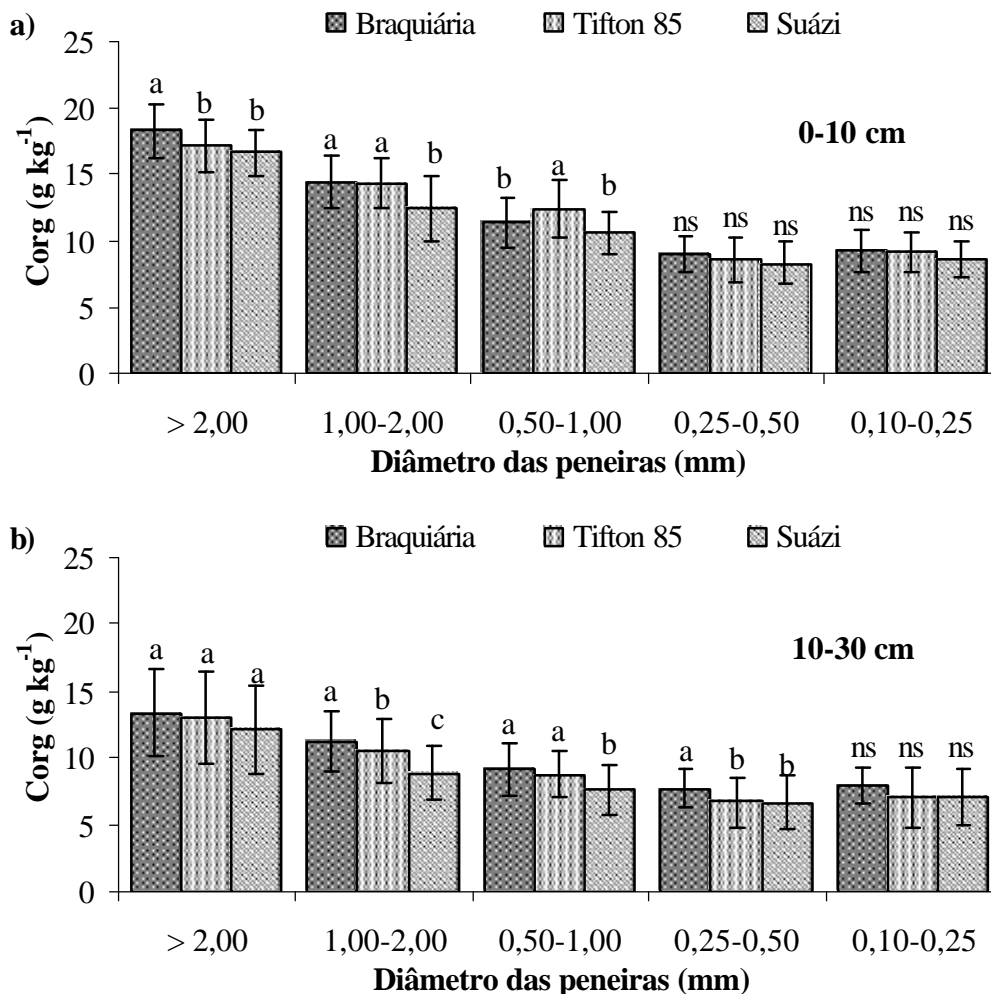


Figura 14. Distribuição de carbono orgânico dos agregados retidos nas diferentes classes de diâmetro de peneira, nas diferentes áreas nas camadas de 0-10 (a) e 10-30cm (b).

Letras iguais dentro de cada diâmetro das peneiras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo.

Quanto à distribuição de COT dos agregados retidos nas diferentes classes de peneiras e nas diferentes coberturas, observa-se um aumento no teor de COT ou maiores valores de carbono na peneira de 2,0mm, em ambas as profundidades estudadas. Também se verifica um decréscimo de COT da peneira de 2,0mm em relação as seguintes de diâmetro menor, nas duas profundidades.

As amostras da área de Braquiária apresentaram estatisticamente maiores teores de COT nos agregados > 2,0mm na profundidade de 0-10 cm em relação às outras forrageiras. Já as amostras das áreas da área de Tifton 85 e Suázi apresentaram valores inferiores aos da área de Braquiária, não diferindo entre si estatisticamente. Para a profundidade de 10-30 cm não foram verificadas diferenças significativas para as três coberturas no COT dos agregados > 2,0mm.

A gramínea Braquiária foi a que promoveu um maior aporte de carbono orgânico quando comparada a Tifton 85 e Suázi, o que pode estar influenciando na formação e estabilidade dos agregados dessas coberturas, na camada superficial (Tabela 7). Entretanto, não foram constatadas diferenças significativas nos valores de COT para a profundidade de 10-30 cm entre as áreas de Braquiária e Tifton 85, que apresentaram maiores valores desta variável. Nesse contexto é possível perceber a influência da matéria orgânica na agregação do solo como um processo dinâmico, sendo necessário um aporte contínuo desta para a manutenção de uma agregação adequada ao desenvolvimento das plantas.

De acordo com a Tabela 6 é possível observar que as gramíneas Braquiária e Tifton 85 apresentam maiores valores de massa seca de raiz, em relação a Suázi, o que provavelmente está influenciando no aporte de COT e na distribuição de agregados estáveis em água > 2,0mm, nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.

Tabela 7. Carbono orgânico total (g kg^{-1}) e massa seca de raiz (g) de amostras de solo em função das diferentes coberturas nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.

Gramíneas	Carbono orgânico Total		Massa seca de raiz	
	0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Braquiária	19,38 A	13,2B	2,68	1,78
Tifton 85	18,06 B	13,7 A	2,02	1,67
Suázi	17,91 B	12,7 C	1,48	1,06
CV %	5,32	9,11	-	-

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$).

CV% = Coeficiente de Variação

Na Tabela 8 observa-se que no período seco de 2004 (agosto) na profundidade de 0-10 cm não houve diferença significativa quanto ao teor de COT nas áreas das gramíneas Braquiária e Tifton 85. No período chuvoso de 2004, a área com Braquiária apresentou o maior teor de COT. Nas áreas com Tifton 85 e Suázi verificaram-se valores próximos e menores que os da Braquiária, não havendo diferença significativa entre aquelas. Já no período seco de 2005 (maio), a área com Braquiária apresentou valores superiores de COT. Em relação às demais, as áreas de Tifton 85 e Suázi foram as áreas que apresentaram os menores valores no teor de COT neste período entre as gramíneas analisadas.

Na profundidade de 10-30 cm, no período seco de 2004, a área com Tifton 85 foi a que apresentou maiores valores de COT em comparação às áreas de Braquiária e Suázi, sendo as diferenças para este parâmetro significativas para a área de Tifton 85. No período chuvoso de 2004 e seco de 2005 (dezembro e maio, respectivamente), a área com Braquiária apresentou valores superiores às das outras gramíneas, sendo esta diferença significativa para essa forrageira.

Independente da cobertura utilizada, os períodos secos de 2004 e 2005 foi o que apresentou maiores valores de COT nas duas profundidades amostradas, devido ao material senescido das diferentes coberturas.

Analisando o conteúdo de carbono em função do tipo de gramínea, posição da vertente e profundidades avaliadas (Tabela 8), para a profundidade de 0-10 cm, verifica-se que os valores médios de carbono foram menores na posição terço superior para

Tifton 85 e Suázi, sendo seguido pelo terço médio e os menores valores médios encontrados no terço inferior, havendo diferença estatística entre os terços.

Na área de Braquiária verificaram-se maiores valores de COT no terço médio, seguido pelo terço superior, observando-se os menores valores no terço inferior. Na posição de encosta terço inferior, às três pastagens diferiram estatisticamente. Na área da gramínea Suázi foram constatados os menores valores médios de carbono e na de Braquiária os maiores, com exceção do terço médio. Estes resultados podem ser atribuídos ao maior acúmulo de resíduos orgânicos no terço médio e terço superior da encosta.

Tabela 8. Carbono orgânico total (COT) de amostras de solo sob pastagem nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm, nas diferentes épocas de coleta e posições da encosta.

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
	COT (g kg⁻¹)		
	Profundidade		
	----- 0-10 cm -----		
Agosto 2004	19,9 Ab	20,6 Aa	18,4 Bb
Dezembro 2004	18,8 Ac	16,7 Bc	17,3 Bc
Mai 2005	21,7 Aa	16,6 Bd	16,4 Bd
Agosto 2005	17,21 Cd	17,49 Bb	19,5 Aa
	----- 10-30 cm -----		
Agosto 2004	11,87 Bc	15,19 Ab	11,79 Bd
Dezembro 2004	13,14 Ab	11,65 Bd	11,76 Bc
Mai 2005	16,06 Aa	16,3 Aa	14,41 Ba
Agosto 2005	11,7 Cd	13,5 Ac	12,69 Bb
	----- 0-10 cm -----		
Terço Superior	20,08 Ab	19,69 Aa	18,53 Ba
Terço Médio	20,84 Aa	17,66 Cb	18,17 Bb
Terço Inferior	17,22 Ac	16,83 Cc	17,02 Bc
	----- 10-30 cm -----		
Terço Superior	13,33 Bb	14,95 Aa	13,49 Ba
Terço Médio	14,35 Aa	12,65 Cc	13,12 Bb
Terço Inferior	12,05 Bc	13,43 Ab	11,46 Cc

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para a profundidade de 10-30 cm foi observado um comportamento variado dos valores de carbono do terço superior para o terço inferior, porém, sendo as três posições de encosta diferentes entre si estatisticamente. Nessa profundidade os valores de carbono para as áreas de Tifton 85 e Braquiária apresentaram comportamento variável. As posições de encosta com Suázi apresentaram menores médias globais do teor de COT. MENEZES et al. (2000b), trabalhando em Pinheiral (RJ) com diferentes posições da vertente em função das coberturas encontraram comportamento semelhante ao verificado neste estudo. Os maiores valores de COT foram observados na camada superficial, em todas as coberturas, devido provavelmente ao sistema radicular das plantas, e ao acúmulo na superfície de material senescente.

Foram observados menores valores de COT na área de Suázi, o que pode estar relacionado com os valores mais baixos de massa seca de parte aérea, devido a maior palatabilidade e herbivoria dos animais para este capim em relação aos outros (Sérgio Traballi CAMARGO FILHO, comunicação pessoal, 2005), resultando em maior remoção de biomassa, nesses piquetes.

Os resultados encontrados são semelhantes aos verificados por vários autores (PERIN et al., 2002; CASTRO FILHO et al., 1998; PINHEIRO et al., 2004). Esses autores afirmam que o tamanho dos agregados é influenciado pelo teor de carbono orgânico comportamento que também foi verificado neste estudo.

Vários autores afirmam que a estabilidade dos agregados e o conteúdo de matéria orgânica do solo dos macroagregados estáveis são maiores em pastagem nativa ou cultivos reduzidos, quando comparados ao cultivo convencional (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1994; JASTROW et al., 1996; SIX et al., 1998).

Nas pastagens estudadas a elevada estabilidade dos agregados está associada ao conteúdo de COT dos macroagregados estáveis, demonstrando que este ecossistema assemelha-se a uma pastagem nativa. Este comportamento demonstra que quando um ecossistema é bem manejado sob o aspecto ambiental, os processos que nele ocorrem são semelhantes àqueles que acontecem de forma natural, antes da ação antrópica.

Os valores encontrados de COT foram sensíveis ao manejo adotado na Fazenda Pau-Ferro, onde foram constatados incrementos no aporte de carbono do solo na área desde da implantação dos piquetes até a última coleta, realizada em agosto de 2005. Portanto, este atributo pode ser utilizado como indicador da qualidade do solo das áreas estudadas.

4.2.2 Frações da matéria orgânica

As diferentes frações de carbono orgânico humificado do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas diferenciadas entre si, e a distribuição destas frações no solo pode indicar a qualidade da matéria orgânica. O uso da distribuição relativa das frações de matéria orgânica, como indicador da mudança de manejo do solo ou da qualidade do ambiente, encontra respaldo nos trabalhos de KONONOVA (1982), SCHNITZER & KHAN (1978) E SCHNITZER (1991).

Na Tabela 9 encontram-se os valores médios de carbono das substâncias húmicas.

Tabela 9. Carbono das frações da matéria orgânica e relações entre elas para as diferentes pastagens nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.

	Carbono (g kg ⁻¹ de solo)					
	C-AH	C-AF	C-HUM	COH	CONH	EA/H
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Braquiária	1,84 A	2,06 A	9,46 A	13,28 A	6,10 A	0,50 A
Tifton 85	1,59 B	2,03 A	7,86 C	11,31 B	6,75 A	0,54 A
Suázi	1,02 C	1,59 B	8,41 B	10,95 B	7,15 A	0,37 B
CV %	27,47	31,46	12,83	11,95	22,49	29,27
----- 10-30 cm -----						
Braquiária	0,89 B	1,49 ns	7,09 B	9,42 B	3,83 A	0,40 ns
Tifton 85	1,28 A	1,47 ns	8,39 A	11,05 A	2,63 B	0,35 ns
Suázi	0,68 B	1,32 ns	7,07 B	9,04 C	3,65 A	0,31 ns
CV %	65,67	25,16	12,65	10,23	28,18	39,09

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). Média de 2 repetições. CV% - Coeficiente de Variação e ns - não significativo

Legenda: C-AH - Ácido húmico; C-AF - Ácido Fúlvico, C-HUM - Humina, Carbono orgânico humificado (COH), carbono orgânico não humificado (CONH) e a relação extrato alcalino e humina (EA/H)

Dentre as substâncias húmicas presente nas áreas estudadas o teor de C na fração HUM constituiu a fração presente em maior quantidade quando comparado aos teores das frações AH e AF. Estes resultados corroboram com os dados observados por vários autores, tais como BORGES & KIEHL (1996), avaliando a alteração da matéria orgânica em cultivos de mandioca e frutíferas perenes; ARAÚJO et al. (2004), estudando mata natural (testemunha), mata recém - desbravada e submetida à queima intensa, pupunha (*Bactris gassipae*) com dois anos de cultivo e pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha*) com quatro anos de cultivo, no estado do Acre; FONTANA et al. (2001), avaliando as frações da matéria orgânica em áreas de floresta secundária, pastagem e cana-de-açúcar sob solos de Tabuleiros, em Campos dos Goytacazes-RJ.

O conteúdo de C-AH no solo com a cobertura Braquiária foi maior do que nas áreas com gramíneas Tifton 85 e Suázi, na camada superficial (0-10 cm). As três coberturas apresentaram diferenças significativas para essa fração, na profundidade de 0-10 cm. As substâncias húmicas AF e HUM também apresentaram maiores valores médios na área de Braquiária, porém diferenciando-se estatisticamente das áreas com Tifton 85 e Suázi apenas no atributo HUM.

PINHEIRO et al. (2003), avaliando o comportamento da matéria orgânica em diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo em Latossolo Vermelho em Paty do Alferes (RJ), observaram os maiores valores de carbono presente nas substâncias húmicas em áreas sob pastagem, quando comparado ao plantio de oleráceas em cultivo mínimo, preparo convencional e plantio em nível.

Os valores de carbono obtidos para estas frações são indicativos dos processos e do grau de humificação do material orgânico do solo, uma vez que características como o maior teor de carbono e nitrogênio, menor teor de oxigênio, maior grau de condensação e aromaticidade tendem a expressar-se de forma crescente na ordem AF, AH e HUM (STEVENSON, 1994). De acordo com SILVA et al. (2000), a maior prevalência de AF nos solos de reação ácida pode resultar, a longo prazo, em ambientes menos favoráveis à atividade microbiana, com concomitante redução na fertilidade do solo.

Segundo STEVENSON (1982) e LONGO & ESPÍNDOLA (2000), o acúmulo de HUM no solo possivelmente está relacionado à ligação estável existente entre esse componente e a parte mineral do solo. A maior parte das substâncias húmicas nas amostras de solo estudadas é composta pela fração HUM, o que também foi observado por DABIN (1981) em outros solos tropicais brasileiros e africanos, e foi atribuído à rápida insolubilização dos resíduos vegetais que chegam ao solo. Uma série de fatores, tais como: a interação com a fração mineral de natureza oxídica e as reações de desidratação favorecidas pela alternância de períodos secos e úmidos, favorecem a formação de HUM. FONTANA et al. (2001) observaram menor valor de HUM em área de pasto, em Argissolo Amarelo, onde a textura arenosa da camada superficial parecia estar influenciando de forma mais lenta a formação desta fração.

Na camada superficial (0-10 cm) na área de Braquiária verificaram-se maiores valores médios de COH, sendo esta seguida pela de Tifton 85 e posteriormente pela Suázi. As três coberturas diferiram entre si estatisticamente para esse parâmetro. Para a profundidade de 10-30 cm a área de Tifton 85 apresentou maiores valores médios e a área com Suázi os menores.

O comportamento apresentado nas áreas estudadas pode ser devido ao denso sistema radicular proporcionado pelas gramíneas, que em contato com as partículas minerais promove o aumento da quantidade e qualidade da matéria orgânica adicionada

ao solo, favorecendo o incremento das frações mais humificadas (PINHEIRO et al., 2003), principalmente na área da Braquiária.

Os valores médios do CONH não mostraram diferenças significativas na análise de variância, na camada de 0-10 cm. Na profundidade de 10-30 cm, as áreas de Braquiária e Suázi foram significativamente superiores à área de Tifton 85, demonstrando que nessa profundidade o carbono orgânico está num maior processo de humificação.

Segundo BENITES et al. (2001) a relação EA/H geralmente apresenta valor menor que 1 (um) nos horizontes superficiais, porque em solos tropicais existe a tendência do predomínio da fração menos solúvel da matéria orgânica (HUM). Este comportamento foi verificado para as duas profundidades amostradas.

Na Figura 15 pode se observar a distribuição das frações da matéria orgânica que contribuíram para o COT encontrado no solo para as diferentes pastagens e profundidades amostradas. De 0-10 cm é possível observar a predominância da fração HUM e CONH, assim como na camada de 10-30 cm. A fração AH foi a que apresentou menores porcentagens de carbono para todas as gramíneas e profundidades avaliadas.

Os resultados de CONH nas diferentes pastagens mostram que cerca de 30% do carbono orgânico total não está humificado, na profundidade de 0-10 cm. Na camada superficial verificaram-se os maiores valores de CONH quando comparados com a profundidade de 10-30 cm, o que pode ser devido a um maior aporte de material senescente da parte aérea das gramíneas na camada superficial.

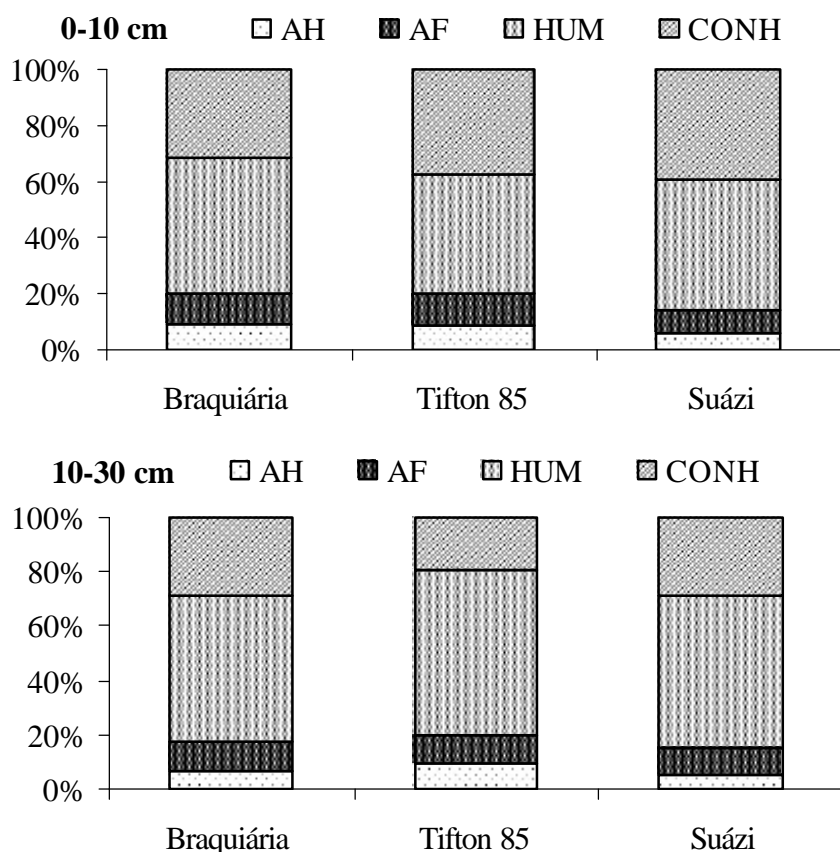


Figura 15. Porcentagem das frações da matéria orgânica do solo em relação ao COT para diferentes pastagens nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.

As interações das gramíneas e as diferentes épocas e posições da encosta para o teor de COT das frações AH e AF podem ser vistas na Tabela 10.

É possível observar que nas duas profundidades amostradas, as épocas secas apresentaram maiores valores de COT das frações AH e AF em relação à época chuvosa, para as áreas das gramíneas avaliadas. A fração AF foi a que apresentou os maiores valores de COT quando comparado ao AH. A predominância de ácidos fúlvicos no extrato alcalino, segundo MENDONÇA & ROWELL (1994), pode ser justificada através da formação de complexos que resultam na maior preservação e proteção dessa fração ao ataque microbiano. Os terços superior e médio da encosta apresentaram maiores valores para o teor de COT das diferentes frações humificadas, para todas as áreas e profundidades amostradas, quando comparados ao terço inferior da encosta, sendo estas diferenças significativas estatisticamente. É possível observar que o terço inferior apresenta uma declividade maior do que as outras posições da vertente, o que pode estar favorecendo a perda de COT dessa posição em relação aos outros terços.

Tabela 10. Carbono na fração ácido húmico (C-AH) e fração ácido fúlvico (C-AF) (g kg⁻¹) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	C-AH	C-AF	C-AH	C-AF	C-AH	C-AF
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	1,92 Ac	2,07 Ac	1,43 Ac	2,23 Ac	0,46 Bc	1,06 Bc
Dezembro 2004	0,83 Ad	1,26 Ad	0,31 Bd	0,67 Bd	0,32 Bd	0,92 Ad
Mai 2005	1,97 Ab	2,33 Ab	1,78 Bb	2,30 Ab	1,38 Cb	1,26 Bb
Agosto 2005	2,83 Aa	2,71 Ca	2,55 Ba	3,36 Aa	1,90 Ca	3,11 Ba
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,57 ns	1,97 Ab	0,82 ns	2,06 Aa	0,22 ns	0,81 Bc
Dezembro 2004	0,19 ns	0,86 Ad	0,10 ns	0,72 Ad	0,10 ns	0,67 Ad
Mai 2005	1,88 ns	1,26 Bc	2,05 ns	1,38 Bc	1,22 ns	1,58 Ab
Agosto 2005	0,98 ns	2,08 Ba	1,75 ns	1,84 Cb	1,16 ns	2,22 Aa
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	2,00 Ab	2,48 Aa	1,87Aa	1,84 Bc	1,14 Ba	1,99 Ba
Terço Médio	2,23 Aa	2,01 Ab	1,65 Bb	2,07 Ab	0,88 Cc	1,35 Bc
Terço Inferior	1,30 Ac	1,67 Bc	1,26 Bc	2,19 Aa	1,04 Cb	1,42 Cb
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	1,23 Ba	1,52 Ab	1,74 Aa	1,30 Ac	0,70 Cb	1,21 Ac
Terço Médio	0,86 Ab	1,74 Aa	0,85 Ac	1,59 Ba	0,57 Bc	1,30 Cb
Terço Inferior	0,59 Ab	1,22 Cc	1,24 Ab	1,51 Ab	0,76 Ba	1,45 Ba

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns – não significativo.

A fração HUM (Tabela 11) foi a que teve maiores valores de COT, em relação às demais frações da matéria orgânica do solo, para todas as épocas e profundidades estudadas. A área com Braquiária apresentou os maiores valores de HUM, e para esse parâmetro, a época chuvosa foi onde se observaram os maiores valores em relação às épocas secas, sendo estas diferenças significativas estatisticamente distintas para as duas profundidades avaliadas. Para as outras áreas, a época seca foi superior a época chuvosa para o conteúdo de COT da fração HUM, apresentando maiores valores para este parâmetro.

Tabela 11. Carbono na fração humina (C-HUM) (g kg^{-1}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
C-HUM			
Profundidade			
	----- 0-10 cm -----		
Agosto 2004	9,97Ab	10,04 Aa	10,86 Aa
Dezembro 2004	12,44 Aa	6,94 Bc	8,52 Bb
Mai 2005	8,72 Ac	7,66 Bb	7,69 Cc
Agosto 2005	6,30 Bd	5,51 Cd	6,59 Ad
	----- 10-30 cm -----		
Agosto 2004	7,35 Ba	9,25 Aa	8,09 Ba
Dezembro 2004	8,90 Aa	8,39 Ab	7,01 Bb
Mai 2005	6,34 Bc	7,20 Ad	6,35 Bd
Agosto 2005	5,50 Cd	7,73 Ac	6,84 Bc
	----- 0-10 cm -----		
Terço Superior	9,84 Aa	8,42 Ba	7,64 Bc
Terço Médio	9,88 Aa	7,85 Cb	8,45 Bb
Terço Inferior	8,66 Ab	7,32 Bc	9,15 Aa
	----- 10-30 cm -----		
Terço Superior	7,01 ns	8,79 ns	7,44 ns
Terço Médio	7,25 ns	8,44 ns	7,61 ns
Terço Inferior	7,00 ns	7,94 ns	6,18 ns

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

O COH e o CONH podem ser vistos na Tabela 12. A área com Braquiária, de uma maneira geral, foi a que apresentou maiores valores de COH para todas as épocas estudadas, na profundidade de 0-10 cm. Para a profundidade de 10-30 cm a área de Tifton 85 foi a que apresentou maiores valores para este parâmetro. A área com Suázi foi a que teve menores valores de COH. Os valores de CONH são menores do que os valores de COH e a época chuvosa, geralmente, foi a que apresentou menores valores para CONH, em relação às épocas secas (Tabela 19).

Verificou-se o predomínio das formas humificadas em detrimento das formas não humificadas, nas camadas de 0-10 cm e 10-30 cm. Para a camada mais superficial este comportamento pode ser decorrente da maior atividade biológica favorecida pela textura mais arenosa desta camada, propiciando uma rápida transformação da matéria orgânica para as formas humificadas. Nas diferentes áreas, na profundidade de 10-30 cm observou-se que a maior parte do carbono orgânico do solo está na forma humificada, sendo que neste caso, o comportamento pode ser atribuído à transformação da matéria orgânica para formas mais estáveis, uma vez que a deposição deste material orgânico em profundidade é reduzida.

As posições da vertente terço médio e superior foram as que apresentaram maiores valores de COH e CONH, quando comparadas ao terço inferior, provavelmente pelos mesmos motivos apresentados para os teores de C-AH, C-AF e C-HUM, nas áreas e profundidades amostradas.

Tabela 12. COH e CONH (g kg^{-1}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi em relação as diferentes épocas de coleta e posição da encosta nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	COH	CONH	COH	CONH	COH	CONH
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	13,96 Ab	5,94 Ab	13,70 Aa	6,87 Ab	12,38 Aa	5,99 Ad
Dezembro 2004	14,72 Aa	4,09 Bd	7,92 Bd	8,83 Aa	9,75 Bd	7,55 Ab
Mai 2005	12,47 Ac	9,31 Aa	11,04 Bc	6,30 Cc	10,05 Cc	7,11 Bc
Agosto 2005	11,84 Ad	5,37 Cc	11,41 Bb	6,08 Bd	11,61 Cb	7,96 Aa
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	9,89 Bb	1,98 Ad	12,13 Aa	3,06 Ab	9,12 Bb	2,67 Ac
Dezembro 2004	9,95 Aa	3,19 Bb	9,21 Ad	1,42 Cd	7,78 Bd	4,09 Ab
Mai 2005	9,27 Bc	6,79 Aa	10,29 Ac	6,02 Ba	9,06 Cc	5,35 Ca
Agosto 2005	8,56 Cd	3,15 Ac	11,33 Ab	2,14 Cc	10,22 Ba	2,47 Bd
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	14,50 Aa	5,58Bc	11,97 Ba	7,73 Aa	10,60 Cb	8,51 Aa
Terço Médio	13,92 Ab	6,92 Ba	11,36 Cb	6,30 Cb	10,62 Bb	7,55 Ab
Terço Inferior	11,42 Cc	5,80 Bb	10,62 Bc	6,21 Ac	11,62 Aa	5,40 Cc
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	9,76 Bb	3,58 Ab	11,83 Aa	3,12 Aa	9,35 Ba	4,14 Aa
Terço Médio	9,85 Ba	4,50 Aa	10,61 Ac	2,03 Cc	9,40 Cb	3,72 Bb
Terço Inferior	8,65 Bc	3,40 Ac	10,70 Ab	2,73 Cb	8,38 Cc	3,08 Bc

Valores seguidos de mesma letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Em relação à posição da encosta, os valores de C-AH e C-AF apresentam efeito sobre o tipo de gramínea que compõem a pastagem. As maiores variações ocorreram na área com Braquiária. As áreas com Tifton 85 e com Suázi tenderam a uma melhor distribuição no terreno.

Foram observados que os valores de C-AH e C-AF apresentaram um aumento de agosto de 2004 para agosto de 2005. Estes resultados são um indicativo de melhoria da qualidade do solo, como consequência do bom manejo da área de estudo, demonstrando que esse atributo pode ser indicador da qualidade dos solos.

4.2.3 Fertilidade do solo

Os resultados obtidos para as amostras de fertilidade mostraram pequena variação dos teores de nutrientes nas diferentes áreas e posições da encosta, em função do tipo de gramíneas estudadas.

O pH do solo das áreas foi identificado como variando de fortemente ácido (intervalo entre 4,4 e 5,3) a moderadamente ácido (5,4-6,5), segundo ALMEIDA et al. (1988) nas duas profundidades amostradas (Tabela 13). Esta propriedade não influencia diretamente o desenvolvimento vegetal, exceto em casos extremos, contudo as condições resultantes dos baixos valores de pH podem limitar o desenvolvimento das plantas, tanto pelo efeito sobre a disponibilidade de nutrientes, como pela concentração de alumínio (Al) em níveis tóxicos para a planta (TEBALDI et al., 2000a). A toxidez vegetal causada pelo Al solúvel é aumentada para valores de pH abaixo de 5,5, em que a

solubilidade deste elemento aumenta abruptamente (MAGISTAD, 1925; citado por SIQUEIRA, 1985).

Nas áreas estudadas não foram observados valores de pH abaixo de 5,0 em ambas profundidades, não sendo esta propriedade limitante ao desenvolvimento das gramíneas estudadas. Valores de pH menores foram encontrados nas áreas de Braquiária e Suázi no terço superior de encosta. Para esta propriedade não foi verificada diferença entre as estações na profundidade de 0-10 cm. Na camada de 10-30 cm no terço superior da encosta constatou-se os menores valores de pH, para as gramíneas Braquiária e Suázi, e a época chuvosa, de maneira geral, foi onde se observou o menor valor de pH.

O Al é um dos componentes mais importantes da acidez do solo, devido à liberação de hidrogênio que ocorre em função da hidrólise. A acidez devido ao Al trocável é observada em pH < 5,6. Em solos com pH acima de 5,5, o Al encontra-se em formas precipitadas (JONES, 1979; BOHNEN, 1995). O nível de Al na solução do solo depende do pH do solo, da saturação por alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo (ALVAREZ et al., 1995).

Tabela 13. Valores de pH nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais, épocas e posição na encosta.

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
	pH		
	Profundidade		
	----- 0-10 cm -----		
Agosto 2004	5,58 ns	5,58 ns	5,67 ns
Dezembro 2004	5,40 ns	5,05 ns	5,27 ns
Mai 2005	5,59 ns	5,75 ns	5,83 ns
Agosto 2005	5,42 ns	5,42 ns	5,53 ns
	----- 10-30 cm -----		
Agosto 2004	5,65 Ba	5,82 Aa	5,50 Bb
Dezembro 2004	5,65 Aa	5,20 Bc	5,37 Bd
Mai 2005	5,58 Cb	5,83 Ba	5,96 Aa
Agosto 2005	5,22 Cc	5,62 Ab	5,47 Bc
	----- 0-10 cm -----		
Terço Superior	5,15 Bc	5,48 Ab	5,44 Ac
Terço Médio	5,73 Aa	5,30 Cc	5,62 Bb
Terço Inferior	5,60 Bb	5,50 Cc	5,66Aa
	----- 10-30 cm -----		
Terço Superior	5,17 Cc	5,71 Aa	5,35 Bc
Terço Médio	5,66 Ab	5,52 Bc	5,70 Aa
Terço Inferior	5,74 Aa	5,65 Cb	5,68 Bb

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

De acordo com a Tabela 14 foram verificados baixos valores de Al, inferiores a $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo nas áreas estudadas em ambas as profundidades. Nas diferentes posições da topossequência houve uma pequena variação deste elemento. A área de Braquiária, na estação seca, apresentou os maiores valores para Al no terço superior em comparação às demais áreas e coberturas. Os resultados da acidez potencial foram baixos e corroboraram com os resultados do teor de Al e de pH.

Tabela 14. Valores Al^{+++} e $H+Al$ ($cmol_c\ kg^{-1}$ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Al^{+++}	H+Al	Al^{+++}	H+Al	Al^{+++}	H+Al
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	0,03 Ac	2,42 Bd	0,02 Ad	2,56 Bd	0,03 Ac	3,63 Aa
Dezembro 2004	0,03 Bc	2,94 Bc	0,07 Ac	2,97 Bc	0,05 Ba	3,19 Ad
Mai 2005	0,16 Ab	3,67 Ab	0,16 Aa	3,37 Bb	0,03 Bc	3,32 Cc
Agosto 2005	0,18 Aa	3,88 Aa	0,10 Bb	3,55 Ba	0,04 Cb	3,52 Bb
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,08 Ac	2,34 Bd	0,00 Ac	2,23 Bd	0,07 Ac	3,19 Aa
Dezembro 2004	0,08 Ac	2,55 Cc	0,07 Ab	2,78 Bb	0,08 Ab	3,11 Ab
Mai 2005	0,14 Ab	2,84 Bb	0,14 Aa	3,04 Aa	0,02 Bd	2,48 Cd
Agosto 2005	0,28 Aa	3,14 Aa	0,07 Cb	2,61 Cc	0,12 Ba	2,89 Bc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	0,24 Aa	4,31 Aa	0,04 Bc	2,94 Ba	0,06 Ba	3,91 Aa
Terço Médio	0,02 Bc	2,95 Bb	0,17 Aa	3,16 Aa	0,03 Bb	3,12 Ac
Terço Inferior	0,05 Ab	2,48 Cc	0,05 Ab	2,98 Bb	0,03Bb	3,21 Ab
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	0,36 Aa	3,61 Aa	0,03 Bb	2,50 Bb	0,13 Ba	3,42 Aa
Terço Médio	0,04 Bb	2,65 Ab	0,13 Aa	2,80 Aa	0,08 Bb	2,80 Ab
Terço Inferior	0,04 Ab	1,92 Bc	0,03 Ab	2,50 Ac	0,01 Bc	2,53 Ac

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na camada de 0-10 cm as áreas com Tifton 85 e Suázi apresentaram os maiores valores de Ca e Mg em comparação com a Braquiária, sendo estes estatisticamente diferentes (Tabela 15). Os maiores valores de Ca e Mg foram observados na camada de 0-10 cm, sendo os níveis classificados como médios para estes elementos nesta profundidade. Para a profundidade de 10-30 cm verificaram-se níveis mais baixos destes nutrientes. Observa-se que os maiores valores, de maneira geral, ocorrem nos terços médio e inferior de encosta em relação ao superior, condizente com o comportamento verificado para o Al. Uma possível explicação para este comportamento pode ser devido as maiores perdas por lixiviação e escoamento superficial que ocorrem no terço superior, com um paralelo acúmulo de Ca e Mg nos terços médio e inferior.

SILVA et al. (2005), avaliando as propriedades químicas do solo e produções de forragem, nesta mesma área, encontraram comportamento similar ao observado neste estudo para estes elementos. Nessas áreas, as épocas secas (maio e agosto de 2005) foram as que apresentaram maiores valores de Ca e Mg. Este comportamento é atribuído a adubação de manutenção realizada em maio de 2005, associada ao efeito de concentração destes nutrientes na época de menor precipitação. TEBALDI et al. (2000b), avaliando a composição mineral das pastagens da Região Norte e Noroeste do Rio de Janeiro encontraram no município de Itaperuna menores valores de Ca na época chuvosa.

Para a camada de 10-30 cm o comportamento foi semelhante ao observado para a camada de 0-10 cm, não havendo diferenças significativas entre as épocas de coleta para o Ca, porém para o Mg houve diferenças significativas em função da época de amostragem e, também, da forrageira.

Tabela 15. Valores de Ca^{++} ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo) e Mg^{++} ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Ca^{++}	Mg^{++}	Ca^{++}	Mg^{++}	Ca^{++}	Mg^{++}
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	1,12 Bd	1,38 Bc	1,22 Ac	2,07 Aa	1,33 Ac	1,42 Bb
Dezembro 2004	1,46 Aa	1,00 Ag	1,15 Cd	0,90 Ad	1,32 Bd	1,05 Ac
Mai 2005	1,38 Bb	2,11 Ab	1,36 Cb	1,83 Bb	1,69 Aa	2,06 Aa
Agosto 2005	1,22 Cc	2,17 Aa	1,40 Ba	1,40 Bc	1,68 Ab	1,42 Bb
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,97 ns	1,08 Bb	1,10 ns	1,92 Aa	1,35 ns	1,28 Bb
Dezembro 2004	1,07 ns	0,87 Ad	1,08 ns	0,45 Bd	1,08 ns	0,87 Ad
Mai 2005	1,19 ns	1,74 Ba	1,15 ns	1,81 Bb	1,50 ns	1,88 Aa
Agosto 2005	0,98 ns	0,90 Cc	1,20 ns	1,20 Ac	1,25 ns	1,08 Bc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	0,83 Bc	1,63 Ab	1,45 Aa	1,71 Aa	1,37 Ab	1,34 Ac
Terço Médio	1,88 Aa	2,15 Aa	1,24 Cb	1,52 Bb	1,33 Bc	1,50 Bb
Terço Inferior	1,21 Bb	1,16 Cc	1,14 Cc	1,43 Bc	1,82 Aa	1,63 Aa
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	0,60 Cc	0,91 Cc	1,26 Aa	1,60 Aa	1,03Bc	1,22 Bb
Terço Médio	1,37 Aa	1,46 Aa	1,22 Ab	1,31 Bb	1,29 Ab	1,20 Cc
Terço Inferior	1,20 Ab	1,05 Cb	1,04 Bc	1,17 Bc	1,57 Aa	1,42 Aa

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns-não significativo.

Na Tabela 16 são apresentados os valores de P e K das camadas de 0-10 e 10-30 cm. Os valores de P apresentaram-se muito baixos, inferiores a 9 mg P kg^{-1} de solo, apesar da adubação realizada, enquanto os níveis de K variaram de médios a muito altos ($45\text{-}138 \text{ mg K kg}^{-1}$ de solo) na profundidade de 0-10 cm. Na profundidade de 10-30 cm os níveis de P foram muito baixos e os de K variaram de muito baixo a valores médios ($18\text{-}85 \text{ mg K kg}^{-1}$ de solo). Este comportamento para o P pode ser explicado pela dinâmica dos adubos fosfatados que após sua aplicação no solo e dissolução, praticamente todo o P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis (SOUZA et al., 2004). Também existe a influência da acidez do solo, onde a correção desta contribui para aumentar a disponibilidade do P do solo e a eficiência de uso dos fertilizantes fosfatados solúveis (SOUZA et al., 2004). Estes mesmos autores ressaltam que uma outra opção para ampliar a reciclagem e eficiência de uso do fósforo pelas plantas é o aumento do teor de matéria orgânica no solo. A magnitude dessa recuperação depende principalmente da espécie cultivada e é influenciada pela textura, o tipo de minerais de argila e a acidez do solo.

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros resulta em grande prejuízo à produção das plantas de modo geral, e por reduzir o perfilhamento e retardar o desenvolvimento das gramíneas forrageiras fazendo com que o pasto tenha uma cobertura deficiente, abrindo espaços para espécies invasoras (ROSSI & MONTEIRO, 1999).

Nas duas profundidades estudadas a área com Braquiária foi a que apresentou maiores valores de P, seguida pelas áreas de Tifton 85 e Suázi, sendo que na profundidade de 10-30 cm não foram constatadas diferenças significativas entre as

áreas. O terço médio de encosta foi o que teve maiores valores para este nutriente e a época seca foi a que apresentou as maiores médias para P.

Já para o K, na profundidade de 0-10 cm a área com a gramínea Suázi apresentou os maiores valores médios no terço superior de encosta, seguida pelas áreas de Tifton 85 e Braquiária. Os resultados nas outras posições da vertente foram semelhantes e não diferiram estatisticamente entre si. A época seca foi a que apresentou os maiores valores médios para este elemento, sendo agosto de 2004 e agosto de 2005, os meses onde se verificaram os maiores valores de K, provavelmente por causa da adubação realizada no período. Para a profundidade de 10-30 cm os valores de K foram menores do que os da camada de 0-10 cm, e as coletas realizadas nas épocas secas apresentaram maiores valores para este elemento. Foram constatadas diferenças significativas para a posição da vertente nessa profundidade.

Tabela 16. Valores de K⁺ e P (mg kg⁻¹ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	K ⁺	P	K ⁺	P	K ⁺	P
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	109 Aa	6 Ab	75 Bc	3 Ad	138 Ab	5 Aa
Dezembro 2004	59 Bc	2 Bd	45 Bd	5 Aa	78 Ad	1 Bd
Mai 2005	60 Cc	5 Ac	148 Ba	3 Bb	164 Aa	3 Bb
Agosto 2005	67 Cb	9 Aa	90 Bb	3 Bc	93 Ac	3 Cc
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	85 Aa	3 ns	26 Cc	2 ns	50 Bb	3 ns
Dezembro 2004	28 Ab	1 ns	19 Bd	1 ns	29 Bc	0 ns
Mai 2005	23 Bc	1 ns	51 Ab	2 ns	56 Aa	1 ns
Agosto 2005	18 Cd	3 ns	54 Aa	2 ns	24 Bd	1 ns
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	121 Aa	5 Ab	86 Ba	2 Bc	121 Aa	2 Bb
Terço Médio	46 Cb	6 Aa	77 Bb	4 Ba	118 Ab	2 Cc
Terço Inferior	47 Cb	4 Bc	72 Bc	4 Ab	116 Ab	4 Aa
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	52 Aa	2 ns	36 Bb	1 ns	23 Bc	1 ns
Terço Médio	23 Cc	2 ns	30 Bc	2 ns	59 Aa	1 ns
Terço Inferior	33 Cb	2 ns	51 Aa	3 ns	37 Bb	1 ns

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). ns - não significativo

De acordo com PEREIRA et al. (2000), diversas razões devem ser levadas em consideração para a compreensão da dinâmica do K no solo, tais como: a quantidade de adubos incorporados ao solo; manejo diferenciado nos sistemas; número de animais em pastejo; excrementos e restos de vegetais depositados no solo, que contribuem para o aumento no teor dos nutrientes; ciclagem dos nutrientes e atividade de microrganismos. Em estudos realizados pelo CIAT (1985), avaliando a quantidade de nutrientes encontrados nos detritos em pastagens sob pastejo, foi possível observar que existe um substancial retorno do Ca e N, seguido do K, Mg, S e P.

As variações no teor de nutrientes refletem diferenças na extração pelas gramíneas, oferta de biomassa e, no caso do P, indicam a necessidade de aumentar as doses de P na adubação, apesar de esta ter sido feita de acordo com os dados de análise

de solo e recomendação para pastagens no Rio de Janeiro, os resultados obtidos mostram que não está sendo suficiente a adubação fosfatada.

Os teores de N total são apresentados na Tabela 17. Observa-se que, de um modo geral, na época chuvosa os valores de N total foram superiores nas épocas secas, promovidas pela maior taxa de mineralização da matéria orgânica ocorrida nesta época, na camada de 0-10 cm. Os valores de N para a área da Braquiária foram maiores do que os encontrados nas áreas de Tifton 85 e Suázi, na camada de 0-10 cm, enquanto na camada de 10-30 cm não houve diferença estatística para esse nutriente nas diferentes épocas.

Tabela 17. Valores de N total (g kg^{-1} de solo) e relação C:N nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	N total	C:N	N total	C:N	N total	C:N
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	0,90 Bd	17,49 Aa	1,09 Ab	12,11 Bc	1,06 Ad	12,07 Bc
Dezembro 2004	1,22 Bb	10,63 Ac	1,04 Bc	9,87 Bd	1,33 Aa	9,60 Cd
Mai 2005	1,13 Ac	16,74 Bb	0,89 Cd	21,58 Aa	1,09 Bc	16,33 Cb
Agosto 2005	1,35 Aa	13,00 Cd	1,14 Ba	15,46 Bb	1,13 Cb	17,42 Aa
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	0,77 ns	16,06 Ab	0,92 ns	9,49 Cd	0,75 ns	14,11 Ba
Dezembro 2004	0,90 ns	10,02 Bd	0,89 ns	9,96 Bc	0,92 ns	10,45 Ad
Mai 2005	1,09 ns	18,20 Ba	0,93 ns	19,61 Aa	1,14 ns	13,82 Cb
Agosto 2005	1,02 ns	11,61 Cc	1,03 ns	13,47 Ab	1,02 ns	12,86 Bc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	1,02 Bb	17,01 Aa	1,32 Aa	11,88 Bc	1,00 Bc	16,59 Aa
Terço Médio	1,51 Aa	11,23 Cc	1,05 Cb	14,19 Ab	1,16 Bb	13,20 Bb
Terço Inferior	0,96 Cc	14,30 Bb	1,00 Bc	15,11 Aa	1,29 Aa	11,78 Cc
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	0,83 Bc	16,54 Aa	1,18 Aa	10,52 Cc	0,82 Bc	15,07 Ba
Terço Médio	1,14 Aa	10,31 Bc	0,98 Bb	11,98 Ab	0,99 Bb	12,18 Ab
Terço Inferior	0,88 Bb	14,32 Bb	0,86 Cc	14,87 Aa	1,05 Aa	11,19 Cc

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ns - não significativo

A posição da encosta onde se constatou os maiores teores de N total foi o terço médio, nas duas profundidades estudadas. Na camada de 0-10 cm a área com Braquiária apresentou maiores valores para N total, no terço médio de encosta, sendo estatisticamente diferente das outras áreas. Já na camada de 10-30 cm a área com Tifton 85 foi superior às demais áreas estudadas, no terço superior.

A relação C:N do solo das áreas foi considerada de estreita (= 12) a média 13-20) (PIPAEMG, 1972; citado por MELO et al., 1985) e na época chuvosa esta relação foi menor para todas as áreas estudadas (Tabela 17). A posição da vertente onde se verificou os menores valores da relação C:N foi o terço médio, para as duas profundidades.

As áreas das gramíneas Tifton 85 e Suázi apresentaram os menores resultados, quando comparadas à área de Braquiária, sendo essas diferenças significativas

estatisticamente. Essa redução na época chuvosa pode estar associada às condições climáticas, especialmente a temperatura e o conteúdo de água no solo, que podem ter proporcionado maiores taxas de decomposição e, conseqüentemente, maior redução da relação C:N, ou seja, o consumo da fração leve que fica no período seco. Estes resultados evidenciam o comportamento sazonal dessas gramíneas na produção de massa seca e na decomposição do material senescente, e conseqüentemente na dinâmica da matéria orgânica do solo. BORÉM & RAMOS (2002), estudando a variação estacional e topográfica de nutrientes na serrapilheira, em um fragmento da Mata Atlântica, encontraram estoques de serrapilheira no fim do período seco maiores do que no fim do período chuvoso, nos terços médio e superior e que esta deposição deve ser responsável pelo maior conteúdo de nutrientes e de carbono orgânico apresentado por estas posições topográficas.

Os valores de soma de bases (valor S) e valor T nas diferentes épocas e posições da encosta são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Valores de saturação por bases (Valor S) e Valor T ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo) nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária		Tifton 85		Suázi	
	Valor S	Valor T	Valor S	Valor T	Valor S	Valor T
Profundidade						
----- 0-10 cm -----						
Agosto 2004	2,8 Ab	5,2 Ad	3,5 Ab	6,1 Ab	3,1 Ab	6,8 Ab
Dezembro 2004	2,6 Ac	5,6 Ac	2,2 Bc	5,2 Ac	2,6 Ac	5,8 Ac
Mai 2005	3,7 Ba	7,3 Ab	3,6 Ca	7,0 Ba	4,2 Aa	7,5 Aa
Agosto 2005	2,5 Ad	11,1 Aa	1,7 Bd	4,9 Bd	1,7 Bd	4,5 Cd
----- 10-30 cm -----						
Agosto 2004	2,3 Bb	4,6 Cd	3,1 Aa	5,3 Bb	2,8 Ab	6,0 Aa
Dezembro 2004	2,0 Ac	4,6 Bc	1,6 Bb	4,4 Cc	2,0 Ac	5,1 Ab
Mai 2005	3,0 Ca	5,8 Ca	3,1 Ba	6,1 Aa	3,5 Aa	6,0 Ba
Agosto 2005	1,2 Cd	4,4 Ad	1,4 Ac	3,7 Bd	1,3 Bd	2,5 Cc
----- 0-10 cm -----						
Terço Superior	2,7 Ab	8,5 Aa	2,9 Aa	5,7 Ba	2,6 Ac	6,5 Ba
Terço Médio	3,7 Aa	8,3 Ab	2,7 Bb	5,6 Bb	2,8 Bb	5,6 Bc
Terço Inferior	2,2 Cc	5,1 Cc	2,5 Bc	5,6 Bc	3,3 Aa	6,3 Ab
----- 10-30 cm -----						
Terço Superior	1,7 Bc	5,3 Aa	2,6 Aa	5,1 Aa	2,1 Bc	5,1 Aa
Terço Médio	2,7 Aa	5,3 Ab	2,4 Bb	4,9 Bb	2,4 Bb	4,8 Bb
Terço Inferior	2,0 Cb	4,0 Cc	2,1 Bc	4,6 Bc	2,7 Ba	4,8Ab

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para o valor S verifica-se que o terço superior e o terço médio, de uma maneira geral, foram os que apresentaram maiores valores, decorrentes da maior participação de Ca e Mg no complexo sortivo. Nas áreas das gramíneas Tifton 85 e Suazi constataram-se os maiores valores médios para esses nutrientes quando comparado à área de Braquiária nas duas profundidades estudadas. O período seco apresentou os maiores valores médios para o valor S, nos meses de agosto de 2004 e maio de 2005 e as gramíneas Tifton 85 e Suázi foram as que apresentaram os maiores valores para as camadas estudadas.

Os resultados encontrados para o valor T ($< 11,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} \text{ solo}$) nas áreas de Braquiária e Suázi foram superiores ao da área de Tifton 85 nas posições topográficas terço superior e médio de encosta, sendo estas posições estatisticamente superiores ao terço inferior tanto em 0-10 quanto 10-30 cm.

Já para as épocas de coleta o período seco foi o que mostrou os maiores valores para o valor T, nas áreas de Braquiária e Suázi, sendo estas diferenças significativas em relação à gramínea Tifton 85. Os maiores valores de T nestas áreas e nesta posição podem estar diretamente relacionados com os maiores valores de COT que ocorrem também nestas áreas. Segundo BAYER & MIELNICZUK (1999), em solos tropicais e subtropicais a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição de sua lixiviação.

O valor V (Tabela 19) foi menor do que 60% para todas as coberturas vegetais, posições da encosta, épocas de amostragem e profundidades estudadas.

Tabela 19. V % nas profundidades de 0-10 e 10-30 cm nas diferentes épocas e posições da encosta em função das coberturas vegetais.

	Braquiária	Tifton 85	Suázi
	V%		
	Profundidade		
	----- 0-10 cm -----		
Agosto 2004	55 Aa	58 Aa	47 Bb
Dezembro 2004	47 Ac	42 Ac	45 Ac
Maió 2005	50 Cb	51 Bb	56 Aa
Agosto 2005	22 Cd	36 Cd	40 Ad
	----- 10-30 cm -----		
Agosto 2004	52 Ba	58 Aa	47 Bc
Dezembro 2004	45 Ac	37 Cd	40 Bd
Maió 2005	51 Bb	50 Cb	59 Aa
Agosto 2005	27 Cd	37 Bc	52 Ab
	----- 0-10 cm -----		
Terço Superior	34 Cc	51 Aa	40 Bc
Terço Médio	50 Aa	47 Bb	50 Ab
Terço Inferior	46 Bb	44 Cc	51 Aa
	----- 10-30 cm -----		
Terço Superior	33 Cb	51 Aa	42 Bc
Terço Médio	49 Aa	45 Bb	50 Ab
Terço Inferior	49 Ba	44 Cc	56 Aa

Valores seguidos de letra maiúscula na mesma linha e valores seguidos de letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Foi observada também uma diminuição do valor V% em profundidade, resultante da maior adição de bases e ciclagem de nutrientes nas camadas superficiais. As áreas com Tifton 85 e Suázi foram às áreas que apresentaram os maiores valores, quando comparadas à área com a gramínea Braquiária. O terço superior e o terço médio foram onde se verificaram os maiores valores médios em relação ao terço superior. Para o período seco, foi constatado um aumento do valor T do solo em relação ao período chuvoso. Refletindo a adubação realizada, em maio de 2005 foram obtidos os maiores valores médios deste atributo.

Os níveis de nutrientes observados nos diversos tratamentos refletem o manejo da área, adubações e calagem, pastejo controlado e variações entre os tipos de

gramíneas. Para a área em questão a resposta ao manejo dado pode ser um atributo indicador do potencial de cada pastagem em melhorar a degradação dos solos. Já quanto à fertilidade do solo a prática de adubação e calagem exerceu efeito positivo no nível de nutrientes do solo em todos os tratamentos.

4.3 Análise de Componentes Principais

As Figuras 16a e 17a mostram a ordenação das características físicas e químicas do solo e as Figuras 16b e 17b apresentam a ordenação das pastagens avaliadas, nas épocas seca e chuvosa e posições de encosta, produzidos pela análise de componentes principais (ACP). O comprimento das linhas é proporcional a sua importância e os ângulos entre elas refletem as intercorrelações entre as variáveis (ALVARENGA & DAVIDE, 1999). O ângulo entre determinada linha e cada eixo de ordenação representa um grau de correlação com o eixo (SOUZA, 1996).

Para a profundidade de 0-10 cm, a ACP (Figura 16a) apresentou autovalores “eigenvalues” de 0,529, para o primeiro eixo, e de 0,168, para o segundo eixo, o que representa 52,85 e 69,7% (0,529+0,168) da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com a maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo. Dessa forma, segundo ALVARENGA & DAVIDE (1999), podem-se desprezar os demais eixos de ordenação, já que o gráfico bidimensional e proporciona uma ordenação clara das características físicas e químicas do solo (TER BRAAK, 1986).

Assim, as características físicas e químicas mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram: DMP; agregados >2,0mm; microagregados, nas faixas de 0,50-0,25 e 0,25-0,10; C-AH; C-AF; COT; Valor S e Valor T, com índices de correlação de 0,76; 0,81; 0,90; 0,84; 0,78; 0,78; 0,50; 0,49 e 0,56, respectivamente. No segundo eixo, com variância desprezível em relação ao primeiro (16,80%), e as características mais relevantes foram: Ds (0,72) e VTP (0,62). Na área estudada observa-se que os dois eixos as características físicas do solo apresentaram maiores valores de correlação que o carbono nas frações AH e AF no primeiro eixo.

Em relação às pastagens avaliadas (Figura 16b), foi observada a ordenação entre as épocas, onde a época seca ficou agrupada na parte esquerda do gráfico e a época chuvosa na parte direita. De acordo com a posição da encosta, as pastagens apresentaram uma tendência de ordenação na parte inferior do gráfico, relativamente próximos da região central do diagrama, revelando menor correlação com as características físicas e químicas de maior relevância.

As áreas de Braquiária, na época seca, nos terços superior e médio de encosta, Tifton 85 terço médio e Suázi terço superior posicionaram-se na parte inferior esquerda do diagrama, e as outras áreas na parte superior esquerda do diagrama. Tal fato indica que as propriedades químicas e o COT foram fortemente correlacionados com o primeiro eixo do diagrama, assim como as propriedades físicas (DMP e massa de agregados > 2,0mm).

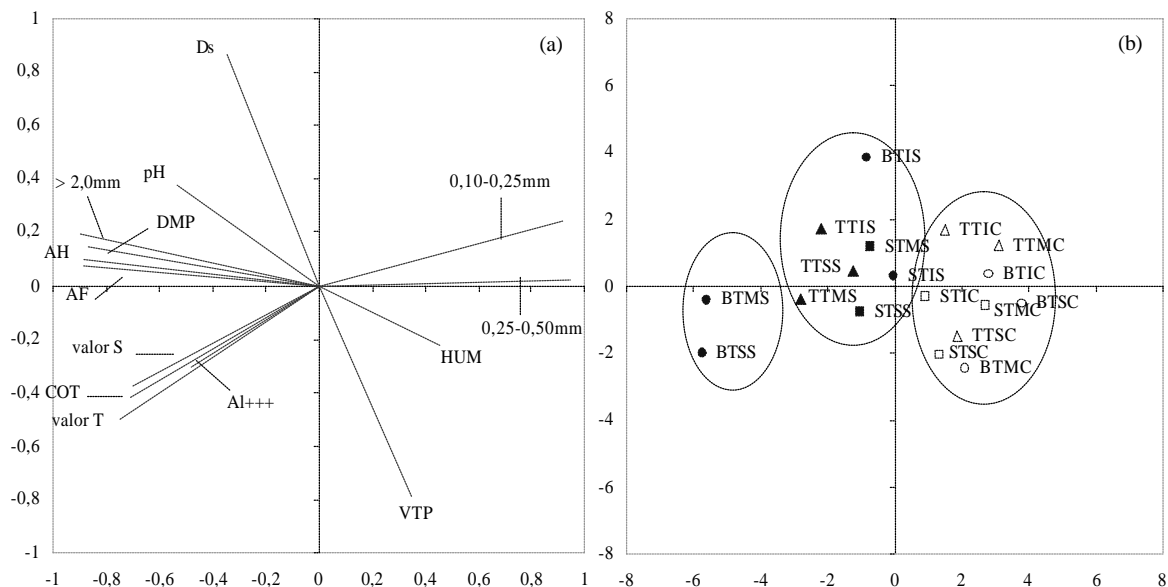


Figura 16. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas, posição da encosta e épocas de coleta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0-10 cm. Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). Época seca (S) e Época chuvosa (C). **Exemplo:** BTSS-Braquiária Terço Superior época Seca.

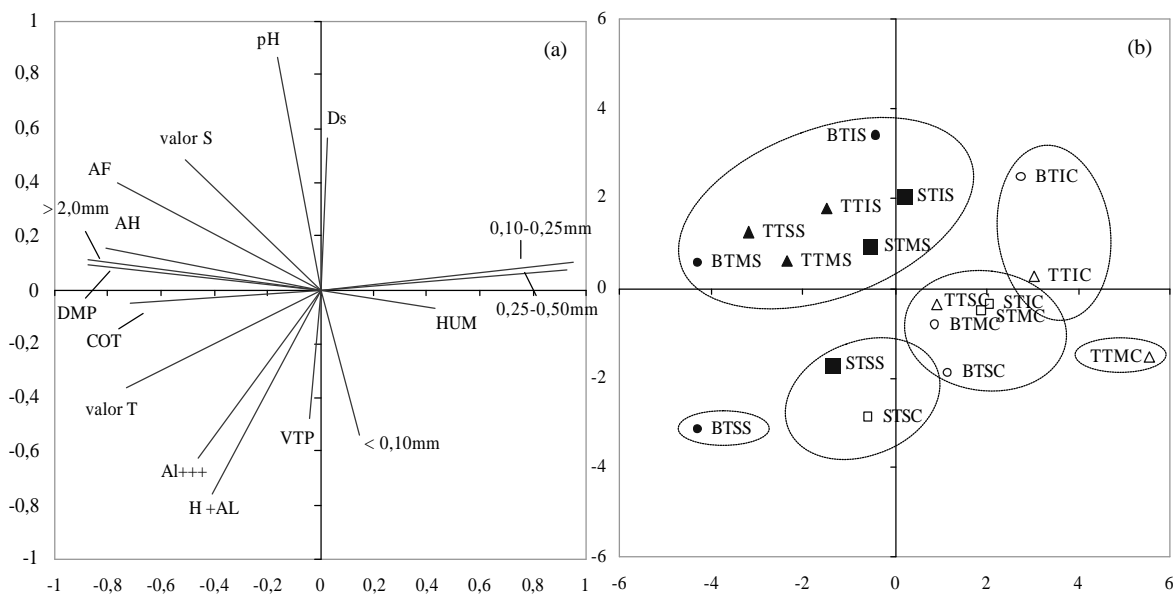


Figura 17. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas, posição da encosta e épocas de coleta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 10-30 cm. Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). Época seca (S) e Época chuvosa (C). **Exemplo:** BTSS-Braquiária Terço Superior época Seca.

A separação entre as gramíneas e profundidades, provavelmente, foi ocasionada pelos maiores valores de Al, valor S e Valor T e COT encontrados no solo, nessa

profundidade para as gramíneas Braquiária e Tifton 85 nos terços médio e superior da encosta. As propriedades físicas foram superiores para as outras posições da encosta, com exceção para o terço inferior, onde sua correlação foi maior com o segundo eixo, demonstrado pelos maiores valores de DS nessa posição da vertente. Os valores de pH, C-AH, C-AF apresentaram maiores correlações, o suficiente para separar as áreas do terço superior e terço médio de encosta, da posição terço inferior.

Na época chuvosa foram encontrados maiores valores de correlação para as propriedades físicas, onde geralmente, as áreas das gramíneas avaliadas nos terços médio e superior estiveram na região inferior direita do diagrama, enquanto o terço inferior ficou localizado na parte superior direita deste gráfico (Figura 17).

O terço inferior de encosta, para as gramíneas avaliadas, apresentou maiores correlações com as propriedades físicas menores valores de massa de agregados, na classe dos microagregados. Nas outras posições foram encontradas maiores correlações com o VTP, já que nestas posições foram constatados menores valores de DS para essa época e maiores valores do carbono na fração orgânica HUM.

Para a profundidade de 10-30 cm, a ACP, mostrada na Figura 17a apresentou autovalores (“eigenvalues”) de 0,403 para o primeiro eixo, e de 0,197 para o segundo eixo, o que representa 40,30 e 19,70% da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo.

De maneira geral, as características físicas e químicas do solo mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação, na profundidade de 10-30 cm são as mesmas na profundidade de 0-10 cm. Nessa profundidade foram observadas as seguintes correlações: DMP (0,76); massa de agregados > 2,0mm (0,76); 0,25-0,50mm (0,87); 0,10-0,25mm (0,90), C-AH (0,65); C-AF (0,59) e COT (0,51). O segundo eixo de ordenação apresentou como características mais relevantes o pH (0,75); Al (0,39); H+Al (0,58); DS (0,32) e VTP (0,23).

Nas pastagens avaliadas foi verificada ordenação em função da época seca e chuvosa (Figura 17b). A época seca encontra-se na parte esquerda do diagrama, enquanto que a época chuvosa localiza-se no lado direito do gráfico.

De um modo geral, na parte inferior do diagrama ficaram inseridas as áreas de gramíneas do terço médio e superior, principalmente na época chuvosa. Observa-se que a área de Braquiária no terço superior, na época seca apresentou comportamento semelhante à camada superficial, corroborando com os valores de correlações encontradas para Al e H+Al, sendo nesta camada encontrados os maiores valores para estes elementos. O VTP está influenciando no comportamento da área de Suázi, sendo que o terço superior, tanto na época seca quanto na chuvosa, separa-se das demais áreas.

Nas outras áreas, na época seca, as características químicas que mais se correlacionaram foram C-AH, C-AF, pH, valor S e pH, e dentre as propriedades físicas o DMP e massa de agregados > 2,0mm, podendo ser observados grupos de pastagens na parte superior esquerda do diagrama. A menor dispersão observada nas amostras nessa época reflete uma menor variabilidade dos atributos do solo. Provavelmente o comportamento dessas características indicadoras da qualidade do solo está sendo proporcionado pela maior quantidade de biomassa vegetal dessas pastagens, com um efeito de proteção e deposição de material senescente, pela parte aérea destas gramíneas, o que condicionaria uma melhor distribuição dos animais na área, uniformizando o solo quanto a sua estrutura, em função do aporte de carbono ao solo.

Na época chuvosa, foram observados menores valores de COT, C-AH, C-AF, pH, DMP, massa de agregados > 2,0mm. Estas propriedades influenciaram em menor

grau o comportamento das pastagens nessa época. Os atributos do solo que mais se correlacionaram com as pastagens estudadas foram os microagregados, a Ds e HUM. O terço inferior para a área de Braquiária e Tifton 85 foi o que apresentou maiores valores de correlação com a Ds, assim como para a massa de agregados menores de 0,50mm e a correlação negativa com COT, explicando essa separação das demais áreas de pastagens.

Houve uma separação da área com Tifton 85, o terço médio, o que pode ser explicado pelos menores valores de massa de agregados > 2,0mm e os maiores teores de HUM presentes nessa área.

As demais áreas apresentaram menor dispersão, que pode ser vista na parte inferior direita do diagrama. A separação destas áreas em relação ao período seco e chuvoso se deveu, provavelmente, as correlações negativas para os valores de COT, DMP, massa de agregados > 2,0mm e o carbono nas frações mais solúveis da matéria orgânica nessa época, e as correlações positivas verificadas com os maiores valores de microagregação e teor de HUM no solo.

Nas Figuras 18a e 19a foram feitos os diagramas de ordenação para as características físicas e químicas do solo e nas Figuras 18b e 19b mostram a ordenação das gramíneas estudadas em relação às posições da encosta, produzidas pela ACP, sem considerar as variações nas épocas de amostragem.

A profundidade de 0-10 cm (Figura 18) apresentou autovalores “eigenvalues” de 0,409, para o primeiro eixo, e de 0,239, para o segundo eixo, o que representa 40,86 e 64,82% (0,409+0,239) da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com a maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo. Nessa profundidade é possível observar que de modo geral as gramíneas das posições da encosta terço superior e médio ficaram localizadas na parte superior do diagrama de ordenação, e que as gramíneas do terço inferior estão na parte inferior. Esse comportamento demonstra a separação dessas áreas em função das propriedades edáficas, onde as áreas de Braquiária no terço superior e médio foram mais influenciadas por apresentarem maiores valores para COT, C-AH, C-AF, C-HUM, DMP e massa de agregados > 2,0mm, ficando localizadas na parte superior direita do diagrama de ordenação.

As áreas de Tifton 85 (TS) e Suázi (TS e TM) foram mais influenciadas pelas características físicas do solo, tendo maiores valores de correlação com o VTP e com a massa de agregados compreendidos entre 2,0-0,50mm. As demais áreas (localizadas no terço inferior) tiveram maiores valores de correlação com a massa de agregados menores e com as propriedades químicas valor S e V%. O comportamento das características edáficas está sendo influenciado, possivelmente, pela a inclinação da vertente, onde se observa que a inclinação dos terços superior e médio são menos abruptas do que o terço inferior e dessa maneira, permitem melhor desenvolvimento dos atributos edáficos em relação a esta posição da encosta.

A profundidade de 10-30 cm (Figura 19) apresentou autovalores “eigenvalues” de 0,473, para o primeiro eixo, e de 0,217, para o segundo eixo, o que representa 47,30 e 68,90% (0,473+0,217) da variância total acumulada nos dois primeiros eixos, com a maior percentagem de variação explicada no primeiro eixo.

Nessa camada as áreas das gramíneas no terço superior foram separadas das demais posições da encosta, com exceção da Braquiária no terço médio, ficando localizadas no lado direito do diagrama de ordenação. As características físicas foram melhores nessa posição da encosta, apresentando maiores valores de correlação para DMP, massa de agregados > 2,0mm, também para o COT e substâncias humificadas. O VTP foi mais influenciado na área de Suázi, no terço superior, onde foram encontrados os maiores valores para esse parâmetro. Para as demais áreas e posições da encosta, os

agregados < 2,0mm e as características químicas do solo foram determinantes para a separação destas com as gramíneas do terço superior. A menor dispersão das áreas do terço médio e inferior demonstra uma menor variabilidade destes atributos do solo nessas posições de encosta.

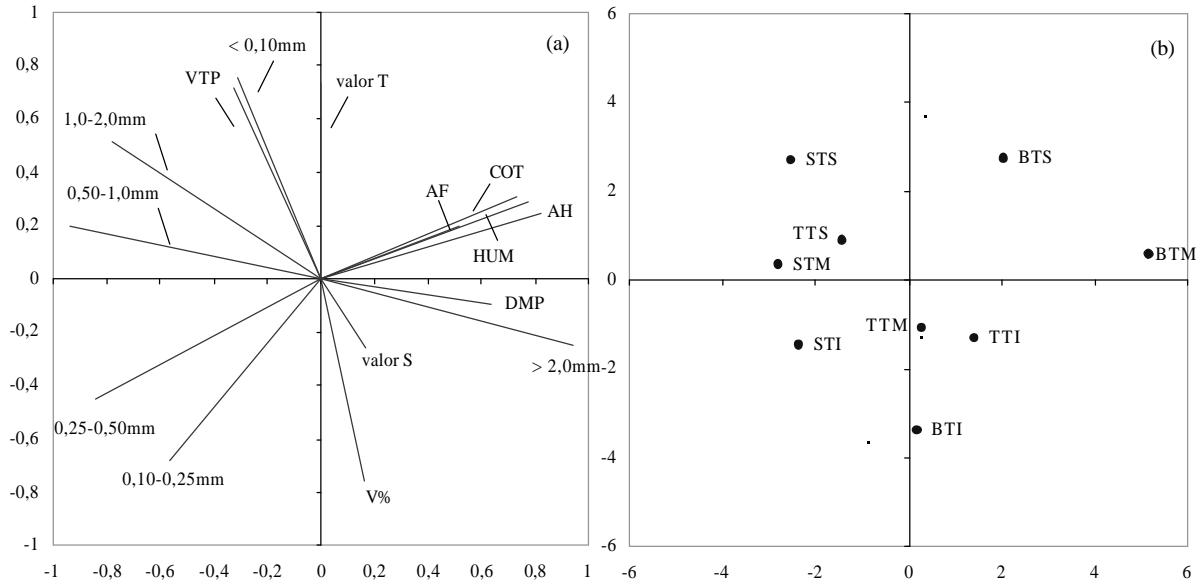


Figura 18. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas e posição da encosta produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 0-10 cm.
 Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). **Exemplo:** BTS-Braquiária Terço Superior.

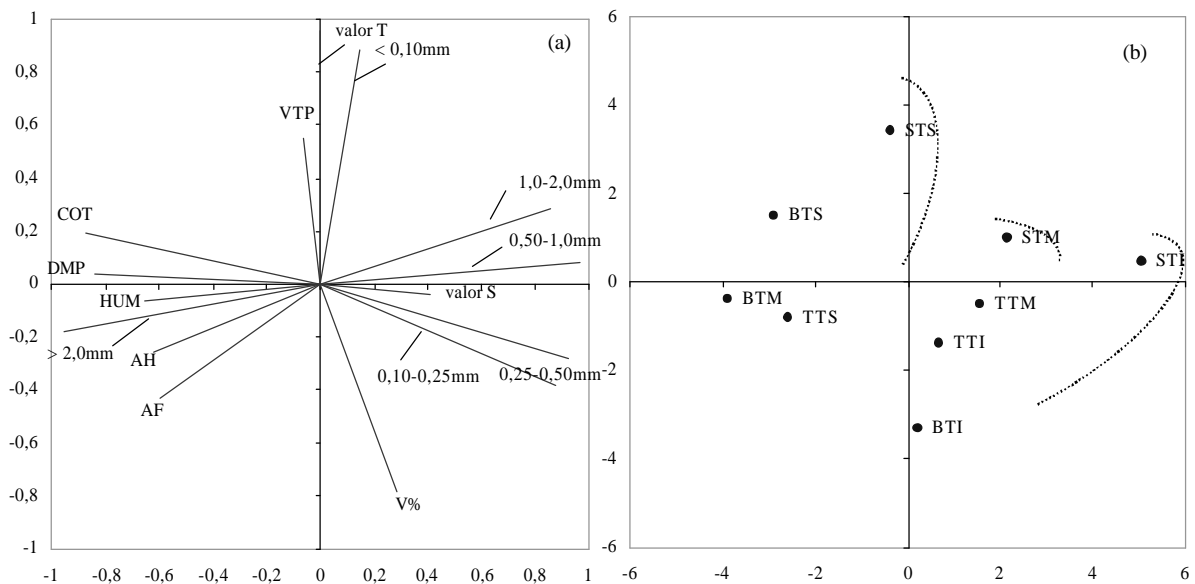


Figura 19. Diagrama de ordenação dos parâmetros físicos e químicos do solo (a) e das áreas com as diferentes coberturas e posição da encosta (b), produzidos por análise de componentes principais, na profundidade de 10-30 cm.
 Legenda: Braquiária (B), Tifton 85 (T) e Suázi (S); terço superior (TS), terço médio (TM) e inferior (TI). **Exemplo:** BTS-Braquiária Terço Superior.

5. CONCLUSÕES

Os atributos distribuição do peso de agregados em função das classes de tamanho, em especial na classe $> 2,0\text{mm}$, o teor de carbono orgânico total e o teor de carbono nas substâncias húmicas (C-AH e C-AF) se mostraram sensíveis aos efeitos dos tratamentos, tipos de gramíneas e sazonalidade, portanto, podem ser usados como indicadores da qualidade do solo da área de estudo. Já a D_s não foi sensível ao manejo adotado, não sendo, portanto, boa indicadora da qualidade do solo no presente estudo.

Em geral, a área com Braquiária foi a que apresentou os maiores valores de DMP, DMG e % AGRI $>2,0\text{mm}$ e maiores COT e COH, sendo o carbono da fração HUM presente em maior quantidade em relação ao C-AH e C-AF. Para a área de Tifton 85 também foram verificados maiores valores de DMP, DMG e % AGRI $>2,0\text{mm}$ e maiores COT e COH.

A Análise dos Componentes Principais possibilitou avaliar os efeitos multivariados dos atributos químicos e físicos do solo, separando as áreas estudadas em função da sazonalidade e posições da encosta.

As coberturas de Braquiária e Tifton-85 promoveram melhorias nos atributos avaliados e apresentaram os melhores índices de qualidade do solo, demonstrando potencial para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que o capim Suázi apresentou resultados desfavoráveis quanto aos atributos edáficos, quando comparado a Braquiária e ao Tifton-85. Dentre as possíveis razões está a sua melhor palatabilidade, em comparação às outras gramíneas, o que leva a uma maior redução da cobertura vegetal, menor quantidade de biomassa para cobertura do solo e conseqüentemente uma maior exposição, favorecendo a ação dos processos erosivos de degradação. Desta forma a utilização desta gramínea neste ambiente deve estar associada a práticas de maior proteção do solo e a uma menor pressão de pastejo.

As gramíneas avaliadas demonstram ser uma alternativa para a recuperação de solos em áreas de relevo movimentado, apresentando tanto fornecimento de biomassa de parte aérea, quanto de raízes, essenciais ao aporte de carbono, aumento da agregação do solo e melhoria da fertilidade.

O manejo inadequado das pastagens e não o tipo de gramínea é a principal causa da degradação dos solos na região Noroeste do Rio de Janeiro, portanto a conscientização dos produtores rurais, através de órgãos de extensão e pesquisa, deve ser feita com o objetivo de maximizar a produção nas áreas existentes e em função disto, diminuir a utilização de áreas de remanescentes florestais para a expansão agropecuária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: ALVAREZ V.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F., ed. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV-Dept° de Solos, 1996. p. 1-18.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, jan./abr. 1995, v. 19, n. 1, p. 115- 119.

ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G. de A.; DEPOLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A. da; BLOISE, R. M. & SALEK, R. C. Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Itaguaí, Universidade Rural, 1988. 179p. (Coleção Universidade Rural. Série Ciências Agrárias, 2)

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuros e a sustentabilidade de agroecossistemas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933-942, out./dez. 1999.

ALVAREZ, R.; DIAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J. & Blotta, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. Soil Till. Res., 33:17-28, 1995.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A. Resposta do coast-cross (Cynodon dactylon (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 833-840, 1998.

AMÉZKETA, E. Soil Aggregate Stability: A Review. Journal of Sustainable Agriculture, v.14:2/3. p. 83 – 151, 1999

ANCHÃO, P.P. Algumas considerações sobre a recuperação de pastos degradados. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.1-4. (Boletim do Leite, 39).

ANDRADE, A.R.S; GUERRINI, I. A.; GARCIA, C.J.B.; KATEZ, I.; GUERRA, H.O.C. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. In: Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 2, p. 322-329, mar./abr., 2005.

ANGERS, D.A. & MEHUYS, G.R. Effects of cropping on carbohydrate content and water stable aggregation of a clay soil. Can. J. Soil Sci., 69:373-380, 1989.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciências de Solo, Campinas, v. 18, n. 0, p. 139-145, 1994.

ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; RAMOS, D. P. – Matéria orgânica e pedogênese. In: Santos, G. A.; Camargo, F. A. O. (Eds.) - Fundamentos da Matéria Orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, RS, 1999, Gênese. 491p.

ARAUJO, E.A., LANI, J.L., AMARAL, E.F.G., A. Land use and physical and chemical properties of a dystrophic Yellow Argisol in the Western Amazon region. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Mar./Apr. 2004, vol.28, n^o.2, p.307-315.

ARSHAD, M.A. & COEN, G.M. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American J. of Alternative Agriculture 7: 25-31. 1992.

AZEVEDO, G.P.C.; CAMARÃO, A.P.; GONÇALVES, C.A. Produção forrageira e valor nutritivo dos capins: quicuiu da amazônia, marandu, tobiatã, andropogon e Tanzânia-1 em quatro idades de corte. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1992, 31p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 126).

BATISTA, K. Respostas do capim Marandu a combinações de doses de N e S. Tese de Mestrado. Piracicaba-SP, 2002, 91p.

BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science, Oxford, v.47, n.2, p.151-163, 1996.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure - evaluation and agricultural significance. Baver, L.D.; Gardner, W.H.; Gardner, W.R. In: Soil physics. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, Ch.5, p.178-223. 1972.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (Ed.). Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; Machado, P.L.O.A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo. Comunicado Técnico 16, EMBRAPA, 7 pp. 2003.

BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.R.G.; Mendonça, E.S.; Martin Neto, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. R. Bras. CI. Solo, Campinas, 25:661-674, 2001.

BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v.2, n.2, p.47-50, 1989.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; ZAGO, L.A.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.5, p.779-786, maio 1998.

BERTOL, I.; Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.5, p.1047-1054, maio 2000.

BLASZCZYNSKI, J.S. Landform characterization with Geographic Information Systems. In: Photogr. Cong. Remote Sens., 63:183-191, 1997.

BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C. A degradação das pastagens e o ciclo do nitrogênio. WORKSHOP: NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA, 2000, Dourados. Anais... Dourados: EMBRAPA, 2000. p.110-123.

BOHNEN, H. Acidez e calagem. In: GIANELLO, C., BISSANI, C.A., TEDESCO, M.J. (eds.) Princípios de fertilidade de solo. Porto Alegre : Dep. de Solos. Fac. de Agronomia. UFRGS, 1995. p.51-76.

BONO, J. A. M.; Macedo, M. C. M.; Euclides, V. B. P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo a penetração em pastagens de Panicum maximum Jacq. sob pastejo rotacionado. (CD). Anais da Reunião da Soc. Brasileira de Zootecnia, 37, Viçosa, 2000.

BORÉM, R.A.T. & RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. CERNE, V. 8, N.2, p.042-059, 2002

BORGES, A.L. & KIEHL, J.C. Alteração da matéria orgânica de um Latossolo Amarelo álico de Cruz das Almas (BA) pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. R. Bras. Ci. Solo, 20:313-318, 1996.

BRASIL, F.C.; Genuncio, G.C.; Zonta, E.; Rossiello, R.O.P.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. Parâmetros radiculares de Brachiaria humidicola: avaliação in situ, por análise de imagens. Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 23; Reunião Brasileira sobre Micorrizas. 7º Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 5ª Reunião Brasileira de Biologia do Solo; 1998, Caxambu, MG. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma: resumos. Lavras: UFLA/SBCS/SBM, p. 377. 1998.

BRASIL, F.C.; Stocco, F.C.; Pessanha, A.L.; Souto, R.L.; Zonta, E.; Rossiello, R.O.P. Distribuição e variação temporal de características radiculares de Brachiaria humidicola em um Planossolo Arenoso. Anais. XXXVII Reunião Anual da Soc. Bras. Zootecnia, 24-27 de julho de 2000. Viçosa: UFV. 2000. Cd-rom.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 780 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 32). 1983.

BOTREL, M.A.; CRUZ FILHO, A. B.; CARVALHO, M. M. Recomendações para formação e manejo de pastagens na Zona da Mata de Minas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n. 153/154, p.18-22, 1988.

- BRUGGEN, A.H.C.; Semenov, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 15, n.1, p. 2000.
- BURTON, G.W., R.N. Gates, and G.M. Hill. Registration of Tifton 85 bermudagrass. In: *Crop Sci.* 33:644–645. 1993.
- CAMARGO FILHO, S. T. Recuperação de áreas degradadas no Município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas. Dissertação de Mestrado. Seropédica: UFRRJ, 1999, 105 p.
- CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT E. T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:123-130. 1993.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:121-126, 1995.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.383-391, 1999.
- CARPANEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:99-105, 1990.
- CARVALHO, M.M., OLIVEIRA, F.T.T., SARAIVA, O.F., Martins, C.E. Fatores nutricionais limitantes ao crescimento de forrageiras tropicais em dois solos da Zona da Mata de Minas Gerais. I. Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 20 (5): 519-528. 1985.
- CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S.; Siqueira, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 15 (2): 195-200. 1991.
- CARVALHO, M.M. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. Dias, L.E.; Mello, J.W.V. (eds.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: UFV-DPS/ Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.149-162.
- CARVALHO, M.M.; CRUZ FILHO, A.B. Desenvolvimento de pastagens em áreas de relevo acidentado. CARVALHO, M.M., ALVIM, M.J. eds. *Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000, 178 p. p. 53-81.
- CARVALHO, M.M. *Recuperação de pastagens degradadas*. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1993. 51p. (Documentos, 55).

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, v.55, n.5, p.1407-1413, 1991.

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

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de pastos tropicales: informe anual. Cali: CIAT, 1985. 279p.

CHANEY, K. & SWIFT, R.S. The influence of organic matter on the stability of some British soils. In: *J. Soil Sci.*, 35:223-230, 1984.

CHEN, Y. & AVIAD, T. Effects of humic substance on plant growth. Humic substances in soil and crop sciences: selected readings (MacCarthy, P. ed.). Amer. Soc. Agron. Madison, Wis. p. 161-186. 1990.

CIDE (Rio de Janeiro, RJ). Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1998. 389 p.

COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu : University of Hawaii Press, 1989. 249p.

CORSI, M.; MARTA JUNIOR, G.B.; PAGOTO, D.S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. Mattos, W.R.S. (Ed.) A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: FEALQ, 2001. C. 56, p.838-852.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: Simpósio sobre o manejo da pastagem, 10., 1992, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p.87-115.

COSTA, F.P. & REHMAN, T. Exploring the link between farmers objectives and the phenomenon of pasture degradation in beef production systems of Central Brazil. In: *Agricultural Systems*, v.61, p.135-146, 1999.

DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM.*, 17:197-215, 1981.

Dantas, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. In: Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CPRM/Embrapa Solos/DRM-RJ, 2001 (CD). Contém texto e mapa, escala 1:500.000.

DAVIDSON, L. R. Root system. The forgotten component of pastures. Wilson, J. R. (Ed.). *Plant relation in pastures*. Brisbane: CSIRO, 1978. p. 86-94.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. *Soil & Till. Res.*, 11:199-238, 1988.

- DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Soil Science Society of America Special. Publication. Numer 35. SSSA, Madison, WI, p. 3-21, 1994.
- DORAN, J. W.; MIELKE & J. F. POWER. Microbial activity as regulated by soil water-filled pores space. p. 94-99. Trans. Of the 14th International Congress of Soil Science, Kyoto, Japan, August 1990. ISSS, Viena, Áustria.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. Advances in Agronomy, San Diego, v. 56, p. 2-54, 1996.
- EDWARDS, A.P. & BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. J. Soil Sci., 18:64-73, 1967.
- EMATER-RIO (Niterói, RJ). Relatório anual de produção agrícola, animal e valor da produção dos municípios da região Noroeste. Niterói, 1997. 70 p.
- EMBRAPA/CNPQ. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.
- FEDERER, C.A.; TENPAS, G.H.; SCHMITD, D.R.; TANNER, C.B. Pasture soil compaction by animal traffic. Agronomy Journal, Madison, v.53, p.53-54, 1961.
- FELLER, C. & Beare, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. In: Geoderma, v.79, p.69-116, 1997.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I. THOMAS, R. J., VERA, R. R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas, Nature, v. 371, p. 236-238, 1994.
- FLORES, A. & O. PARRA. Acciones e interacciones de nutrientes en *Digitaria swazilandensis* en la mesa de Guanipa. Informe Anual del Programa de Pastizales. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Guanipa, El Tigre, Venezuela. 25 pp. 1976.
- FONTANA, A.; Pereira, M.G.; Nascimento, G.B.; Anjos, L.H.C.; Ebeling, A.G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região Norte Fluminense-RJ. Floresta e Ambiente v.8, n.1, p.114 - 119, jan./dez. 2001
- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal of Soil Science, 1994.
- GUEDES, F. M. Informações Práticas sobre Formação de Pastagens Consorciadas em Unidades Montanhosas. II Curso sobre Biologia do solo na agricultura. EMBRAPA-CNPBS (Documento 8).p. 25-28, 1992.
- HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy, v.18, p.107-169, 1966.

HASSINK, J., & A.P. WHITMORE. 1997. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:131-139.

HERRICK, J. E. soil quality: an indicator of sustainable land management? *Applied Soil and Ecology*. v. 15, p. 75-83, 2000.

HILLEL, D. *Fundamentals of soil physics*. New York, Academic Press, 1980. 413p.

HILLEL, D. *Out of the earth: civilization and the life of the soil*. Berkeley. University of California Press, 1991. 321 p.

IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, v.55, 1995.

IPPOLITI G.A.R.; COSTA, L.M; SCHAEFER, C E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.& GAGGERO, M.R. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “Mar de Morros” (MG). *R. Bras. Ci. Solo*, 29:269-276, 2005.

JASTROW, J.D., Boutton T.W., Miller R.M. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by carbon-13 natural abundance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1996;60:801-807.

JONES, U.S. *Fertilizers & Soil fertility*. Reston : Reston. 1979. 368p.

KANNO, T.; MACEDO, M.C.; EUCLIDES, V.P.B.; BONO, J.A.; SANTOS JR, J.D.G.; ROCHA, M.C. BERETTA, L.G.R. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian Savannas. *Grassland Science, Tochigi*, v.45, n.1, p.9-14, 1999.

KAY, B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *Adv. Soil Sci.*, 12:1-41, 1990.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. Black, C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.449-510.

KIEHL, E.K. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KONONOVA, M. M. *Soil organic matter*. New York: Pergaon Press, 2^a ed.1966. 555p.

KONONOVA, M.M. *Materia Orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Barcelona, Oikostau, 1982. 364p.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation on for Sustainable Land Management in the Developing World. Vol. 2 ISBRAM. Proc. 12(2) Int. Board for Soil Res. And Management. Bangkok, Tailândia-1991.

LAVRES JUNIOR, J. & MONTEIRO, F.A. Tillering, leaf area and Mombaça grass root system in response to nitrogen and potassium combinations. R. Bras. Zootec., Sept./Oct. 2003, vol.32, no.5, p.1068-1075.

LESSA, R.N.T. et al. Grupos Funcionais das Substâncias Húmicas Extraídas da Turfa e do Carvão - UFPEL-IQG. Pelotas - RS. 1994.

LIBARDI, P. L. & JONG van LIER, Q. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. Workshop sobre sistema radicular: metodologia e estudo de casos, 1999, Aracaju, SE. Anais... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 47-56.

LINN, D. M. & DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1267-1272. 1984.

LONGO, R.M & ESPÍNDOLA, C.R. Carbono orgânico, Nitrogênio total e substâncias húmicas do sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp) em áreas de Cerrado e floresta Amazônica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24: 723-729, 2000.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Impacto do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Pereira et al., (Eds). 545 p., 2004. p. 209-250.

MACEDO, M. C. M.; BONO, J. A M.; ZIMMER, A H.; COSTA, E R; KANNO, C; MLRANDA, C. H. B.; KICHEL, A N. Agropastoral systems as alternative to revert pasture degradation in cerrados of Brazil: preliminary results. International Grassland Congress, 19.2001. Proceedings. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 966-967.

MACEDO, M.C.M. Degradação, renovação e de pastagens cultivadas: ênfase sobre a região dos Cerrados. p.85-108. I Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Obeid et al., (Eds). Viçosa, UFV, 2002. 459p.

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ZIMMER, A.H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Comunicado Técnico. Embrapa - Gado de Corte, n.62, p.1-4, 2000.

MACHADO, P.L.O.A. "Húmus da Terra?" Afinal, o que é e para que serve? [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/faqfert2/faqfert2.html>. Data de publicação no site: 09/12/1999. Arquivo consultado em 24 de setembro de 2004.

MAGISTAD OC 1925 The aluminum content of the soil solution and its reaction to soil and plant growth. Soil Sci 20:181–213p.

MARASCHIM, G. E. Manejo de plantas forrageiras dos Gêneros *Digitaria*, *Cynodon* e *Chloris*. Simpósio sobre manejo de pastagem, 9, 1988. Piracicaba, Anais... Piracicaba: FEALQ, 1988, p.109-135.

MELO, F.A.F.; Brasil Sobrinho, M.O.C.; Silveira, R.I.; Netto, A.C.; Kiehl, J.C. Fertilidade do solo. (3ª Ed.): Nobel, 1985, 401p.

MENDONÇA, E.S. & ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. R. Bras. Ci. Solo, 18:295-303, 1994.

MENDOZA, H. N. Efeitos de sistemas de colheita dos canaviais sobre propriedades químicas e biológicas em solos de Tabuleiro no Espírito Santo. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 113p. 1996. (Tese de Mestrado).

MENEZES, C.E.G.; SOUZA, J.M.P.F. DE; ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G. Atributos edáficos como indicadores de qualidade do solo em áreas com coberturas vegetais distintas, Pinheiral (RJ). International Symposium Soil functioning under pastures in intertropical areas. EMBRAPA Cerrados, Brasília, Brasil. (CD); 16-20 Outubro 2000a.

MENEZES, C.E.G.; ANJOS, L.H.C. DOS; PEREIRA, M.G.; SOUZA, J.M.P.F. DE; TOLEDO, L.O. Influência da topografia e cobertura vegetal em propriedades edáficas no ambiente de Mar de Morros, Pinheiral, RJ. Agronomia, v.34 n. 1/2, p. 70-77, jan./dez. 2000b.

MICKENHAGEM, R. Produção de feno ao nível de produtor. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON. 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1996, p. 69-75.

MIELNICZUCK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Workshop sobre sistema radicular: metodologias e estudos de casos, 1999, Aracaju, SE. Anais... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.13-17.

MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, nov. 2001.

Nascimento JR. D.; Queiroz, D.S.; Santos, M. V. E Degradação de pastagens e critérios para avaliação. Simpósio sobre manejo de pastagem, 11.; Piracicaba, 1994. p.107-151.

NOVOTNY, E.H., Martin-Neto, L. Propriedades coloidais da matéria orgânica (p. 41-67) Santos, G.A., Camargo, F.A.O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre : Genesis, 1999. 491p.

NUNES, S.G.; Boock, A.; Pentead, M.I.O.; Gomes, D.T.. Brachiaria brizantha cv. Marandu. Campo Grande: Embrapa-CNPGL, (Documentos, 21) 1984. 31p.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant Soil 76:319-334, 1984.

OADES, J. M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma* 56: 377-400.

OADES, J.M. & WATERS, S.G. Aggregate hierarchy in soils. *Aust. J. Soil Res.*, 29:815-828, 1991.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. et al. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (^{15}N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.613-620, 2003.

OLIVEIRA, P.P.A.; OLIVEIRA, W.S.O.; CORSI, M. Estudo sobre recuperação de pastagens através de fertilização e mecanização. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2000. 36p. (Relatório Técnico).

PAGOTTO, D.S. Comportamento do sistema radicular do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jack.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo. Dissertação Piracicaba, SP. 2001.

PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:189-195, 1999.

PARRA, O. & A. FLORES. Observaciones sobre gramíneas y leguminosas forrajeras introducidas en la mesa de Guanipa. 9ª Jornadas Agronómicas. Maracay. p. 19. 1977. (Resumen)

PEDREIRA, C.G.S. & MELLO, A.C.L. *Cynodon* spp. p. 177-201. In: Anais do 17º Simpósio sobre Manejo da Pastagem: A Planta forrageira no sistema de produção. (Eds) Peixoto, A.M.; Pedreira, C.G.S.; Moura, J.C.; Faria. V.P. Piracicaba:EEALQ, 2001. 458p.

PEDREIRA, C.G.S. Avanços metodológicos na a avaliação de pastagens. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39., Recife, 2002. Anais. Recife:SBZ, p. 100-150. 2002.

PEREIRA, W.L.M.; VELOSO, C.A.C.; GAMA, J.R.N.F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. *Scientia Agricola*, v.57, n.3, p.531-537, jul./set. 2000

PERFECT, E.; HAY, B.D.; LOON, W.K.O. van; SHEARD, R.W.; Pojasok, T. Factors influencing soil structural stability within a growing season. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:173-179, 1990.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:713-720, 2002.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M G.; ANJOS, L H.C.; PALMIERI; SOUZA R.C. Matéria orgânica em latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo R. bras. Agrocência, v. 9, n. 1, p. 53-56, jan-mar, 2003.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. *Soil & Tillage Research*, 77:79-84, 2004.

PIPAEMIG. Recomendações do uso de Fertilizantes para o estado de Minas Gerais. Secretaria de Agricultura, Belo Horizonte, 1972.

PROJETO RADEMA [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/radema/port/radema2.html> Arquivo consultado em 24 de setembro de 2004.

PROJETO RADEMA, PRODETAB-106/02/99. Relatório técnico, Janeiro – Dezembro 2003. 31 p.

PROJETO RADEMA. Sistemas pastoris sustentáveis utilizando práticas de plantio direto para recuperação de áreas degradadas em relevo movimentado do Bioma Mata Atlântica na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Embrapa Solos, UFRRJ, Pesagro-Rio, Emater-RJ, REBRAJ, 2000 (não paginado)

RAO, I.; KERRIDGE, P.; MACEDO, M.C. Nutritional requirements of Brachiaria and adaptation to acid soil. In: Miles, J.W.; Maass, B.L.; Valle, C.B. (ed.) *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Cali: CIAT/Brasília:EMBRAPA-CNPGC, 1996, p.53-71.

RELEVO [on line] Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.geocities.com/Pentagon/Bunker/3227/relevo.htm> Arquivo consultado em 24 de setembro de 2004.

RESENDE, S.B. & RESENDE, M. Solos dos Mares de Morros: Ocupação e Uso. 261-288p. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Alvarez, V.H.; Fontes, E.F.; Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. 930p.

REZENDE, M; CURTI, N; SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo, interações e aplicações. Brasília-DF: Ministério da Educação, Lavras: ESAL, Piracicaba: Potafos, 1988. 83 p.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Análises estatísticas no SAEG. UFV, 2001. 301p.

ROSSI, C.R.; MONTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1101-1110, out./dez. 1999. Suplemento.

ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; MANZATTO, C.V.; FERNANDES, M. S. Comparação dos métodos fotoelétricos e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.633-638, 1995.

ROTH, C.H. & PAVAN, M.A. Efect of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. *Geoderma*, v.48, p.351-361, 1991.

ROVIRA, P. & VALLEJO, V. R. Physical protection and biochemical quality of organic matter in mediterranean calcareous forest soils: a density fractionation approach *Soil Biology & Biochemistry*, 35 (2003) pp. 245-26

SALTON, J.C.; HERNANI, BROCH, D. FABRÍCIO, A. M. Alterações em atributos físicos do solo decorrentes da rotação soja-pastagem, no sistema plantio direto. Dourados: EMBRAPA, 1999. p. 1-5. (Comunicado Técnico, 10).

SALTON, J.C.; Hernani, L.C.; Borges, E.P. et al. Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagens de braquiária. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1995. Viçosa, MG., 1995. Anais... Viçosa: SBCS/UFV, 1995, v.4, p.1816-1818.

SANABRIA, D. Aporte de N por la leguminosa *Macroptilium bracteatum* (Nees et Mart) y su asociación con la gramínea *Digitaria swazilandensis* y comportamiento de las dos especies. UCV. Facultad de Agronomía y Ciencias veterinarias, Maracay, Venezuela. 140pp. 1986. (Tesis de Maestría).

SCHANK, S.C.; DAY, J.; LUCAS, E.D. Nitrogenase activity, nitrogen content, in vitro digestibility and yield of 30 forage grasses in Brazil. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.54, n.2, p. 119-125, 1977.

SCHNITZER, M. & KHAN, S.U. Soil organic matter. Amsterdam, Elsevier, 1978. 319p.

SCHNITZER, M. Soil organic matter – the next 75 years. *Soil Sci.*, 151: 41-58, 1991.

SCURLOCK, J.M.O.; HALL, D.O. The global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*, v.4, p.229-233, 1998.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.R.R.; DOUZET, J.M. Gestão dos solos e das culturas nas áreas de fronteiras agrícolas dos Cerrados úmidos e das florestas no Centro-Oeste brasileiro - Região Centro-Norte do Mato Grosso: Campanha agrícola 1993/94. Lucas do Rio Verde: RPA/COOPERLUCAS/CIRAD-CA, 1994. 259p.

SEYBOLD, C.A., MAUSBACH, M.J., KARLEN, D.L.Y. ROGERS, H.H. 1997. Quantification of soil quality. *Soil Process and the Carbon Cycle* (eds. Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F. y Stewart, B.A.), pp. 387-403, CRC Press, Boca Raton, Florida.

SHANG, C.; TIESSSEN, H. Organic matter liability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Science*, Baltimore, v. 162, n. 11, p. 795–807, Nov. 1997.

SILVA, E. F.; PREMAZZI, L. M.; MENEGUELLI, N. A.; Macedo, J.R.; Araújo, F. O. Propriedades químicas do solo e produção de forragem em áreas de pastagens recuperadas em relevo forte ondulado na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Anais... XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CD), Recife-PE, 2005, 4p.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. R. Bras. Ci. Solo, 22:113-117, 1997.

SINGER, M.J. Y EWING, S. 2000. Soil quality. In: Sumner, M. E. (ed.) Handbook of Soil Science. Chapter 11, 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.

SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens, 1, Nova Odessa, SP, 1985. Anais...Nova Odessa, 1985, 476p.

SIX J., ELLIOTT E.T., PAUSTIAN K., DORAN J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 1998; 62:1367-1377

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; MARALES, C.J.; ALBRECHT, A. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soil – Effects of no-tillage. Agronomie. 22: 755-768.

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de Brachiaria para diferentes condições. Simpósio sobre manejo da Pastagem, 11, Piracicaba, 1994. Anais... Piracicaba: Fealq, 1994, p.25-48.

SOLLENBERGER, L.E; PEDREIRA, C.G.S.; MISLEVY, P.; ANDRADE, I. F. New Cynodon forages the subtropics and tropics. International Conference Livestock in the tropics, 1995, Gainesville. Proceedings Gainesville: University of Florida, 1995, p. 22-26.

SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S Caracterização do grau de degradação de pastagens. Anais do 21º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 7-31p. Eds. Peixoto, A.M.; Pedreira, C.G.S.; Moura, J.C.; Faria. V.P. Piracicaba:EEALQ, 2001. 480p.

SOUZA, E.R. Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola. Lavras, UFL, 1996. 91p. (Tese de Mestrado).

SOUZA, Z.M., MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.39, n.5, p.491-499, maio 2004.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. Geoderma, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

SQI-Soil Quality Institute. Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA. p. 1996.

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

STEVENSON, F.J. 1994. Humus chemistry. Genesis, Composition, Reactions. Wiley Interscience. New York 2nd Edition. 512p.

STEVENSON, F.J. & COLE, M.A. Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. New York, John Wiley & Sons, 1999. 427p.

TEBALDI, F.L.H; SILVA, J.F.C; VASQUEZ, H.M.; THIEBAUT, J.T.L. Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro: 3. Matéria orgânica, alumínio e pH do solo. R. Bras. Zootec., 2000a, 29(2): 382-386.

TEBALDI, F.L.H; SILVA, J.F.C; VASQUEZ, H.M.; THIEBAUT, J.T.L. Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 1 - Cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio e enxofre. Rev. Bras. Zootec., 2000b, 29(2): 603-615.

TEDESCO, M.J., C. Gianello, H. Bohnen, C.A. Bissani, e S.J. Volkweiss. 1995. Análises de Solos, Plantas e outros Materiais. (2a. Ed.). Departamento de Solos da UFRGS, Porto Alegre. (Boletim Técnico, 5).

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

TISDALL, J. M & OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.

TISDALL, J.M. & Oades, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. J. Soil Sci., 33:141-163, 1982.

TURETA, A.P.D. Alterações edáficas em função do manejo agrícola de oleráceas em Latossolo Vermelho no Bioma Mata Atlântica – Paty do Alferes, RJ. 2000. Tese de Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo, UFRRJ. 2000. 127p.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero Brachiaria. Anais do 17º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 133-176p. Eds) Peixoto, A.M.; Pedreira, C.G.S.; Moura, J.C.; Faria. V.P. Piracicaba: FEALQ, 2001. 458p.

VILELA, L., AYARZA, M.A., MIRANDA, J.C.C. Agropastoral systems: activities developed by cerrados Agricultural Research Center (EMBRAPA Cerrados). Workshop on Agropastoral systems in South América. Ed. Tsutomu Hanno & Macedo, M.C.M. JIRCAS Working Report nº 19, Japão, p. 19-33. 2001.

VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. Soil Science Society of America Journal, v.47, p.129-133, 1983.

WALKLEY, A. & BLACK I.A. An examination of the degtiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, v.37, p.29-38, 1934.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.40, n.5, p.487-494, maio 2005

WHYTE, R. O., MOIR, T. R., COOPER, J. P. *Grasses in Agriculture*. Roma: FAO, 1959. 427p. (FAO Agricultural Studies).

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J; BLUME, E. Dinâmica temporal da agregação de um solo franco arenoso sob diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 2004.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature erosion losses. *J. Am. Soc. Agric.*, 28:337-351, 1936.

YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; BARCELOS, A. O. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.34, n.8, p.1335-1345, ago. 1999.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A. DE O.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de braquiária. *Simpósio sobre manejo de pastagem*, 11. 1994 Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1994. p.153-208.

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1 - Perfis das áreas de estudo (Fonte RADEMA – relatório de atividades, sub-projeto1, Embrapa Solos)

Descrição Geral

Perfil nº

Número de campo: U5 P1

Data: 23.08.01

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (latossólico ?), textura argilosa/muito argilosa, A moderado, hipodistrófico, caulinítico, mesoférrico, ácido, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

Classificação anterior: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico A moderado textura argilosa/muito argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado.

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: Upepade 5, faz. Pau-Ferro, Itaperuna, RJ. Coordenadas 21° 13' 35"S. e 41° 54' 43" W.Gr.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: perfil trincheira no terço superior de encosta com 25 a 30% de declive sob pastagem.

Altitude: 198 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: biotita-gnaiss, Unidade Santo Eduardo, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: forte ondulado.

Relevo regional: forte ondulado.

Erosão: laminar ligeira.

Drenagem: bem drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subcaducifólia.

Uso atual: pastagem de Brachiaria decumbens.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e U. P. Said.

Descrição Morfológica

- Ap** 0-15cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2); argiloarenosa; moderada/forte pequena granular e blocos subangulares; dura, friável, plástica e pegajosa; muitos poros pequenos; transição plana e gradual.
- BA** 15-29cm, bruno-avermelhado (5YR 4/3); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e muito pequenos; transição plana e gradual.
- Bt1** 29-62cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e muito pequenos; transição plana e difusa.
- Bt2** 62-100cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e muito pequenos; transição plana e difusa.
- Bt3** 100-145cm⁺, vermelho-amarelado (5YR 5/6); muito argilosa; moderada média e pequena blocos angulares e subangulares; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e muito pequenos.

Tradagem

Bt3 145-220cm, similar ao anterior.

Bt4 220-300cm⁺, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); muito argilosa; plástica e pegajosa.

Raízes: Comuns/muitas finas no Ap, comuns finas no BA e Bt1 e poucas finas no Bt2 e Bt3.

Observações:

- poucos fragmentos de carvão ao longo do perfil;
- comum atividade biológica ao longo do perfil (cupins);
- poucos calhaus de quartzo no Bt4.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº

Amostra de laboratório: 01.0752/0756

Número de campo: U5P1

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação silte/argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³
Símbolo	Profundidade de cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-15	0	0	1000	292	172	130	406	264	35	0,32	1,29	2,70	52
BA	-29	0	0	1000	203	146	102	549	345	37	0,19	1,37	2,63	48
Bt1	-62	0	0	1000	165	124	81	630	0	100	0,13	1,40	2,60	46
Bt2	-100	0	0	1000	148	102	79	671	0	100	0,12	1,33	2,60	49
Bt3	-145	0	0	1000	136	94	58	712	0	100	0,08	1,34	2,63	49
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c /kg							Valor V (sat. por bases) %		Saturação por alumínio %	P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
Ap	5,2	4,5	1,4	1,1	0,12	0,03	2,6	0,2	2,6	5,4	48	7	1	
BA	5,0	4,3	0,8	0,5	0,04	0,02	1,4	0,4	2,1	3,9	36	22	1	
Bt1	5,0	4,3	0,6	0,4	0,02	0,02	1,0	0,4	2,1	3,5	29	29	1	
Bt2	4,9	4,3	0,9	0,1	0,02	0,02	0,9	0,4	2,1	3,4	26	31	1	
Bt3	4,9	4,3	0,3	0,01	0,02	0,02	0,3	0,5	1,8	2,6	11	62	1	
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Saturação por sódio %	
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃		
Ap	14,9	1,0	15	148	140	68	12,8			1,80	1,38	3,23	<1	
BA	9,2	0,9	10	184	188	75	13,2			1,66	1,33	3,94	<1	
Bt1	6,0	0,6	10	203	202	89	12,7			1,71	1,33	3,56	<1	
Bt2	4,7	0,5	9	220	238	89	12,5			1,57	1,27	4,20	<1	
Bt3	3,6	0,4	9	216	220	97	12,3			1,67	1,30	3,56	<1	

Relação textural: 1,5

Descrição Geral

Perfil n°

Número de campo: U5 P2

Data: 23.08.01

Classificação: ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrupto, textura média/muito argilosa, A moderado, hipodistrófico, caulinitico, mesoférico, ácido, fase floresta tropical subcaducifolia, relevo forte ondulado.

Classificação anterior: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico abrupto A moderado textura média/muito argilosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado.

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: Upepade 5, faz. Pau-Ferro, Itaperuna, RJ. Coordenadas 21° 13' 34"S. e 41° 54' 38" W.Gr.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: perfil trincheira no terço médio de encosta com 25 a 30% de declive sob pastagem.

Altitude: 165 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: biotita-gnaiss, Unidade Santo Eduardo, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: forte ondulado.

Relevo regional: forte ondulado.

Erosão: laminar ligeira.

Drenagem: bem/moderadamente drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subcaducifolia.

Uso atual: pastagem Brachiaria brizanta.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e U. P. Said.

Descrição Morfológica

Ap 0-21cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2); franco-argiloarenosa; moderada pequena granular e blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; friável/muito friável, plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e médios; transição plana e clara.

BA 21-40cm, bruno (7,5YR 4/3); argila; moderada média e pequena blocos angulares e subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; comuns poros pequenos e muito pequenos; transição plana e gradual.

Bt1 40-84cm, bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, muito plástica e pegajosa; comuns poros pequenos e muito pequenos; transição plana e difusa.

Bt2 84-145cm⁺, vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos angulares e subangulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, muito plástica e pegajosa; comuns poros pequenos e muito pequenos; transição plana e difusa.

Tradagem

Bt2 145-210cm, similar ao anterior.

Bt3 210-300cm⁺, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); muito argilosa; muito plástica e pegajosa.

Raízes: comuns/muitas finas no Ap, poucas/comuns finas no BA e Bt1 e poucas finas no Bt2.

Observações:

- poucos termiteiros (cupins);
- perfil muito endurecido;
- poucos nódulos de manganês no horizonte Bt1.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº

Amostra de laboratório: 01.0757/0760

Número de campo: USP2

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³
Símbolo	Profundida de cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-21	0	0	1000	382	273	103	242	182	25	0,43	1,45	2,56	43
BA	-40	0	0	1000	187	187	98	528	0	100	0,19	1,31	2,63	50
Bt1	-84	0	0	1000	128	104	74	694	0	100	0,11	1,56	2,63	41
Bt2	-145	0	0	1000	132	100	96	672	0	100	0,14	1,15	2,56	55
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c /kg							Valor V (sat. por bases) %	Saturação por alumínio %	P assimilável mg/kg		
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
Ap	5,2	4,6	1,0	1,2	0,13	0,02	2,3	0,1	1,9	4,3	53	4	1	
BA	4,9	4,2	0,6	0,5	0,03	0,02	1,1	0,5	2,5	4,1	27	31	1	
Bt1	4,9	4,3	0,9	0,2	0,02	0,02	0,9	0,7	1,9	3,5	26	44	1	
Bt2	5,2	4,5	0,7	0,01	0,02	0,02	0,7	0,4	1,6	2,7	26	36	1	
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico G/kg					Relações moleculares			Saturação por sódio %		
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃		Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	
				(Ki)	(Kr)									
Ap	10,0	0,8	12	87	82	40	14,4			1,80	1,37	3,22	<1	
BA	7,1	0,7	10	167	179	69	14,5			1,59	1,27	4,07	<1	
Bt1	5,2	0,7	7	211	213	87	11,2			1,68	1,33	3,84	<1	
Bt2	3,6	0,5	7	221	224	83	10,9			1,68	1,36	4,24	<1	

Relação textural: 2,5

Descrição Geral

Perfil nº

Número de campo: U5 P3

Data: 23.08.01

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, textura média/muito argilosa, A moderado, mesoeutrófico, caulínico, mesoférrico, ácido, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado.

Classificação anterior: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado.

Unidade de mapeamento:

Localização, município, estado e coordenadas: Upepade 5, faz. Pau-Ferro, Itaperuna, RJ. Coordenadas 21° 13' 44"S. e 41° 54' 49" W.Gr.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: terço médio de encosta com 45 a 50% de declive sob pastagem.

Altitude: 173 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: biotita-gnaiss, Unidade Santo Eduardo, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: forte ondulado.

Relevo regional: forte ondulado.

Erosão: laminar ligeira.

Drenagem: bem drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subcaducifólia.

Uso atual: pastagem Brachiaria brizanta.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e U. P. Said.

Descrição Morfológica

- Ap** 0-13cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2); franco-argiloarenosa; moderada/forte pequena granular e blocos subangulares; dura; friável, plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e médios; transição plana e clara.
- BA** 13-45cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4); argiloarenosa; moderada média blocos angulares; muito dura/extremamente dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e médios; transição plana e gradual.
- Bt1** 45-96cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e médios; transição plana e difusa.
- Bt2** 96-155cm, vermelho-amarelado (5YR 5/8); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade comum e moderada; muito dura, friável, muito plástica e pegajosa; muitos poros pequenos e médios.
- Tradagem**
- Bt2** 155-230cm, similar ao anterior.
- Bw** 230-300cm⁺, vermelho (2,5YR 5/6); muito argilosa; muito plástica e pegajosa.

Raízes: muito finas no Ap, poucas finas no BA e raras finas no Bt1 e Bt2.

Observações:

- poucos termiteiros;
- horizonte BA muito endurecido;
- atividade biológica em comum quantidade no perfil (cupins);
- perfil menos seco que U5 P1 e U5 P2 (face noruega);
- presença de poucos tocos com 40cm de altura.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº

Amostra de laboratório: 01.0761/0764

Número de campo: U5P3

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação silte/argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³
Símbolo	Profundidade de cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-13	0	0	1000	427	174	116	283	222	21	0,41	1,27	2,56	50
BA	-45	0	0	1000	283	125	127	465	0	100	0,27	1,35	2,53	47
Bt1	-96	0	0	1000	152	83	74	691	0	100	0,11	1,28	2,56	50
Bt2	-155	0	0	1000	183	83	84	650	0	100	0,13	1,21	2,67	55
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol _c /kg							Valor V (sat. por bases) %		Saturação por alumínio %	P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)				
Ap	5,4	4,8	1,4	1,1	0,06	0,02	2,6	0,1	1,9	4,6	56	4	1	
BA	5,5	5,1	0,9	0,5	0,02	0,02	1,4	0	0,7	2,1	67	0	1	
Bt1	5,5	5,2	0,6	0,9	0,01	0,02	1,5	0	1,0	2,5	60	0	1	
Bt2	5,4	4,8	0,9	0,01	0,02	0,9	0,1	0,9	0,9	1,9	47	10	1	
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Saturação por sódio %	
										SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃		
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Al ₂ O ₃ (Ki)	R ₂ O ₃ (Kr)	Fe ₂ O ₃		
Ap	9,8	0,8	12	108	103	45	10,1			1,78	1,39	3,59	<1	
BA	4,5	0,6	7	145	155	64	10,8			1,59	1,25	3,80	<1	
Bt1	3,4	0,5	7	173	219	87	10,5			1,34	1,07	3,95	<1	
Bt2	2,2	0,4	5	210	222	89	10,3			1,61	1,28	3,92	<1	

Relação textural: 1,6

8.2 Anexo 2 – Tabela complementar

Tabela 20. Dados de densidade das partículas (Mg m^{-3}) das áreas de Braquiária, Tifton 85 e Suázi, nas diferentes posições da encosta, em agosto e dezembro de 2004.

Ago/04			Dez/04				
Densidade das partículas			Densidade das partículas				
Braquiária							
	Ts	Tm	Ti		Ts	Tm	Ti
0-10	2,41	2,43	2,41	0-10	2,50	2,35	2,35
10-20	2,50	2,41	2,52	10-20	2,41	2,47	2,44
20-30	2,48	2,48	2,56	20-30	2,50	2,38	2,50
30-40	2,48	2,48	2,43	30-40	2,53	2,33	2,50
40-50	2,54	2,47	2,58	40-50	2,41	2,50	2,41
50-60	2,41	2,50	2,57	50-60	2,41	2,47	2,38
60-70	2,42	2,55	2,55	60-70	2,44	2,41	2,50
Tifton 85							
0-10	2,53	2,53	2,42	0-10	2,44	2,41	2,50
10-20	2,41	2,47	2,53	10-20	2,63	2,44	2,50
20-30	2,53	2,56	2,54	20-30	2,53	2,50	2,50
30-40	2,60	2,54	2,44	30-40	2,47	2,50	2,50
40-50	2,43	2,54	2,70	40-50	2,50	2,44	2,86
50-60	2,58	2,51	2,51	50-60	2,44	2,44	2,53
60-70	2,52	2,52	2,59	60-70	2,60	2,50	2,50
Suázi							
0-10	2,59	2,45	2,66	0-10	2,53	2,50	2,53
10-20	2,51	2,55	2,50	10-20	2,56	2,60	2,86
20-30	2,48	2,38	2,70	20-30	2,67	2,67	2,56
30-40	2,55	2,54	2,53	30-40	2,60	2,63	2,60
40-50	2,58	2,60	2,45	40-50	2,63	2,56	2,56
50-60	2,59	2,57	2,45	50-60	2,56	2,67	2,53
60-70	2,53	2,48	2,51	60-70	2,53	2,67	2,67

Legenda: Ts-terço superior; Tm-terço médio; Ti-terço inferior