DISCRIMINAÇÃO DE HORIZONTES E DE UNIDADES-DE-SOLO E SUA ORDENAÇÃO NUMA TOPOSSEQUÊNCIA PROVENIENTE DE ROCHAS ERUPTIVAS BÁSICAS

MARIA HELENA MORAES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura «Luiz de Queiroz», da Univer-
sidade de São Paulo, para a obtenção do
título de Doutor em Agronomia - Área de
concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

NOVEMBRO, 1992

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

Moraes, Maria Helena

M827d Discriminação de horizontes e de unidades-de-solo e sua
ordenação numa topossequência proveniente de rochas erupti
vas básicas. Piracicaba, 1992.
153p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Análise multivariada 2. Solo - Classificação 3. So-
lo - Sequência 4. Solo - Propriedade - Análise multivaria
da 5. Solo litólico 6. Terra roxa estruturada I. Escola Su
perior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.44

**DISCRIMINAÇÃO DE HORIZONTES E DE UNIDADES-
DE-SOLO E SUA ORDENAÇÃO NUMA TOPOSSEQUÊNCIA
PROVENIENTE DE ROCHAS ERUPTIVAS BÁSICAS**

MARIA HELENA MORAES

Aprovada em 21.12.92

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi	ESALQ/USP
Profa. Dra. Wolmar Aparecida Carvalho	IPEA/UNESP
Prof. Dr. Octávio Freire	ESALQ/USP
Prof. Dr. Geraldo Victorino de França	ESALQ/USP
Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães	CCA/UEL

Prof. Dr. PAULO LEONEL LIBARDI

- Orientador -

AOS MEUS PAIS

HENRIQUE (*in memoriam*)

e

YALÚ

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agronômicas e À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela oportunidade de participar do Curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Paulo Leonel Libardi pela orientação, incentivo e revisão do texto.

À Profa. Dra. Wolmar Aparecida Carvalho pelo apoio técnico e constante incentivo.

Ao Eng^o Agr^o Angelo Cataneo pela realização das análises estatísticas.

Ao Departamento de Ciência do Solo/ESALQ pela realização das análises de ataque sulfúrico.

Aos Srs. Adenir Pires, Dair Vieira e Noel Batista pela colaboração na coleta e preparo das amostras.

Aos acadêmicos do Curso de Engenharia Agronômica Carlos Cesar Breda, Paulo Ernesto Vergamini Luna, Renato de Souza Prado Filho e Roberto Carlos Elias Junior pelo auxílio na coleta e realização das análises físicas das amostras.

Ao Sr. Álvaro José Sobrinho pela colaboração na realização análises granulométricas.

À Srta Antonia de Fátima Heliodoro e ao Sr. Ronaldo Alberto Pollo pela colaboração na obtenção dos dados de retenção de água.

Ao Sr. Jorge Baldini pela realização das análises químicas.

Ao Sr. Roberto Prado Filho pelos trabalhos de desenho.

Ao Sr. José Garcia Honório Pires pelos trabalhos de digitação.

Aos Profs. Drs. Geraldo Victorino de França, Maria de Fátima Guimarães, Octávio Freire, Wolmar Aparecida Carvalho e Paulo Leonel Libardi pelas sugestões e observações durante a defesa da tese.

À todos os Colegas do Departamento de Ciência do Solo.

Ao Convênio CAPES/PICD-UNESP, na pessoa do Prof Dr. Widsney Alves Ferreira, pela concessão de bolsa de estudos.

À Todos os que, de algum modo, contribuíram para viabilizar esta pesquisa.

C O N T E Ú D O

Página

RESUMO vi

SUMMARY ix

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA..... 3

2.1. Propriedades do Solo e sua Relação com a
Paisagem 32.2. Propriedades do Solo e a Retenção de
Água 10

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 27

3.1. Material 27

3.1.1. Descrição geral da área estudada. 27

3.1.2. Equipamentos 29

3.2. Métodos..... 30

3.2. 1. Amostragem e preparo da terra .. 30

3.2. 2. Análise granulométrica 31

3.2. 3. Determinação da argila dispersa
em água 31

3.2. 4. Determinação da retenção de água 31

3.2. 5. Determinação da densidade do
solo 323.2. 6. Determinação da densidade dos sól
lidos do solo 33

3.2. 7. Avaliação da porosidade do solo. 33

3.2. 8. Análise química	34
3.2. 9. Método de separação da fração argila	34
3.2.10. Análise mineralógica	35
3.2.11. Delineamento estatístico	36
4. RESULTADOS	38
5. DISCUSSÃO	57
5.1. Características Físicas	57
5.1.1. Composição granulométrica	57
5.1.2. Argila dispersa em água	58
5.1.3. Densidade e porosidade do solo...	58
5.1.4. Retenção de água	64
5.2. Características Químicas	80
5.3. Análise Mineralógica da Fração Argila ..	83
5.4. Discriminação de Horizontes dos Perfis -de-Solo Através de Características Físicas, Químicas e Mineralógicas.....	93
6. CONCLUSÕES	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
APÊNDICES	132

DISCRIMINAÇÃO DE HORIZONTES E DE UNIDADES-
DE-SOLO E SUA ORDENAÇÃO NUMA TOPOSSEQUÊNCIA
PROVENIENTE DE ROCHAS ERUPTIVAS BÁSICAS

MARIA HELENA MORAES

PAULO LEONEL LIBARDI

- Orientador -

RESUMO

Com o objetivo de agrupar indivíduos-solo, em classes homogêneas quanto ao tratamento que devam receber quando são submetidas à utilização agrícola, procedeu-se à análise multivariada das características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas numa topossequência derivada de rochas eruptivas básicas, onde ocorrem as classes Terra Roxa Estruturada e Solos Litólicos. Também foi objeto de estudo a correlação dos parâmetros avaliados entre si e com aqueles referentes à capacidade de retenção de água. Foram abertas doze

trincheiras, em quatro posições do relevo, coletando-se amostras para análise do centro de cada horizonte. A análise e a discussão dos resultados obtidos possibilitaram as seguintes conclusões: os Solos Litólicos com relevo fortemente ondulado recebem contribuição de material coluvial advindo da Terra Roxa Estruturada à montante; os valores de densidade do solo para a Terra Roxa Estruturada foram mais elevados para os horizontes B₂₁ nos perfis situados em relevo suavemente ondulado e para os horizontes Ap nos perfis localizados em relevo ondulado; a capacidade de retenção de água a baixas tensões e a de água disponível dos Solos Litólicos aumentou com o teor de matéria orgânica; a água retida no ponto de saturação mostrou correlação significativamente positiva com matéria orgânica e capacidade de troca catiônica e, negativa com densidade do solo; a água retida a altas tensões mostrou correlação significativamente positiva com argila, microporosidade, cálcio e magnésio; o índice Ki mostrou, para o horizonte B, correlação significativamente positiva com capacidade de troca catiônica; a fração argila dos Solos Litólicos e da Terra Roxa Estruturada é constituída predominantemente por caulinita, e por gibbsita e esmectita, em menores proporções; a análise multivariada permitiu a discriminação entre os horizontes dos Solos Litólicos e da Terra Roxa Estruturada; a análise multivariada mostrou que o horizonte superficial da Terra Roxa Estruturada em relevo ondulado é um horizonte B exposto; os coeficientes de correlação entre todos os parâmetros originais e os componentes principais permitiram que se estabelecesse a

seguinte ordem de importância dos parâmetros na formação dos agrupamentos:

- a) dos perfis de solo: MO - matéria orgânica; CTC - capacidade de troca catiônica; ARG - argila; AF - areia fina; SI - silte; MG - magnésio; AMF - areia muito fina; PT - porosidade total; CA - cálcio; A025 - retenção de água a 0,0025 MPa; D - densidade do solo; K - potássio; A3,0 - retenção de água a 0,3 MPa; A1,0 - retenção de água a 0,1 MPa; A0,33 - retenção de água a 0,033 MPa; FO - fósforo; A0,1 - retenção de água a 0,01 MPa; MA - macroporosidade; AL - alumínio; A060 - retenção de água a 0,006 MPa; H - hidrogênio; MI - microporosidade; A 030 - retenção de água a 0,003 MPa; A15,0 - retenção de água a 1,5 MPa; A010 - retenção de água a 0,001 MPa; KR - relação molecular Kr; FE - óxido de ferro; KI - relação molecular Ki;
- b) dos horizontes Ap: CA, CTC; AMF; ARG; AF; MG; A025; FE; SI; MO; A010; MI; AL; A030; PT; A15,0; FO; A060; A3,0; K; KI; A1,0; A0,33; MA; A0,1; D; H e KR;
- c) dos horizontes B₂₁: MG; A15,0; A1,0; A3,0; A0,33; MI; CA; FE; MA; AF; H; A0,1; AL; MO; CTC; ARG; SI; AMF; PT; A060; K; D; KI; FO; A025; A030; KR e A010;
- d) dos horizontes B₂₂: CA; H; AL; FE; KI; MG; KR; CTC; SI; AF; ARG; MO; A0,1; A030; A010; A060; MI; K; A025; A0,33; A1,0; AMF; FO; A15,0; D; MA; A3,0 e PT;
- e) dos horizontes B₂₃: AL; CA; H; MG; FO; FE; KI; AMF; K; KR; ARG; A060; MO; A010; CTC; PT; SI; A0,33; A0,1; A1,0; A030; D; AF; MI; A3,0; MA; A025 e A15,0.

DISCRIMINATION OF SOIL HORIZONS AND THEIR
CLASSIFICATION IN A CATENA OF SOILS
ORIGINATED FROM BASIC ERUPTIVES ROCKS

MARIA HELENA MORAES

PAULO LEONEL LIBARDI

- Adviser -

SUMMARY

With the objective of classifying soils according to their agricultural use, multivariate analysis of physical, chemical, physico-chemical and mineralogical soil properties were made in a toposequence derived from basic eruptives rocks. There are two types of soil in this toposequence: Alfisol and Entisol. Correlations among the parameters themselves and correlation of each of them with the soil water retention capacity were also

analysed. Twelve pits were open in four positions of the relief and the soil samples were taken from the centre of each identified horizon. From analysis and discussion of results the following could be concluded: Entisol in a slope of 25% received contribution of coluvial material from Alfisol upstream; values of Alfisol bulk density were higher in B₂₁ horizons of profiles located in a slope of 4% and in Ap horizon of profiles located in reliefs with slopes of 9% and 11%; retained water in low suctions and available water of "Solos Litólicos" improved with organic matter; retained water in the saturation point showed positive correlation with organic matter and negative with bulk density; retained water in high suctions showed positive correlation with clay, microporosity, calcium and magnesium; Ki index showed, to B horizon, positive correlation with cation exchangeable capacity; clay fraction of Alfisol and Entisol is constituted mainly by caolinite, and by gibbsite and smectite in small proportion; the multivariate analysis allowed discrimination among Entisol and Alfisol; the multivariate analysis showed that superficial horizon of Alfisol in relief with slope of 11% is an exposed B horizon; the parameters wich most contributed to the discrimination of horizons were (in decreasing order of importance):

- (a) to all horizons: MO - organic matter; CTC - cation exchangeable capacity; ARG - clay; AF - fine sandy; SI - silty ; MG - magnesium; AMF - very fine sandy; PT - total porosity; CA - calcium; A025 - water retention at 0,00025 MPa; D - bulk density; K -

potassium; A3,0 - water retention at 0,3 MPa; A1,0 - water retention at 0,1 MPa; A0,33 - water retention at 0,033 MPa; FO - phosphorus; A0,1 - water retention at 0,01 MPa; MA - macroporosity; AL - aluminium; A060 water retention at 0,006 MPa; H - hydrogenium; MI - microporosity; A 030 - water retention at 0,003 MPa; A15,0 - water retention at 1,5 MPa; A010 - water retention at 0,001 MPa; KR - molecular relation Kr; FE - iron oxide; KI - molecular relation Ki;

- (b) to Ap horizons: CA; CTC; AMF; ARG; AF; MG; A025; FE; SI; MD; A010; MI; AL; A030; PT; A15,0; FO; A060; A3,0; K; KI; A1,0; A0,33; MA; A0,1; D; H e KR;
- (c) to B₂₁ horizons: MG; A15,0; A1,0; A3,0; A0,33; MI; CA; FE; MA; AF; H; A0,1; AL; MD; CTC; ARG; SI; AMF; PT; A060; K; D; KI; FO; A025; A030; KR e A010;
- (d) to B₂₂ horizons: CA; H; AL; FE; KI; MG; KR; CTC; SI; AF; ARG; MD; A0,1; A030; A010; A060; MI; K; A025; A0,33; A1,0; AMF; FO; A15,0; D; MA; A3,0 e PT;
- (e) to B₂₃ horizons: AL; CA; H; MG; FO; FE; KI; AMF; K; KR; ARG; A060; MD; A010; CTC; PT; SI; A0,33; A0,1; A1,0; A030; D; AF; MI; A3,0; MA; A025 e A15,0.

1. INTRODUÇÃO

Um perfil-de-solo é composto por um ou mais horizontes ou camadas diferenciadas por meio de propriedades físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas.

A ordenação dos perfis-de-solo em horizontes permite uma apreciação das diferenças entre os vários solos, uma compreensão de suas potencialidades e deficiências para seu melhoramento. Além disso, o conhecimento das características que os vários horizontes de um perfil-de-solo possam apresentar reveste-se de grande interesse, uma vez que o solo atua como um reservatório que, temporariamente, armazena água podendo fornecer-lá às plantas à medida de suas necessidades.

O entendimento da ação conjunta das propriedades físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas dos solos é indispensável para a escolha de práticas de manejo adequadas que visam maiores produções agrícolas e um mínimo de desgaste do solo.

Como nenhuma das propriedades individualmente consegue discriminar as unidades de

mapeamento de solos para fins de manejo, a aplicação da análise estatística multivariada pode ser um método que venha a ter grande importância para se agruparem indivíduos em classes homogêneas de acordo com determinadas características que se mostrarem eficientes como critério.

Portanto, com o objetivo de se agrupar solos em classes homogêneas quanto ao tratamento que devam receber, quando são submetidas à utilização agrícola, procedeu-se à referida análise das características de solos em uma topossequência derivada de eruptivas básicas, devido à sua representatividade e utilização como área de produção de milho na Fazenda Experimental Lageado - Município de Botucatu - SP.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Propriedades do Solo e sua Relação com a Paisagem.

No desenvolvimento dos solos estão envolvidos os processos de ganho, perda, transformação e redistribuição de constituintes orgânicos e inorgânicos, que provocam mudanças que se refletem nas propriedades físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas.

Uma interessante abordagem a respeito da gênese dos solos é apresentada por KALPAGÉ (1976), segundo o qual os processos de formação devem ser considerados como sendo dominados por um ou outro dos principais fatores de formação.

ROBINSON *et alii* (1961) alertam também para o fato de que se algum dos fatores de formação é dominante no local, as características do solo são influenciadas por essa dominância. Assim, a maioria dos perfis maduros estão dispostos em locais suavemente ondulados a ondulados; em situações muito inclinadas ocorre, com especial ênfase, remoção de material por erosão e os solos

permanecem jovens; e locais planos induzem deficiência de drenagem e de aeração.

Um trabalho que pode ser considerado como clássico, especialmente com referência aos processos de alterações dos minerais em condições tropicais, é o de DELVIGNE (1965), que ressalta a importância das condições topográficas dos perfis na paisagem, afetando diretamente as condições de drenagem e, portanto, a individualização dos produtos de intemperismo. Estudos sobre o desenvolvimento de perfis de solo dispostos em sequências topográficas foram realizados por vários autores, dentre eles NYE (1954), McCALEB (1959), ADAMS *et alii* (1975), DEMATTÊ & HOLOWAYCHUK (1977) e CARVALHO (1981).

TERCINIER & QUANTIN (1968) encontraram uma influência muito maior do relevo sobre o grau de evolução dos solos, do que as diferenças de idade dos seus materiais originais ou das modificações climáticas existentes.

As distintas unidades de solo, dispostas em áreas contíguas e de litologia semelhante, distribuídas em diferentes posições topográficas, podem representar diferentes estágios de evolução. Para uma mesma precipitação pluvial, a relação infiltração/deflúvio pode variar com a posição do perfil no relevo, interferindo sobre os processos de alteração dos solos (CARVALHO, 1981).

Marcos e Kinjo (1967), citados por GUIMARÃES (1984), comentam que um Solo Litólico não significa necessariamente um solo no início de formação, podendo, devido à situação atual do relevo, ser o produto da remoção de camadas de solo formadas, já que não há condições de acúmulo de material.

BRASIL - SNPA (1960) relata que os elevados teores de silte dos Solos Litólicos são indicativos de um pequeno estágio de maturidade.

WAMBEKE (1942) considera a relação silte/argila como indicadora do desenvolvimento do solo, demonstrando a tendência dessa relação em diminuir nos solos mais alterados. Admite, também, que o fraco grau de expressão da estrutura do solo pode ser uma indicação de material altamente intemperizado.

AHMAD *et alii* (1977), investigando uma sequência de solos no Paquistão, constatarem mudanças nos parâmetros usualmente considerados como indicadores de desenvolvimento do solo. Os solos considerados mais velhos apresentaram maior diferenciação de horizontes e aumento na espessura do "solum". A cor e a consistência não se alteraram. Os teores de argila aumentaram em profundidade e com a idade do solo. A argila iluviada também foi mais abundante nos solos mais antigos. O carbono não apresentou comportamento definido o que foi considerado como decorrência do cultivo e clima. Algumas

variações observadas foram atribuídas a diferença no material de origem. O aumento no grau de diferenciação dos horizontes, espessura do solo, desenvolvimento da estrutura e cutans, foram atribuídos a ação dos processos pedogenéticos durante o desenvolvimento dos solos.

KAMPF & KLAMT (1978) comentam que a frequência de distribuição dos minerais nos solos varia com a intensidade dos fatores de formação. O material de origem fornece o grupo inicial de minerais que, por sua vez, influem na mineralogia do solo pela sua suscetibilidade relativa ao intemperismo.

No mapeamento de solos de regiões inter tropicais, onde o estudo da evolução do relevo tem se caracterizado com especial importância, é também de elevado interesse o estudo dos tipos de argilas nas diferentes posições da paisagem, ao lado das convencionais análises químicas e granulométricas de rotina, para inferir sobre o grau de alteração das diversas unidades, uma vez que a natureza e o tipo dos minerais secundários são condicionados pela intensidade do intemperismo (CARVALHO, 1981).

É conveniente mencionar que o estudo das alterações mineralógicas foi substancialmente enriquecido com a técnica da difração de raios X. Um dos primeiros trabalhos científicos a pesquisar os colóides do solo por raios X foi o de HENDRICKS & FRY (1930).

PAIVA NETTO (1942) efetivou a técnica de raios X avaliando a fração argila dos solos do Estado de São Paulo. Ainda nessa mesma década, devem ser mencionados os estudos de rochas basálticas realizados por GUTMANS (1943) e LEINZ (1949).

IGLESIA & OOSTERWYCK (1978) observaram que a gênese dos minerais secundários envolve um equilíbrio dinâmico relacionado ao grau de lixiviação por soluções mais ou menos diluídas: condições fortemente lixiviantes produzem gibbsita, menos agressivas a caolinita, e ainda mais fracas, estruturas 2:1.

MONIZ *et alii* (1973) demonstraram que a gibbsita aparece nos primeiros estágios de alteração de inúmeras rochas básicas do Estado de São Paulo.

MELFI & LEVI (1971) interpretam o aumento progressivo de caulinita nos estágios mais avançados de alteração das rochas básicas, em contraposição aos elevados teores de gibbsita dos primeiros estágios (da alteração dos feldspatos), como o início de uma fase mais intensa de intemperismo, envolvendo outros minerais primários, como os piroxênios, sob condições físico-químicas adequadas para a formação de caulinita, e não de gibbsita.

Harder (1977) citado por ESPÍNDOLA (1979) expõe que a síntese de argilominerais a partir de rochas

básicas é dependente do teor de SiO_2 , dos cátions metálicos presentes e do pH da solução. A formação de esmectita só é possível com alto teor de magnésio e pH alcalino ou neutro.

De acordo com BORCHARDT (1977) existe a possibilidade de um mesmo solo formar caulinita durante os meses úmidos, quando a lixiviação dos elementos é intensa, e dar formação à esmectita nos meses secos, quando as concentrações de silício e magnésio são relativamente altas.

A transformação de esmectitas em caulinitas é bem provável em solos sob intensa lixiviação (WEAVER *et alii*, 1971).

PAQUET *et alii* (1961) ressaltam a importância das condições de drenagem na síntese da montmorilonita, requerendo-se ainda as presenças de cálcio e magnésio. GRIM (1968) também postula o mesmo, reforçando a natureza do cátion, especialmente o magnésio, que é tão importante para a síntese de montmorilonita como o potássio o é para a illita.

A riqueza em bases das rochas basálticas faz com que o primeiro produto de sua alteração seja a montmorilonita, cuja lixiviação a conduz para a síntese da caulinita (SINGER, 1967), ou ainda desta para gibbsita (FERGUSON, 1954 e SEGALIN, 1957).

O estudo de uma catena de solos desenvolvidos de basalto (GUNN, 1974) evidenciou uma mudança na mineralogia da fração argila, que passou de caulinitica para montmorilonítica no sentido dos solos mais jovens. A capacidade de troca catiônica, cátions básicos e pH acompanharam esta mudança e se elevaram no mesmo sentido.

ADAMS *et alii* (1975), estudando uma sequência de solos da Nova Zelândia, concluíram que as variações ocorridas foram devidas a um crescente desenvolvimento dos solos. Os autores verificaram um aumento inicial de ferro e alumínio, que decresceram com a evolução dos solos. A capacidade de troca catiônica, saturação e soma de bases não evidenciaram tendências definidas.

As pesquisas mineralógicas têm demonstrado que a composição da fração argila dos solos derivados de rochas básicas é variável. MONIZ & JACKSON (1967) notaram que o teor de gibbsita, para a Terra Roxa Estruturada da região de Ribeirão Preto-SP, estava em torno de 8%. MONIZ & CARVALHO (1973) não constatarem a presença de gibbsita no mesmo solo, na região noroeste do Estado de São Paulo. Em outro trabalho, MONIZ & OLIVEIRA (1974) encontraram teores de gibbsita inferiores a 10% para a Terra Roxa Estruturada.

A presença dominante de caulinita e quantidades secundárias de materiais amorfos, vermiculita, mica, goethita, hematita e gibbsita em Terra Roxa Estruturada de regiões tropicais, submetida a intenso intemperismo foi constatado por MONIZ & JACKSON (1967), CURI (1975) e GALHEGO & ESPÍNDOLA (1979).

Com relação à fração argila da Terra Roxa Estruturada do Município de Botucatu-SP, SOUZA (1973), encontrou em amostras isentas de ferro livre, os valores de 60 a 79% para a caulinita, 13 a 20% para a gibbsita e 0 a 12% para a alofana. Foram ainda diagnosticadas as presenças de vermiculita (pouca) e ilita (incipiente).

2.2. Propriedades do Solo e a Retenção de Água

A utilização de parâmetros hídricos nos trabalhos de caracterização analítica de perfis de solo, para fins agropecuários é de grande significação, uma vez que permite correlacionar esses dados com outras características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas de cada horizonte do perfil, ou do perfil como um todo (OLIVEIRA, 1982).

Dentre os parâmetros utilizados para o estudo do comportamento da água no solo, as curvas de retenção de água, denominadas "curvas características de umidade do solo" por CHILDS (1940), se destacam pelas

informações fornecidas, principalmente quanto à disponibilidade de água para as plantas. Constituindo características específicas para cada tipo de solo, estas curvas permitem estimar até que nível o teor de água do solo pode decrescer sem afetar o desenvolvimento das plantas, fornecendo, ainda os elementos necessários para uma irrigação racional em um sistema de manejo avançado (Oliveira & Queiroz, 1975, citados por FONTES & OLIVEIRA, 1982).

A obtenção das curvas de retenção de água dos solos é fundamental, por constituir elemento básico nos estudos da dinâmica da água e das relações hídricas do sistema solo-planta-atmosfera. Os dados das curvas de retenção permitem calcular a difusividade capilar versus o potencial mátrico (BLACK *et alii*, 1969; BLACK *et alii*, 1970; MILLAR, 1975), como também estimar o valor do potencial mátrico onde as culturas podem se desenvolver sem acarretar reduções significativas nas produções (VITTUM *et alii*, 1958; MILLAR, 1976 e CHOUDHURY *et alii*, 1978) e, conseqüentemente a lâmina de água a ser aplicada nas irrigações. Preferencialmente, essa curva deve ser determinada no campo, na condição estrutural natural do solo (LAL, 1979), com o inconveniente, porém, de tomar muito tempo e ser muito cara. Os métodos de laboratório que melhor estimam a realidade usam amostras com estrutura indeformada retiradas com anéis volumétricos, as quais, após saturadas, são submetidas a pressões em câmaras com placas porosas ou em centrífugas, com pesagem nos pontos de equilíbrio.

SALTER & WILLIAMS (1965) e HILL & SUMNER (1967) concluíram que a determinação da retenção de água pelos solos deve ser realizada em amostras com estrutura indeformada, pois estas representam melhor as condições de campo.

MEDEIROS (1987) cita que a primeira tentativa para determinar a retenção de água em amostras de solo, utilizando a centrífuga, ocorreu com a introdução do conceito de umidade equivalente. BRIGGS & McLANE (1907), afirmaram que uma base satisfatória para se comparar a capacidade de retenção de água dos solos, poderia ser estabelecida pela quantidade de água que diferentes solos são capazes de reter quando submetidos a uma força constante, suficiente em magnitude para remover a água retida nos espaços capilares maiores. Esse método, segundo FREITAS Jr. & SILVA (1984), evoluiu desde 1907 até 1938, quando RUSSEL & RICHARDS (1938), publicaram o seu clássico trabalho permitindo ter acesso a um potencial, a partir do raio da centrífuga e da sua velocidade angular. Com o advento das câmaras de pressão de Richards (RICHARDS & FIREMAN, 1943) e suas facilidades, as centrífugas foram relegadas a um segundo plano, em virtude, provavelmente, das dificuldades operacionais inerentes ao controle preciso da velocidade angular.

Nos estudos que visam a retenção de água no solo são considerados dois pontos clássicos: capacidade de campo e ponto de murchamento permanente (OLIVEIRA & MELO, 1971).

A capacidade de campo corresponde à umidade atingida sob condições de campo, por solos permeáveis, de textura e estrutura uniforme, inicialmente saturados, após sua drenagem livre. Isto, normalmente, acontece 48 a 72 horas após o fornecimento de água (VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1949).

Vários autores, dentre eles RICHARDS & WEAVER (1944), COLMAN (1947) e MEDINA & GROHMAN (1966), encontraram evidências de que a capacidade de campo guardava estreita relação com a água retida a 0,033 MPa, valor este que teve seu uso generalizado. Outros pesquisadores, entretanto, têm usado tensões diferentes com resultados satisfatórios. Assim, SALTER & HAWORTH (1961) empregaram 0,005 MPa e, MACLEAN & YAGER (1972) 0,005 e 0,01 MPa como valores mais adequados.

REICHARDT (1988) comenta que, como o fluxo de drenagem do solo decresce rapidamente com o tempo, mas praticamente, nunca cessa, a escolha do instante para determinação da capacidade de campo é muito subjetiva. Entretanto, como a determinação em amostras de laboratório pode ser útil para efeito prático, o autor sugere que potenciais maiores, da ordem de 0,01 a 0,006 MPa sejam utilizados.

O ponto de murchamento permanente, definido como sendo a umidade num solo onde a planta, em um certo estágio de seu desenvolvimento, murcha e, mesmo quando

colocada em câmara escura e úmida, não recupera o turgor (VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1949) é normalmente considerado como a umidade dos solos correspondente à tensão de 1,5 MPa. Isto se deve, provavelmente, a trabalhos como os de RICHARDS & WEAVER (1943) e ROBERTSON & KRONKE (1946) que encontraram valores próximos a 1,5 MPa para diversos solos.

De acordo com VEIHMEYER & HENDRICKSON (1949), a água compreendida entre estes dois limites, capacidade de campo e ponto de murchamento permanente, foi definida como água disponível.

McKEAGUE *et alii* (1984), resumiram e compararam os procedimentos usados por organizações de estudo do solo na caracterização e interpretação dos regimes de ar e água, em vários países. Os autores citam que, a capacidade de água disponível, é obtida pela diferença entre capacidade de campo e ponto de murchamento permanente. A água retida a 1,5 MPa é considerada como o teor no ponto de murchamento permanente, enquanto que para capacidade de campo são empregadas as seguintes tensões de acordo com o país considerado: 0,01 MPa, na Nova Zelândia; 0,006 MPa na Alemanha; 0,005 MPa na Inglaterra; 0,01 MPa (solos arenosos) e 0,1 MPa (solos argilosos) na França; 0,01 ou 0,033 MPa nos Estados Unidos e Canadá.

JORGE & PRADO (1988) comentam que as duas características físicas responsáveis pela porosidade que

atuam de forma mais decisiva na economia da água no solo são a textura e a estrutura.

Segundo RIVERS & SHIPP (1978) e HILLEL (1982), o teor de água retido a baixas tensões (0 e 1 bar) depende, primeiramente, do efeito de capilaridade e da porosidade e, portanto, é fortemente afetado pela estrutura do solo. Por outro lado, a retenção de água a altas tensões é devida ao incremento na adsorção e, menos influenciada pela estrutura e mais pela textura e superfície específica do material sólido do solo. Consequentemente, quanto maior o conteúdo de argila, em geral, maior a retenção de água a uma dada tensão e, mais gradual a inclinação da curva. Em um solo argiloso, a distribuição de poros por tamanho é mais uniforme, e mais água é adsorvida, tanto que um aumento na tensão resulta em decréscimo mais gradual no teor de água.

REEVE *et alii* (1973) realizaram estudos com solos da Inglaterra e do país de Gales e relataram que a retenção a 1,5 MPa está associada à argila, enquanto que a retenção a baixas tensões ao conteúdo de matéria orgânica e à distribuição dos tamanhos de poros.

O estudo das relações entre a água retida pelos solos a um dado potencial e o teor de matéria orgânica é um fator que merece atenção especial, pois permite uma maior eficiência na irrigação e no manejo da água e do solo. Um solo mineral bem drenado, contendo 5

por cento de matéria orgânica, terá provavelmente maior capacidade de água disponível do que outro solo comparável com 3 por cento de matéria orgânica. Poder-se-ia incorrer no erro de admitir que este efeito favorável fosse devido diretamente à capacidade de retenção de água da matéria orgânica. O benefício principal neste caso é devido à sua influência favorável na estrutura do solo e, por sua vez, em sua porosidade. Embora o humus possua elevada capacidade de campo, seu coeficiente de murchamento é relativamente alto. Assim sua contribuição final para a água disponível é menor do que se poderia supor.

De acordo com GROHMAN & MEDINA (1962), a quantidade de água retida pelo solo está na dependência da porcentagem de matéria orgânica presente.

Ohu (1985), citado por OHU *et alii* (1987), observou que a capacidade de água disponível dos solos aumentou devido à adição de matéria orgânica.

GUPTA *et alii* (1983) avaliando as características de retenção de água em alguns perfis de solo encontraram correlação positiva e significativa entre altos teores de matéria orgânica, existentes em solos sob pastagem e floresta, e a retenção de água. Resultados semelhantes são apresentados por SALTER *et alii* (1966).

PETERSEN *et alii* (1968a) observaram para solos da Pensilvânia, associação de carbono orgânico com o teor de água retida a 1,5 MPa, mas não com a retida a 0,033 MPa. A explicação dos autores é a de que a matéria orgânica favorece a agregação do solo e a formação de poros grandes, os quais retêm pouca água a 0,033 MPa. A capacidade da matéria orgânica em reter água acima de 1,5 MPa, pode ser a justificativa para que o teor de água a 1,5 MPa aumente com a porcentagem de matéria orgânica. Em trabalho posterior, PETERSEN *et alii* (1968b), estudando os fatores que afetam a retenção de água para a classe textural franco-siltoso, verificaram que a retenção a 0,033 MPa e a 1,5 MPa aumentou com o incremento do teor de carbono orgânico. Esse aumento não promoveu alteração na faixa de água disponível. De acordo com os autores, a adição de matéria orgânica em solos com textura mais fina que franco siltoso, não promoverá aumento significativo na água disponível.

Os estudos de PETERSEN *et alii* (1968a, 1968b) indicam que a baixas tensões a matéria orgânica tem um efeito indireto na retenção de água devido à sua influência na agregação das partículas sólidas do solo e, a altas tensões, tem uma atuação direta em função de sua elevada superfície específica e capacidade de adsorção.

Dias (1970), citado por FREIRE (1975), comenta que a influência da matéria orgânica sobre a capacidade de água disponível dos solos é decorrente,

principalmente da formação de microagregados do tamanho de silte.

FITCH *et alii* (1989) avaliando os efeitos de um condicionador nas propriedades físicas de um solo franco siltoso, verificaram que a redução do conteúdo de matéria orgânica afetou especialmente a agregação do solo, uma vez que atua como um importante agente cimentante; a porosidade total foi pouco afetada, mas a macroporosidade foi bastante reduzida.

Vários autores têm estudado as relações entre partículas de vários tamanhos e a capacidade de retenção de água. Correlações significativas entre a porcentagem de areia muito fina + silte e o teor de água prontamente disponível (0,006-0,6 MPa) foram obtidas por FRANZMEIER *et alii* (1960). SALTER *et alii* (1966) encontraram correlação negativa entre água disponível de vinte e sete solos e a porcentagem de areia grossa e, positiva com a de areia fina. RIVERS & SHIPP (1972), obtiveram correlações significativas entre as porcentagens de areia muito fina + silte e água disponível (capacidade de campo - 1,5 MPa). RIVERS & SHIPP (1978) notaram que a porcentagem de areia muito fina isoladamente ou em combinação com as porcentagens de silte e argila mostraram-se significativamente correlacionadas com os teores de água do solo.

MACLEAN & YAGER (1972) também obtiveram correlação positiva entre a unidade volumétrica e os

teores de silte e carbono orgânico para as camadas superficiais e, com o teor de areia fina para as camadas mais profundas.

BUCKMAN & BRADY (1974) comentam que quanto mais fina a textura do solo, maior é a armazenagem da água disponível. GROHMAN & MEDINA (1962) associam a capacidade de retenção de água pelo solo ao teor e à natureza da fração argila.

MANFREDINI *et alii* (1984) analisando as relações existentes entre a composição granulométrica da fração areia e o comportamento hídrico em Latossolos de textura média e Areias Quartzosas, observaram ocorrer simultaneamente um aumento na capacidade de armazenagem de água e uma diminuição na condutividade hidráulica do solo saturado, em função da diminuição do diâmetro médio ponderado de partículas da fração areia para uma mesma unidade de solo.

GUPTA *et alii* (1983) comentam que o conteúdo de silte + argila, maior nos horizontes subsuperficiais, contribuiu com a retenção de água, mostrando correlação positiva e significativa.

REEVE (1986) objetivando determinar quais parâmetros do solo mais influenciam as propriedades de retenção de água e porosidade, calculou coeficientes de correlação linear usando dados de 13 perfis de solo. O

autor observou que para os horizontes de superfície, carbono orgânico e densidade do solo foram os parâmetros que se correlacionaram significativamente com capacidade de campo, enquanto que para os horizontes de subsuperfície, somente a porcentagem de areia mostrou-se relevante. Para o ponto de murchamento permanente, a argila foi o fator mais importante nos horizontes de superfície e subsuperfície. O carbono orgânico apresentou alta correlação para os horizontes de superfície. A água disponível, não se correlacionou significativamente com os parâmetros avaliados, nos horizontes de superfície. Para os horizontes de subsuperfície foram encontradas correlações significativas com as partículas de diâmetro entre 20 e 50 μm e 50-100 μm e com a densidade do solo.

Os efeitos da matéria orgânica, silte e argila na água disponível e água retida, em horizontes de superfície e subsuperfície, de 77 perfis de solo foram estudados por HOLLIS *et alii* (1977). Os autores observaram que as porcentagens de argila, silte + argila e carbono orgânico, mostraram-se altamente correlacionadas com a água retida, sendo o carbono, o mais importante desses parâmetros. Com água disponível, as porcentagens de silte e carbono orgânico correlacionaram-se significativamente, sendo novamente, o carbono o fator mais relevante na variação da água disponível.

PETERSEN *et alii* (1968b) associaram a retenção de água com propriedades de solos similares,

dentro de cada classe textural. Análises de regressão múltipla mostraram que a densidade do solo estava fortemente associada com a água retida a 0,033 MPa, e o conteúdo de argila com a água retida a 1,5 MPa. A água disponível correlacionou-se negativamente com areia e argila e positivamente com o conteúdo de silte. A água disponível apresentou também, alta correlação com água retida a 0,033 MPa, enquanto que com 1,5 MPa não se correlacionou ou correlacionou-se negativamente.

A estrutura do solo, determinada basicamente pelo tamanho, forma e arranjo espacial das partículas que o constituem, define a geometria dos espaços vazios nele encontrados. A distribuição de poros na matriz do solo desempenha papel fundamental nas relações entre as fases sólida, líquida e gasosa, com marcada influência nos processos pedogenéticos e potencialidade agrícola das glebas (MANFREDINI *et alii*, 1984).

A porosidade governa os regimes de água e ar, cuja combinação cria condições favoráveis ou não para o crescimento das plantas. Para um conhecimento minucioso da permeabilidade da água no solo, da capacidade de retenção, e da extensão na qual a zona das raízes é suprida com ar, deve-se diferenciar a porosidade total, de acordo com o diâmetro (VDMOCIL, 1965). De maior importância agronômica são os poros preenchidos com água disponível e poros de aeração. Poros inativos contêm água não disponível a qual não é aproveitada pelas plantas.

A importância do estudo das diferenças de porosidade reside no fato que todos os processos que concorrem para uma melhoria das condições da massa do solo envolvem o movimento da água no espaço poroso do solo (DROZHZHINA & VASIL'CHIKOVA, 1984).

Um dos fatores que afetam negativamente a estrutura é a compactação do solo, promovendo uma redução da porosidade total e, especialmente, do volume de poros grandes. Isto significa que o conteúdo de água no ponto de saturação e o decréscimo inicial no teor, com a aplicação de baixas tensões é reduzido, afetando, conseqüentemente, o formato da curva característica da água no solo, particularmente a baixas tensões (HILLEL, 1982).

HILLEL (1982) cita que, como os agregados do solo são muito distintos, é possível separar a porosidade em macroporos e microporos. Os macroporos são os espaços entre agregados, os quais servem como principal meio para infiltração e drenagem da água e para aeração. Os microporos são os capilares existentes dentro dos agregados, responsáveis pela retenção de água e solutos.

O comportamento hídrico dos solos é extremamente variável, principalmente levando em consideração a textura e a porosidade.

JOHNSON *et alii* (1989), estudando a variação nas condições físicas de um solo argiloso após a realização de práticas de cultivo após 3 anos, observaram que os acréscimos nos valores de densidade do solo, em horizontes de superfície e subsuperfície, foram acompanhados por uma diminuição na porosidade e condutividade hidráulica do solo saturado e por uma elevação na microporosidade e conteúdo de água retida.

REEVE *et alii* (1973) verificaram que a densidade do solo exerce grande influência nas capacidades de água disponível e retida, sendo que, o efeito varia entre horizontes e solos de diferentes classes texturais. Os autores concluíram que, para os horizontes B e C, a água disponível e a retida diminuíram com a elevação da densidade do solo, enquanto que, no horizonte A tenderam a aumentar, exceto para solos siltosos.

ARCHER & SMITH (1972), estudando quatro solos de diferentes texturas, notaram que o conteúdo de água disponível aumentou linearmente com a densidade do solo.

HILL & SUMNER (1967), também estudando o efeito da densidade do solo nas características de retenção de água em nove solos de várias classes texturais, observaram que incrementos nos valores de densidade resultaram em maior capacidade de retenção de água, à uma tensão constante, para solos de textura arenosa, barro argilosa e argilosa, sendo que a magnitude

do efeito diminuiu com o aumento da tensão, para solos arenosos, e aumentou com a tensão para solos franco argilosos e argilosos. Para solos de textura franco arenosa e franco argilo arenosa, a elevação da densidade promoveu diminuição na retenção de água a baixas tensões, enquanto que, para altas tensões ocorreu o inverso.

LIBARDI & REICHARDT (1973) pesquisaram as propriedades hídricas de cinco unidades de solos, concluindo que a curva de retenção de água aumentou na seguinte ordem: Regossolo, Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, Podzólico Vermelho-Amarelo, Mediterrânico Vermelho-Amarelo, Litossolo substrato argilito, e que para o mesmo teor de água a condutividade hidráulica decresce do Regossolo para o Litossolo substrato argilito.

Com relação à natureza físico-química, GARDNER (1968) e BAVER *et alii* (1973) citam que quanto maior a superfície específica e conseqüentemente a capacidade de troca catiônica do mineral, maior será a capacidade de adsorção de água. GUPTA *et alii* (1983) encontraram correlações significativas entre capacidade de troca de cátions e retenção de água, principalmente para os horizontes superficiais.

Quanto à natureza mineralógica, a montmorilonita, com sua grande capacidade de troca de cátions por unidade de massa e sua grande superfície específica, tem maior capacidade de adsorção de água que a illita; a caulinita tem a menor capacidade de adsorção

entre os três minerais dos solos. Com 50% de umidade relativa, a adsorção de água em relação à massa é de 21, 4,5 e 0,5% para a montmorilonita, illita e caulinita, respectivamente. Essa diferença na capacidade de retenção de água é devida à distinta constituição do retículo cristalino e às diferenças nas cargas negativas (BAVER *et alii*, 1973).

DELGADO *et alii* (1982) comentam que, os solos de regiões tropicais e subtropicais têm uma elevada proporção de ferro, em várias formas de óxidos. El Ashkar *et alii* (1956), citados pelos autores notaram que as reservas de água disponível decrescem na presença de óxidos de ferro livres no solo. Eles atribuem este fenômeno à obstrução dos poros que podem reter água na presença de óxidos de ferro. A eliminação do ferro do solo causa uma desintegração parcial dos agregados, tanto que o volume de poros grandes e, conseqüentemente, a faixa de água disponível aumenta.

FREBBLE & STIRK (1959) não encontraram evidências diretas de que a presença de óxidos de ferro livres afetam a capacidade de retenção de água em 14 perfis de solos pertencentes a várias classes texturais. Os autores citam que os incrementos na retenção de água estão diretamente relacionados com o conteúdo de argila.

DELGADO *et alii* (1982) investigaram a relação entre a tensão e o teor de água, e os minerais de

argila (caulinita e bentonita), saturados com hidróxidos de ferro, concluindo que o conteúdo de óxidos de ferro nos minerais de argila aumentou a capacidade de retenção de água, especialmente a baixas e médias tensões (0,005-1,5 MPa). A água retida pelas argilas com pequena superfície específica aumentou à medida que houve acréscimo do teor de óxidos de ferro, não somente devido à alteração na estrutura das argilas mas também devido à adsorção e retenção de água diretamente pela superfície dos óxidos de ferro.

A natureza dos cátions trocáveis também tem grande influência na adsorção de água, conforme demonstraram Thomas (1928) e Baver & Horner (1933) citados por BAYER *et alii* (1973). Em geral, as argilas saturadas com cátions bivalentes possuem maior poder de adsorção que as saturadas com cátions monovalentes, com exceção do lítio, que se comporta como os íons bivalentes.

GUPTA *et alii* (1983) observaram maior retenção de água em solos sob pastagem do que aqueles sob floresta, especialmente nos horizontes subsuperficiais, provavelmente devido à presença de maior proporção de argila amorfa.

WILLIAMS *et alii* (1983) citam a montmorilonita, os óxidos de ferro, a vermiculita e o quartzo, como minerais da fração argila relacionados com as características de retenção de água do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Descrição geral da área estudada

Os solos que serviram de objeto para esta pesquisa estão situados em uma topossequência da Fazenda Experimental Lageado, de uso da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, no Município de Botucatu, na região central do Estado de São Paulo, compreendida pelas seguintes coordenadas geográficas: $22^{\circ}48'16''$ e $22^{\circ}48'28''$ Lat. S e $48^{\circ}25'39''$ e $48^{\circ}25'53''$ Long. WGr (Figura 1).

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1981), a área é constituída de rochas eruptivas básicas, pertencente ao Planalto Ocidental Paulista, localmente no reverso da "Cuesta" de Botucatu.

TR - Terra Roxa Estruturada: P4 a P12

R - Solos Litólicos: P1 a P3

Figura 1 - Área experimental

A área é constituída por solos classificados por CARVALHO *et alii* (1983) como Série Lageado - Terra Roxa Estruturada eutrófica textura argilosa/muito argilosa - e Série Litossolo Lageado - Solos Litólicos eutróficos textura argilosa. Essas unidades de mapeamento compreendem 42,1% e 32,5%, respectivamente, da área da Fazenda Experimental Lageado.

O clima é do tipo mesotérmico, Cwb, segundo o sistema de Koppen, em que a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C; o total das chuvas do mês mais seco não atinge 30 mm e o total anual das chuvas é de 1.314 mm.

3.1.2. Equipamentos

Foram utilizados anéis cilíndricos de aço inox, apresentando cada um as seguintes dimensões: 50 mm de diâmetro interno; 51 mm de diâmetro externo e 5,1 mm de altura.

Para determinação da retenção de água pelas amostras foi empregada uma centrífuga, modelo H-1400 pF, da Kokusan Enshinki Co., Ltda

Para obtenção da massa das amostras secas utilizaram-se balanças Mettler modelos H 80 e PC 2200 e para a secagem das amostras, estufa Fanem modelo 320-E.

Os difratogramas da fração argila foram obtidos por meio de aparelho de Raios-X, modelo URD-6.

3.2. Métodos

3.2.1. Amostragem e preparo da terra

Em quatro posições no relevo, dentro da área experimental, foram abertas doze trincheiras, sendo três em cada posição do relevo. Os solos foram descritos de acordo com as técnicas mencionadas por LEMOS & SANTOS (1976).

No centro de cada horizonte, foram coletadas amostras com estrutura deformada e indeformada.

As amostras com estrutura deformada foram secas ao ar para posterior tamisagem a 2,0 mm e obtenção da terra a partir da qual foram efetuadas as diversas análises físicas, químicas e mineralógicas.

As amostras com estrutura indeformada foram coletadas, para determinação da retenção de água e densidade do solo, com anel volumétrico, com uma extremidade cortante, os quais foram introduzidos à profundidade média dos horizontes através de pressão e coletados cheios de solo, retirando-se o excesso de suas extremidades.

Todas as análises efetuadas no presente foram feitas com 3 repetições para cada horizonte dos perfis de solo.

3.2.2. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta (KILMER & ALEXANDER, 1949), utilizando NaOH 0,1N como dispersante e desagregação por agitação mecânica em alta rotação. A areia total foi subdividida em 5 frações, de acordo com a escala americana (E.U.A., 1951) e a classe textural obtida no diagrama adotado pela S.B.C.S.

3.2.3. Determinação da argila dispersa em água

A argila dispersa em água foi determinada seguindo-se a mesma técnica empregada na análise granulométrica, usando-se porém, apenas água destilada.

3.2.4. Determinação da retenção de água

A retenção de água pelas amostras de solo foi avaliada, com três repetições para cada horizonte.

Inicialmente, as amostras volumétricas foram saturadas com água destilada, para obtenção da curva de secagem. Em seguida, as amostras foram transferidas para os tubos da centrífuga (quatro por vez), mantendo-se as amostras durante um período de 50 minutos às seguintes rotações: 300; 600; 800; 1.100; 1.900; 3.300; 5.500 e 12.600 rpm, que correspondem, respectivamente, às tensões: 0,001; 0,003; 0,006; 0,010; 0,033; 0,1; 0,3 e 1,5 MPa. Após 50 minutos, as amostras eram retiradas dos tubos, pesadas, novamente colocadas na centrífuga e a rotação elevada, repetindo-se o processo para cada rotação citada anteriormente, até atingir 12.600 rpm.

Posteriormente, as amostras eram transferidas para estufa a 105°C, onde permaneceram até obtenção da massa seca constante.

Com os dados de massa de solo seco e úmido calculou-se, para cada tensão, a porcentagem de água retida, elaborando-se em seguida, a curva característica para cada horizonte dos perfis de solo estudados.

3.2.5. Determinação da densidade do solo

A densidade dos horizontes de cada perfil-de-solo foi considerada como sendo a média de três amostragens. Para o cálculo deste parâmetro, foram utilizados os dados de massa de solo seco em estufa a

105°C e volume das amostras indeformadas (100 cm³), empregando-se a relação:

$$D = m_s/v$$

onde: D = densidade do solo (g/cm³);

m_s = massa do solo seco (g);

v = volume do solo (cm³).

3.2.6. Determinação da densidade dos sólidos do solo

A densidade dos sólidos foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA/SNLCS, 1979).

3.2.7. Avaliação da porosidade do solo

Uma vez obtidos os valores da densidade do solo (D) e da densidade dos sólidos (D_s) calculou-se a porosidade total pela equação:

$$P = (1 - D_g/D_s) \times 100$$

onde: P = porosidade total (%).

Para determinar a microporosidade das amostras, foi empregada a tensão de 0,06 atm (RICHARDS, 1965).

A macroporosidade foi obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

3.2.8. Análise química

A análise química constou das seguintes determinações: a) pH - em potenciômetro Metrohn, com eletrodo de vidro, empregando-se a relação solo/água e solo/KCl 1/2,5; b) matéria orgânica - método de Walkley & Black modificado, descrito em MALAVOLTA & CORY (1954); c) hidrogênio, alumínio, potássio, cálcio e magnésio trocáveis e o fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05N, conforme os métodos descritos em CATANI & JACINTO (1974); d) capacidade de troca catiônica (CTC) - calculada pela soma de bases trocáveis (Ca, Mg, K), mais o teor de hidrogênio e alumínio trocáveis; e) saturação em bases (V%) - calculada segundo a fórmula: $V\% = S.100/CTC$, onde S = soma de bases e CTC = capacidade de troca catiônica; f) ferro livre - extração com $(Na_3C_6H_5O_7). 2H_2O - NaHCO_3 - Na_2S_2O_4$ (citrato-bicarbonato-ditionito de sódio), JACKSON (1965), e leitura em Espectrofotômetro de Absorção Atômica.

3.2.9. Método de separação da fração argila

A dispersão e o fracionamento das amostras foram efetuados segundo recomendações descritas em MENDES (1970), através dos seguintes processamentos: a) remoção

dos sais solúveis e cátions bivalentes trocáveis com tratamento da amostra, a quente, com solução tampão de NaOAc (acetato de sódio), 1N, com pH 5,0; b) oxidação da matéria orgânica e eliminação de MnO_2 (óxido de manganês) com H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) a 30%, a quente, lavando-se a seguir, com solução de NaCl (cloreto de sódio) a 25%; c) remoção dos óxidos de ferro livres com tratamento da amostra, a quente, com os sais de sódio: citrato-bicarbonato-ditionito, seguido da lavagem com solução de NaCl (cloreto de sódio) a 2,5%; d) a fração areia foi separada por tamisação, e as frações silte e argila individualizadas mediante a complementação da dispersão com solução de Na_2CO_3 (carbonato de sódio) a 2%, pH 10,5 e sifonagem da fração argila.

3.2.10. Análise mineralógica

Para os horizontes dos perfis de solos foram preparadas lâminas de argila orientada, segundo recomendações descritas em MENDES (1972). Para melhor identificação dos minerais as lâminas saturadas com potássio foram aquecidas a 350°C e 550°C e as saturadas com magnésio glicoladas com etileno-glicol.

O reconhecimento dos minerais foi efetuado após irradiação das lâminas em aparelho de difração de raios X, num intervalo de 3 a 32°(2 θ) e os minerais identificados pelos seus espaçamentos basais

característicos segundo os critérios descritos por BRINDLEY (1951).

3.2.11. Delineamento Estatístico

Com o objetivo de avaliar o efeito conjunto das propriedades físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas na discriminação dos perfis de solo estudados, foram efetuadas análises estatísticas multivariadas: de agrupamento (SNEATH & SOKAL, 1973) e de componentes principais (MORRISON, 1967).

A análise de agrupamento permite trabalhar com um conjunto de unidades (horizontes de solo) caracterizadas por diversas variáveis e separá-las em agrupamento de unidades que, se existirem, serão identificados pela homogeneidade entre os elementos dentro do agrupamento e pela heterogeneidade entre elementos de diferentes agrupamentos (CURY, 1982).

O coeficiente de semelhança utilizado foi a distância euclidiana média entre pares de horizontes dos perfis de solo.

A estratégia de agrupamento utilizada foi a "single linkage", que permitiu obter agrupamentos sequenciais, aglomerativos, hierárquicos, não superpostos, e expressar os resultados através de gráficos de esquemas hierárquicos ou dendogramas.

A análise de componentes principais possibilita verificar a importância de cada variável original para a discriminação dos horizontes dos perfis de solo, ou seja, para a constituição dos agrupamentos (CURY, 1983).

Neste trabalho foram consideradas como unidades operacionais a agrupar:

- a) horizontes representativos das unidades de solo R e TR, em número de quarenta e dois;
- b) horizontes Ap, em número de doze;
- c) horizontes B₂₁, em número de nove;
- d) horizontes B₂₂, em número de nove;
- e) horizontes B₂₃, em número de nove;

As unidades operacionais a-b-c-d-e foram agrupadas considerando 28 parâmetros: AF - areia fina; AMF - areia muito fina; SI - silte; ARG - argila; D - densidade do solo; PT - porosidade total; MI - microporosidade; MA - macroporosidade; CA - cálcio; MG - magnésio; K - potássio; H - hidrogênio; AL - alumínio; FO - fósforo; CTC - capacidade de troca catiônica; MO - matéria orgânica; FE - óxido de ferro; KI - índice Ki; KR - índice Kr; A025, A010, A030, A060, A0,1, A0,33, A1,0, A3,0, A1,5 - água retida a 0,0025, 0,001, 0,003, 0,006, 0,01, 0,033, 0,1, 0,3 e 1,5 MPa, respectivamente.

Todos os dados submetidos a esta análise estatística não sofreram transformação, nem foram padronizados.

Também foram obtidas correlações simples entre os parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos dos perfis de solo (SNEDECOR & COCHRAN, 1978).

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas tabelas com as médias dos valores obtidos e estimados para cada horizonte dos perfis de solo estudados. A descrição morfológica dos perfis de solo e os valores obtidos para as três repetições de cada parâmetro avaliado encontram-se nos Apêndices.

Na tabela 1 encontram-se os valores médios das porcentagens de areia, silte, argila e argila dispersa em água para os perfis de solo.

Os valores médios da porosidade total, microporosidade, macroporosidade, densidade do solo e densidade das partículas são apresentados na Tabela 2.

A tabela 3 contém os valores médios da retenção de água às tensões de 0,00025; 0,001; 0,003; 0,006; 0,010; 0,033; 0,1; 0,3 e 1,5 MPa.

A tabela 4 mostra os valores médios do pH (água e KCl), cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio para os perfis de solo.

Os valores médios de fósforo, soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e saturação por alumínio encontram-se na tabela 5.

Na tabela 6 são apresentados os resultados analíticos obtidos do ataque sulfúrico para os perfis de solo.

Na tabela 7 está relacionada a composição mineralógica da fração argila dos solos estudados.

A análise de componentes principais, os coeficientes de correlação e a ordem de importância das características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas na discriminação e agrupamento dos perfis de solo, horizontes Ap, B₂₁, B₂₂ e B₂₃ constam, respectivamente, das tabelas 8, 9, 10, 11 e 12.

As tabelas 13, 14, 15 e 16 contém, respectivamente, as correlações significativas entre os parâmetros analisados, para os horizontes Ap, B₂₁, B₂₂ e B₂₃ e C/R.

Tabela 1 - Valores médios das porcentagens de areia, silte, argila e argila dispersa em água para os perfis de solo estudados.

Perfil	Areia (%)					Silte	Argila	Argila
Horizonte	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	(%)	(%)	Dispersa em água (%)
P1-Ap	1,5	1,4	3,3	7,7	7,5	34,6	44,0	19,0
P1-C/R	3,0	3,9	5,5	8,9	7,5	33,2	38,0	18,0
P2-Ap	1,0	2,0	5,1	10,0	9,4	32,5	40,0	19,0
P2-C/R	0,5	2,6	5,3	8,8	8,3	30,5	44,0	18,0
P3-Ap	0,7	1,6	3,8	9,2	10,8	33,9	40,0	16,0
P3-C/R	4,4	6,2	7,1	9,4	9,0	26,9	37,0	22,0
P4-Ap	0,2	0,5	2,4	5,9	5,7	23,3	62,0	19,0
P4-B21	0,4	0,4	1,5	4,2	3,6	8,9	81,0	10,0
P4-B22	0,2	0,3	1,4	4,6	4,5	13,0	76,0	3,0
P4-B23	0,1	0,3	1,6	5,7	5,6	19,7	67,0	4,0
P5-Ap	0,3	4,3	2,1	6,4	7,3	22,6	57,0	23,0
P5-B21	0,1	3,3	1,6	4,9	5,8	20,3	64,0	28,0
P5-B22	0,3	3,3	1,6	4,9	6,7	20,2	63,0	6,0
P5-B23	3,3	3,7	1,8	5,9	8,1	17,2	60,0	4,0
P6-Ap	0,1	0,4	2,0	6,8	6,6	25,1	59,0	23,0
P6-B21	0,2	0,3	1,3	4,0	3,5	11,7	79,0	35,0
P6-B22	0,1	0,2	1,3	4,1	4,2	11,1	79,0	4,0
P6-B23	0,1	0,3	1,5	4,5	4,4	18,2	71,0	5,0
P7-Ap	0,5	0,6	2,4	6,6	6,1	26,8	57,0	20,0
P7-B21	0,4	0,8	2,3	6,3	6,0	27,2	57,0	22,0
P7-B22	0,3	0,6	2,4	5,4	4,7	22,6	64,0	3,0
P7-B23	0,2	0,2	1,2	4,4	4,8	17,2	72,0	3,0
P8-Ap	0,9	0,7	1,8	4,7	5,3	23,6	63,0	20,0
P8-B21	0,3	0,6	2,0	5,8	6,0	23,3	62,0	19,0
P8-B22	0,4	0,4	1,4	5,0	5,1	14,7	73,0	3,0
P8-B23	0,4	0,6	1,6	4,9	5,4	16,1	71,0	2,0
P9-Ap	0,6	0,6	1,5	4,1	5,3	21,9	66,0	20,0
P9-B21	0,3	0,5	2,0	5,7	5,5	24,0	62,0	23,0
P9-B22	0,2	0,3	1,2	3,6	3,8	18,9	72,0	4,0
P9-B23	0,2	0,3	1,4	4,5	4,9	18,7	70,0	2,0
P10-Ap	0,3	0,6	1,6	4,3	4,6	22,6	66,0	24,0
P10-B21	0,3	0,4	1,2	3,9	3,8	21,4	69,0	31,0
P10-B22	0,3	0,4	1,3	3,9	4,4	22,7	67,0	5,0
P10-B23	0,2	0,4	1,6	4,6	5,2	19,0	69,0	9,0
P11-Ap	0,3	0,5	2,1	4,9	4,7	21,5	66,0	22,0
P11-B21	0,1	0,3	1,3	4,3	4,5	16,5	73,0	26,0
P11-B22	0,3	0,4	1,8	6,0	6,3	13,2	72,0	4,0
P11-B23	0,2	0,4	1,6	5,5	6,4	19,9	66,0	5,0
P12-Ap	0,4	0,5	2,2	5,8	5,3	26,8	59,0	21,0
P12-B21	0,4	0,2	1,6	4,1	4,3	20,4	69,0	24,0
P12-B22	0,1	0,4	1,4	4,1	4,8	20,3	69,0	4,0
P12-B23	0,2	0,6	2,0	2,0	6,8	15,5	69,0	2,0

Tabela 2 - Valores médios da porosidade total, microporosidade e macroporosidade, em porcentagem e, da densidade do solo e da densidade das partículas, em g/cm³, para os perfis de solo estudados.

Perfil	Porosi- dade	Micro- porosi- dade	Macro- porosi- dade	Densidade (g/cm ³)	
Hori- zonte	Total (%)	(%)	(%)	Solo	Partículas
P1 Ap	50,70	40,19	10,51	1,41	2,86
P1 C/R	53,72	40,00	13,72	1,37	2,96
P2 AP	48,69	38,91	9,78	1,37	2,67
P2 C/R	46,00	38,48	7,52	1,35	2,50
P3 Ap	50,94	42,31	8,63	1,31	2,67
P3 C/R	55,07	46,01	9,06	1,33	2,96
P4 Ap	58,45	39,85	18,60	1,23	2,96
P4 B21	51,69	48,48	3,21	1,43	2,96
P4 B22	41,49	43,43	18,06	1,14	2,96
P4 B23	62,16	44,69	17,47	1,12	2,96
P5 Ap	54,20	35,39	18,81	1,31	2,86
P5 B21	53,15	47,84	5,31	1,34	2,86
P5 B22	57,24	46,25	10,98	1,24	2,90
P5 B23	58,45	47,11	11,34	1,23	2,96
P6 Ap	55,07	41,23	13,84	1,33	2,96
P6 B21	53,10	48,55	4,55	1,36	2,90
P6 B22	54,14	46,95	7,19	1,33	2,90
P6 B23	58,28	45,86	12,42	1,21	2,90
P7 Ap	52,05	46,76	5,29	1,40	2,92
P7 B21	54,76	46,68	8,08	1,33	2,94
P7 B22	50,35	45,62	4,73	1,43	2,88
P7 B23	62,84	42,13	20,71	1,10	2,96
P8 Ap	54,39	49,55	4,84	1,35	2,96
P8 B21	56,29	41,63	14,66	1,25	2,86
P8 B22	58,39	42,01	16,38	1,19	2,86
P8 B23	61,82	40,91	20,91	1,13	2,96
P9 Ap	50,00	43,22	6,78	1,48	2,96
P9 B21	56,76	40,83	15,93	1,28	2,96
P9 B22	61,49	44,23	17,26	1,14	2,96
P9 B23	60,49	42,83	17,66	1,13	2,86
P10 Ap	56,64	44,27	12,37	1,24	2,86
P10 B21	59,44	45,92	13,50	1,16	2,86
P10 B22	63,01	43,63	19,38	1,08	2,92
P10 B23	64,38	41,29	23,09	1,04	2,92
P11 Ap	54,11	43,42	10,69	1,34	2,92
P11 B21	56,85	44,73	12,12	1,24	2,92
P11 B22	59,25	44,27	14,98	1,19	2,92
P11 B23	59,59	42,83	16,76	1,18	2,92
P12 Ap	56,80	44,96	11,84	1,27	2,94
P12 B21	56,46	44,03	12,43	1,28	2,94
P12 B22	60,00	42,11	17,89	1,14	2,90
P12 B23	60,00	41,88	18,12	1,16	2,90

Tabela 3 - Valores médios da retenção de água(%) para os perfis de solo estudados.

Perfil		Retenção de Água (%)								
Horizonte		0,00025	0,001	0,003	0,006	0,010	0,33	0,1	0,3	1,5
		(MPa)								
P1	Ap	52,4	49,7	37,3	34,5	31,2	28,5	26,6	24,4	21,6
	C/R	49,3	45,5	36,9	33,4	31,7	29,2	27,8	25,8	22,6
P2	Ap	62,8	59,3	42,7	39,5	35,9	32,3	30,4	28,1	25,0
	C/R	58,2	54,0	45,1	42,0	37,8	34,6	32,4	30,5	26,8
P3	Ap	55,8	51,0	33,5	32,2	30,9	28,5	27,4	25,8	23,9
	C/R	51,5	47,4	39,4	35,3	30,8	28,4	26,7	24,6	21,8
P4	Ap	43,1	41,3	34,3	32,4	31,0	29,6	28,5	27,2	25,0
	B21	35,0	34,3	34,2	33,9	33,6	33,3	32,7	32,0	29,3
	B22	46,5	43,6	39,4	38,1	35,9	35,0	33,6	32,4	29,3
	B23	47,9	45,0	41,1	39,9	37,2	35,3	33,3	31,5	28,4
P5	Ap	36,9	35,5	33,0	31,6	30,8	29,7	28,5	27,4	25,1
	B21	37,0	36,8	36,2	35,7	35,3	34,8	33,9	32,2	29,4
	B22	41,2	39,8	38,1	37,3	36,2	34,7	33,4	31,7	28,9
	B23	42,3	41,4	39,7	38,3	36,3	34,0	32,2	30,5	27,8
P6	Ap	37,4	34,9	32,1	31,0	30,1	29,2	28,0	26,7	24,4
	B21	37,1	36,2	35,9	35,7	35,5	35,2	34,6	33,6	30,6
	B22	37,7	36,6	35,8	35,3	34,7	34,0	33,1	31,9	29,0
	B23	43,0	41,1	38,8	37,9	36,3	34,6	32,9	31,4	28,4
P7	Ap	35,6	34,7	34,2	33,4	32,0	29,8	28,0	26,2	24,1
	B21	39,7	38,3	36,4	35,1	33,5	31,9	30,1	28,0	26,0
	B22	35,7	34,4	33,2	31,9	30,6	29,8	28,7	27,5	25,4
	B23	49,8	48,8	44,4	38,3	34,4	31,7	29,9	28,1	24,9
P8	Ap	39,7	38,6	37,9	36,7	35,3	33,5	31,4	29,5	27,1
	B21	39,8	37,8	34,9	33,3	32,1	30,8	29,6	28,0	25,5
	B22	41,3	39,3	38,1	35,3	33,9	32,1	30,9	29,6	27,0
	B23	46,0	42,3	40,6	36,2	34,1	32,2	30,4	29,2	27,1
P9	Ap	29,0	30,8	29,8	29,2	28,6	27,8	26,9	25,9	23,8
	B21	38,6	36,3	33,7	31,9	30,1	28,7	27,7	26,3	24,0
	B22	47,8	45,9	42,1	38,8	36,4	34,3	32,6	31,2	28,4
	B23	47,9	45,2	41,4	37,9	36,0	34,4	33,0	31,5	28,4
P10	Ap	42,8	40,4	37,5	35,7	34,4	33,0	31,0	29,2	26,5
	B21	48,8	45,8	43,4	39,6	37,3	35,6	33,9	32,6	29,7
	B22	53,4	50,1	44,4	40,4	37,2	34,8	32,6	30,8	27,8
	B23	57,4	52,6	43,6	39,7	36,9	34,4	32,5	30,6	27,4
P11	Ap	33,9	35,3	33,8	32,4	30,0	28,6	27,2	25,9	23,7
	B21	41,6	39,8	37,1	35,5	34,2	33,1	32,0	30,8	28,8
	B22	43,9	42,3	39,3	37,2	34,5	33,0	31,4	30,0	27,2
	B23	44,2	42,0	38,9	36,3	34,5	32,2	30,5	29,0	26,3
P12	Ap	39,6	38,8	37,3	35,4	33,3	31,3	29,5	28,1	25,3
	B21	40,7	39,0	35,4	34,4	33,2	31,9	31,0	29,9	27,8
	B22	47,1	45,0	39,4	36,3	34,6	32,9	31,5	30,6	28,2
	B23	44,3	42,6	40,0	36,1	33,8	31,6	29,9	28,5	26,0

Tabela 4 - Valores médios do pH (H_2O e KCl); cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio, em meq/100g, para os perfis de solo estudados.

Perfil	Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo trocável (meq / 100g)				
		Água	KCl	Ca	Mg	K	H	Al
P1	Ap	6,02	4,83	7,06	2,01	0,23	3,50	0,11
P1	C/R	6,10	4,80	11,23	2,27	0,09	3,79	0,11
P2	Ap	5,85	4,70	7,91	3,17	0,10	4,61	0,13
P2	C/R	5,68	4,53	6,21	2,52	0,07	4,69	0,11
P3	Ap	6,00	4,80	7,71	2,00	0,26	3,89	0,11
P3	C/R	6,05	4,80	11,25	2,26	0,09	4,11	0,11
P4	Ap	6,00	4,90	4,68	2,08	0,26	3,81	0,08
	B21	5,38	4,50	4,33	1,38	0,04	3,63	0,27
	B22	4,91	4,00	1,91	0,85	0,04	4,08	1,63
	B23	4,80	4,00	0,39	0,46	0,02	4,39	2,13
P5	Ap	6,50	5,43	5,85	2,35	0,52	2,59	0,08
	B21	6,22	5,15	5,89	1,68	0,28	2,61	0,11
	B22	6,37	5,50	5,14	1,67	0,06	1,97	0,11
	B23	6,58	5,77	3,58	2,32	0,05	1,52	0,08
P6	Ap	6,18	5,10	5,39	1,99	0,39	3,28	0,08
	B21	4,03	5,10	5,73	1,45	0,05	2,51	0,11
	B22	5,87	5,05	4,56	1,45	0,04	2,67	0,11
	B23	5,25	4,53	2,14	1,25	0,03	3,55	0,93
P7	Ap	5,37	4,43	3,41	1,19	0,13	3,92	0,27
	B21	5,20	4,30	3,79	0,63	0,03	4,27	0,27
	B22	5,23	4,30	3,31	0,74	0,04	3,79	0,43
	B23	5,00	4,04	2,08	0,43	0,04	4,27	1,25
P8	Ap	5,43	4,55	4,12	1,42	0,15	4,29	0,21
	B21	5,25	4,35	4,10	0,58	0,03	4,27	0,32
	B22	5,65	4,80	4,25	0,69	0,03	3,47	0,11
	B23	5,23	4,27	2,00	0,39	0,03	3,60	0,59
P9	Ap	5,52	4,60	4,10	1,50	0,26	4,03	0,19
	B21	5,10	4,20	3,75	0,63	0,04	4,00	0,43
	B22	5,75	4,95	4,47	0,96	0,03	2,69	0,13
	B23	5,85	5,00	4,08	1,20	0,05	2,83	0,11
P10	Ap	5,75	4,75	4,96	1,37	0,08	3,23	0,13
	B21	5,98	5,08	5,58	1,01	0,03	2,31	0,08
	B22	6,22	5,33	5,48	1,09	0,04	2,31	0,00
	B23	6,45	5,62	4,48	1,46	0,03	1,84	0,08
P11	Ap	5,72	4,65	4,37	1,24	0,08	3,44	0,13
	B21	6,08	5,15	5,43	0,99	0,02	2,69	0,08
	B22	5,23	4,28	3,27	0,44	0,03	4,19	0,40
	B23	5,40	4,40	2,33	0,97	0,03	3,25	0,40
P12	Ap	5,30	4,28	3,21	1,15	0,06	4,21	0,37
	B21	5,93	5,05	4,97	1,23	0,02	2,48	0,08
	B22	6,17	5,20	5,16	1,14	0,02	2,43	0,08
	B23	6,37	5,60	4,45	1,03	0,02	1,79	0,08

Tabela 5 - Valores médios de fósforo, soma de bases e capacidade de troca catiônica em meq / 100 g, e matéria orgânica, saturação por bases e por alumínio em porcentagem.

Perfil		PO_4^{3-}	S	CTC	M.O.	V	m
Horizonte		(meq/100g)			(%)		
P1	Ap	0,04	9,30	13,06	2,9	71	1
P1	C/R	0,06	13,59	17,49	2,8	78	1
P2	Ap	0,07	11,19	15,93	3,8	70	1
P2	C/R	0,01	8,80	13,60	3,0	65	1
P3	Ap	0,05	10,05	14,05	2,8	72	1
P3	C/R	0,05	13,60	17,82	2,8	77	1
P4	Ap	0,13	7,02	10,91	2,4	64	1
	B21	0,04	5,75	9,64	1,4	60	4
	B22	0,06	2,80	8,51	1,1	33	36
	B23	0,04	0,88	7,40	0,9	12	71
P5	Ap	0,10	8,72	11,39	2,4	77	1
	B21	0,04	7,86	10,58	1,6	73	1
	B22	0,07	6,88	8,96	1,0	77	1
	B23	0,03	5,95	7,55	0,7	79	1
P6	Ap	0,11	7,78	11,14	2,5	70	1
	B21	0,03	7,23	9,84	1,4	73	1
	B22	0,05	6,05	8,82	1,0	69	2
	B23	0,03	3,42	7,74	0,8	44	18
P7	Ap	0,18	4,73	9,19	2,1	51	5
	B21	0,03	4,45	8,93	2,0	50	6
	B22	0,03	4,09	8,30	1,3	49	9
	B23	0,03	2,55	7,78	1,1	33	33
P8	Ap	0,11	5,69	10,17	2,6	56	4
	B21	0,03	4,72	9,31	2,3	51	6
	B22	0,02	4,97	8,54	1,4	59	2
	B23	0,02	3,22	7,49	1,1	43	15
P9	Ap	0,11	5,85	10,07	2,4	58	3
	B21	0,02	4,42	8,85	1,8	50	9
	B22	0,02	5,46	8,29	1,1	66	2
	B23	0,02	5,53	8,47	1,1	66	2
P10	Ap	0,04	6,41	9,77	1,8	66	2
	B21	0,01	6,62	9,01	1,3	74	1
	B22	0,02	6,60	8,99	1,1	73	1
	B23	0,01	5,97	7,89	0,9	76	1
P11	Ap	0,04	5,69	9,26	1,9	61	2
	B21	0,01	6,44	9,21	1,8	70	1
	B22	0,01	3,99	8,58	1,4	47	9
	B23	0,01	3,32	7,11	1,1	47	11
P12	Ap	0,07	4,44	9,02	2,2	49	8
	B21	0,01	6,25	8,81	1,3	71	1
	B22	0,02	6,32	8,83	1,2	72	1
	B23	0,01	5,51	7,37	0,8	75	1

Tabela 6 - Valores obtidos mediante ataque sulfúrico para os perfis de solo estudados.

Perfil	Horizonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
		%						
P1	Ap	23,45	19,41	23,06	4,31	0,21	2,05	1,17
	C/R	23,59	18,70	21,98	4,60	0,23	2,14	1,22
P2	Ap	22,68	18,80	21,40	4,86	0,19	2,05	1,19
	C/R	22,10	18,21	21,78	4,32	0,18	2,06	1,17
P3	Ap	23,31	19,59	20,64	4,27	0,19	2,02	1,21
	C/R	29,37	23,13	29,51	2,80	0,12	2,16	1,40
P4	Ap	23,04	19,73	23,42	5,79	0,20	1,99	1,13
	B21	27,20	24,98	22,31	5,16	0,10	1,85	1,18
	B22	23,66	15,01	19,71	4,72	0,09	2,68	1,46
	B23	22,35	20,32	19,89	4,96	0,09	1,87	1,15
P5	Ap	22,45	20,06	23,94	5,89	0,22	1,90	1,08
	B21	27,40	23,87	22,68	4,76	0,14	1,95	1,21
	B22	26,27	23,11	24,31	5,17	0,11	1,93	1,15
	B23	22,20	19,54	21,36	4,96	0,10	1,93	1,14
P6	Ap	22,81	20,64	24,31	6,81	0,22	1,88	1,07
	B21	14,73	13,49	18,05	1,43	0,06	1,86	1,00
	B22	26,32	21,12	22,84	5,50	0,10	1,96	1,19
	B23	24,00	20,90	23,20	5,13	0,10	1,95	1,14
P7	Ap	23,69	21,17	23,94	5,91	0,21	1,90	1,10
	B21	21,73	20,64	23,57	5,48	0,21	1,79	1,03
	B22	24,77	17,07	23,20	5,41	0,16	2,47	1,32
	B23	26,11	20,85	23,20	4,32	0,12	2,13	1,24
P8	Ap	24,57	18,68	25,41	5,25	0,22	2,24	1,20
	B21	22,66	18,44	23,94	4,87	0,22	2,09	1,14
	B22	24,77	21,37	23,57	4,68	0,15	1,97	1,16
	B23	24,72	22,47	23,94	5,41	0,12	1,87	1,11
P9	Ap	23,54	19,49	24,31	5,88	0,21	2,05	1,14
	B21	23,10	17,17	27,07	5,28	0,21	2,29	1,14
	B22	27,14	20,32	23,57	4,92	0,15	2,27	1,30
	B23	26,16	19,75	24,31	5,60	0,12	2,25	1,26
P10	Ap	24,51	21,72	24,17	5,11	0,23	1,92	1,12
	B21	27,19	25,16	22,84	4,13	0,12	1,84	1,16
	B22	27,30	22,22	24,31	4,92	0,12	2,09	1,29
	B23	27,35	21,37	24,67	5,17	0,12	2,18	1,25
P11	Ap	25,60	18,96	23,57	4,75	0,19	2,30	1,28
	B21	26,27	18,68	23,20	4,93	0,12	2,39	1,33
	B22	24,57	20,85	23,94	5,19	0,12	2,00	1,15
	B23	23,95	20,85	23,94	5,02	0,11	1,95	1,13
P12	Ap	23,84	17,59	23,94	5,20	0,23	2,30	1,23
	B21	26,99	21,37	23,94	4,42	0,13	2,15	1,25
	B22	26,42	23,84	23,20	4,58	0,11	1,88	1,16
	B23	27,19	21,95	23,20	4,54	0,11	2,11	1,26

Tabela 7 - Composição mineralógica da fração argila dos solos estudados.

Perfil	Horizonte	Mineral
2	Ap	C, G, E ¹
	C/R	C, G, E, Q
5	Ap	C, G, E ²
	B ₂₁	C, G ²
	B ₂₂	C, G ¹
	B ₂₃	C, G ¹
8	Ap	C, G ¹ , E ²
	B ₂₁	C, G, E ²
	B ₂₂	C, G, E ²
	B ₂₃	C, G, E ²
11	Ap	C, G, V ²
	B ₂₁	C, G, E ²
	B ₂₂	C, G, E ²
	B ₂₃	C, G, E ²

C = caulinita;

G = gibbsita;

E = esmectita;

V = vermiculita;

Q = quartzo;

1 = pouca;

2 = presença.

Tabela 8 - Análise de componentes principais, utilizando-se os 28 parâmetros mais importantes para os perfis de solo. Coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os dois componentes principais. Ordem de importância dos parâmetros originais na discriminação e agrupamento dos perfis de solo.

Perfil	Componentes		Parâ	Coef. de correl.		Ordem
	principais		metros	dos componentes principais		de
Horiz.	1 (Y1)	2 (Y2)		1 (Y1)	2 (Y2)	importância
P01-Ap	0,1209	0,0282	AF	0,8297	0,349	4
P02-Ap	0,1792	0,0459	AMF	0,7585	0,3783	7
P03-Ap	0,1399	0,0608	SI	0,8207	0,2287	5
P04-Ap	0,0591	-0,0291	ARG	-0,8831	-0,3511	3
P05-Ap	0,1050	-0,0547	DG	0,6711	-0,5533	11
P06-Ap	0,0902	-0,0534	PT	-0,7488	0,3746	8
P07-Ap	0,0615	-0,0967	MI	-0,2947	-0,4560	22
P08-Ap	0,0426	-0,0681	MA	-0,4659	0,5559	18
P09-Ap	0,0523	-0,1061	CA	0,7356	0,3577	9
P10-Ap	-0,0085	-0,0058	MG	0,8142	0,0964	6
P11-Ap	-0,0001	-0,0333	K	0,6265	-0,3685	12
P12-Ap	0,0119	-0,0202	H	0,3421	-0,1192	21
P01-C/R	0,1401	0,0629	AL	-0,4233	0,0086	19
P02-C/R	0,1193	0,0443	FO	0,5078	-0,5976	16
P03-C/R	0,1367	0,0852	CTC	0,8844	0,2597	2
P04-B21	-0,0383	-0,0709	MO	0,9187	-0,0311	1
P05-B21	0,0274	-0,0413	FE	0,1052	0,0562	27
P06-B21	-0,0379	-0,0482	KI	-0,0968	0,1259	28
P07-B21	0,0062	-0,0166	KR	-0,1202	0,3681	26
P08-B21	-0,0088	0,0006	A025	0,1801	0,8892	10
P09-B21	-0,0201	-0,0004	A010	0,1700	0,8746	25
P10-B21	-0,0523	0,0289	A030	-0,2852	0,7582	23
P11-B21	-0,0418	0,0022	A060	-0,3444	0,6255	20
P12-B21	-0,0424	0,0016	A0,1	-0,4728	0,4402	17
P04-B22	-0,0921	-0,0012	A0,33	-0,5864	0,2242	15
P05-B22	-0,0083	-0,0062	A1,0	-0,6066	0,1346	14
P06-B22	-0,0468	-0,0463	A3,0	-0,6417	0,0624	13
P07-B22	-0,0211	-0,0462	A15,0	-0,0344	-0,3998	24
P08-B22	-0,0536	0,0058				
P09-B22	-0,0701	0,0267				
P10-B22	-0,0551	0,0579				
P11-B22	-0,0534	0,0145				
P12-B22	-0,0514	0,0321				

P04-B23	-0,0988	0,0151
P05-B23	-0,0115	0,0186
P06-B23	-0,0704	-0,0106
P07-B23	-0,0895	0,0282
P08-B23	-0,0816	0,0256
P09-B23	-0,0567	0,0311
P10-B23	-0,0676	0,0775
P11-B23	-0,0553	0,0213
P12-B23	-0,0587	0,0407

Var. total (%)	43,11	15,67
Var. acum. (%)	43,11	58,78

AF	= areia fina
AMF	= areia muito fina
SI	= silte
ARG	= argila
D	= densidade do solo
PT	= porosidade total
MI	= microporosidade
MA	= macroporosidade
CA	= cálcio
MG	= magnésio
K	= potássio
H	= hidrogênio
AL	= alumínio
FO	= fósforo
CTC	= capacidade de troca catiônica
MO	= matéria orgânica
FE	= óxido de ferro
KI	= índice Ki
KR	= índice Kr
A025	= água retida a 0,00025 MPa
A010	= água retida a 0,001 MPa
A030	= água retida a 0,003 MPa
A060	= água retida a 0,006 MPa
A0,1	= água retida a 0,01 MPa
A0,33	= água retida a 0,033 MPa
A1,0	= água retida a 0,1 MPa
A3,0	= água retida a 0,3 MPa
A15,0	= água retida a 1,5 MPa

Tabela 9 - Análise de componentes principais, utilizando-se os 28 parâmetros mais importantes para os perfis de solo. Coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os dois componentes principais. Ordem de importância dos parâmetros originais na discriminação e agrupamentos dos horizontes Ap.

Perfil	Componentes principais		Parâmetros	Coef. de correl. dos componentes principais		Ordem de importância
Horiz.	1 (Y1)	2 (Y2)		1 (Y1)	2 (Y2)	
P01-Ap	0,1625	-0,0337	AF	0,8900	-0,2102	5
P02-Ap	0,2564	-0,1011	AMF	0,9140	-0,1229	3
P03-Ap	0,2415	-0,0773	SI	0,8125	-0,3565	9
P04-Ap	-0,0117	0,1229	ARG	-0,8910	0,3196	4
P05-Ap	0,0619	0,2025	DG	0,0461	-0,1299	26
P06-Ap	0,0244	0,1512	PT	-0,5239	0,3027	15
P07-Ap	-0,1462	-0,0529	MI	-0,6749	-0,3875	12
P08-Ap	-0,1150	-0,0715	MA	0,1115	0,5342	24
P09-Ap	-0,1308	0,0428	CA	0,9812	-0,0033	1
P10-Ap	-0,0840	-0,0208	MG	0,8493	0,2450	6
P11-Ap	-0,1112	-0,0210	K	0,3020	0,8480	20
P12-Ap	-0,1479	-0,1412	H	0,0178	-0,7211	27
			AL	-0,5793	-0,6308	13
			FO	-0,3845	0,3179	17
			CTC	0,9658	-0,1011	2
			MO	0,7964	-0,1945	10
			FE	-0,8209	0,2899	8
			KI	-0,2924	-0,5800	21
			KR	0,0099	-0,6962	28
			A025	0,8262	-0,3678	7
			A010	0,7963	-0,4067	11
			A030	0,5513	-0,6274	14
			A060	0,3802	-0,6822	18
			A0,1	0,0746	-0,5122	25
			A0,33	-0,1617	-0,3436	23
			A1,0	-0,2127	-0,1980	22
			A3,0	-0,3778	-0,0303	19
			A15,0	-0,5052	0,0871	16
Var. total (%)				44,74	22,88	
Var. acum. (%)				44,77	67,61	

Tabela 10 - Análise de componentes principais, utilizando-se os 28 parâmetros mais importantes para os perfis de solo. Coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os dois componentes principais. Ordem de importância dos parâmetros originais na discriminação e agrupamento dos horizontes B21.

Perfil	Componentes principais		Parâmetros	Coef. de correl. dos componentes principais		Ordem de importância
Horiz.	1 (Y1)	2 (Y2)		1 (Y1)	2 (Y2)	
P04-B21	-0,1536	0,1595	AF	0,7480	0,5678	10
P05-B21	-0,2326	0,1895	AMF	0,6116	0,4830	18
P06-B21	-0,2385	0,0068	SI	0,6510	0,0637	17
P07-B21	0,1644	0,1322	ARG	-0,6955	-0,2037	16
P08-B21	0,2430	0,0824	DG	-0,4146	0,7148	22
P09-B21	0,2924	0,0424	PT	0,5113	-0,7613	19
P10-B21	-0,0390	-0,2371	MI	-0,8460	0,2442	6
P11-B21	-0,0145	-0,1836	MA	0,7632	-0,5321	9
P12-B21	-0,0216	-0,1922	CA	-0,7997	-0,4022	7
			MG	-0,9595	0,1044	1
			K	-0,4689	0,4899	21
			H	0,7390	0,6061	11
			AL	0,7250	0,5615	13
			FO	-0,2722	0,9468	24
			CTC	-0,7085	0,5434	15
			MO	0,7124	0,3915	14
			FE	0,7776	-0,0191	8
			KI	0,4040	-0,3694	23
			KR	-0,0812	-0,4240	27
			A025	0,2046	-0,7776	25
			A010	0,0654	-0,7499	28
			A030	-0,1961	-0,5885	26
			A060	-0,4884	-0,4877	20
			A0,1	-0,7378	-0,3175	12
			A0,33	-0,8598	-0,1697	5
			A1,0	-0,9308	-0,1324	3
			A3,0	-0,9130	-0,2276	4
			A15,0	-0,9451	-0,2254	2
Var. total (%)				44,26	30,76	
Var. acum. (%)				44,26	75,02	

Tabela 11 - Análise de componentes principais, utilizando-se os 28 parâmetros mais importantes para os perfis de solo. Coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os dois componentes principais. Ordem de importância dos parâmetros originais na discriminação e agrupamentos dos horizontes B22..

Perfil	Componentes principais		Parâmetros	Coef. de correl. dos componentes principais		Ordem de importância
Horiz.	1 (Y1)	2 (Y2)		1 (Y1)	2 (Y2)	
P04-B22	-0,3331	0,1144	AF	-0,4270	0,0181	10
P05-B22	0,1729	0,2687	AMF	0,0934	0,2314	22
P06-B22	0,0633	0,1513	SI	0,5456	0,0691	9
P07-B22	-0,0838	0,0462	ARG	-0,4186	-0,0871	11
P08-B22	-0,0144	-0,1217	DG	-0,0556	0,4558	25
P09-B22	0,0559	-0,1012	PT	0,0154	-0,4376	28
P10-B22	0,1412	-0,0955	MI	0,1621	0,7575	17
P11-B22	-0,1124	-0,1451	MA	-0,0429	-0,5887	26
P12-B22	0,1105	-0,1171	CA	0,9840	-0,1009	1
			MG	0,6446	0,6832	6
			K	0,1383	0,8512	18
			H	-0,9031	-0,2350	2
			AL	-0,9031	-0,2350	3
			FO	-0,9016	0,2513	23
			CTC	-0,0931	0,9630	8
			MO	0,5895	0,2623	12
			FE	-0,3407	-0,6649	4
			KI	0,8044	-0,2700	5
			KR	-0,7588	0,1704	7
			A025	-0,6318	0,1433	19
			A010	0,1319	-0,4705	15
			A030	0,1753	-0,4788	14
			A060	0,2298	-0,4505	16
			A0,1	0,1690	-0,1775	13
			A0,33	0,2749	0,0388	20
			A1,0	0,1245	0,2643	21
			A3,0	0,1030	0,3965	27
			A15,0	0,0837	0,4063	24
Var. total (%)				34,58	30,99	
Var. acum. (%)				34,58	65,57	

Tabela 12 - Análise de componentes principais, utilizando-se os 28 parâmetros mais importantes para os perfis de solo. Coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os dois componentes principais. Ordem de importância dos parâmetros originais na discriminação e agrupamentos dos horizontes B23.

Perfil	Componentes		Parâmetros	Coef. de correl. dos componentes principais		Ordem de importância
	1 (Y1)	2 (Y2)		1 (Y1)	2 (Y2)	
P04-B21	-0,3856	0,0694	AF	0,0932	0,3803	23
P05-B21	0,2030	0,2774	AMF	0,4499	0,4779	8
P06-B21	-0,0974	0,0944	SI	0,1618	0,8076	17
P07-B21	-0,1894	-0,0634	ARG	-0,3431	-0,6957	11
P08-B21	-0,0615	-0,1189	DG	0,1091	0,6861	22
P09-B21	0,1257	-0,0213	PT	-0,2194	-0,6110	16
P10-B21	0,2026	-0,1020	MI	-0,0964	0,9682	24
P11-B21	0,0203	-0,0518	MA	-0,0676	-0,8643	26
P12-B21	0,1824	-0,0838	CA	0,9474	-0,2044	2
			MG	0,7224	0,6543	4
			K	0,3697	0,4072	9
			H	-0,9343	-0,1933	3
			AL	-0,9773	0,0985	1
			FO	-0,7102	0,6158	5
			CTC	0,2241	-0,0412	15
			MO	-0,2714	-0,6653	13
			FE	0,5276	-0,6687	6
			KI	0,4821	-0,3896	7
			KR	0,3688	-0,3922	10
			A025	0,0411	-0,5085	27
			A010	0,0257	-0,4325	14
			A030	-0,1120	-0,4075	21
			A060	-0,3019	0,3415	12
			A0,1	-0,1165	0,5253	19
			A0,33	-0,1436	0,5056	18
			A1,0	-0,1164	0,4979	20
			A3,0	-0,0828	0,4885	25
			A15,0	-0,0180	0,4982	28
Var. total (%)				55,71	21,88	
Var. acum. (%)				55,71	77,58	

Tabela 13 - Correlações significativas entre os diferentes parâmetros analisados para o horizonte Ap.

C	r	C	r
AF x A 025	= 0,78**	D x A 3,00	= -0,61*
AF x A 010	= 0,74**	PT x A 3,00	= 0,61*
AF x A 030	= 0,58*	PT x A 15,00	= 0,67*
AMF x A 025	= 0,80**	MI x A 0,33	= 0,62*
AMF x A 010	= 0,79**	MI x A 1,00	= 0,59*
AMF x A 030	= 0,58*	MI x A 3,00	= 0,60*
SI x A 025	= 0,80**	MI x A 15,00	= 0,63*
SI x A 010	= 0,78**	CA x A 025	= 0,80**
SI x A 030	= 0,60*	CA x A 010	= 0,78**
SI x A 15,0	= -0,58*	CTC x A 025	= 0,77**
ARG x A 025	= -0,83**	CTC x A 010	= 0,74**
ARG x A 010	= -0,81**	MO x A 025	= 0,58*
ARG x A 030	= -0,63*	FE x A 025	= -0,81**
ARG x A 15,0	= 0,59*	FE x A 010	= -0,82**
D x A 1,0	= -0,58*	FE x A 030	= -0,64*
SI x ARG	= -0,97**	D x PT	= -0,82**
D x MA	= -0,71*	PT x MA	= 0,65*
MI x MA	= -0,64*		

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AF = areia fina

AMF = areia muito fina

SI = silte

ARG = argila

D = densidade do solo

PT = porosidade total

MI = microporosidade

CA = cálcio

CTC = capacidade de troca catiônica

MO = matéria orgânica

FE = óxido de ferro

A 025 = água retida a 0,00025 MPa

A 010 = " " " 0,001 MPa

A 030 = " " " 0,003 MPa

A 0,33 = " " " 0,1 MPa

A 1,00 = " " " 0,3 MPa

A 15,00 = " " " 1,5 MPa

Tabela 14 - Correlações significativas entre os diferentes parâmetros analisados e a retenção de água para o horizonte B₂₁.

C	r	C	r
AF x A 0,33	= -0,67*	MI x A 0,10	= 0,71*
AF x A 1,00	= -0,74*	MI x A 0,33	= 0,81**
AF x A 3,00	= -0,88**	MI x A 1,00	= 0,82**
AF x A 15,00	= -0,83**	MI x A 3,00	= 0,47*
AMF x A 0,30	= -0,79*	MI x A 15,00	= 0,81**
AMF x A 15,00	= -0,72*	CA x A 0,60	= 0,71*
SI x A 3,00	= -0,70*	CA x A 0,10	= 0,82**
ARG x A 0,25	= -0,91**	CA x A 0,33	= 0,84**
ARG x A 3,00	= 0,77*	CA x A 1,00	= 0,86**
ARG x A 15,00	= 0,74*	CA x A 3,00	= 0,86**
D x A 0,25	= -0,91**	CA x A 15,00	= 0,85**
D x A 0,10	= -0,87**	MG x A 0,33	= 0,72*
D x A 0,30	= -0,67*	MG x A 1,00	= 0,82**
PT x A 0,25	= 0,90**	MG x A 3,00	= 0,84**
PT x A 0,10	= 0,83**	MG x A 15,00	= 0,83**
D x FT	= -0,97**	D x MA	= -0,83**
PT x MA	= 0,89**	MI x MA	= -0,92**

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AF = areia fina

AMF = areia muito fina

SI = silte

ARG = argila

D = densidade do solo

PT = porosidade total

MA = macroporosidade

MI = microporosidade

CA = cálcio

MG = magnésio

H = hidrogênio

AL = alumínio

FOS = fósforo

MO = matéria orgânica

FE = óxido de ferro

A 0,25	= retenção de água	a 0,00025	MPa
A 0,10	= " " "	a 0,00100	MPa
A 0,30	= " " "	a 0,00300	MPa
A 0,60	= " " "	a 0,00600	MPa
A 0,1	= " " "	a 0,01000	MPa
A 0,33	= " " "	a 0,03300	MPa
A 1,00	= " " "	a 0,10	MPa
A 3,00	= " " "	a 0,3	MPa
A 15,00	= " " "	a 1,5	MPa

Tabela 15 - Correlações significativas entre os diferentes parâmetros analisados e a retenção de água para o horizonte B₂₂.

C		r	C		r
D	x A 025	= -0,93**	PT	x A 0,33	= 0,68*
D	x A 010	= -0,92**	MA	x A 025	= 0,91**
D	x A 030	= -0,94**	MA	x A 010	= 0,90**
D	x A 060	= -0,90**	MA	x A 030	= 0,88**
D	x A 0,1	= -0,81**	MA	x A 060	= 0,78*
PT	x A 025	= 0,95**	MO	x A 0,33	= -0,70*
PT	x A 010	= 0,95**	MO	x A 1,0	= -0,75*
PT	x A 030	= 0,95**	MO	x A 3,0	= -0,73*
PT	x A 060	= 0,92**	MO	x A 15,0	= -0,75*
PT	x A 0,1	= 0,82**			
SI	x ARG	= -0,92**	D	x PT	= -0,99**
D	x MA	= -0,97**	PT	x MA	= -0,96**
MI	x MA	= -0,79*	FE	x KI	= -0,72*

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

SI = silte

ARG = argila

D = densidade do solo

PT = porosidade total

MA = macroporosidade

MI = microporosidade

MO = matéria orgânica

FE = óxido de ferro

KI = índice KI

A	025	=	retenção de água	a	0,00025	MPa
A	010	=	"	a	0,00100	MPa
A	030	=	"	a	0,00300	MPa
A	060	=	"	a	0,00600	MPa
A	0,1	=	"	a	0,01000	MPa
A	0,33	=	"	a	0,03300	MPa
A	1,00	=	"	a	0,10	MPa
A	3,00	=	"	a	0,3	MPa
A	15,00	=	"	a	1,5	MPa

Tabela 16 - Correlações significativas entre os diferentes parâmetros analisados e a retenção de água para os horizontes B23 e C/R.

Horizonte B23			Horizonte C/R		
c		r	c		r
D	x A 025	= -0,95**	AF	x A 060	= 0,99*
D	x A 010	= -0,90**	AF	x A 0,1	= 0,99*
D	x A 030	= -0,85**	AF	x A 0,33	= 0,99*
PT	x A 025	= 0,90**	MI	x A 060	= 0,99*
PT	x A 0,1	= 0,88**	MI	x A 0,1	= 0,99*
PT	x A 030	= 0,87**	MI	x A 0,33	= 0,99*
MA	x A 025	= 0,79*	FE	x A 1,00	= 0,99*
MA	x A 010	= 0,73*	FE	x A 3,00	= 0,99*
MA	x A 030	= 0,74*			
SI	x ARG	= -0,81**	D	x PT	= -0,97**
D	x MI	= 0,74*	D	x MA	= -0,93**
PT	x MA	= 0,91**	MI	x MA	= -0,92*
CTC	x KI	= 0,72*			

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade.

AF = areia fina

SI = Silte

ARG = argila

D = densidade do solo

PT = porosidade total

MA = macroporosidade

MI = microporosidade

CTC = capacidade de troca catiônica

FE = óxido de ferro

A 025	=	retenção de água	a	0,00025	MPa
A 010	=	"	a	0,00100	MPa
A 030	=	"	a	0,00300	MPa
A 060	=	"	a	0,00600	MPa
A 0,1	=	"	a	0,01000	MPa
A 0,33	=	"	a	0,03300	MPa
A 1,00	=	"	a	0,10	MPa
A 3,00	=	"	a	0,3	MPa
A 15,00	=	"	a	1,5	MPa

5. DISCUSSÃO

5.1. Características Físicas

5.1.1. Composição granulométrica

Os resultados da análise granulométrica dos horizontes dos perfis de solo apresentados na Tabela 1, mostram o predomínio da fração argila nos perfis P₄, P₅, P₇, P₈, P₉, P₁₀, P₁₁ e P₁₂ (Terra Roxa Estruturada), com valores variando de 57% (horizonte Ap do perfil P₅ e P₇) a 79% (horizontes B₂₁ e E₂₂ do perfil P₈). Nos perfis P₁, P₂ e P₃ (Solos Litólicos) nota-se uma maior proporção da fração silte em relação aos perfis anteriormente citados, da ordem de 34% (horizonte Ap do perfil P₂) e 33% (horizonte C/R do perfil P₁), teores estes que aliados à pequena espessura dos perfis, indicam o pequeno grau de desenvolvimento dos solos (BRASIL-SNPA, 1960).

Nas Tabelas 13, 15 e 16 constata-se que os teores de silte e argila se correlacionaram negativamente, tanto para os horizontes de superfície como de subsuperfície, conforme o relatado por BRASIL-SNPA, (1960), WAMBEKE (1962) e AHMAD *et alii* (1977).

5.1.2. Argila dispersa em água

Os perfis de Terra Roxa Estruturada (P₄ a P₁₂) apresentam distribuição semelhante de argila dispersa em água (Tabela 1). Os valores mais elevados são observados nos horizontes superficiais Ap e B₂₁ (23% e 10%) e os mais baixos nos horizontes B₂₂ e B₂₃ (2% e 9%), sendo indicativos de processos de eluviação - iluviação, fornecendo indício de ocorrência de horizonte B textural (BENNEMA *et alii*, 1970).

5.1.3. Densidade e porosidade do solo

A densidade do solo (Tabela 2) varia de 1,31 a 1,41g/cm³ no horizonte Ap e de 1,33 a 1,37g/cm³ no horizonte C/R dos Solos Litólicos (P₁, P₂ e P₃). Para a Terra Roxa Estruturada os valores mais elevados para o horizonte Ap foram observados no perfil P₉ (1,48g/cm³); para o horizonte B₂₁ no perfil P₄ (1,43g/cm³); para o horizonte B₂₂ no perfil P₄ (1,43g/cm³) e para o horizonte B₂₃ no perfil P₅ (1,23g/cm³).

Os perfis situados no terço superior do relevo (P₄, P₅ e P₆) apresentaram o horizonte subsuperficial B₂₁ com valores de densidade do solo mais altos, enquanto que os perfis localizados nas posições intermediárias e no terço inferior do relevo mostraram o horizonte superficial Ap com densidade do solo mais

elevada, o que pode ser atribuído ao manejo destes solos ou à perda da camada superficial do solo, provavelmente sendo o atual horizonte Ap um horizonte B exposto.

Os dados de porosidade (Tabela 2) acompanharam de maneira inversa a variação dos de densidade do solo, ou seja, o menor valor foi verificado para o horizonte Ap do perfil P₉ (50%) e o maior para o horizonte B₂₃ do perfil P₁₀ (64%), valores que correspondem, respectivamente aos de densidade do solo de 1,48g/cm³ e 1,04g/cm³.

A separação da porosidade total em microporosidade e macroporosidade mostrou que a proporção de microporos tendeu a aumentar com a elevação da densidade do solo, enquanto que a de macroporos tendeu a diminuir.

Os perfis situados no terço superior do relevo (P₄, P₅ e P₆), cujo horizonte de maior densidade era o B₂₁, mostraram uma diminuição acentuada na macroporosidade com conseqüente aumento na microporosidade neste horizonte, conforme está ilustrado na Figura 2. Para os perfis P₇ a P₁₂, cujo horizonte de maior densidade era o superficial, a proporção de macroporos tendeu a aumentar com a profundidade dos perfis de solo (Figuras 3 e 4).

A Figura 5 ilustra para os Solos Litólicos (P₁, P₂ e P₃) o mesmo comportamento descrito para a porosidade da Terra Roxa Estruturada.

Figura 2- Perfis físico-hídrico-volumétricos (P4, P5, P6).

Figura 3- Perfis físico-hídrico-volumétricos (P7, P8, P9)

Figura 4— Perfis físico-hídrico-volumétricos (P10, P11, P12)

Figura 5 -Perfil físico-hídrico-volumétrico (P1, P2, P3)

Nota-se nas Tabelas 13, 14, 15 e 16, que os valores de densidade do solo se correlacionaram negativamente com os de porosidade total e macroporosidade. Correlações negativas significativas também foram obtidas para os parâmetros macroporosidade e microporosidade, enquanto que a porosidade total correlacionou-se positivamente com a macroporosidade, resultados estes que concordam com as observações de HILL & SUMNER (1967) ARCHER & SMITH (1972), HILLEL (1982) e JOHNSON *et alii* (1989).

5.1.4. Retenção de água

Os valores médios da retenção de água para os perfis de solo que constam da Tabela 3, indicam uma maior capacidade de retenção, principalmente a baixas tensões, para os Solos Litólicos (P_1 , P_2 e P_3) e menor para a Terra Roxa Estruturada (P_4 a P_{12}). Como os Solos Litólicos apresentaram teores mais elevados de matéria orgânica, é bem provável que esse componente seja o responsável pela maior proporção de água verificada para esses solos, embora contenham menor teor de argila.

As porcentagens de matéria orgânica, obtidas para os horizontes de superfície, mostraram correlação significativa com as de água retida no ponto de saturação (Tabela 13), concordando com as afirmações de PETERSEN *et alii* (1968a, 1968b) e REEVE *et alii* (1973),

de que a matéria orgânica favorece a agregação das partículas sólidas do solo e a formação de poros grandes.

Comparando-se os teores de água retidos a 15 atm pelos horizontes dos perfis de solo estudados verifica-se que os Solos Litólicos, que possuem uma porcentagem bem menor de argila apresentaram uma capacidade de retenção de água próxima à da Terra Roxa Estruturada, o que evidencia o efeito direto da matéria orgânica nesta propriedade, devido à sua elevada superfície específica e capacidade de adsorção, o que concorda com as afirmações de PETERSEN *et alii* (1968a,b).

Quanto à capacidade de água disponível dos solos, os maiores valores foram encontrados para os horizontes dos Solos Litólicos, onde o teor de matéria orgânica é mais elevado, corroborando com as observações de Ohu (1985), citado por OHU *et alii* (1987), e HOLLIS *et alii* (1977).

Com os valores de tensão de água 0,00025; 0,001; 0,003; 0,006; 0,010; 0,033; 0,100; 0,3 e 1,5 Pma, foram elaboradas as curvas características de retenção de água para os perfis de Solos Litólicos P₁ (Figura 6), P₂ (Figura 7) e P₃ (Figura 8). Analisando-se essas figuras, constata-se que os horizontes Ap, que apresentam maiores teores de matéria orgânica do que os C/R (P₁ e P₃) retem mais água, enquanto que no perfil P₂, como o teor de

Figura 6 - Curvas características de retenção de água do Perfil 1

Figura 7 - Curvas características de retenção de água do Perfil 2

Figura 8 - Curvas características de retenção de água do Perfil 3

matéria orgânica é o mesmo para os dois horizontes, nota-se uma maior retenção de água no horizonte C/R, principalmente a altas tensões, fato este que pode ser atribuído à porcentagem maior de argila.

Os perfis de Terra Roxa Estruturada P₄, P₅ e P₆, cujas curvas características de retenção de água estão representadas nas Figuras 9, 10 e 11, respectivamente, mostraram que para o horizonte B₂₁, onde os valores de densidade do solo são maiores e os de macroporosidade menores, o conteúdo de água no ponto de saturação e o decréscimo inicial no teor, com a aplicação de baixas tensões é reduzido, afetando consequentemente, o formato da curva característica de água, conforme comenta HILLEL (1982). Comportamento semelhante foi observado para os horizontes Ap e B₂₂ do perfil P₇ (Figura 12), Ap dos perfis 8, 9, 10 e 11 (Figuras 13 a 16) e Ap e B₂₁ do perfil P₁₂ (Figura 17).

Para os horizontes de subsuperfície, a água retida no ponto de saturação mostrou correlação negativa com a densidade do solo (Tabelas 14, 15 e 16) e, positiva com a macroporosidade (Tabela 15 e 16. Este fato permite afirmar que à medida que aumenta a densidade do solo, ocorre uma redução na macroporosidade com consequente diminuição no teor de água retido no ponto de saturação, o que está de acordo com as observações de HILLEL (1982).

Figura 9 - Curvas características de retenção de água do Perfil 4

Figura 10 - Curvas características de retenção de água do Perfil 5

Figura 11 - Curvas características de retenção de água do Perfil 6

Figura 12 - Curvas características de retenção de água do Perfil 7

Figura 13 - Curvas características de retenção de água do Perfil 8

Figura 14 - Curvas características de retenção de água do Perfil 9

Figura 15 – Curvas características de retenção de água do Perfil 10

Figura 16 – Curvas características de retenção de água do Perfil 11

Figura 17 - Curvas características de retenção de água do Perfil 12

Para os horizontes Ap e B₂₁, a água retida a altas tensões, mostrou-se correlacionada positivamente com o teor de argila (Tabelas 13 e 14), ou seja, os horizontes que apresentaram uma menor porcentagem deste componente resultaram em menor capacidade de retenção de água, o que concorda com PETERSEN *et alii* (1968), REEVE *et alii* (1973), RIVERS & SHIPP (1978), HILLEL (1982) e GUPTA *et alii* (1983). A água retida também mostrou correlação positiva com a microporosidade, indicando que quanto maior a proporção de microporos, maior deverá ser a porcentagem de água retida, comportamento também verificado por REEVE *et alii* (1973) e JOHNSON *et alii* (1989), e com os cátions trocáveis cálcio e magnésio, evidenciando suas influências nesta propriedade do solo, conforme demonstraram Thomas (1928) e Baver e Horner (1933), citados por BAVER *et alii* (1973).

A água retida pelos horizontes dos perfis de solo estudados não se correlacionou significativamente com o índice K_i, evidenciando que a constituição mineralógica da fração argila, bastante uniforme em todos os horizontes, conforme pode ser comprovado pelos difratogramas de raios X (Figuras 18 a 24) e valores do índice K_i (Tabela 6) sempre menores que 2,68, não teve grande influência nesta propriedade, o que seria esperado, caso a ocorrência de minerais do grupo 2:1 fosse significativa, acarretando um total de cargas negativas distinto entre os minerais, conforme comenta BAVER *et alii* (1973).

5.2. Características Químicas

A análise química do complexo trocável do solo para os perfis de solo estudados que consta das Tabelas 4 e 5, evidencia que os Solos Litólicos possuem valores de pH entre 6,00 e 6,10 nos perfis P₁ e P₃ e, entre 5,68 e 5,83, no perfil P₂, refletindo uma acidez muito baixa e baixa, respectivamente, de acordo com RAIJ *et alii* (1985).

O perfil P₄ (TR), possui o horizonte superficial com acidez baixa (pH de 6,00) e o perfil P₇ (TR), média (pH de 5,37). Entretanto o horizonte B desses solos mostra-se com acidez alta, com valores de pH entre 4,80 e 5,00.

O perfil P₅ apresenta acidez muito baixa ao longo do perfil (pH entre 6,22 e 6,58).

A acidez dos perfis P₆, P₈ e P₉ é baixa no horizonte B (pH entre 5,65 e 5,87) e, no horizonte superficial é muito baixa no P₆, com pH de 6,18 e média P₈ e P₉, com o pH variando entre 5,43 e 5,52.

Os perfis P₁₀ e P₁₂ (TR) possuem acidez semelhante no horizonte B (muito baixa), com pH entre 6,17 e 6,45, enquanto que em superfície, o perfil P₁₀ apresenta valor de pH de 5,75 e o P₁₂ de 5,30, caracterizando uma acidez média.

O perfil P₁₁ (TR) mostrou acidez baixa no horizonte Ap e média no B₂₂, com valores de pH de 5,72 e 5,23, respectivamente.

Para todos os perfis, o pH em cloreto de potássio foi sempre menor do que o pH em água, refletindo um predomínio de cargas negativas no sistema, conforme MeKaru & Uehara, citados por DEMATTE (1979).

Os horizontes que possuem acidez baixa ou muito baixa, apresentam o cálcio como cátion predominante no complexo trocável, enquanto que o hidrogênio passa a predominar quando a acidez do solo é média a alta (perfis P₄, P₆, P₇, P₈, P₉, P₁₁ e P₁₂). Esse comportamento pode ser confirmado pelas correlações negativas obtidas para o cálcio e o hidrogênio, nos horizontes de subsuperfície dos perfis de solo estudados (Tabelas 14, 15 e 16).

Com relação à saturação por bases, os perfis P₄ e P₇ (TR) mostraram-se distróficos, com valores médios de V% de 37% e 44%, respectivamente. Os demais perfis de solo apresentaram teores acima de 51%, evidenciando o caráter eutrófico dos solos.

Os Solos Litólicos apresentaram conteúdos elevados de matéria orgânica, entre 2,8 e 3,8 meq/100 g. Para a Terra Roxa Estruturada os maiores teores foram verificados no horizonte Ap, variando entre 1,8 e 2,6 meq/100 g e, invariavelmente decresceram em profundidade.

A capacidade de troca catiônica também foi mais elevada no horizonte Ap dos perfis P4 a P12, decrescendo em profundidade, enquanto que nos perfis P1 a P3, também mostrou-se elevada no horizonte C/R, fato que pode ser atribuído à proximidade do material de origem.

Observa-se na Tabela 13 que a capacidade de troca catiônica correlacionou-se positivamente com o teor de matéria orgânica.

O ataque sulfúrico conduzido na terra fina dos horizontes dos solos estudados (Tabela 6) mostrou-se muito semelhante entre os perfis, com valores da relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) entre 1,79 e 2,47, indicando uma maior proporção de minerais de argila do grupo 1:1, em comparação com os óxidos e minerais do grupo 2:1.

O índice Ki mostrou correlação negativa com os teores de óxidos de ferro, para os horizontes B₂₂ (Tabela 15) e, positiva com a capacidade de troca catiônica, para os horizontes B₂₃ (Tabela 16), evidenciando que quando maior a intemperização dos solos, maior o teor de óxidos presentes, com conseqüente redução no número de cargas negativas.

5.3. Análise Mineralógica da Fração Argila

A mineralogia da fração argila dos solos mostrou-se bastante uniforme, sendo constituída basicamente de caulinita, gibbsita e esmectita (Tabela 7).

O perfil P₂, como pode ser observado através da descrição morfológica (Apêndice), constituiu-se num solo pouco desenvolvido, que se originou de produtos da decomposição de rochas eruptivas básicas. Através dos difratogramas da fração argila representativos dos horizontes Ap e C/R (Figura 18), pode-se notar para os dois horizontes a presença de caulinita, identificada pelo espaçamento de 7,37 Angstron (primeira ordem), 3,60 Å (segunda ordem) e 2,36 Å (terceira ordem). Na amostra saturada com K⁺ e aquecida a 350°C os picos são bem menos expressivos e desaparecem na amostra aquecida a 550°C, por terem suas estruturas cristalinas destruídas. Picos de menor intensidade, em relação aos anteriores, a 4,85 Å e 4,37 Å identificam a presença do mineral gibbsita, comprovados pelo desaparecimento deles à temperatura de 550°C. Os picos correspondentes aos espaçamentos basais de 14,9 Å (horizonte Ap) e 15,7 Å (horizonte C/R), referem-se a minerais de grade 2:1. Esses espaçamentos são reduzidos, respectivamente, para 14,0 Å e 14,7 Å, com o aquecimento da amostra a 550°C, devido à perda de água de suas camadas estruturais com o aumento da temperatura.

Figura 18 - Difractogramas da fração argila orientada dos horizontes Ap e C/R do perfil P₂ (Solos Litólicos). (Espaçamentos basais em Å)

Para o horizonte C/R foi, também observada a ocorrência de quartzo, caracterizada pelo pico de $4,23\text{\AA}$.

A localização do perfil P₂, no terço inferior da encosta, sendo antecedido pela Terra Roxa Estruturada com predomínio de caulinita e gibbsita, talvez possa justificar a predominância desses minerais no perfil. Devido à posição no relevo (Figura 1), a constituição da fração argila do perfil P₂ pode ter sua explicação através de contribuição da erosão à montante.

As Figuras 19 e 20 mostram, respectivamente, a sequência de difratogramas de raios X da fração argila dos horizontes Ap, B₂₁, B₂₂ e B₂₃ do perfil P₅ (Terra Roxa Estruturada), podendo-se constatar a ocorrência dos minerais caulinita, em maior proporção e gibbsita em todos os horizontes. A caulinita é identificada pelos picos de $7,37\text{\AA}$; $7,31\text{\AA}$ e $7,19\text{\AA}$ (primeira ordem), $3,68\text{\AA}$ e $3,59\text{\AA}$ (segunda ordem) e $2,37\text{\AA}$ e $2,36\text{\AA}$ (terceira ordem), enquanto que a gibbsita pelos picos de $4,87\text{\AA}$ e $4,85\text{\AA}$ (primeira ordem) e $4,37\text{\AA}$ e $4,35\text{\AA}$ (segunda ordem). O desaparecimento dos mencionados espaçamentos, para a gibbsita e a caulinita, nas amostras saturadas com K⁺ e aquecidas a 350°C e 550°C , respectivamente, comprova a sua ocorrência, devido à destruição de suas estruturas cristalinas em função do aumento da temperatura.

Figura 19 - Difractogramas da fração argila orientada dos horizontes Ap e B₂₁ do perfil P₅ (Terra Roxa Estruturada). (Espaçamentos basais em Å)

Figura 20 - Difractogramas da fração argila orientada dos horizontes B22 e B23 do perfil P5 (Terra Roxa Estruturada). (Espaçamentos basais em Å)

A predominância de caulinita em Terra Roxa Estruturada de regiões tropicais, pode ser atribuída ao intenso intemperismo a que ficam submetidos esses solos, conforme constatado por MONIZ & JACKSON (1967), SOUZA (1973), CURI (1975) e GALHEGO E ESPÍNDOLA (1979) e, atribuída por MELFI & LEVI (1971) a decomposição de alguns minerais primários que resultam em condições físico-químicas adequadas para formação de caulinita. Consequentemente a proporção de gibbsita é menos expressiva nesse solo, o que está de acordo com os trabalhos de MONIZ e JACKSON (1967), MONIZ & CARVALHO (1973), SOUZA (1973), MONIZ & OLIVEIRA (1974) e GALHEGO E ESPÍNDOLA (1979).

A presença de esmectita foi notada apenas no horizonte Ap, em amostra saturada com K^+ , correspondendo ao pico de $13,7\text{\AA}$, que apresentou expansão para $14,9\text{\AA}$ quando a amostra foi tratada com etilenoglicol.

Os difratogramas de raios X dos perfis P₈ e P₁₁ (Terra Roxa Estruturada), são semelhantes aos do perfil P₅ discutido anteriormente, indicando a ocorrência de caulinita, em maior proporção e gibbsita (Figuras 21 a 24). Entretanto, como esses perfis se situam em uma condição de relevo mais movimentado (ondulado) que o do perfil P₅ (suave ondulado), o intemperismo se manifesta de maneira um pouco menos intensa nos perfis P₈ e P₁₁, possibilitando, também a ocorrência de esmectita, identificada pelos picos de $14,7\text{\AA}$ e $14,4\text{\AA}$, nos horizontes

Figura 21 - Difrátogramas da fração argila orientada dos horizontes Ap e B₂₁ do perfil Pg (Terra Roxa Estruturada) (Espaços basais em Å)

Figura 22 -Difratogramas da fração argila orientada dos horizontes B₂₂ e B₂₃ do perfil P₈ (Terra Roxa Estruturada).(Espaçamentos basais em Å).

Figura 23 - Difrátogramas da fração argila orientada dos horizontes Ap e B21 do perfil P11 (Terra Roxa Estruturada). (Espacamentos basais em Å)

Figura 24 -Difratogramas da fração argila orientada dos horizontes B22 e B23 do perfil P11 (Terra Roxa Estruturada). (Espaçamentos basais em Å)

Ap, B₂₁, B₂₂ e B₂₃, e de vermiculita, no horizonte Ap, cujo pico representa o espaçamento basal de 13,8Å, reduzido para 10,0Å quando a amostra foi aquecida a 350°C e, ampliado para 14,0Å quando se efetuou o tratamento com etilen-glicol.

A presença de esmectita em todos os horizontes dos perfis P₈ e P₁₁ pode ser, portanto, atribuída a intensidade do intemperismo, um pouco menor nesses perfis do que no P₅, que acarretou condições de pH e teor de bases adequados à sua formação, conforme observações de HARDER (1977).

A semelhança dos difratogramas obtidos para os perfis de solo estudados, sugere uma identidade mineralógica da fração argila, onde o mineral mais expressivo é a caulinita, cujos picos característicos são bem mais intensos do que os dos demais minerais identificados, gibbsita, esmectita, vermiculita e quartzo.

5.4. Discriminação de Horizontes dos Perfis de Solo Através de Características Físicas, Químicas e Mineralógicas.

Para verificar a ação conjunta dos vinte e oito parâmetros: areia fina (AF), areia muito fina (AMF), silte (SI), argila (ARG), densidade do solo (D), porosidade total (PT), microporosidade (MI),

macroporosidade (MA), cálcio (CA), magnésio (MG), potássio (K), hidrogênio (H), alumínio (AL), fósforo (FO), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO), óxido de ferro (FE), índice Ki (KI), índice Kr (KR), água a 0,00025 MPa (025), água a 0,001 MPa (010), água a 0,003 MPa (030), água a 0,006 MPa (060), água a 0,01 MPa (0,1), água a 0,033 MPa (0,33), água a 0,1 MPa (1,0), água a 0,3 MPa (3,0) e água a 1,5 MPa (15,0), na discriminação dos horizontes dos perfis de solo estudados, foram aplicadas as análises de agrupamento e de componentes principais (Tabela 8).

O dendograma correspondente (Figura 25) permite verificar a formação de 3 grupos principais, constituídos pela similaridade dos horizontes. O grupo G₁ reuniu os horizontes Ap e C/R dos perfis P₁, P₂ e P₃, pertencentes aos Solos Litólicos, com distância euclidiana média de 0,150; o G₂, os horizontes Ap dos perfis P₄, P₅, P₆, P₇, P₈ e P₉, pertencentes ao solo Terra Roxa Estruturada, com distância euclidiana média de 0,167, e o G₃ englobando os horizontes subsuperficiais B₂₁, B₂₂ e B₂₃, dos perfis de solo P₄ até o P₁₂, pertencentes à Terra Roxa Estruturada e os horizontes Ap dos perfis P₁₀, P₁₁ e P₁₂. Este último agrupamento, fornece evidências de que os horizontes superficiais dos perfis P₁₀, P₁₁ e P₁₂ de Terra Roxa Estruturada sejam horizontes de subsuperfície (B) expostos.

A análise de componentes principais possibilitou reunir as informações dos vinte e oito

Figura 25 - Dendrograma das inter-relações de todos os horizontes dos perfis de solo referentes aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos pela distância euclidiana média.

parâmetros através de dois componentes principais, Y_1 e Y_2 , e representar em um único gráfico bidimensional os quarenta e dois horizontes dos perfis de solo (Figura 26).

A observação conjunta das Figuras 25 e 26 permite verificar que a análise de componentes principais confirma a de agrupamento.

Na Tabela 8 encontram-se os valores dos coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais, mostrando que o primeiro componente principal (Y_1) representa 43,11% da variância total e, o segundo (Y_2), 15,67%, perfazendo ambos uma variância acumulada de 58,78%, ou seja Y_1 e Y_2 são responsáveis por 58,78% das informações fornecidas pelos vinte e oito parâmetros estudados. Os coeficientes de correlação entre todos os parâmetros originais e os componentes principais permitiram estabelecer a seguinte ordem de importância dos parâmetros na formação dos agrupamentos dos horizontes dos perfis de solo: MO; CTC; ARG; AF; SI; MG; AMF; PT; CA; A025; D; K; A3,0; A1,0; A0,33; FO; A010; MA; AL; A060; H; M1; A030; A15,0; A010; KR; FE; KI.

A aplicação das análises de agrupamento e de componentes principais para os horizontes Ap dos doze perfis de solo, resultou em agrupamentos homogêneos dos horizontes, de acordo com a posição topográfica ocupada pelos perfis de solo (Figura 27). As distâncias

Figura 26 - Ordenação dos horizontes dos perfis de solo, usando-se os dois componentes principais, com base nos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos.

Figura 27 - Dendrograma das inter-relações dos horizontes Ap dos perfis de solo referentes aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos pela distância euclidiana média.

euclidianas médias obtidas permitiram a formação de três grupos, considerando como distância euclidiana média, 0,165. O grupo 1 reuniu os horizontes Ap dos perfis P₁, P₂ e P₃, pertencentes à classe de Solos Litólicos, situados em altitude média de 705 metros, com distância euclidiana de 0,138; o grupo 2 englobou os horizontes superficiais dos perfis P₄, P₅ e P₆, pertencentes à classe Terra Roxa Estruturada, posicionada em altitude média de 751 metros, com distância euclidiana média de 0,120; o grupo 3 reuniu os horizontes Ap dos perfis P₇, P₈, P₉, P₁₀, P₁₁ e P₁₂, também pertencentes à classe Terra Roxa Estruturada, com altitude média de 742 metros e distância euclidiana de 0,165;

Os valores dos componentes principais (Y_1 e Y_2) obtidos para os vinte e oito parâmetros analisados possibilitaram a representação dos horizontes Ap em um gráfico bidimensional e a definição de seus agrupamentos de acordo com as proximidades de suas localizações (Figura 28). A observação conjunta das Figuras 27 e 28 permite verificar que a análise de componentes principais confirma a de agrupamento.

Observando-se a Tabela 9 nota-se que o primeiro componente principal (Y_1) representa 44,74% da variância total, e o segundo (Y_2), 22,88%, perfazendo ambos uma variância acumulada de 67,61%. Isto significa que Y_1 carrega 44,74% da informação total fornecida pelos vinte e oito parâmetros e Y_2 , 22,88% e, ambos 67,61%.

Figura 28 - Ordenação dos horizontes Ap dos perfis de solo, usando-se os dois componentes principais, com base nos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos.

Os coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais permitiram estabelecer, para os horizontes de superfície, a seguinte ordem de importância na formação dos agrupamentos: CA; CTC; AMF; ARG; AF; MG; A025; FE; SI; MO; A010 MI; AL; A030 PT; A15,0; FO; A060; A3,0; K; KI; A1,0; A0,33; MA; A0,1; D; H e KR.

Para os horizontes B_{21} da classe Terra Roxa Estruturada foram aplicadas análises idênticas às realizadas para os horizontes Ap.

As distâncias euclidianas médias obtidas permitiram a formação de três grupos, considerando como perda máxima de semelhança a distância euclidiana média de 0,127 (Figura 29). O grupo G_1 reuniu os horizontes B_{21} dos perfis P_4 e P_6 , localizados na parte mais elevada do relevo; o grupo G_2 , os horizontes B_{21} dos perfis P_{10} , P_{11} e P_{12} , situados na posição inferior do relevo; o grupo G_3 englobou os horizontes B_{21} dos perfis P_7 , P_8 e P_9 , situados em posição intermediária no relevo.

As distâncias euclidianas médias obtidas para os grupos G_1 , G_2 e G_3 foram respectivamente, de 0,125; 0,097 e 0,127.

A Figura 30 mostra a ordenação dos nove horizontes B_{21} , usando-se os dois componentes principais, com base nos vinte e oito parâmetros analisados, confirmando os agrupamentos citados anteriormente.

Figura 29 - Dendrograma das inter-relações dos horizontes B₂₁ dos perfis de solo referentes aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos pela distância euclidiana média.

Figura 30 - Ordenação dos horizontes B_{21} dos perfis de solo, usando-se os dois componentes principais, com base nos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos.

Considerando-se os coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais, pode-se estabelecer a seguinte ordem de importância na formação dos agrupamentos: MG; A15,0; A1,0; A3,0; A0,33; MI; CA; FE; MA; AF; H; A0,1; AL; MO; CTC; ARG; SI; AMF; PT; A060; K; D; KI; FO; A025; A030; KR e A010 (Tabela 10).

Para os horizontes B₂₂ da classe Terra Roxa Estruturada, as análises de agrupamento e de componentes principais permitiram a formação de dois grupos principais, considerando-se a distância euclidiana média de 0,172: o grupo G₁ que reuniu os horizontes B₂₂ dos perfis P₅ e P₆, com distância euclidiana média de 0,172, e o grupo G₂ que englobou os horizontes B₂₂ dos perfis P₈, P₉, P₁₀, P₁₁ e P₁₂, com distância euclidiana média de 0,150 (Figura 31).

A representação dos valores dos componentes principais (Y₁ e Y₂), para os nove horizontes B₂₂ confirma a análise de agrupamento, conforme pode ser observado na Figura 32.

Os coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais (Tabela 11) possibilitaram identificar para os horizontes B₂₂, a seguinte ordem de importância na formação dos agrupamentos: CA; H; AL; FE; KI; MG; KR; CTC; SI; AF; ARG; MO; A0,10; A030; A010; A060; MI; K; A025; A0,33; A1,0; AMF; FO; A15,0; D; MA; A3,0 e PT.

Figura 31 - Dendrograma das inter-relações dos horizontes B₂₂ dos perfis de solo referentes aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos pela distância euclidiana média.

Figura 32- Ordenação dos horizontes B22 dos perfis de solo, usando-se os dois componentes principais, com base nos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos.

O emprego das análises de agrupamento e de componentes principais para os horizontes B₂₃ dos nove perfis da classe Terra Roxa Estruturada, originou dois agrupamentos, considerando-se a distância euclidiana média de 0,147: o grupo G₁, reuniu os horizontes B₂₃ dos perfis P₇, P₈ e P₁₁, com distância euclidiana média de 0,145; e o grupo G₂, englobou os horizontes B₂₃ dos perfis P₉, P₁₀ e P₁₂, com distância euclidiana média de 0,147 (Figura 33).

Os valores dos componentes principais (Y₁ e Y₂), também possibilitaram para o horizonte B₂₃, a representação em um gráfico bidimensional, confirmando a análise de agrupamento dos perfis de solo, conforme está ilustrado na Figura 34.

Uma análise da Tabela 12 permite verificar que o componente principal Y₁ representa 55,71% da variância total, e o componente Y₂ 21,88%, totalizando ambos uma variância acumulada de 77,58%.

Considerando-se os coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais, pode-se estabelecer a seguinte ordem de importância na formação dos agrupamentos: AL; CA; H; MG; FO; FE; KI; AMF; K; KR; ARG; A060; MO; A010; CTC; PT; SI; A0,33; A0,1; A1,0; A030; D; AF; MI; A3,0; MA; A025 e A15,0.

Figura 33 - Dendrograma das inter-relações dos horizontes B₂₃ dos perfis de solo referentes aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos pela distância euclidiana média.

Figura 34 - Ordenação dos horizontes B₂₃ dos perfis de solo, usando-se os dois componentes principais, com base nos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e mineralógicos.

De acordo com a ordem de importância das características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas nos agrupamentos dos horizontes, pode-se notar que o primeiro parâmetro, em ordem de importância, foi sempre uma característica química, ou seja, a matéria orgânica quando foram comparados todos os horizontes dos perfis de solo, o cálcio para os horizontes Ap e B₂₂, o magnésio para o horizonte B₂₁ e o alumínio para o horizonte B₂₃, indicando que esses parâmetros foram mais sensíveis para refletir as diferenças entre os horizontes, provavelmente tem decorrência do fato de serem os solos provenientes de mesmo material de origem.

6. CONCLUSÕES

Nas condições da pesquisa, a análise dos resultados obtidos levou às seguintes conclusões:

- Os Solos Litólicos com relevo fortemente ondulado recebem contribuição de material coluvial advindo da Terra Roxa Estruturada a montante.
- Os valores de densidade do solo para a Terra Roxa Estruturada foram mais elevados para os horizontes B₂₁ nos perfis situados em relevo suavemente ondulado e, para os horizontes Ap nos perfis localizados em relevo ondulado.
- A capacidade de retenção de água a baixas tensões e a de água disponível dos Solos Litólicos aumentou com o teor de matéria orgânica.
- A água retida no ponto de saturação mostrou correlação significativamente positiva com matéria orgânica e negativa com a densidade do solo.

- A água retida a altas tensões mostrou correlação significativamente positiva com argila, microporosidade, cálcio e magnésio.
- O índice Ki mostrou, para o horizonte B, correlação significativamente negativa com óxido de ferro e, positiva com capacidade de troca catiônica.
- A fração argila dos Solos Litólicos e da Terra Roxa Estruturada é constituída predominantemente por caulinita, e por gibbsita e esmectita, em menores proporções.
- A análise multivariada permitiu a discriminação entre os Solos Litólicos e a Terra Roxa Estruturada.
- A análise multivariada mostrou que o horizonte superficial da Terra Roxa Estruturada em relevo ondulado é um horizonte B exposto.
- Os coeficientes de correlação entre todos os parâmetros originais e os componentes principais permitiram estabelecer a seguinte ordem de importância dos parâmetros na formação dos agrupamentos:
 - a) dos perfis de solo: MO; CTC; ARG; AF; Si; MG; AMF; PT; CA; A025; D; K; A3,0; A1,0; A0,33; FO; A0,1; MA; AL; A060; H; M1, A 030; A15,0; A010; KR;

FE; KI;

b) dos horizontes A_p : CA; CTC; AMF; ARG; AF; MG;
A025; FE; SI; MD; A010; MI; AL; A030; PT; A15,0;
FO; A060; A3,0; K; KI; A1,0; A0,33; MA; A0,1; D; H
e KR;

c) dos horizontes B_{21} : MG; A15,0; A1,0; A3,0;
A0,33; MI; CA; FE; MA; AF; H; A0,1; AL; MD; CTC;
ARG; SI; AMF; PT; A060; K; D; KI; FO; A025; A030;
KR e A010;

d) dos horizontes B_{22} : CA; H; AL; FE; KI; MG; KR;
CTC; SI; AF; ARG; MD; A0,1; A030; A010; A060; MI;
K; A025; A0,33; A1,0; AMF; FO; A15,0; D; MA; A3,0 e
PT;

e) dos horizontes B_{23} : AL; CA; H; MG; FO; FE; KI;
AMF; K; KR; ARG; A060; MD; A010; CTC; PT; SI;
A0,33; A0,1; A1,0; A030; D; AF; MI; A3,0; MA; A025
e A15,0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.A.; CAMPBELL, A.S. & CUTLER, E.J.B. Some properties of a chrono-toposequence of soils from granite in New Zealand. I. Profile weights and general composition. *Geoderma*, 13:23-40, 1975.
- AHMAD, M.; RYAN, J. & PAETH, R.C. Soil development as a function of time in the Punjab River Plains of Pakistan. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41:1162-1166, 1977.
- ARCHER, J.R. & SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity, and air capacity of soils. *J. Soil Sci.*, 23(4): 475-480, 1972.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. *Física Del Suelos*. México, Tipografía Editorial Hispano Americana, 1973. 529p.
- BENNEHA, I.; JONGERIUS, A.; LEMOS, R.C. Micromorphology of some oxic and argillic horizon in South Brasil in relations to weathering sequences. *Geoderma*, 4:333-355, 1970.

BLACK, T.A.; GARDNER, W.R.; THURTELL, G.M. The prediction of evaporation, drainage, and soil water storage for a bare soil. *Soil Sci Soc. Amer. Proc.*, 33:655-660, 1949.

BLACK, T.A.; GARDNER, W.R.; TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on a sandy soil. *Agron. J.*, 62:48-51, 1970.

BORCHARD, G.A. Montmorillonite and other smectite minerals. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. ed. Mineral in soil environments. Soil Sci. Soc. of Amer. Wisconsin, 1977. p.293-330.

BRASIL-BNPA *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo*. Serv. Nac. de Pesq. Agron., Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. Boletim nº 12, 1960. 634p.

BRIGGS, L.J. & McLANE, J.W. The moisture equivalents of soils. *Bureau of Soil*. Bulletin 45, 1907.

BRINDLEY, G.W. X-ray identification and crystal structures of clay minerals. Miner. Soc. (Clay Mineralogical Group), London, 1951. 544p.

BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e Propriedades dos Solos*. Livraria Freitas Bastos S.A., U.S.A.I.D., Rio de Janeiro, 1967. 594p.

CARVALHO, W.A. Relações entre relevo e solos da Bacia do Rio Capivara - Município de Botucatu, SP. Botucatu, 1981, 193p. (Tese de Livre Docência, FCA/UNESP).

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R. & PACCOLA, A.A. Levantamento de Solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Medici", Botucatu, FCA/UNESP, 1983. 95p.

CATANI, R.A.; GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo. Métodos de análise. Interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bolm. Inst. Agron. Campinas, nº 69, 1955. 28p.

CATANI, R.A. & JACINTHO, A.O. *Avaliação da fertilidade do solo. Métodos de análise.* Ed. Livrocereus Ltda, São Paulo, 1974. 61p.

CHILDS, E.C. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Sci.* Baltimore, 50:239-252, 1940.

CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, M.M.; ABREU, T.A.S. Efeito de diferentes níveis de irrigação na produção de tomate industrial. *Pesq. agropec. bras.*, 15:475-480, 1980.

COLMAN, E.A. Laboratory procedure for determining the field capacity of soils. *Soil Sci.* Baltimore, 63:277-283, 1947.

CURI, N. Relações genéticas e geomórficas em solos das encostas inferior e superior do Nordeste, no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1975, 134p. (Dissertação de Mestrado UFRS).

CURY, P.R. Análise de agrupamento: Métodos sequenciais, aglomerativos e hierárquicos. *Ciênc. Cult. S. Paulo*, 35(10):1416-1429, 1982.

CURY, P.R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. *Ciênc. Cult. S. Paulo*, 35(11):1678-1686, 1983.

DELGADO, R.; ONISHCHENKO, V.G. & AGAFANOV, O.A. Effect of iron oxides on the relation between water pressure and the moisture content of clay minerals. *Sov. Soil Sci*, 14(5):59-63, 1983.

DELVIGNE, J. *Pédogenese en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferralitique*. ORSTOM, Dumod, Paris. 177p. 1965.

DEMATTÊ, J.L.I. Relações entre fertilidade e a classificação de solos. Deptº de Ciências do Solo, F.C.A., UNESP, Botucatu-SP, 87p. (mimeografado). 1979.

DEMATTÊ, J.L.I. & HOLDWAYCHUCK, N. Solos da região de São Pedro, Estado de São Paulo. II. Mineralogia. *R. bras. Ci. Solo*, 1:99-103, 1977.

DROZHZHINA, T.M. & VASIL'CHIKOVA, S.I. Effects of differential porosity on the nature of moisture migration and salt accumulation in soil (as exemplified by newly developed soils on Tadzhikistan). *Sov. Soil Sci.* 16(5):109-115, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979, s.p.

ESPÍNDOLA, C.R. Pedogênese em áreas basálticas de reverso de "cuestas" no médio curso do rio Tietê. Botucatu, 1979, 202p. (Tese de Livre-Docência, FCA/UNESP).

FERGUSON, J.A. Transformations of clay minerals in Black Earths and Red Loams of basaltic origin. *Aust. J. Agric. Res.*, 5:98-107, 1954.

FITCH, B.C.; CHONG, S.K.; AROSEMENA, J. & THESEIRA, G.W. Effects of a conditioner on soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1536-1539, 1989.

FONTES, L.E.F. & OLIVEIRA, L.B. Curvas de retenção de umidade de solos do norte de Minas Gerais, área de atuação da SUDENE. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1982. 19p. (Boletim Técnico, 4).

FRANZMEIER, D.P.; WHITESIDE, E.P. & ERICKSON, A.E.
Relationship of texture classes of fine earth to
readily available water. In: TRANS. INTERN. CONGR. SOIL
SCI., 7., Madison, 1966. p.354-363.

FREIRE, J.C. Retenção de umidade em perfil oxisol do
Município de Lavras, MG. Piracicaba, 1975, 76p.
(Dissertação de Mestrado - ESALQ/USP).

FREITAS Jr.E. & SILVA, E.M. Uso da centrífuga para
determinação da curva de retenção de água do solo, em
uma única operação. *Pesq. agropec. bras.*,
19(11):1423-1428, 1984.

GALHEGO, H.R. & ESPÍNDOLA, C.R. mineralogia da argila de
solos desenvolvidos de produtos de alteração de rochas
eruptivas básicas em Botucatu(SP). *R. bras. Ci. Solo*,
3:131-135, 1979.

GARDNER, W.R. Availability and measurement of soil water.
In: *Water Deficits and Plant Growth*. New York,
Academic Press, 1968. vol.1, p.107-135.

GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. 10a.ed.
São Paulo, Livraria Nobel, 1982. 430p.

GRIM, R.E. *Clay Mineralogy*. 2a. ed. New York, McGraw Hill
Company, 1968. 596p.

GROHMAN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 21:285-295, 1962.

GUNN, R.H. A soil catena on weathered basalt in Queensland. *Aust. J. Soil Res.*, 12:1-14, 1974.

GUIMARÃES, M.F. Relação entre relevo e solos provenientes de rochas eruptivas básicas. Piracicaba, 1984, 102p. (Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP).

GUPTA, R.D.; SHARMA, P.D.; ACHARYA, C.L. & TRIPATHI, B.R. Water retention characteristics of some soil profiles of north-west India in relation to soil properties under different bio and clima sequences. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 31:458-463, 1983.

GUTMANS, M. Rochas-mater da "Terra Roxa". *Bragantia*, 3:271-321, 1943.

HENDRICKS, S.B. & FRY, W.H. The results of x-ray and microscopical examinations of soil colloids. *Soil Sci*, 29:457-479, 1930.

HILL, J.N.S. & SUMNER, M.E. Effect of bulk density on moisture characteristics of soils. *Soil Sci*, 103(4):234-238, 1967.

HILLEL, D. *Introduction to Soil Physics*. New York, Academic Press, 1982. 365p.

HOLLIS, J.M.; JONES, R.J.A. & PALMER, R.C. The effects of organic matter and particle size on the water - retention properties of some soils in the west midlands of England. *Geoderma*, 17239-252, 1977.

IGLESIA, A.L., OOSTERWYCK, V., GASTUCHE, M.C. Kaolinite synthesis. I. Cristallizador conditions at low temperatures and calculation of thermodynamic equilibria. Application to laboratory and field observations. *Clays and Clay Minerals*, 26:397-408, 1978.

JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis: advanced course*. Univ of Wisconsin, Madison, 1965. 991p.

JOHNSON, B.S.; ERICKSON, A.E. & VOORHEES, W.B. Physical conditions of a Lake Plain soil as affected by deep tillage and wheel traffic. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1545-1551, 1989.

JORGE, J.A. & PRADO, H. Porosidade, consistência e propriedades hídricas de três Podzólicos Vermelho-Amarelos e uma Terra Roxa Estruturada. *R.bras.Ci.Solo*, 12,1-6, 1988.

KALPAGÉ, F.S.C.P. *Tropical Soils. Classification, Fertility and Management.* The MacMillan Press Ltd., London. 283p. 1976.

KAMPF, N. & KLAMT, E. Mineralogia e gênese de Latossolos (Oxisols) e solos Podzólicos da região nordeste do Planalto Sul-Riograndense. *R. bras. Ci. Solo*, 2:68-73, 1978.

KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* Baltimore, 68:15-26, 1949.

LAL, R. Physical characteristics of soil of the tropics: determination and management. In: LAL, R. & GREENLAND, D.S., eds. *Soil physical properties and crop production in the tropics.* New York, Willey Interscience, 1979. 44p.

LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *Bol. Fac. Fil. Ciên. Let., USP, São Paulo*, nº 103, Geologia nº 5, 1949. 61p.

LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. *Manual de Método de Trabalho de Campo.* S.B.C.S. Campinas, 1976. 36p.

LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K. Características hídricas de cinco solos do Estado de São Paulo. II. Curva de retenção e condutividade hidráulica. *O Solo*, Piracicaba, 2:7-12, 1973.

McCALEB, S.B. The genesis of the Red-Yellow Podzolic Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23:164-168, 1959.

MACLEAN, A.H. & YAGER, T.U. Available water capacities of Zambian soils in relation to pressure plate membrane and particle size analysis. *Soil Sci.* Baltimore, 113:23-29, 1972.

MALAVOLTA, E. & CORY, T. Postilas de práticas de Química Agrícola. Piracicaba, Centro Acad. "Luiz de Queiróz", 1954. 49p.

MANFREDINI, S.; PADOVESE, P.P. & OLIVEIRA, J.B. Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de Latossolos de textura média e Areias Quartzosas. *R.bras. Ci. solo*, 8(1):13-16, 1984.

McKEAGUE, J.A.; EILERS, R.G.; THOMASSON, A.J.; REEVE, M.J.; BOUMA, J.; GROSSMAN, R.B.; FAVROT, J.C.; RENGIER, M. & STREBEL, D. Tentative assesement of soil survey approaches to the characterization and interpretation of air - water properties of soils. *Geoderma*, 34:69-100, 1984.

MEDEIROS, S.D. Determinação da curva de retenção da água no solo através do fatiamento de amostras centrifugadas. Piracicaba, 1987, 66p. (Dissertação de Mestrado).

MEDINA, H.P. & GROHMAN, F. Disponibilidade de água em alguns solos sob cerrado. *Bragantia*. Campinas, 25(1):65-76, 1966.

MELFI, A.J. & LEVI, F. Geochemical and mineralogical study of the stages of weathering of basic and related rocks. Part I - Mineralogical study. *Revista Brasileira de Geociências*, 1:22-28, 1971.

MENDES, A.C.T. Dispersão de amostras de solos minerais. Piracicaba, Deptº de Solos e Geologia da Esc.Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1970. 47p. (Mimeografado).

MENDES, A.C.T. Identificação das argilas do solo por difração de raio-X. Piracicaba, Deptº de Solos e Geologia da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 1972. 60p. (Mimeografado).

MILLAR, A.A. Condutividade capilar de um suelo derivado de cinzas volcánicas. *Turrialba*, 25:448-449, 1975.

MILLAR, A.A. Respuesta de los cultivos al déficit de água como información básica para el manejo del riego. Brasília, CODEVASF/FAO/USAID/ABID, 1976. 62p. (Conferência apresentada no Seminário sobre Manejo de Água, Brasília, Maio 3-5, 1976).

MONIZ, A.C. & JACKSON, M.L. Quantitative mineralogical analysis of Brazilian soils derived from basic rocks and slate. Madison, University of Wisconsin. Soil Sci. Report 212, 1967. 74p.

MONIZ, A.V. & CARVALHO, A. Sequência de evolução de solos derivados de arenito Bauru e de rochas básicas da região noroeste do Est. São Paulo. *Bragantia*, 32:309-335, 1973.

MONIZ, A.C. & OLIVEIRA, J.B. Estudo mineralógico de solos derivados de rochas ígneas básicas da Estação Experimental de Ribeirão Preto, SP. In: CONGR. BRAS. CI. SOLO, 14, Santa Maria-RS, 1973. *Anais. Soc. Bras. Ci. Solo*, Santa Maria, 1974. p.591-601.

MORRISON, D.F. Multivariate statistical methods. New York, McGraw Hill, 1967. 338p.

NYE, P.H. Some soil-forming processes in the humid tropics. I. A field study of a catena near Ibadan. *J. Soil Sci.*, 5:7-21, 1954.

OHU, J.D.; RAGHAVAN, G.S.V.; PRASHER, S. & MEHUIYS, G. Prediction of water retention characteristics from soil compaction data and organic matter content. *J. agric. Engng. Res.*, 38:27-35, 1987.

OLIVEIRA, L.B. & MELO, V. Estudo da disponibilidade de água em um solo da Estação Experimental de Itapirema, Goiana, Pernambuco. *Pesq. agropec. bras.*, Sér. Agron., 6:31-37, 1971.

OLIVEIRA, L.B. Correlação entre a umidade a $1/3$ de atmosfera e o equivalente de umidade em solos do nordeste do Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Sér. Agron. Brasília, 17(1):125-129, 1982.

PAQUET, H.; MAIGNIEN, R. & MILLOT, G. Les argiles des sols des régions tropicales semi-humides d'Afrique Occidentale. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 14:111-128, 1961.

PAIVA NETTO, J.E. A "fração argila" dos solos do Est. São Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Brasília*, 2:355-432, 1942.

PETERSEN, G.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R.P. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32(2):271-275, 1968a.

PETERSEN, G.W.; CUNNINGHAM, R.L. & MATELSKI, R.P. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: II. Soil factors affecting moisture retention within a textural class silt-loam. *Soil Sci. Amer. Proc.*, 32(6):866-870, 1968b.

PREBBLE, R.E. & STIRK, G.B. Effect of free iron oxide on the range of available water in soils. *Soil Sci.* 88(4):213-217, 1959.

RAIJ, B.V.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, D.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI Jr, R.; DECHEN, A.R. & TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico. Bol. Téc. nº 100, 1985. 107p.

REEVE, M.J.; SMITH, P.D. & THOMASSON, A.J. The effect of density on water retention properties of field soils. *J. Soil Sci.*, 24(3):355-367, 1973.

REEVE, M.J. Water retention, porosity and composition inter-relationships of alluvial soils in mid Hawke's Bay and their relevance in irrigation planning. *New Zealand J. of Agric. Res.*, 29:457-468, 1986.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. *R. bras. Ci. Solo*, 12(3):211-216, 1988.

RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring sorption and transmission by soils. *Soil Sci.*, 56:395-404, 1943.

RICHARDS, L.A. & WEAVER, L.R. Fifteen atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. *Soil Sci.* Baltimore, 56:331-339, 1943.

RICHARDS, L.A. & WEAVER, L.R. Moisture retention by some irrigated soils as related to soil-moisture-tension. *J. Agric. Research*, 69:215-235, 1944.

RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A. ed. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy and Materials, 1965. p.128-152. (Agronomy 9, Part 1).

RIVERS, E.D. & SHIPP, R.F. Soil water retention as related to particle size in selected sands and Loamy sands. *Soil Sci.* Baltimore, 126:94-100. 1978.

ROBERTSON, L.S. & KRONKE, H. The pF at the wilting point of several Indiana soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* Madison, 11:50-52, 1946.

ROBINSON, G.H.; DEVEREUX, R.E. & OBENSHAIN, S.S. Soils of Virginia *Soil Sci.*, 92:129-142, 1961.

RUSSEL, H.B. & RICHARDS, L.A. The determination of soil moisture energy relations by centrifugation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 3:65-69, 1938.

SALTER, P.J. & HAWORTH, F. The available water capacity of a sand loam soil. I. Critical comparison of methods of determining the moisture content of soil at field capacity and the permanent wilting point. *J. Soil Sci.*, 12:326-334, 1961.

SALTER, P.J. & WILLIAMS, J.B. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. I. A critical comparison of techniques for determining the available-water capacity and moisture characteristic curve of a soil. *J. Soil Sci.*, 16(1):1-15, 1965.

SALTER, P.J.; BERRY, G. & WILLIAMS, J.B. The influence of texture on the moisture characteristics of soils. III. Quantitative relationships between particle size composition and available water capacity. *Journal of Soil Science*, Oxford, 17(1):93-98, 1966.

SEGALEN, P. Étude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. *Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar*, Série D, tome VIII, 1957. 182p.

SINGER, A. 1967. Mineralogy of the non-clay fractions from basaltic soils in the Galilee, Israel. *Israel J. Earth. Sci.*, 16:215-228, 1967.

SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. *Numerical taxonomy*. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. 573p.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. *Estatistical methods*. 6a. ed. Iowa., State University Press, 593p. 1978.

SOUZA, J.L.G. Estudo da fração argila da Terra Roxa Estruturada do Município de Botucatu(SP) para fins de

gênese e classificação de solos. FCMBB, UNESP, Botucatu, 73p. 1973. (Tese de Doutorado).

TERCINIER, G. & QUANTIN, P. Influence de l'alteration de cendres et ponce volcaniques d'age récent sur la nature, les propriétés et la fertilité des sols aux Nouvelles - Hébrides. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., 6:203-224, 1968.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. *Soil Sci.* Baltimore, 68:75-95 1949.

VIEIRA, S.R. & CASTRO, D.M. Determinação, em laboratório, de curvas de retenção de água com tensiômetros. *R. bras. Ci. Solo*, 11:87-90, 1987.

VITTUM, M.T.; TAPLEY, W.T.; PECK, N.H. Response of tomato varieties to irrigation and fertility level. New York, Agricultural Experimental Station (Geneva), 1958. Bulletin 782).

VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of Soil Analysis. Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. No 9, part I, p.299-314.

WAMBEKE, A.V. Criteria for classifying soils by age. *J. Soil Sci*, 13:124-132, 1962.

WEAVER, R.M.; JACKSON, M.L. & SYERS, J.K. Magnesium and silicon activities in matrix solutions of montmorillonite containing soils in relation to clay mineral stability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:823-830, 1971.

WILLIAMS, J.; PREBBLE, R.E.; WILLIAMS, W.T. & HIGNETT, C.T. The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characteristic. *Aust. J. Soil Res.*, 21:15-32, 1983.

A P E N D I C E S

Apêndice 1 - Caracterização física (% areia) dos perfis de solo estudados.

Per	Hori-	Amg (2-1 mm)	Ag (1-0,5 mm)	Am(0,5-0,25mm)	Af(0,25-0,10mm)	Amf(0,10-0,05mm)										
fil	zonte	Repetição			Repetição			Repetição			Repetição					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P ₁	Ap	1,8	1,1	1,5	1,5	1,4	1,4	3,1	3,5	3,3	7,6	7,6	7,8	7,4	7,5	3
	C/R	2,2	2,9	3,8	4,0	4,0	3,7	5,7	5,8	5,1	9,0	9,3	8,5	7,5	7,6	7,4
P ₂	Ap	0,3	1,7	0,9	1,4	2,7	1,8	4,9	5,7	4,7	10,0	10,0	10,0	9,1	8,6	10,6
	C/R	0,4	0,5	0,5	2,7	2,7	2,5	5,2	5,2	5,6	8,8	8,3	9,4	8,5	8,4	8,1
P ₃	Ap	0,6	0,7	0,8	0,8	2,1	1,9	3,4	4,2	3,9	9,2	9,9	8,6	10,8	11,0	10,7
	C/R	4,2	4,0	5,1	6,6	5,6	6,5	7,6	6,7	7,0	9,4	9,8	8,9	8,3	10,0	8,6
P ₄	Ap	0,0	0,2	0,3	0,3	0,8	0,5	1,3	3,1	2,7	4,6	6,6	6,6	5,5	5,6	6,1
	B21	0,8	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	1,7	1,4	1,3	4,1	4,5	4,1	3,5	3,8	3,6
	B22	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	0,3	1,4	1,3	1,4	4,5	4,5	4,8	4,3	4,4	4,7
	B23	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1	0,5	1,6	1,6	1,5	5,5	5,5	6,1	5,7	5,4	5,6
P ₅	Ap	0,4	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	2,2	2,3	1,9	6,2	6,7	6,2	6,9	7,5	7,4
	B21	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	1,8	1,4	1,6	5,1	4,9	4,8	6,0	5,8	5,7
	B22	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	1,5	1,6	1,6	4,8	5,1	4,8	6,9	6,7	6,4
	B23	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,3	1,7	2,0	1,7	5,9	6,3	5,6	8,4	8,2	7,8
P ₆	Ap	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,4	2,0	1,9	2,0	6,8	6,3	7,3	6,7	6,4	6,8
	B21	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	1,3	1,3	1,4	4,1	3,8	4,0	3,6	3,4	3,5
	B22	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	1,3	1,3	1,4	4,0	4,1	4,2	4,1	4,3	4,1
	B23	0,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,2	1,5	1,6	1,5	4,7	4,3	4,4	4,3	4,4	4,5
P ₇	Ap	0,2	0,4	0,8	0,4	0,7	0,8	2,2	2,5	2,4	5,4	7,4	7,1	5,2	6,5	6,5
	B21	0,5	0,3	0,5	0,6	1,0	0,8	2,5	2,3	2,2	6,5	6,4	5,9	6,1	6,1	5,9
	B22	0,2	0,1	0,5	0,8	0,5	0,6	2,3	2,4	2,4	5,6	5,2	5,3	4,8	4,5	4,7
	B23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	1,1	1,0	1,5	4,6	4,1	4,6	5,1	4,6	4,7
P ₈	Ap	0,8	0,7	1,2	0,6	0,7	0,8	1,8	1,9	1,7	4,8	5,0	4,2	5,4	5,4	5,1
	B21	0,2	0,4	0,2	0,6	0,7	0,4	1,9	2,3	1,9	5,3	6,2	5,8	6,0	6,1	6,0
	B22	0,2	0,4	0,7	0,3	0,4	0,6	1,4	1,5	1,4	4,7	4,8	5,4	4,9	5,0	5,3
	B23	0,7	0,3	0,1	1,3	0,3	0,3	2,0	1,4	1,3	5,3	4,8	4,7	5,8	5,0	5,4
P ₉	Ap	0,8	1,0	0,1	0,6	0,7	0,5	1,6	1,4	1,5	4,2	4,2	3,8	5,2	5,7	4,9
	B21	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,6	2,1	1,7	2,1	6,0	5,5	5,5	5,9	5,4	5,2
	B22	0,2	0,1	0,2	0,5	0,3	0,2	1,3	1,1	1,2	4,0	2,9	3,8	4,0	3,1	4,2
	B23	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3	1,4	1,4	1,5	4,5	4,5	4,1	4,9	5,1	4,7
P ₁₀	Ap	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,8	1,6	1,5	1,6	4,5	4,3	4,6	4,7	4,6	4,6
	B21	0,4	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	1,3	1,2	1,2	4,0	4,1	3,5	3,8	3,8	3,8
	B22	0,2	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	1,4	1,4	1,2	4,0	3,7	4,0	4,5	4,3	4,4
	B23	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	1,5	1,6	1,6	4,6	4,6	4,5	5,0	5,3	5,2
P ₁₁	Ap	0,4	0,2	0,2	0,6	0,3	0,6	2,3	1,8	2,2	4,5	4,8	5,4	4,7	4,6	4,9
	B21	0,2	0,1	0,0	0,3	0,4	0,3	1,5	1,3	1,1	4,6	4,3	4,1	4,6	4,4	4,6
	B22	0,0	0,5	0,3	0,2	0,4	0,5	2,2	1,7	1,6	6,9	5,5	5,6	6,2	6,3	6,5
	B23	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	1,4	1,7	1,7	4,2	6,1	6,2	4,7	7,4	7,2
P ₁₂	Ap	0,3	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	2,0	2,4	2,1	5,7	6,4	5,3	5,5	5,5	5,0
	B21	0,3	0,6	0,2	0,3	1,0	0,3	2,0	1,3	1,5	3,5	4,5	4,4	4,0	5,0	3,8
	B22	0,1	0,1	0,2	0,4	0,3	0,5	1,6	1,4	1,3	4,1	4,2	4,0	4,7	5,0	4,7
	B23	0,3	0,2	0,1	0,7	0,6	0,5	2,1	2,0	1,9	6,1	5,7	5,9	6,8	6,8	6,9

Apêndice 2 - Caracterização física (% silte e argila) dos perfis de solo estudados.

Per fil	Hori- zonte	Silte (0,05 - 0,002 mm)			Argila (<0,002 mm)		
		Repetição			Repetição		
		1	2	3	1	2	3
P1	Ap	34,6	33,9	36,4	44	45	42
	C/R	33,6	32,4	34,5	38	38	37
P2	Ap	35,3	32,3	31,0	39	39	41
	C/R	29,4	31,9	28,9	45	43	45
P3	Ap	34,2	31,1	33,1	41	41	41
	C/R	26,9	26,9	27,9	37	37	36
P4	Ap	25,3	22,7	20,8	63	61	63
	B21	7,5	9,6	8,4	82	80	82
	B22	13,1	13,5	12,7	76	76	76
	B23	19,9	19,4	19,1	67	68	67
P5	Ap	26,8	27,9	23,8	57	55	60
	B21	18,6	28,1	21,5	68	59	66
	B22	18,4	27,9	24,5	68	58	62
	B23	25,2	21,7	22,4	58	61	62
P6	Ap	25,0	26,7	24,4	59	58	59
	B21	10,5	12,1	11,6	80	79	79
	B22	10,2	12,1	10,9	80	78	79
	B23	17,2	19,2	18,4	72	70	71
P7	Ap	21,6	31,5	27,4	65	51	55
	B21	28,8	23,9	27,7	55	60	57
	B22	22,3	23,3	21,5	64	64	65
	B23	15,8	17,0	18,6	73	73	70
P8	Ap	23,6	26,3	20,0	63	60	67
	B21	27,0	23,3	18,7	59	61	67
	B22	14,9	16,9	13,6	74	71	73
	B23	13,9	19,2	16,2	71	69	72
P9	Ap	21,6	26,3	17,2	66	61	72
	B21	24,5	27,5	20,1	61	59	66
	B22	18,0	21,5	16,4	72	71	74
	B23	19,8	17,3	18,8	69	71	70
P10	Ap	22,6	23,8	20,7	66	65	68
	B21	25,1	18,4	19,8	65	72	71
	B22	26,5	19,8	21,8	63	70	68
	B23	20,3	20,0	16,0	68	68	72
P11	Ap	23,5	21,3	19,7	64	67	67
	B21	14,8	16,5	16,9	74	73	73
	B22	14,5	12,6	13,5	70	73	72
	B23	21,3	14,2	24,3	68	70	60
P12	Ap	27,1	25,7	28,5	59	59	58
	B21	21,9	24,6	12,8	68	63	77
	B22	21,1	19,0	19,3	68	70	70
	B23	12,0	18,7	16,7	72	66	68

Apêndice 3 - Valores da densidade do solo (g/cm^3), porosidade total (%), macroporosidade (%) e microporosidade (%) para os perfis de solo estudados.

Per fil	Hori- zonte	Densidade do Solo (g/cm^3)			Porosidade Total			Macroporosidade			Microporosidade		
		Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P ₁	Ap	1,42	1,43	1,41	50,35	50,00	50,70	9,88	9,10	10,66	40,47	40,90	40,04
	C/R	1,37	1,36	1,37	53,72	54,05	53,72	13,30	14,20	14,4	40,42	49,85	33,32
P ₂	Ap	1,38	1,36	1,37	48,31	49,06	48,69	8,98	10,03	10,33	39,33	39,03	38,36
	C/R	1,36	1,35	1,35	45,60	46,00	46,00	7,25	7,93	6,71	38,35	38,07	39,29
P ₃	Ap	1,31	1,30	1,34	50,94	51,31	49,81	5,88	12,96	5,72	45,06	38,35	44,09
	C/R	1,33	1,32	1,34	55,07	55,41	54,73	8,25	10,53	8,37	46,02	44,88	46,36
P ₄	Ap	1,26	1,23	1,19	57,43	58,45	59,80	17,36	18,35	21,01	40,07	40,10	38,79
	B21	1,43	1,43	1,44	51,69	51,69	51,35	1,64	4,36	2,97	50,05	47,33	48,38
	B22	1,14	1,16	1,13	61,49	60,81	61,82	20,11	12,44	20,69	41,38	48,37	41,13
	B23	1,17	1,02	1,16	60,47	65,54	66,81	15,19	23,11	15,11	45,28	42,43	45,70
P ₅	Ap	1,26	1,32	1,35	55,94	53,85	52,80	13,10	13,99	11,35	42,84	39,86	41,45
	B21	1,35	1,29	1,38	52,80	54,90	51,75	4,87	7,56	3,73	47,93	47,34	48,02
	B22	1,18	1,27	1,27	59,31	56,21	56,21	17,30	7,95	7,44	42,01	48,26	48,77
	B23	1,15	1,28	1,27	61,15	56,76	57,09	13,42	8,63	11,62	47,73	48,13	45,47
P ₆	Ap	1,25	1,39	1,36	57,77	53,04	54,05	18,52	9,53	12,98	39,25	43,51	41,07
	B21	1,36	1,34	1,39	53,10	53,79	52,07	4,68	6,22	2,03	48,42	47,57	50,04
	B22	1,32	1,34	1,33	54,48	53,79	54,14	7,62	5,55	8,52	46,86	48,24	45,62
	B23	1,24	1,19	1,21	57,24	58,97	58,28	9,87	15,65	11,09	47,37	43,32	47,19
P ₇	Ap	1,42	1,37	1,40	51,37	53,08	52,05	5,36	6,64	4,45	46,01	46,44	47,60
	B21	1,31	1,32	1,37	55,44	55,10	53,40	5,53	11,14	4,96	49,91	43,96	46,44
	B22	1,47	1,52	1,30	51,04	47,22	54,86	6,65	3,14	7,28	44,39	44,08	47,58
	B23	1,11	1,05	1,14	62,50	64,53	61,49	14,99	24,42	22,84	47,51	40,11	38,65
P ₈	Ap	1,35	1,38	1,33	54,39	53,88	55,07	5,65	6,87	1,20	48,74	46,51	53,87
	B21	1,22	1,25	1,27	57,34	56,29	55,59	17,20	13,04	14,31	40,14	43,25	41,28
	B22	1,21	1,23	1,14	57,69	56,99	60,14	15,46	13,57	19,33	42,23	43,42	40,81
	B23	1,10	1,16	1,14	62,84	60,81	61,49	24,13	17,66	21,13	39,71	43,15	40,36
P ₉	Ap	1,50	1,50	1,44	49,32	49,32	51,35	4,47	7,47	8,29	44,82	41,85	43,06
	B21	1,26	1,28	1,31	57,43	56,76	55,74	18,37	14,52	14,34	39,06	42,24	41,40
	B22	1,21	1,09	1,13	59,12	63,18	61,82	15,56	18,82	16,85	43,56	44,36	44,97
	B23	1,13	1,12	1,14	60,49	60,84	60,14	20,04	18,17	15,00	40,45	42,67	45,14
P ₁₀	Ap	1,32	1,19	1,20	53,85	58,39	58,04	7,78	14,60	15,56	46,07	43,79	42,48
	B21	1,21	1,18	1,09	57,69	58,74	61,89	9,65	11,89	18,94	48,04	46,85	42,95
	B22	1,05	1,11	1,07	64,04	61,99	63,36	20,36	17,26	21,20	43,68	44,73	32,16
	B23	1,07	1,06	1,00	63,36	63,70	65,75	22,27	21,51	25,05	41,09	42,19	40,70
P ₁₁	Ap	1,32	1,30	1,39	54,79	55,48	52,40	10,31	14,27	8,06	44,48	41,21	44,34
	B21	1,25	1,37	1,17	57,19	53,08	59,93	10,94	5,95	18,86	46,25	47,13	41,07
	B22	1,21	1,21	1,15	58,56	58,56	60,62	13,91	12,82	18,41	44,65	45,74	42,21
	B23	1,15	1,21	1,19	60,62	58,56	59,25	18,99	13,79	16,89	41,63	44,77	42,36
P ₁₂	Ap	1,19	1,31	1,31	59,52	55,44	55,44	13,59	13,52	9,07	45,93	41,92	46,37
	B21	1,27	1,28	1,28	56,80	56,46	56,46	13,49	13,32	11,28	43,31	43,14	45,18
	B22	1,19	1,13	1,16	58,97	61,03	60,00	15,30	19,78	18,59	43,67	41,25	41,41
	B23	1,17	1,17	1,13	59,66	59,66	61,03	18,59	19,06	17,52	41,07	40,60	43,51

Apêndice 4 - Valores da retenção de água, em porcentagem, às tensões de 0,00025MPa; 0,001MPa; 0,003MPa; 0,006MPa e 0,01MPa, para os perfis de solo estudados.

Perfil		Retenção de água (%)														
		0,00025MPa			0,001 MPa			0,003 MPa			0,006 MPa			0,01 MPa		
		Repetição			Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
Horizonte		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P ₁	Ap	53,2	52,3	52,2	50,1	49,9	49,0	36,4	37,8	37,7	35,9	34,0	33,5	30,8	31,5	31,4
	C/R	48,5	51,0	48,3	45,5	46,1	44,8	37,4	37,5	35,7	33,5	34,3	32,4	31,9	31,9	31,2
P ₂	Ap	67,0	56,1	65,4	64,3	50,8	62,8	53,0	37,8	37,2	48,8	33,0	36,6	40,2	32,2	35,2
	C/R	58,7	57,8	58,0	54,7	53,2	54,0	47,3	42,7	45,3	42,2	41,8	42,0	38,1	37,4	37,9
P ₃	Ap	54,5	55,0	58,0	48,0	50,7	54,4	30,3	33,4	36,8	30,1	32,6	34,0	30,6	30,7	31,5
	C/R	51,3	51,5	51,8	47,2	47,9	47,0	36,1	36,2	45,9	33,1	35,7	37,2	30,9	30,7	30,8
P ₄	Ap	41,1	43,6	44,6	40,2	42,7	41,1	37,2	34,7	35,4	31,8	32,6	32,6	30,8	31,3	30,8
	B21	35,5	34,7	34,8	35,1	33,5	34,3	35,1	33,4	34,2	35,0	33,1	33,6	34,3	32,9	33,5
	B22	45,9	47,1	46,5	41,3	46,6	42,8	36,8	44,0	37,3	36,3	41,7	36,4	35,2	36,9	35,6
	B23	43,5	55,9	44,4	41,3	51,9	41,7	40,1	42,6	40,6	38,7	41,6	39,4	36,5	38,6	36,5
P ₅	Ap	37,5	36,9	36,3	37,0	36,3	33,2	35,8	31,5	31,8	34,0	30,2	30,7	33,4	29,6	29,4
	B21	36,9	38,5	35,5	37,3	38,8	35,2	36,0	37,5	35,0	35,5	36,7	34,8	34,9	36,7	34,3
	B22	43,4	40,4	39,8	40,3	39,9	39,3	36,6	39,1	38,5	35,6	38,0	38,4	34,3	37,6	36,8
	B23	46,4	40,1	40,4	45,5	39,7	39,1	42,7	39,3	37,1	41,5	37,6	35,8	38,4	35,8	34,8
P ₆	Ap	38,8	35,2	38,1	36,2	33,1	35,3	32,9	32,2	31,2	31,4	31,3	30,2	30,5	30,7	29,2
	B21	37,3	37,1	36,9	36,0	36,0	36,5	35,8	35,7	36,1	35,6	35,5	36,0	35,3	35,4	35,7
	B22	38,1	37,7	37,3	36,8	37,2	35,9	35,9	36,4	34,9	35,5	36,0	34,3	35,0	35,2	33,8
	B23	41,8	43,8	43,4	40,0	41,8	41,4	39,1	37,3	40,0	38,2	36,4	39,0	36,1	35,4	37,4
P ₇	Ap	34,2	36,9	35,6	33,2	35,7	35,2	32,9	34,8	34,8	32,4	33,9	34,0	31,4	31,6	32,9
	B21	44,7	38,2	36,2	42,0	37,2	35,5	39,7	35,1	35,0	38,1	33,3	33,9	36,2	32,1	32,2
	B22	34,6	31,7	40,6	32,6	30,6	39,8	31,5	29,5	38,6	30,2	29,0	36,6	29,2	28,2	34,4
	B23	50,9	54,0	44,4	49,7	52,5	44,3	47,6	47,7	37,9	42,8	38,2	33,9	37,5	35,4	36,4
P ₈	Ap	38,7	35,9	44,5	38,0	34,8	43,0	37,1	34,4	42,2	36,1	33,7	40,5	34,7	32,1	38,9
	B21	40,4	41,3	37,6	38,3	39,8	35,4	34,6	36,3	33,7	32,9	34,6	32,5	32,0	32,7	31,4
	B22	41,6	41,4	40,8	39,3	39,2	39,4	37,9	38,3	37,9	34,9	35,3	35,8	32,9	34,5	34,1
	B23	43,5	45,5	48,9	42,6	39,9	44,4	40,1	39,0	42,7	36,1	37,2	35,4	34,3	34,3	33,7
P ₉	Ap	32,0	25,5	29,6	31,3	28,7	32,5	30,6	28,2	30,8	29,9	27,9	29,9	29,3	27,4	29,3
	B21	39,5	38,3	37,9	36,6	36,4	35,9	32,6	35,1	33,4	31,0	33,0	31,6	29,5	30,0	30,7
	B22	43,4	51,9	48,1	40,9	50,2	46,6	37,7	43,9	44,8	36,0	40,7	39,8	34,0	37,8	37,4
	B23	46,4	47,8	49,5	43,5	47,0	45,0	37,2	44,6	42,4	35,8	38,1	39,6	34,3	36,4	37,3
P ₁₀	Ap	37,5	47,7	43,4	36,6	43,4	41,3	35,8	38,2	38,4	34,9	36,8	35,4	34,1	35,4	33,9
	B21	46,8	47,4	52,2	45,1	46,0	46,5	43,9	43,4	42,9	39,7	39,7	39,4	37,5	37,6	36,9
	B22	57,2	52,7	50,2	54,2	48,8	47,3	44,2	44,0	44,9	41,6	40,3	39,4	38,0	37,9	35,8
	B23	53,1	57,6	61,6	51,7	51,4	54,8	41,9	43,9	44,9	38,4	39,8	40,7	36,7	36,8	37,3
P ₁₁	Ap	33,9	32,6	35,1	36,2	35,1	34,5	34,7	33,3	33,4	33,7	31,7	31,9	29,8	29,9	30,2
	B21	42,2	37,1	45,3	41,0	35,9	42,4	39,1	35,2	37,0	37,0	34,4	35,1	35,9	33,3	33,4
	B22	43,4	43,3	45,0	43,1	41,2	42,5	40,5	39,5	37,9	36,9	37,8	36,7	34,8	34,1	34,6
	B23	44,0	44,2	44,5	43,7	41,0	41,4	39,6	40,0	37,1	36,2	37,0	35,6	34,8	35,0	33,8
P ₁₂	Ap	42,2	38,1	38,6	41,8	36,8	37,8	41,3	33,6	37,0	38,6	32,0	35,4	35,3	31,0	33,6
	B21	41,8	39,6	40,9	40,3	37,5	39,1	34,5	34,7	37,0	34,1	33,7	35,3	32,9	32,4	34,2
	B22	45,6	49,9	45,7	43,7	46,2	45,1	40,2	39,8	38,2	36,7	36,5	35,7	34,8	34,2	34,9
	B23	42,0	43,8	47,3	41,5	41,0	45,2	37,9	39,0	43,0	35,1	34,7	38,5	33,5	33,1	35,0

Apêndice 5 - Valores da retenção de água, em porcentagem, às tensões de 0,033MPa; 0,1MPa; 0,3MPa e 1,5MPa, para os perfis de solo estudados.

Perfil	Horizonte	Retenção de Água (%)											
		0,033 MPa			0,1 MPa			0,3 MPa			1,5 MPa		
		Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P1	Ap	28,5	28,6	28,4	26,7	26,8	26,4	24,3	24,4	24,3	21,6	21,6	21,5
	C/R	29,5	29,3	28,7	28,1	28,3	26,9	25,8	26,0	25,6	23,1	22,8	21,9
P2	Ap	28,5	28,7	28,0	26,8	27,0	26,3	24,6	24,7	24,5	21,9	22,0	21,5
	C/R	35,2	34,0	34,6	33,4	31,5	32,3	30,8	30,2	30,5	27,4	26,2	26,9
P3	Ap	28,2	28,2	28,1	26,8	27,2	28,2	25,2	26,1	26,0	23,2	23,5	24,8
	C/R	34,4	28,5	32,9	32,2	27,6	31,2	29,8	23,8	28,8	23,3	23,8	23,8
P4	Ap	29,9	29,7	29,1	28,6	28,8	28,2	27,9	27,0	26,8	25,5	25,1	24,4
	B21	33,9	32,8	33,3	33,2	32,3	32,6	32,5	31,4	32,0	29,8	28,4	29,8
	B22	34,3	35,5	35,1	33,0	34,0	33,7	31,9	33,1	32,3	28,7	30,0	29,1
	B23	34,6	36,1	35,1	32,9	33,8	33,4	31,1	31,9	31,5	28,0	28,7	28,4
P5	Ap	31,6	28,6	28,7	30,5	27,6	27,3	29,8	26,7	25,8	27,3	24,5	23,5
	B21	34,0	36,6	33,9	33,3	35,3	33,1	32,0	32,9	31,8	29,2	30,0	29,1
	B22	33,1	35,2	35,8	32,0	33,9	34,4	30,3	31,9	32,8	27,4	29,2	30,0
	B23	34,6	33,9	33,4	32,4	32,2	32,0	30,3	30,6	30,6	27,3	27,9	28,1
P6	Ap	29,4	29,8	28,2	28,2	28,7	27,2	27,0	27,3	25,9	24,6	24,9	23,7
	B21	35,0	35,1	35,5	34,4	34,5	35,0	33,4	33,6	33,9	30,4	30,5	30,8
	B22	34,3	34,6	33,2	33,3	33,7	32,3	32,1	32,5	31,1	29,2	29,6	28,2
	B23	34,2	34,4	35,1	32,6	32,9	33,2	31,2	31,5	31,6	28,4	28,2	28,5
P7	Ap	29,1	29,5	30,7	27,7	27,8	28,6	25,8	26,2	26,7	23,6	24,1	24,5
	B21	34,6	30,6	30,7	33,1	28,6	28,7	31,5	26,8	19,6	29,3	24,1	24,6
	B22	28,4	27,5	33,5	27,4	26,8	31,8	26,2	26,0	30,4	24,1	24,2	27,7
	B23	34,5	32,8	27,8	32,5	30,8	26,2	30,9	29,2	24,1	27,7	25,8	21,0
P8	Ap	32,8	30,4	37,2	30,6	28,5	35,2	28,9	26,6	33,2	26,6	24,1	30,5
	B21	30,9	31,4	30,0	29,8	30,0	29,0	28,4	28,0	27,6	25,8	25,5	25,2
	B22	31,2	32,7	32,3	30,2	31,4	31,0	29,1	30,3	29,6	26,6	27,5	26,9
	B23	32,6	32,0	31,9	30,8	30,2	30,7	29,2	28,9	29,5	24,4	26,2	28,5
P9	Ap	28,3	26,7	28,4	27,2	26,0	27,6	25,9	25,2	26,5	23,8	23,3	24,4
	B21	28,3	28,7	29,3	27,3	27,4	28,4	26,0	25,9	27,1	23,5	23,6	24,9
	B22	32,0	35,5	35,3	30,8	33,7	33,2	29,5	32,2	31,8	24,8	29,3	29,1
	B23	33,7	34,5	34,9	32,5	33,4	33,2	31,0	31,4	31,9	28,0	28,5	28,6
P10	Ap	32,9	33,7	32,5	31,0	31,3	30,8	29,2	29,3	29,1	26,7	26,5	26,4
	B21	35,4	35,9	35,4	33,9	34,1	33,6	32,8	32,8	32,1	30,0	29,9	29,1
	B22	34,6	35,5	34,1	32,6	33,2	32,1	30,6	31,3	30,5	27,7	28,3	27,4
	B23	34,1	34,4	34,9	32,2	32,4	33,0	30,8	30,5	30,7	27,7	27,3	27,3
P11	Ap	28,3	28,2	29,2	26,9	27,1	27,7	25,6	25,7	26,4	23,4	23,6	24,2
	B21	34,7	32,4	32,0	33,6	31,5	30,9	31,9	30,6	29,9	29,8	28,3	28,4
	B22	33,2	32,8	32,9	31,9	30,8	31,5	30,1	29,1	30,7	27,4	26,6	27,5
	B23	32,3	32,3	32,0	30,3	30,5	30,6	28,8	29,1	29,2	24,1	24,4	24,4
P12	Ap	32,6	29,5	31,8	30,4	28,1	30,1	28,3	27,8	28,2	25,2	25,0	25,6
	B21	32,1	31,4	32,1	31,2	30,6	31,2	29,8	30,0	30,0	27,5	28,5	27,5
	B22	32,9	32,3	33,3	31,2	31,0	32,2	30,6	29,8	31,4	27,9	28,5	28,1
	B23	31,3	30,9	32,5	29,6	29,6	30,6	28,4	28,4	28,8	25,9	26,0	26,0

Apêndice 6 - Valores do pH (água e KCl), Ca, Mg e K (em meq/100g) para os perfis de solo estudados.

Perfil	pH (1:2,5)						Ca			Mg			K		
	Água			KCl			(meq / 100 g)								
	Repetição			Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
Horizonte	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P1 Ap	6,05	6,00	6,00	4,80	4,85	4,85	7,50	6,80	6,87	2,07	1,98	1,98	0,29	0,18	0,22
C/R	6,15	6,10	6,05	4,80	4,80	4,80	11,25	11,20	11,25	2,32	2,20	2,29	0,09	0,09	0,09
P2 Ap	5,85	5,90	5,80	4,70	4,70	4,70	8,12	7,50	8,12	3,18	3,17	3,17	0,10	0,10	0,10
C/R	5,70	5,70	5,65	4,50	4,55	4,55	6,25	6,12	6,25	2,57	2,49	2,51	0,07	0,06	0,07
P3 Ap	5,95	6,00	6,05	4,80	4,80	4,80	8,12	7,50	7,50	2,03	1,95	2,03	0,26	0,26	0,26
C/R	6,05	6,05	6,05	4,80	4,80	4,80	11,25	11,25	11,25	2,29	2,27	2,22	0,10	0,09	0,09
P4 Ap	6,00	6,00	6,00	4,90	4,90	4,90	4,75	4,60	4,68	2,12	2,05	2,07	0,25	0,25	0,29
B21	5,35	5,40	5,40	4,50	4,50	4,50	4,50	4,18	4,31	1,44	1,37	1,32	0,04	0,04	0,04
B22	4,95	4,95	4,85	4,00	4,00	4,00	1,93	1,87	1,93	0,95	0,68	0,93	0,04	0,04	0,04
B23	4,75	4,85	4,80	4,00	4,00	4,00	0,37	0,37	0,43	0,49	0,44	0,46	0,02	0,03	0,02
P5 Ap	6,50	6,50	6,50	5,45	5,45	5,40	6,00	5,80	5,75	2,42	2,34	2,29	0,53	0,53	0,51
B21	6,25	6,20	6,20	5,15	5,15	5,14	6,00	5,80	5,87	1,71	1,71	1,63	0,29	0,29	0,27
B22	6,40	6,30	6,40	5,50	5,50	5,50	5,25	5,06	5,12	1,73	1,63	1,66	0,06	0,06	0,06
B23	6,60	6,55	6,60	5,80	5,75	5,75	3,62	3,56	3,56	2,34	2,29	2,32	0,05	0,05	0,05
P6 Ap	6,20	6,20	6,15	5,10	5,10	5,10	5,37	5,37	5,43	2,00	2,00	1,98	0,38	0,40	0,40
B21	6,00	6,05	6,05	5,10	5,10	5,10	5,75	5,68	5,75	1,44	1,46	1,46	0,05	0,05	0,05
B22	5,90	5,80	5,90	5,05	5,05	5,05	4,56	4,56	4,56	1,46	1,46	1,44	0,04	0,04	0,03
B23	5,25	5,25	5,25	4,20	4,20	5,20	2,18	2,12	2,12	1,29	1,22	1,24	0,03	0,04	0,03
P7 Ap	5,40	5,35	5,35	4,45	4,40	4,45	3,50	3,31	3,43	1,22	1,15	1,19	0,13	0,13	0,14
B21	5,15	5,25	5,20	4,30	4,30	4,30	3,81	3,75	3,81	0,56	0,66	0,66	0,04	0,03	0,03
B22	5,20	5,20	5,30	4,30	4,30	4,30	3,37	3,18	3,37	0,75	0,73	0,75	0,04	0,04	0,03
B23	5,00	5,00	5,00	4,05	4,03	4,05	2,12	2,00	2,12	0,44	0,41	0,44	0,04	0,04	0,04
P8 Ap	5,40	5,45	5,45	4,55	4,55	4,55	4,18	3,93	4,25	1,46	1,34	1,46	0,14	0,15	0,16
B21	5,25	5,25	5,25	4,35	4,35	4,35	4,06	4,00	4,25	0,58	0,56	0,61	0,03	0,03	0,04
B22	5,65	5,60	5,70	4,80	4,80	4,80	4,31	4,12	4,31	0,70	0,68	0,70	0,03	0,03	0,03
B23	5,25	5,20	5,25	4,30	4,25	4,25	2,87	2,75	2,81	0,41	0,36	0,39	0,02	0,03	0,03
P9 Ap	5,55	5,50	5,50	4,60	4,60	4,60	4,12	4,00	4,18	1,54	1,44	1,51	0,24	0,24	0,29
B21	5,10	5,10	5,10	4,20	4,20	4,20	3,75	3,75	3,75	0,63	0,63	0,63	0,04	0,05	0,04
B22	5,75	5,75	5,75	4,95	4,95	4,95	4,56	4,43	4,43	0,97	0,93	0,97	0,04	0,03	0,03
B23	5,85	5,90	5,80	5,00	5,00	5,00	4,12	4,06	4,06	1,22	1,19	1,19	0,05	0,06	0,05
P10 Ap	5,70	5,80	5,75	4,75	4,75	4,75	5,00	4,87	5,00	1,40	1,37	1,34	0,08	0,09	0,08
B21	5,95	6,00	6,00	5,10	5,10	5,05	5,68	5,80	5,56	0,97	0,97	1,10	0,03	0,03	0,03
B22	6,15	6,25	6,25	5,35	5,35	5,30	5,50	5,37	5,56	1,09	1,07	1,10	0,05	0,03	0,03
B23	6,50	6,40	6,45	5,65	5,60	5,60	4,43	4,50	4,50	1,44	1,46	1,49	0,02	0,03	0,03
P11 Ap	5,70	5,75	5,70	4,65	4,65	4,65	4,43	4,31	4,37	1,27	1,22	1,22	0,08	0,08	0,08
B21	6,15	6,05	6,05	5,15	5,15	5,15	5,43	5,37	5,50	1,15	0,88	0,93	0,02	0,02	0,02
B22	5,20	5,25	5,25	4,30	4,25	4,30	3,30	3,31	3,37	0,63	0,63	0,66	0,02	0,03	0,03
B23	5,45	5,35	5,40	4,40	4,40	4,40	2,30	2,31	2,37	0,97	0,97	0,97	0,02	0,03	0,03
P12 Ap	5,30	5,30	5,30	4,30	4,30	4,25	3,12	3,25	3,25	1,12	1,15	1,17	0,02	0,09	0,08
B21	6,00	5,85	5,95	5,05	5,05	5,05	4,80	5,12	5,06	1,19	1,17	1,24	0,02	0,02	0,02
B22	6,20	6,20	6,10	5,20	5,20	5,20	5,12	5,12	5,25	1,07	1,17	1,17	0,02	0,02	0,02
B23	6,40	6,40	6,30	5,60	5,60	5,60	4,30	4,50	4,56	1,00	1,05	1,05	0,02	0,02	0,02

Apêndice 7 - Valores de H, Al, PO_4^{3-} e S (em meq/100g) para os perfis de solo estudados.

Perfil		H			Al			PO_4^{3-} (meq / 100 g)			S		
Hori- zonte		Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P1	Ap	2,98	3,76	3,76	0,16	0,08	0,08	0,04	0,04	0,05	9,86	8,96	9,07
	C/R	3,76	3,68	3,92	0,08	0,16	0,08	0,05	0,06	0,06	13,66	13,49	13,63
P2	Ap	4,16	5,04	4,64	0,16	0,08	0,16	0,07	0,07	0,06	11,40	10,77	11,39
	C/R	4,54	4,64	4,88	0,10	0,16	0,08	0,01	0,01	0,02	8,89	8,67	8,83
P3	Ap	3,92	4,00	3,76	0,08	0,16	0,08	0,05	0,05	0,05	10,65	9,71	9,79
	C/R	4,00	4,24	4,08	0,16	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05	13,64	13,61	13,56
P4	Ap	3,60	3,76	4,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,13	0,13	7,12	6,90	7,04
	B21	3,60	3,52	3,76	0,24	0,32	0,24	0,05	0,04	0,04	5,98	5,59	5,67
	B22	3,52	4,24	4,48	1,60	1,68	1,60	0,05	0,06	0,06	2,92	2,59	2,90
	B23	4,76	4,00	4,40	2,16	2,08	2,16	0,04	0,03	0,04	0,88	0,84	0,91
P5	Ap	2,32	2,64	2,80	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	8,95	8,67	8,55
	B21	2,40	2,80	2,64	0,16	0,08	0,08	0,03	0,04	0,04	8,00	7,80	7,77
	B22	2,00	1,92	2,00	0,08	0,16	0,08	0,08	0,07	0,07	7,04	6,75	6,84
	B23	1,36	1,52	1,68	0,08	0,08	0,08	0,03	0,03	0,04	6,01	5,90	5,93
P6	Ap	3,28	3,28	3,28	0,08	0,08	0,08	0,10	0,12	0,10	7,75	7,77	7,81
	B21	2,32	2,72	2,48	0,08	0,16	0,08	0,03	0,03	0,03	7,24	7,19	7,26
	B22	2,56	2,96	2,48	0,16	0,08	0,08	0,04	0,05	0,05	6,06	6,06	6,03
	B23	3,60	3,36	3,68	0,88	0,96	0,96	0,03	0,03	0,03	3,50	3,38	3,39
P7	Ap	4,00	3,68	4,08	0,32	0,24	0,24	0,18	0,18	0,17	4,85	4,59	4,76
	B21	4,24	4,16	4,40	0,24	0,32	0,24	0,03	0,03	0,03	4,41	4,44	4,50
	B22	3,52	3,92	3,92	0,48	0,40	0,40	0,03	0,03	0,03	4,16	3,95	4,15
	B23	3,92	3,92	4,96	1,20	1,20	1,36	0,02	0,03	0,03	2,60	2,45	2,60
P8	Ap	3,92	4,40	4,56	0,24	0,24	0,16	0,11	0,11	0,12	5,78	5,42	5,87
	B21	4,00	4,32	4,48	0,32	0,32	0,32	0,03	0,03	0,03	4,67	4,59	4,90
	B22	2,80	2,96	4,64	0,08	0,08	0,16	0,02	0,02	0,03	5,04	4,83	5,04
	B23	3,36	3,76	3,92	0,64	0,56	0,56	0,02	0,02	0,02	3,30	3,14	3,23
P9	Ap	3,84	3,92	4,32	0,16	0,24	0,16	0,11	0,10	0,11	5,90	5,68	5,98
	B21	3,76	4,16	4,08	0,40	0,48	0,40	0,02	0,01	0,02	4,42	4,43	4,42
	B22	2,56	2,80	2,72	0,16	0,08	0,16	0,02	0,02	0,02	5,57	5,39	5,43
	B23	2,64	2,88	2,96	0,08	0,16	0,08	0,01	0,02	0,02	5,99	5,31	5,30
P10	Ap	2,88	3,28	3,52	0,16	0,08	0,16	0,04	0,04	0,04	6,48	6,33	6,42
	B21	2,12	2,48	2,32	0,08	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	6,68	6,50	6,69
	B22	2,12	2,32	2,48	0,08	0,08	0,08	0,02	0,02	0,02	6,64	6,47	6,69
	B23	1,68	1,84	2,00	0,08	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	5,89	5,99	6,02
P11	Ap	3,36	3,44	3,52	0,16	0,08	0,16	0,04	0,04	0,03	5,78	5,61	5,67
	B21	2,48	2,80	2,80	0,08	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	6,60	6,27	6,45
	B22	3,92	4,32	4,32	0,56	0,16	0,48	0,01	0,01	0,01	3,95	3,97	4,06
	B23	3,12	3,04	3,60	0,40	0,40	0,40	0,01	0,01	0,01	3,29	3,31	3,37
P12	Ap	4,08	4,16	4,40	0,40	0,32	0,40	0,07	0,07	0,07	4,32	4,49	4,50
	B21	2,32	2,64	2,48	0,08	0,08	0,08	0,01	0,01	0,01	6,01	6,41	6,32
	B22	2,48	2,32	2,48	0,08	0,08	0,08	0,01	0,02	0,02	6,21	6,31	6,44
	B23	1,52	1,84	2,00	0,08	0,08	0,08	0,02	0,01	0,01	5,32	5,57	5,63

Apendice B - Valores da CTC (meq/100g) e de M.O., V_m (%) para os perfis de solo estudados.

Perfil	Horizonte	CTC (meq/100g)			M.O.			V (%)			m		
		Repetição			Repetição			Repetição			Repetição		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P1	Ap	13,48	12,80	12,91	2,8	3,1	2,8	73	70	70	2	1	1
	C/R	17,50	17,33	17,63	2,9	2,8	2,8	78	78	77	1	1	1
P2	Ap	15,72	15,89	16,19	3,8	3,8	3,7	73	68	70	1	1	1
	C/R	13,53	13,47	13,79	3,0	3,1	3,0	66	64	64	1	2	1
P3	Ap	14,65	13,87	13,63	2,7	2,9	2,9	73	70	72	1	2	1
	C/R	17,80	17,93	17,72	2,9	2,9	2,8	77	76	77	1	1	1
P4	Ap	10,80	10,74	11,20	2,5	2,6	2,1	66	64	63	1	1	1
	B21	9,82	9,43	9,67	1,6	1,4	1,3	61	59	59	4	5	4
	B22	8,04	8,51	8,98	1,0	1,1	1,2	36	30	32	35	39	35
	B23	7,80	6,92	7,47	0,9	0,8	0,9	11	12	12	71	71	70
P5	Ap	11,35	11,39	11,43	2,4	2,4	2,4	77	76	75	1	1	1
	B21	10,56	10,68	10,49	1,5	1,5	1,9	76	73	74	2	1	1
	B22	9,12	8,83	8,92	0,8	0,7	1,5	77	76	77	1	2	1
	B23	7,45	7,50	7,69	0,7	0,6	0,8	81	79	77	1	1	1
P6	Ap	11,11	11,13	11,17	2,5	2,5	2,4	70	70	70	1	1	1
	B21	9,64	10,07	9,82	1,4	1,4	1,3	75	71	74	1	2	1
	B22	8,78	9,10	8,59	1,0	1,0	1,0	69	67	70	3	1	1
	B23	7,98	7,22	8,03	0,8	0,9	0,8	44	47	42	20	22	11
P7	Ap	9,17	9,31	9,08	2,1	2,2	1,9	53	49	52	6	5	5
	B21	8,89	8,92	8,98	2,0	2,1	2,0	50	50	50	5	7	5
	B22	8,16	8,27	8,47	1,5	1,5	1,0	51	48	49	10	9	9
	B23	7,72	7,57	8,04	1,1	1,2	1,1	34	32	32	32	33	34
P8	Ap	9,94	10,06	10,51	2,6	2,6	2,5	58	54	56	4	4	3
	B21	8,99	9,23	9,70	2,6	2,2	2,0	52	50	51	6	7	6
	B22	7,92	7,87	9,84	1,4	1,4	1,3	64	61	51	2	2	3
	B23	7,30	7,46	7,71	1,2	1,0	1,2	45	42	42	16	15	15
P9	Ap	9,90	9,84	10,46	2,3	2,4	2,5	60	58	57	3	4	3
	B21	8,58	9,07	8,90	1,8	1,8	1,8	51	49	50	8	10	8
	B22	8,29	8,27	8,31	1,2	0,9	1,2	67	65	65	3	1	3
	B23	8,71	8,35	8,34	1,2	1,0	1,1	69	64	64	1	3	2
P10	Ap	9,52	9,69	10,01	1,9	1,8	1,8	68	65	64	2	1	2
	B21	8,88	9,06	9,09	1,3	1,3	1,3	75	72	74	1	1	1
	B22	8,84	8,87	9,25	1,1	1,2	1,1	75	73	72	1	1	1
	B23	7,65	7,91	8,10	0,9	0,9	0,9	77	76	74	1	1	1
P11	Ap	9,30	9,13	9,35	1,9	1,9	1,9	62	61	61	3	1	3
	B21	9,16	9,15	9,33	1,4	2,5	1,4	72	69	69	1	1	1
	B22	8,43	8,45	8,86	1,3	1,4	1,4	47	47	46	12	4	11
	B23	6,81	7,15	7,37	0,9	1,4	0,9	48	46	46	11	11	11
P12	Ap	8,80	8,97	9,30	2,2	2,0	2,3	49	50	48	8	7	8
	B21	8,41	9,13	8,88	1,3	1,2	1,3	71	70	71	1	1	1
	B22	8,77	8,71	9,00	1,2	1,1	1,2	71	72	72	1	1	1
	B23	6,92	7,49	7,71	0,8	0,7	0,8	77	74	73	2	1	1

Apêndice 9 - Resultados analíticos obtidos do ataque sulfúrico para os perfis de solo estudados.

Perfil		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
Horizonte		----- % -----						
P4	B21t	23,18	16,49	24,41	4,82	0,16	2,39	1,23
	B21b	28,17	21,64	22,84	4,47	0,08	2,21	1,32
	B22t	26,57	21,12	23,64	4,59	0,09	2,14	1,25
	B22b	25,65	19,73	23,01	4,58	0,09	2,21	1,27
	B23t	25,39	18,44	21,84	4,53	0,09	2,34	1,33
P5	B21t	28,12	21,95	21,54	3,91	0,09	2,18	1,34
	B21b	26,99	19,75	20,62	3,80	0,08	2,32	1,39
	B22t	27,96	19,75	21,25	4,03	0,08	2,41	1,43
	B22b	26,27	20,32	23,16	4,62	0,09	2,20	1,27
	B23t	25,80	20,01	23,31	4,91	0,09	2,19	1,26
P6	B21t	23,84	16,23	22,66	4,55	0,14	2,50	1,32
	B21b	26,73	23,00	24,12	4,54	0,08	1,98	1,18
	B22t	27,86	21,12	22,72	4,49	0,08	2,24	1,33
	B22b	26,11	21,37	23,94	4,58	0,08	2,08	1,21
	B23t	24,93	18,12	21,36	4,71	0,08	2,34	1,33
P7	B21t	23,48	21,64	24,90	5,13	0,18	1,84	1,06
	B21b	23,69	17,33	24,08	4,79	0,19	2,32	1,23
	B22t	22,61	21,64	25,11	5,17	0,19	1,78	1,02
	B22b	27,50	24,37	23,01	4,05	0,09	1,92	1,20
	B23t	26,11	24,11	24,64	4,27	0,10	1,84	1,11
P8	B21t	24,26	23,53	24,08	5,17	0,16	1,75	1,06
	B21b	22,40	21,64	24,48	5,25	0,20	1,76	1,02
	B22t	23,59	22,47	25,55	5,65	0,19	1,78	1,03
	B22b	25,13	24,37	23,97	5,09	0,11	1,75	1,08
	B23t	24,57	22,47	23,75	4,82	0,10	1,86	1,11
P9	B21t	23,95	20,59	23,57	5,17	0,16	1,98	1,14
	B21b	23,64	22,47	24,64	5,57	0,16	1,79	1,05
	B22t	25,75	22,47	22,75	4,66	0,11	1,95	1,18
	B22b	27,14	24,90	25,04	5,25	0,10	1,85	1,13
	B23t	24,93	24,37	25,15	5,57	0,10	1,74	1,05
P10	B21t	26,01	23,61	22,72	4,00	0,11	1,87	1,16
	B21b	25,60	23,72	20,60	3,88	0,09	1,83	1,18
	B22t	25,86	24,65	24,14	4,80	0,09	1,78	1,10
	B22b	26,37	23,04	23,34	4,70	0,10	1,95	1,18
	B23t	26,11	23,04	21,15	2,48	0,08	1,93	1,21
P11	B21t	25,30	23,87	23,45	4,80	0,10	1,80	1,11
	B21b	24,48	22,52	23,48	4,80	0,10	1,85	1,11
	B22t	25,65	23,30	23,92	5,12	0,10	1,87	1,13
	B22b	24,68	23,30	24,87	5,37	0,10	1,80	1,07
	B23t	25,81	24,92	26,58	5,76	0,10	1,76	1,05
P12	B21t	25,19	22,26	22,90	5,28	0,17	1,92	1,16
	B21b	26,27	24,65	21,23	4,03	0,10	1,81	1,17
	B22t	26,42	24,13	23,27	4,19	0,10	1,86	1,15
	B22b	25,30	23,04	23,66	4,64	0,10	1,87	1,13
	B23t	25,86	23,88	24,14	4,80	0,09	1,84	1,12

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 1

CLASSIFICAÇÃO	- Solos Litólicos Eutróficos A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio inferior de uma vertente: 25% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas e leguminosas.
ALTITUDE	- 705 metros.
LITOLOGIA	- Erutivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas erutivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Forte ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Forte ondulado.
EROSÃO	- Moderada em sulcos e laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Pastagem
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas e pivotantes. Muitas no horizonte A e poucas no C/R.
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A 0 - 15 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); argila; moderada pequena granular; friável, plástico e pegajoso; transição clara e descontínua.
C/R 15 - 55 cm +	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); argila; moderada muito pequena granular; friável, e ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 2

CLASSIFICAÇÃO	- Solos Litólicos Eutróficos A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio inferior de uma vertente: 25% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas e leguminosas.
ALTITUDE	- 786 metros.
LITOLOGIA	- Erutivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas erutivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Forte ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Forte ondulado.
EROSÃO	- Moderada em sulcos e laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Pastagem
CLIMA	- Cmb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas e pivtantes. Comuns no horizonte A e poucas no C/R.
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avancado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A 0 - 23 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); argila; moderada pequena granular; friável, plástico e pegajoso; transição clara e gradual
C/R 23 - 65 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); argila; moderada pequena a média granular; friável, e ligeiramente plástico e pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 3

CLASSIFICAÇÃO	- Solos Litólicos Eutróficos A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio inferior de uma vertente; 25% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas e leguminosas.
ALTITUDE	- 705 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Forte ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Forte ondulado.
EROSÃO	- Moderada em sulcos e laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Pastagem
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas e pivotantes. Comuns no horizonte A e poucas no C/R.
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avancado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A 0 - 25 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), argila; moderada pequena a média granular; friável, plástico e pegajoso; transição clara e descontínua.
C/R 25 - 70 cm	- Vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); argila; moderada pequena granular; friável, plástico e pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 4

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Ditrófica Epieutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço superior de uma vertente; 4% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 753 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Suave ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Fraca laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 10 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); argila; moderada pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 10 - 50 cm	- vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); muito argiloso; forte pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B ₂₂ 50 - 80 cm	- vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); muito argiloso; fraca pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; duro, friável ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
B ₃ 80 - 140 cm	- vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em forte muito pequena granular; macio, muito friável ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 5

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço superior de uma vertente; 4% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 751 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Suave ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Fraca laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura do milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte Ap, comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 10 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR. 2,5/4, úmido), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado e seco); argila; moderada pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 10 - 60 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e amassado), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado e seco); argila; moderada pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 60 - 95 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado); vermelho escuro (2,5 YR 3/2, seco); muito argiloso; fraca pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
B ₃ 95 - 160 cm	- Vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/2, seco); argila; maciça porosa que se desfaz em forte muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 6

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço superior de uma vertente; 4% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 749 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Suave ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Fraca laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cmb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte Ap, comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 15 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); argila; moderada pequena granular; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 15 - 65 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); argila; forte pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 65 - 100 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/6, úmido) bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); muito argiloso; fraca pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; duro, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B ₃ 100 - 150 cm+	- vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); argila; maciça porosa que se desfaz em forte muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 7

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Distrófica Epieutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 9% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 743 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- CWb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 12 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; forte pequena blocos subangulares; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 12 - 65 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); argila; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 65 - 105 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e fraca.
B ₂₃ 105 - 160 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena a média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 8

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 9% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 742 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 12 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; forte pequena blocos subangulares; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 12 - 65 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); argila; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 65 - 105 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e fraca.
B ₂₃ 105 - 160 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena a média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 9

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 9% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 741 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar.
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 20 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; forte pequena blocos subangulares; macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 20 - 72 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); argila; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 72 - 117 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e fraca.
B ₂₃ 117 - 160 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena a média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 10

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 11% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 728 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar e em sulcos
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A ₀ , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 10 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; composta moderada pequena granular; e fraca pequena blocos subangulares macio, muito friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 10 - 45 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 45 - 75 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B ₂₃ 75 - 125 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular e fraca pequena a média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 11

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 11% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 730 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar e em sulcos
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₂₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 20 cm	- Bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; composta moderada pequena granular; e fraca pequena blocos subangulares macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 20 - 60 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4 seco); muito argiloso; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 60 - 95 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B ₂₃ 95 - 135 cm	- bruno avermelhado escuro 2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular e fraca pequena a média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL 12

CLASSIFICAÇÃO	- Terra Roxa Estruturada Eutrófica A moderado textura muito argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado.
SITUAÇÃO E DECLIVE	- Terço médio de uma vertente; 11% de declive
COBERTURA VEGETAL	- Gramíneas.
ALTITUDE	- 728 metros.
LITOLOGIA	- Eruptivas básicas.
FORMAÇÃO GEOLOGICA	- Serra Geral
CRONOLOGIA	- Jurássico
MATERIAL ORIGINARIO	- Decomposição de rochas eruptivas básicas.
PEDREGOSIDADE	- Pedregosa.
RELEVO LOCAL	- Ondulado.
RELEVO REGIONAL	- Ondulado.
EROSÃO	- Moderada laminar e em sulcos
DRENAGEM	- Bem drenado
VEGETAÇÃO PRIMARIA	- Floresta tropical subperenifólia.
USO ATUAL	- Cultura de milho
CLIMA	- Cwb (mesotérmico de inverno seco)
RAIZES	- Fasciculadas. Muitas no horizonte A _p , comuns no B ₂₁ , poucas no B ₂₂ e raras no B ₂₃ .
OBSERVAÇÕES	- No horizonte A há ocorrência de fragmentos de rocha em estado avançado de decomposição, com diâmetro entre 2 e 3 cm.
A _p 0 - 15 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado); bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco) argila; composta moderada pequena granular; e fraca pequena blocos subangulares macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₁ 15 - 55 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; forte pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
B ₂₂ 55 - 115 cm	- vermelho escuro acinzentado (10R 3/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, seco); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
B ₂₃ 115 - 145 cm	- bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido e úmido amassado), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 2,5/4, seco); muito argiloso; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena granular e fraca pequena a média blocos subangulares; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso