

JOSÉ PEREIRA DE QUEIROZ NETO

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras  
Departamento de Geografia

INTERPRETAÇÃO DOS SOLOS DA SERRA DE SANTANA  
PARA FINS DE CLASSIFICAÇÃO

Tese de doutoramento apresentada  
a Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo

S ã o P a u l o  
1 9 6 9

## AGRADECIMENTOS

Muito deve a meu mestre Professor G. Aubert, Diretor do Serviço de Solos da O.R.S.T.O.M., responsável direto pela minha formação de pesquisador.

A quase totalidade dos trabalhos de campo e laboratório foi realizada na Seção de Agrogeologia do Instituto Agrônomo de Campinas: seu chefe, Dr. Alcyr C. Nascimento nunca negou-me o apoio necessário para executá-los, orientando muitas vezes a parte analítica. Vários foram os colegas que de uma ou outra maneira trouxeram suas colaborações, entre os quais os Engenheiros Agrônomos Francisco Grohmann e João Bertoldo de Oliveira e o Geólogo Adilson Carvalho, principalmente em viagens de estudo e pesquisas comuns. O Dr. Antônio Carlos Moniz foi o responsável pela realização e interpretação das análises de raios-X, acompanhadas muitas vezes de debates e discussões sobre pontos de vista discordantes. O Geólogo I. Bittencourt, do Serviço de Fotointerpretação, foi companheiro de pesquisas e viagens de estudos.

Nesse período conheci o Professor Aziz N. Ab'Saber, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, que até hoje me prestigia com seu auxílio inestimável. O Professor A. Christofolletti, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, colaborador incansável, auxiliou-me a estudar a geomorfologia da área; o Professor A. J. Melfi, do Departamento de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, foi companheiro de inúmeras viagens de pesquisa, brindando-me com sugestões e incentivo.

A parte final da pesquisa foi executada no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo e no Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, onde encontrei condições para o prosseguimento e término do trabalho, graças à compreensão dos seus sucessivos diretores. Agradeço aos Geógrafos P. Nakashima e May C. Modenesi, companheiros de excursões de estudos, pela paciência demonstrada nas pesquisas comuns; à Geógrafa Hermínia Muzanek meu muito obrigado pela boa vontade em exercer o papel de censor múltiplo, corrigindo o texto e a bibliografia e ainda pela execução da datilografia.

Finalmente, devo um agradecimento especial ao Professor Guido Ranzani, que tornou possível a apresentação desta tese: a parte inicial estava praticamente terminada quando sugeriu sua modificação em trabalho de maior vulto, para o qual foi um orientador e incentivador constante.



# C O N T E Ú D O

	Pág.
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	6
3. Material e Métodos	15
3.1. Base cartográfica e métodos de estudo dos solos	15
3.1.1. Cartografia, classificação e descrição dos perfis	15
3.1.2. Análises de laboratório	17
3.2. Quadro Físico Regional	19
3.2.1. Materiais de origem dos solos	19
3.2.2. Formas do relêvo e sua evolução	24
3.2.3. Clima regional	31
3.2.4. Associações vegetais e sua distribuição	35
3.2.5. Solos e sua distribuição	40
3.2.5.1. Solos pouco desenvolvidos	40
a) Litossolos	40
b) Aluviões	42
3.2.5.2. Solos imperfeitamente drenados	44
3.2.5.3. Solos com horizonte B textural	46
a) Formados sôbre siltito Estrada Nova	47
b) Formados sôbre arenito Botucatu	49
c) Formados sôbre sedimentos néo-cenozóicos	52
d) Formados sôbre rochas básicas	55
3.2.5.4. Solos com horizonte B latossólico	57
a) Formados sôbre rochas básicas	57
b) Formados sôbre sedimentos da Serra de Santana	60
4. Resultados e Discussão	65
4.1. Características morfológicas e físicas	65
4.2. Composição mineralógica	67
4.3. Carbono e nitrogênio totais	71
4.4. Capacidade de troca de cátions e bases trocáveis	72
5. Interpretação dos resultados	78
5.1. Relações entre os perfis e os fatores de formação	78
5.1.1. Solos e clima regional	78
5.1.2. Solos e vegetação	79
5.1.3. Ação dos organismos	84
5.1.4. Materiais de origem e solos	86
5.1.5. Solos e relêvo	88

	Pág.
5.1.6. Origem do cerrado e relações com a morfogênese regional	90
5.2. Interpretação dos solos	95
6. Considerações finais: os solos da Serra de Santana e sua classificação	106
7. Resumo	116
8. Resumé	120
9. Referências bibliográficas	

### ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

1. <u>Mapas</u>	
1. Localização da Serra de Santana	1
2. Geologia regional	19
3. Distribuição dos solos	40
2. <u>Figuras</u>	
1. Seção transversal da Serra de Santana	26
2. Superfícies de erosão segundo diversos autores	27
3. <u>Fotografias</u>	
1. Vista geral da Serra de Santana	1
2. Siltito Estrada Nova	20
3. Arenito Botucatu	20
4. Vale do Ribeirão do Botucatu	22
5. Sedimentos da Serra de Santana	22
6. Canga na superfície de Urucaia	23
7. Terraços aluviais do córrego Boa Vista	23
8. Várzea do rio Itaquari	24
9. Relêvo do reverso da cuesta	24
10. Vista da Depressão Periférica	25
11. Várzea do córrego Boa Vista	25
12. Escarpa de cuesta no Morro Podado	25
13. Escarpa de ouesta no Morro Boa Vista	25
14. Superfície de Urucaia	29
15. Remanescentes de floresta na ouesta	29
16. Cerradão no platô de Urucaia	37
17. Limite cerradão-cerrado no reverso da cuesta	37
18. Cerrado da Serra de Santana	38
19. Cerrado e cerradão nas proximidades da cuesta	38
20. Podzólíco vermelho amarelo variação Piracicaba	47
21. Podzólíco vermelho amarelo variação Laras sôbre Botucatu	49
22. Podzólíco vermelho amarelo variação Laras sôbre sedimentos "Nêo-cenozóicos"	49

#### 4. Diagramas

.Fág.

1. Histogramas granulométricos de vários perfis	20
2. Curvas cumulativas do perfil RC-35	21
3. Curvas cumulativas de vários perfis	23
4. Curvas cumulativas do perfil RC-58	24
5. Diagrama climático de Rousseau	34
6. Balanço hídrico de Thorntwaite	35
7. Variação da porcentagem de argila nos perfis	65
8. Variação da umidade equivalente nos perfis	67
9. Difratogramas de raios-X dos perfis TRE, LR e LVa	68
10. Difratogramas de raios-X dos perfis Lit, PVp e PVLs	69
11. Diagrama triangular das relações moleculares $SiO_2$ , $Al_2O_3$ e $Fe_2O_3$	70
12. Relações entre o ki e silte/argila	70
13. Variação da porcentagem de carbono nos perfis	71
14. Variação entre as porcentagens de carbono e argila	71
15. Relações entre as porcentagens de nitrogênio e argila	72
16. Relações entre carbono e nitrogênio	72
17. Variação do valor T nos perfis	73
18. Relações entre o valor T e a argila dos perfis	73
19. Relações entre ki e o valor T da argila	75
20. Relações entre o valor T e silte/argila	75
21. Variação do valor S nos perfis	76
22. Relações entre a saturação do valor S pelo $Ca^{++}$ e o pH	77

#### 5. Quadros dos resultados analíticos

1. Normais de chuva e temperatura e balanço hídrico	31
2. Latossolos RC-54 e RC-61	41
3. Aluvião RC-59	43
4. Hidromórficos RC-42 e RC-46	45
5. Podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba RC-57	47
6. Podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba RC-60	48
7. Podzólico vermelho amarelo variação Laras sobre Botu catu, RC-35	50
8. Podzólico vermelho amarelo variação Laras sobre Botu catu, RC-55	51
9. Podzólico vermelho amarelo variação Laras sobre Néoceno-zóico, RC-56	53
10. Podzólico vermelho amarelo variação Laras sobre Néoceno-zóico, RC-58	54
11. Podzólico vermelho amarelo variação Laras sobre Néoceno-zóico, RC-62	54
12. Terra roxa estruturada RC-50	56
13. Latossolos roxo RC-7 e RC-11	58
14. Latossolo vermelho amarelo fase arenoso RC-34	61
15. Latossolos vermelho amarelo fase arenosa RC-41 e RC-43	62
16. Latossolo vermelho amarelo fase arenosa RC-37	63
17. Composição mineralógica da fração argila dos perfis	69

## 1. INTRODUÇÃO

Nossos estudos a respeito dos problemas que envolvem a pesquisa de solos tropicais e fatores que intervêm na sua gênese e evolução, elementos básicos para qualquer tentativa de interpretação, iniciaram-se há pouco mais de dez anos, ao ingressarmos como técnico contratado pelo Fundo de Pesquisas do Instituto Agronômico de Campinas para trabalhar na Seção de Agrogeologia.

Recém chegados do curso avançado de Pedologia Tropical dirigido por G. Aubert, procuramos desde o início melhorar o conhecimento a respeito dos solos do Estado de São Paulo, onde iríamos trabalhar. Alcyr Cesar do Nascimento, chefe da Seção de Agrogeologia propôs a pesquisa em área que apresentava certo interesse, entre as cidades de Rio Claro e São Carlos. Segundo a carta geológica (ALMEIDA & BARBOSA, 1953), essa área mostrava várias formações sedimentares cujos solos não eram bem conhecidos na época, sobretudo dos Grupos Estrada Nova, Bento e Bauru, além de eruptivas básicas. Representava, além disso, pequena parcela do contacto entre a Depressão Periférica e o Planalto Basáltico, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná (mapa 1).

A carta geológica de ALMEIDA & BARBOSA (1953) mostrava grande extensão de sedimentos do Grupo Bauru repousando discordantemente sobre Botucatu e basalto no topo da Serra de Santana, cerca de 150 a 200 m abaixo da parte basal conglomerática que podia ser observada nas Serras vizinhas do Itaquiri e Cuscuzeiro. Vários pesquisadores haviam dedicado suas atenções para o estudo de certos aspectos da área, sobretudo nas vizinhanças da Serra de Santana. Situava-se esta no divisor de águas dos rios Piracicaba e Mogi-Guaçu, abrangendo partes dos municípios de Itirapina, Corumbataí e Analândia, e constituindo a superfície nitidamente realçada na paisagem (foto 1).

Como será visto no decorrer deste trabalho, os aspectos geológicos e geomorfológicos da região acham-se atualmente conhecidos com bastante detalhe, ao contrário do que acontece com o clima, solos e vegetação, principalmente os solos.

SETZER (1956) apresentou dados climáticos de Itirapina, juntamente com observações sobre solos, sem nenhuma interpretação de maior interesse. Defendia esse autor a origem antrópica do cerrado, causada pelo fogo. CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1962, 1968) mencio



Foto 1: Vista geral da Serra de Santana, que aparece dominando a Depressão Periférica e o vale do rio Corumbataí,



naram a existência de catenas de solos, tanto no planalto da Serra de Santana como no de Campo Alegre. Os solos que aí ocorrem foram genericamente definidos como latossolos vermelho-amarelo arenosos, nas partes altas e bem drenadas, podendo passar a hidromórficos e mesmo orgânicos nos vales. Assinalaram também a presença de terras roxas originadas de rochas básicas.

Segundo o mapa de solos do Estado de São Paulo, da Comissão de Solos (1960), ocorreriam as seguintes unidades, na região:

- Solos com horizonte B textural: podzólico vermelho-amarelo, variação Laras e Piracicaba.
- Solos com horizonte B latossólico: latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa e latossolo roxo.
- Solos hidromórficos.
- Solos pouco desenvolvidos: litossolo fase substrato arenito-calcário, regossolo e uma categoria mal definida, regossolo "intergrade" para podzólico vermelho-amarelo e "intergrade" para latossolo vermelho-amarelo.

Além dessas unidades, o texto cita a presença de Terra Roxa Estruturada no município de Corumbataí, não constando porém da carta. Segundo esses autores, os solos com horizonte B latossólico teriam maior importância regional, ocupando cerca de 41% do município de Analândia, 50% de Corumbataí e 47% de Itirapina; seguem em importância os solos com B textural, ocupando 46% de Corumbataí e 30% de Itirapina, não sendo registradas ocorrências em Analândia, onde seriam substituídos pelos Regossolos "Intergrades", que ocupam 46% da área.

É de se notar que esse mapeamento registra a presença de grandes grupos pertencentes a pelo menos duas subordens zonais, de acordo com os conceitos da classificação americana de 1949 (THORP & SMITH, 1949): solos com B latossólico e solos com B textural, porém desenvolvidos debaixo de condições bioclimáticas bastante semelhantes, tal como ocorre em todo o Brasil de Sudeste (Comissão de Solos, 1958, 1960, 1962) e pelo menos partes do Brasil Central (BELCHER & Associates, 1956; BRAUN, 1961; QUEIROZ NETO, 1968), contrariando, de certa forma, o conceito de zonalidade climática daquela classificação.

As unidades de solo "zonais" do Estado de São Paulo, presentes na Serra de Santana (Comissão de Solos, 1960), mostram variações de composição mineralógica, refletidas pelos valores da relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , que poderiam ser encaradas como resultante de processos diferenciais de pedogênese ou de graus diversos de intemperismo:

Podzólico vermelho-amarelo, variação Piracicaba (PVp) =  $ki > 2,0$  fração argila composta de caulinita nos horizontes A e B e possivelmente mineral 2:1 no horizonte C.

Podzólico vermelho-amarelo, variação Laras (PVLs) =  $ki$  entre 1,8 e 2,0; os valores dessa relação indicam a possibilidade da presença de gibsitá, não revelada nos difratogramas.

Terra roxa estruturada (TRE) =  $ki$  entre 1,9 e 2,1; fração argila composta de caulinita e óxidos de ferro, com menor proporção de gibsitá.

Latossolo roxo (LR) =  $ki < 1,4$ ; fração argila composta de gibsitá e óxidos de ferro e menores proporções de caulinita.

Latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa (LVA) =  $ki < 1,6$ ; fração argila composta de caulinita e gibsitá em proporções equivalentes.

A evolução apresentada pela nomenclatura e classificação dos solos tropicais, desde o emprêgo do termo laterite até a tentativa de racionalização etimológica representada pela 7ª Aproximação, longe está de ser concordante nas diversas tendências atuais, além de não tornar explícitos os fatos mencionados acima. A diversidade de conceitos e de definições chega a provocar certa confusão para os estudiosos das ciências da terra, sobretudo os menos familiarizados com a pedologia como é o caso de geólogos e geógrafos; mesmo os pedólogos não afeitos ao emprêgo desta ou daquela classificação encontram dificuldade para correlacionar os fatos através dos continentes.

Uma das causas dessa dificuldade, além da terminologia diversa, é a aparente divergência de conceituação de base: as classificações africanas procuram definir os níveis hierárquicos mais elevados por processos pedogenéticos específicos; a classificação americana de 1949 acha-se presa aos conceitos de zonalidade climática, ao passo que a americana de 1960 é definida como morfogenética, mas é muito mais morfológica do que propriamente processual.

Por outro lado, a conceituação básica de pedogênese ainda acha-se presa à formulação clássica de DOKUTCHAEV: o solo seria resultante da ação conjunta e simultânea dos fatores clima, material de origem, topografia, organismos e tempo, mesmo quando isso não transparece nítida e claramente nas classificações. O fator climático, muito tempo considerado o mais importante, era acompanhado ora pelo material de origem ora pela posição topográfica e, secundariamente, pela vegetação. Mais modernamente, quando tentou-se abandonar a "zonalidade climática" como conceito preponderante em favor dos "processos" pedogenéticos, certos fatores eram empregados para a distinção de alguns níveis hierárquicos inferiores.

Apesar da grande quantidade de estudos regionais de solos,

são raros os exemplos de tentativas de correlação entre êles e os fatores causais de seu aparecimento, a não ser uma apreciação menos sumária do clima e material de origem. O relevo era encarado de maneira esdrúxula, tentando-se correlacionar a distribuição dos perfis nas encostas apenas para definir catenas, sem atentar para o fato de que o relevo seria resultante de longa e complexa história, e que os solos necessariamente estariam ligados a ela.

Como veremos a seguir, as pesquisas pedológicas mais recentes voltaram-se para esse fato, registrando uma quantidade muito grande de dados e mostrando a estreita correlação existente entre a distribuição dos solos e a evolução da paisagem regional. No entanto, raramente procuraram conceituar o problema em termos de classificação e de definição diferencial dos solos.

Nossas pesquisas na região da Serra de Santana, bem como observações efetuadas no Brasil de Sudeste, levaram-nos a estudar alguns tipos de solos característicos das regiões tropicais úmidas, bem como os fatores responsáveis pela sua distribuição. Procuramos relacionar os perfis, através do estudo de suas características morfológicas e analíticas, com os fatores de formação, sobretudo a evolução da paisagem; demos especial importância ao estudo dos eventos do quaternário, que nos parecem de real importância para a compreensão do problema. A partir dos resultados obtidos, foi possível chegar a uma definição da posição de cada unidade de solo no relevo regional, das correlações com superfícies de erosão de diferentes idades e com o material detrítico que as recobre, além da datação tentativa da exposição aos fenômenos de intemperismo. A antiguidade de certos solos, hipótese inicial de trabalho já entrevista anteriormente por diversos autores, ficou claramente evidenciada. Por outro lado, procurou-se ressaltar a importância do estudo conjugado dos solos com a geomorfologia e geologia, principalmente com os eventos quaternários.

O plano deste trabalho obedece à uma esquematização clássica nos estudos pedológicos: inicialmente são abordados os diversos aspectos do meio físico, do qual o solo é parte integrante, procurando ressaltar as características principais dos diversos fatores de formação e dos perfis de solo.

A seguir, uma análise comparativa das características dos perfis, ressaltando seus aspectos diferenciais e a correlação entre estes e os fatores de formação, tentando definir a parte que cada um destes teve na formação daqueles.



Finalmente, nas considerações finais procurou-se interpretar os solos em função do grau de intemperismo que apresentam e de certos processos que presidiram sua gênese: foi possível mostrar a estreita correlação existente entre os solos, a vegetação e a morfologia regional. Para terminar, foram tecidas algumas considerações a respeito do problema da classificação dos solos tropicais, mostrando serem elas capazes de distinguir objetos (solos) porém não as causas, o que não permite obter uma hierarquização coerente, lógica e racional como tentam as modernas sistemáticas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma rápida síntese das pesquisas pedológicas no Brasil tropical úmido, sobretudo na sua parte sudeste, indicam a ocorrência de uma série de fenômenos que raramente foram analisados em detalhe. A coexistência de solos em nível de grande grupo pertencentes a diferentes subordens zonais é registrada em vários levantamentos de detalhe; no entanto, não é interpretada ou essa interpretação é feita tentativamente através de correlações com as formações geológicas ou definição dos latossolos como solos antigos.

Os levantamentos de RANZANI & col. (1956, 1965) e de VERDADE & col. (1961) não vão praticamente além do mapeamento da distribuição dos solos, apesar destes serem descritos com grande detalhe, acompanhados de análises laboratoriais de grande precisão. Na bacia de Taubaté, por exemplo, foi constatada a presença de latossolos e podzólios vermelho-amarelo nas colinas terciárias e nos terraços; sua distribuição, segundo VERDADE & col. (1961), corresponderia a uma variação de material estratificado, que apresentaria uma camada superficial mais arenosa assentada sobre outra mais argilosa. Recentemente, ainda, VERDADE (1966) admitiu ser o latossolo vermelho escuro do oeste do Estado originado de estratos sedimentares arenosos e mais pobres, em posição inferior aos mais ricos e menos arenosos onde ocorreriam podzólios vermelho-amarelo.

Dessa quase ausência de interpretação e definição dos fatos só escapa o trabalho da Comissão de Solos, apesar de ainda correlacionar muito claramente as unidades com as formações geológicas. Procurou estabelecer cronosequências, em função de conceitos de maturidade um tanto complicados, que constituem, no entanto, a primeira tentativa de interpretação do aparecimento, lado a lado, dos latossolos e podzólios vermelho-amarelo e outras unidades, dentro do Estado de S. Paulo.

As pesquisas de Feuer (BELCHER & Associates, 1956) registram as primeiras observações a respeito da relação entre tipo de solo e relevo: verificou aquele autor que as extensas chapadas da região de Brasília são testemunhos de antigas superfícies de erosão, que datam muitas vezes do terciário, em cujos bordos dissecados aparecem bancadas ou blocos de laterita e apresentando com frequência, no interior, camadas espessas de seixos concrecionários. Nessas superfícies de erosão parece haver uma associação entre o cerrado e os latossolos que, segundo o autor, seriam solos muito antigos; os solos que ocorrem nas

áreas com predomínio dos seixos lateríticos foram denominados "lixossolos"; nas vertentes e partes mais afetadas pela erosão apareceriam principalmente litossolos, associados a vegetação de tipo mais florestal. BRAUN (1961) estudando o problema da erosão na mesma área, verificou a existência de verdadeiro hiato de descontinuidade entre os solos e as rochas, compostas de gnaisses, xistos e sedimentares dobradas; nos extensos chapadões aparecem latossolos "que não refletem os aspectos da rocha originária imediatamente subjacente", só o fazendo onde houve rejuvenescimento do relevo pela erosão.

Vale a pena registrar que, ao se analisar o trabalho de PAVAGEAU (1952), pode-se chegar à constatação análoga à daqueles autores: na região do Mato Grosso de Goiás, de relevo mais acidentado (onde provavelmente o dissecamento pela erosão se fez sentir mais intensamente e o rejuvenescimento eliminou os possíveis testemunhos das antigas superfícies), ocorrem florestas latifoliadas tropicais e os dados a respeito dos solos permitem supor tratar-se de podzólicos vermelho-amarelo; ao contrário, nas áreas planas limítrofes, que tudo indica constituem superfícies de erosão preteritas preservadas, ocorrem latossolos e a vegetação é de cerrado.

No levantamento dos solos da região de Furnas a Comissão de Solos (1962) empregou critérios semelhantes aos de São Paulo para a classificação das unidades, propondo, no entanto, uma correlação melhor definida entre elas e o tipo de relevo e material original. Verificou que é comum estarem as superfícies de erosão recobertas por material detrítico, pouco relacionado com as formações geológicas sotopostas, apresentarem diversas modalidades de latossolos e geralmente vegetação de cerrado. Nas partes onde o relevo apresenta-se mais acidentado, montanhoso e com encostas de declives mais acentuados, ocorrem sobretudo podzólicos vermelho-amarelo, litossolos ou outros tipos não latossólicos, geralmente sob vegetação de tipo florestal. Fazendo retrospectivamente a crítica ao levantamento do Estado de São Paulo, eliminaram a concepção de cronosequência, por não ser possível definir a idade e o grau de maturidade dos solos diante da exposição extremamente prolongada do material de origem aos agentes do intemperismo, em função da evolução geomorfológica da paisagem.

BENNEMA & col. (1962) apresentaram uma tentativa global de interpretação da distribuição dos solos no Brasil tropical úmido. Resaltaram a dificuldade do estudo e generalização de conclusões enquanto não se atentam para a presença, lado a lado, de formas jovens de relevo, elaboradas diretamente sobre as formações geológicas, de remanes

centes de antigas superfícies de erosão, cortando indiferentemente as formações geológicas e apresentando uma cobertura de material detrítico sem relação direta com as rochas sotopostas e, finalmente, de superfícies de sedimentação recente, correspondendo às várzeas, também recobertas por material detrítico. Dentro de cada uma dessas categorias de tipos de relêvo aparecem unidades específicas de solos: nas regiões de relêvo mais acidentado, rejuvenescidas pela erosão, os podzólicos vermelho-amarelo associados a litossolos; nas antigas superfícies aplainadas, recobertas por material detrítico retrabalhado, diversas modalidades de latossolos; nas várzeas, os solos hidromórficos e aluviais.

Nas pesquisas efetuadas recentemente em Campinas (CARVALHO & col., 1969), foi possível constatar a estreita relação entre a presença de superfícies de erosão remanescentes, recobertas por material retrabalhado e sem relação com as rochas subjacentes, e os tipos de solo.

MOHR & Van BAREN (1954) no seu estudo crítico a respeito da pedogênese tropical, apresentaram exemplos da antiguidade de certos solos e afirmaram que a gênese de muitos deles só no terciário conseguiria atingir o estágio que atualmente apresentam.

No entanto, é provavelmente a KELLOG & DAVOL (1949) que devemos uma interpretação pioneira e bastante precisa de certos fatos que ocorrem nas regiões tropicais úmidas, e que parece ter passada despercebida de boa parte dos pedólogos contemporâneos, por ser raramente citada. Observaram aquêles autores que os latossolos podem apresentar comumente linhas de seixos em profundidade, levando a admitir a ação regional de mais de um ciclo de erosão ativa, com formação inicial de um pavimento protegido por seixos recoberto em período de deposição posterior por outros materiais. Concluíram ser muito difícil e incerta a distinção do material de origem desses solos, definido pela presença de horizonte C.

Pouco antes, JENNY (1948) chamara a atenção para fato análogo ao estudar os solos da Colômbia; verificando a presença, sob um mesmo clima, de solos diferentes e convencionalmente denominados "zonais", observara que êsse fato só poderia ser compreensível se se levasse em conta os fatores tempo e material de origem: assim, os "red earths" seriam não só solos "velhos" (terciários), como teriam sua evolução marcada pelo material de origem (diabásio) e clima.

No primeiro caso houve menção específica à presença de ciclos de erosão e superfícies de erosão, recobertas por material detrítico que poderia ter sofrido intemperismo preterito, no segundo caso o

material teria ficado exposto ao intemperismo durante espaço de tempo muito prolongado, não havendo citação de retrabalhamento por processos erosivos. Na realidade, as duas hipóteses são não só complementares como completam-se.

De início, os pedólogos reconheceram a existência de solos relíquias em superfícies de erosão antigas, denominadas com freqüência "peneplanos" e muitas vezes associadas à presença de corpos lateríticos com diferentes graus de endurecimento; os pedólogos preocuparam-se em encontrar explicação para a gênese desses corpos.

O trabalho de PENDLETON (1947), nesse sentido, é bastante expressivo: na Índia Central, sob clima semi-árido, ocorrem lateritas sobre basalto ao lado dos "black cotton soils" (vertisols). Para o autor, a laterita representaria um horizonte B de um solo laterítico, formado sob condições mais úmidas anteriores, provavelmente no terciário, e cujo horizonte A teria sido erodido. Mais ou menos no mesmo sentido são as observações de SCHMID & col. (1951) a respeito de solos existentes nos platôs basálticos do Vietnã Central, e cuja presença só poderia ser explicada por uma certa estabilidade de antigas superfícies de aplainamento.

JACQUES-FELIX (1950) observara no Cameroun a importância de antigos ciclos de "peneplanização" nos fenômenos de laterização: em platôs antigos sob floresta, os solos teriam continuado sua evolução pelo aprofundamento da zona de alteração, ao passo que nos seus bordos seria comum o aparecimento de bancadas lateríticas, atacadas pela erosão atual. Segundo AUBREVILLE (DUCHAUFOR, 1965), esses platôs teriam se formado em virtude de flutuações climáticas do terciário e do quaternário.

Estudos mais recentes de MAIGNIEN (1958, 1960) levam a concluir que a alteração laterítica (ou ferralítica) remontaria algumas vezes ao cretáceo, podendo prosseguir ativamente até hoje em algumas regiões. Pesquisando a África Ocidental, observou a freqüência dos altos platôs, representando superfícies de erosão terciárias ou mesmo anteriores, reconhecendo estarem recobertas por materiais e solos residuais intensamente ferruginizados e, inclusive, fornecendo sesquióxidos para os perfis situados em posição topográfica inferior e cuja evolução estaria se fazendo debaixo das condições bioclimáticas atuais. TEIXEIRA (1962) ao estudar os solos da Guiné Portuguesa, confirmou as observações de MAIGNIEN a respeito das bancadas lateríticas, ressaltando também a dificuldade do relacionamento dos solos com as formações

geológicas sotopostas, devido ao fato das formações superficiais serem normalmente arenosas e ocuparem áreas extensas e estarem, muitas vezes, assentadas sobre bancadas ferruginosas. Assim, como conclusão das observações de MAIGNIEN, é possível afirmar-se hoje em dia que os corpos lateríticos representam formas de acumulação de sesquióxidos, no espaço e no tempo, e que sua posição reflete, muitas vezes, apenas processos de migração e fixação e que esses corpos poderiam ser denominados residuais.

As pesquisas de De HEINZELIN no Congo Belga (1952, 1954, 1955) são extremamente importantes para o estudo e interpretação dos fenômenos tropicais; trata-se provavelmente de trabalho pioneiro de detalhe, onde três elementos foram relacionados: superfícies de erosão preteritadas, material detrítico de recobrimento e solos. Definiu esse autor a existência de três superfícies de aplainamento: a mais antiga representada pelo topo de alguns morros testemunho e "inselbergs"; a segunda, datando possivelmente do terciário, apresenta ferruginização intensa com couraças ou seus restos; finalmente, a terceira, mais recente, é bastante extensa e apresenta um revestimento de "laterita detrítica" soldada ou não, que talvez possa ser relacionada, pela sua gênese, à que la encontrada extensivamente no Brasil Central e contendo o "litosso-lo" descrito por Feuer. De HEINZELIN concluía pela importância do estudo conjugado da pedologia e geomorfologia para o conhecimento da história mais recente da superfície da terra, o que levaria a reconhecer os solos "reliquiais" ou "fósseis", aqueles que as condições atuais de pedogênese não seriam mais capazes de reproduzir, e os solos "atuais".

Nessa mesma linha de trabalho, De LEBNHEER & col. (1952) definiram o platô do Yangambi, no Congo Belga, como uma antiga superfície de erosão recoberta por uma entidade litológica muito homogênea e não estratificada, provavelmente pleistocênica, e contendo solos muito semelhantes aos latossolos vermelho-amarelo do topo da Serra de Santana. Da mesma forma, DENISOFF & NOIRFALISE (1954) encontraram latossolos, no Parque Nacional de Garamba no Congo Belga, associados a algumas superfícies de erosão recobertas por material detrítico de espessura considerável, onde a laterita detrítica é abundante, formando uma linha de seixos com o quartzo e, às vezes, restos de rochas; os solos poderiam refletir a influência desse material detrítico retrabalhado. JONGEN (1960) resume, de certa forma, o conhecimento adquirido nessa parte do continente africano, ao afirmar que solos rasos e litossolos ocorrem em áreas de relevo movimentado, onde as rochas foram postas a nu pela erosão, enquanto nos "peneplanos" aparecem as formações arenosas, de

espessura considerável, formando ferralsols; afirma que o tipo de desenvolvimento dos perfis acha-se estreitamente relacionado à forma atual do relevo e à dinâmica de sua evolução anterior.

A existência dessas superfícies de erosão, apresentando material de recobrimento variado, foi também registrada por autores como RUHE & CADY (1954), que observaram a presença de latossolos em superfícies escalonadas da África Central, apresentando linhas de seixos em profundidade, aparecendo litossolos nas rupturas de gradiente e nas passagens de uma superfície a outra. SPURR (1954) foi um pouco mais longe, ao reconhecer no Tanganica a presença de várias superfícies de erosão, cada uma apresentando tipos "semelhantes" de solos; a linha de seixos em profundidade representaria uma inconformidade entre o material transportado que recobre a superfície de erosão com um perfil senil e truncado. Finalmente, verificou que a classificação desses solos deveria levar em conta sua época de formação, que poderia ser estabelecida em função da idade geológica da superfície de erosão.

Se algumas observações a respeito dos fatores que regulam a distribuição dos solos são bastante pertinentes, tanto no plano da pedologia nacional como estrangeira, nem por isso as classificações refletem as conclusões que os diversos autores propõem.

Abordando essa questão em termos mais conceituais, somos obrigados a encarar os problemas da sistemática dos solos, sobretudo das regiões tropicais úmidas. Modernamente aparecem basicamente duas tendências para o estabelecimento de classificação de solos, uma delas conseqüência dos estudos efetuados no continente africano e a outra dentro da linha de pesquisas do Soil Survey Staff, dos Estados Unidos. A primeira guarda, na sua concepção, um nítido caráter espacial ou geográfico, que pode ser considerado como herança moderna da conceituação de zonalidade climática de Dokutchaeu; a segunda, ao contrário, procura nos seus escalões mais elevados estabelecer critérios e padrões nitidamente pedológicos, baseados na interpretação de certos horizontes e suas características analíticas.

AUBERT & DUCHAUFOR (1956) definiram 10 classes, em níveis mais elevados, das quais basicamente duas para as regiões tropicais úmidas: as dos solos ferralíticos e ferruginosos tropicais; os primeiros podem ser assimilados aos latossolos e os segundos apresentariam reserva apreciável de minerais primários, capacidade de troca de cátions mais elevada, saturação de bases geralmente maior que 40% e profundidade raramente superior a 250 cm, o que englobaria pelo menos

parcialmente os podzólicos vermelho-amarelo. Mais tarde (AUBERT & SEGAIEN, 1962; DUCHAUFOR, 1965; AUBERT & BOULAINÉ, 1967), êles foram reunidos numa só classe, dos solos com sesquióxidos, a distinção entre aquêles dois tipos sendo feita ao nível de subclasse. Reconheceram também a existência de solos aparentados a outros das regiões temperadas, os pardo-eutróficos tropicais, da classe dos solos com humus do tipo "mull", subclasse das regiões tropicais e subtropicais.

Os pedólogos belgas, liderados por SYS (1959), distinguiram três grandes grupos da ordem dos kaolisols: os ferrasols, análogos aos ferralíticos dos franceses, os ferruginosos tropicais e os ferrisols, com alteração menos intensa do que os ferralíticos, relação sílica/alumina inferior mas próxima a 2, e capacidade de troca de cátions e saturação de bases com valores intermediários entre aquêles dois. Segundo SYS, os ferralíticos representariam solos cuja pedogênese estaria atualmente grandemente freada ou seria muito reduzida, enquanto ferrisols e ferruginosos tropicais representariam tipos de pedogênese ativa nas regiões subtropicais e tropicais secas ou úmidas.

Algumas características morfológicas e laboratoriais têm sido empregadas na tentativa de distinguir êsses solos: a relação silte/argila (Van WAMBEKE, 1959), por exemplo, seria geralmente maior nos solos ferruginosos tropicais do que nos ferralíticos; no entanto, poderia ter importância secundária e deveria ser empregada somente para comparar solos provenientes de materiais de origem semelhantes (BOTELHO DA COSTA, 1959). Os revestimentos ou películas de argila (cerosidade) envolvendo os agregados, que permitiria distinguir ferrisols dos ferrasols (SYS, 1959), porém cujo significado não foi definido, não ocorrendo em zonas menos úmidas (D'HOORE, 1959) ou podendo resultar da presença de geis mistos alumino-silicosos (TELXEIRA, 1962). Finalmente, o grau de saturação do complexo adsorvente diminuiria dos ferruginosos para os ferralíticos, com os ferrisols como intermediários (BOTELHO DA SILVA, 1959).

A posição mais próxima dos pedólogos africanos permitiu a feitura de uma legenda coerente para a carta de solos daquele continente, na escala 1:5 000 000 (D'HOORE, 1964), distinguindo nas regiões tropicais úmidas três grandes unidades com liberação intensa de sesquióxidos: os ferruginosos tropicais, os ferrisols e os ferralíticos, correspondendo, grosso modo, às definições de SYS, além de uma unidade análoga à dos pardo-eutróficos tropicais de AUBERT & DUCHAUFOR. Aque-la carta registra também a presença de várias unidades de solos, geral-



mente correlacionadas a problemas de deficiências hídricas, de salinidade, de material de origem ou relevo, não interessando de perto os aspectos abordados neste trabalho.

Essas conceituações e classificações serviram de base a um grande número de trabalhos de pesquisa no continente africano, por exemplo, em Angola (Missão Pedológica de Angola, 1959, 1960), na Guiné Portuguesa (TEIXEIRA, 1962), na República Democrática do Congo (PAHAUT & Van der BEN, 1962; JAMAGNE, 1965; JONGEN & JAMAGNE, 1966), em Madagascar (SEGALEN, 1957, HERVIEU, 1967), na Guiné (MAIGNIEN, 1960, 1963), no Camerun (MARTIN, 1967), no Tchad (PIAS, 1964), no Gabão (CHATELIN, 1964, 1968), mas também fora d'ele, como os de LEVEQUE, nas Guianas Francesas (1961, 1963), BOULAINÉ, no Uruguai (1968), SOURDAT, na Argentina (1967).

Na classificação americana de 1949 (THORP & SMITH, 1949), além da categoria dos solos lateríticos ou latossolos, com grandes grupos vermelho, amarelo, vermelho-amarelo, vermelho-prêto e pardo avermelhado (KELLOGG, 1949), os solos das regiões tropicais úmidas poderiam pertencer à subordem dos solos claros podzólizados das regiões florestadas, no grande grupo podzólico vermelho-amarelo.

Com algumas modificações, essa classificação foi empregada no Brasil pela antiga Comissão de Solos (1958, 1960, 1962, 1967), para distinguir duas unidades taxonômicas elevadas, ao nível de sub-ordem: solos com horizonte B textural e solos com horizonte B latossólico, como já foi referido mais atrás. Aparecem ainda com frequência solos "intergrades", menos bem definidos, cujas características, tanto morfológicas como analíticas, podem ser consideradas intermediárias entre as daquelas unidades, parecem representar, em certos aspectos, a categoria dos ferrisols de SYS e dos fracamente ferralíticos de AUBERT & DUCHAUFOUR.

BENNEMA & CAMARGO (1964) propuseram, recentemente, uma classificação para os solos do Brasil, distinguindo um agrupamento de solos com horizonte B latossólico, formados geralmente sobre material detrítico retrabalhado e ocupando superfícies antigas, e dois grupos de solos com horizonte B textural. Estes diferenciam-se pelos valores da CTC, saturação de  $Al^{+++}$  ou  $V\%$  e ausência ou presença de plinthite não consolidada. Os "intergrades" são colocados ora com os solos com horizonte B latossólico, ora com o primeiro grupo dos solos com B textural. É possível que certos perfis classificados entre os B textural possam ser enquadrados na categoria dos pardo-eutróficos tropicais da África.

Finalmente, a 7ª Aproximação Americana (Soil Survey Staff, 1960), coloca os solos das regiões tropicais úmidas em pelo menos três ordens: oxisol, ultisol e alfisol. Os ferralíticos ou latossolos corresponderiam às seguintes sub-ordens: acrox, udox, ustox e idox. Os ferruginosos tropicais seriam enquadrados nas sub-ordens: idox, ochrult e, provavelmente, ustalf. Os "intergrades" pertenceriam ora aos idox, ora aos ochrults.

Esse rápido esboço indica, bastante claramente, que o problema da classificação dos solos das regiões tropicais úmidas ainda não encontrou solução satisfatória. As classificações empregadas no mundo intertropical não mais admitem o conceito da zonalidade climática como base sistemática, pelo menos nos escalões superiores, tentando substituí-lo pela interpretação genética do perfil. No entanto, aquele conceito subsiste implícita ou explicitamente, pois cada categoria de solo, definida em termos genéticos, na realidade corresponde a zonas climáticas mais ou menos bem definidas. Assim, como o nível grande grupo é relacionado aos fatores climáticos de modo mais ou menos claro, o mesmo acontece, por extensão, com as subclasses e classes. Além disso, qualquer dessas classificações empregada em termos regionais não explica a coexistência de solos "geneticamente" diferentes: ora serão denominados oxisols, ultisols e alfisols, ora ferralíticos, ferrisols e ferruginosos tropicais, sendo definida para alguns deles apenas sua maior antiguidade. As correlações com a paisagem e sua evolução aparentemente não são levadas em conta.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Base cartográfica e métodos de estudo dos solos

##### 3.1.1. Cartografia, classificação e descrição dos perfis

Todos os trabalhos de mapeamento utilizaram como base cartográfica a folha geológica de Rio Claro, quadrícula 2.731 da carta geológica do Brasil, na escala 1:100 000. A escala reduzida e muitas imperfeições nem sempre permitiram uma reprodução cartográfica mais precisa dos fatos observados. A utilização das fotografias aéreas do Levantamento Aerofotogramétrico de 1962, do Instituto Agrônomo de Campinas, permitiu, em muitos casos, melhorar a representação cartográfica, porém os trabalhos de campo já estavam terminados, a essa altura.

Na carta básica foram lançadas as observações geológicas e pedológicas, resultando na feitura de dois mapas. Não foram efetuadas representações cartográficas do relevo e da vegetação: de modo geral, os trabalhos de campo permitiram verificar a concordância bastante grande dos seus principais aspectos com a geologia e os solos, representando estes mapas verdadeiros zoneamentos regionais.

A classificação adotada, e que serviu de base para a definição dos perfis e construção da legenda do mapa, segue em linhas gerais os critérios propostos pela Comissão de Solos para o Estado de São Paulo (1960), que, por sua vez, foram adaptadas da classificação americana de 1949 (THORP & SMITH, 1949). Apesar de não constituir sistemática construída de acordo com as tendências mais modernas e mesmo fazendo certa confusão entre as unidades em níveis inferiores a grande grupo (variação e fase de grande grupo), permite uma boa definição morfológica e analítica dos perfis que, também, correspondem concretamente a solos presentes no Estado de São Paulo; além disso, o texto da Comissão de Solos acha-se sobremaneira enriquecido por fichas analíticas detalhadas, o que permite comparações simples e objetivas.

Neste trabalho foram reconhecidos, de início, quatro agrupamentos em nível mais elevado, que podem ser considerados equivalentes a sub-ordens ou subclasses: solos pouco desenvolvidos, solos imperfeitamente drenados, solos com horizonte B textural e solos com horizonte B latossólico.

Várias características dos perfis estão relacionadas com o material de origem, mais do que com qualquer fator de formação; assim, abaixo da sub-ordem aparecem agrupamentos de unidades que correspondem,

muitas vezes, ao material de origem e que podem ser denominados família de solos, conforme a definição de pedólogos europeus e soviéticos:

I. Solos pouco desenvolvidos, perfil com seqüência de horizontes AC, AR ou (A)C, (A)R

- a) Litossolos, compreendendo os perfis formados sobre formação Estrada Nova (LitEN) e arenito Botucatu (LitB) porém constituindo uma só legenda de mapeamento; os litossolos sobre rochas básicas não foram estudados e foram mapeados junto com os latossolos roxo.
- b) Aluviões (Al), mapeados juntamente com os solos hidromórficos.

II. Solos imperfeitamente drenados, perfil ABg, ACg, AG

- a) Hidromórficos com acúmulo de matéria orgânica (O), compreendendo os gleis húmicos e solos orgânicos, constituindo uma legenda de mapeamento com os solos da unidade seguinte.
- b) Hidromórficos minerais (G), compreendendo os gleis pouco húmicos e hidromórficos cinza, mapeados ora com os aluviões ora com os anteriores.

III. Solos com horizonte B textural, perfil ABC, com quatro famílias:

- a) Sobre siltito-folhelho da formação Estrada Nova - Podzólico vermelho-amarelo variação Piracicaba (PVp).
- b) Sobre arenito Botucatu - Podzólico vermelho-amarelo variação Laras (PVLsB).
- c) Sobre sedimentos néo-cenozóicos - Podzólico vermelho-amarelo variação Laras (PVLsN).
- d) Sobre rochas básicas - Terra roxa estruturada (TRE).

IV. Solos com horizonte B latossólico, perfil AB(C), com duas famílias:

- a) Sobre rochas básicas - Latossolo roxo (LR).
- b) Sobre sedimentos da Serra de Santana - Latossolo vermelho-amarelo fase arenosa (LVa).

Para efeito de comparação, foram mencionadas tentativamente as posições ocupadas por cada unidade nas classificações mais empregadas nas regiões intertropicais: 7ª Aproximação (Soil Survey Staff, 1960), Aubert e Duchaufour (AUBERT & BOULAINÉ, 1967), mapa de solos da África (D'HOORE, 1964), BOTELHO DA COSTA (1959), TELXEIRA (1962), SYS (1959), FAO/UNESCO (1964).

As várias unidades de solo da região da Serra de Santana apresentam características que as distinguem e individualizam, algumas, como será visto, intimamente relacionadas com os fatores de formação. Procurou-se, na medida do possível, relacionar os perfis estudados com as unidades análogas assinaladas pela Comissão de Solos para o Estado de São Paulo, tentando enquadrar os resultados obtidos dentro de um contexto regional mais amplo. É preciso lembrar que procuramos

estudar sobretudo os solos considerados como desenvolvidos em condições normais de intemperismo, o que exclui, com freqüência, os solos hidromórficos e aluviões e, em menor escala, os litossolos; êsses solos muitas vezes apresentam problemas de interpretação que fogem totalmente ao escopo dêste trabalho.

As descrições morfológicas dos perfis obedecem as indicações do "Manual para descrição do solo no campo", Seção de Agrogeologia (1959) e do "Manual de métodos de trabalho de campo", 2ª Aproximação, da Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1967) e "Pequeno guia para a descrição de perfil de solo, de RANZANI, que por sua vez são adaptações do Soil Survey Manual (1951). A textura foi definida também como propôs MEDINA (1962).

Devido às dificuldades inerentes a trabalho desta ordem, a descrição e coleta de perfis foi feita quase que exclusivamente em cortes de estrada e barrancos de voçsorocas, profundamente reavivados para evitar contaminações, e que permitissem examinar todos os horizontes até o material de origem. A extensão lateral das unidades e os contactos e limites entre elas foram quase sempre determinados por trada-gem. Nem todos os perfis descritos foram coletados: partiu-se do princípio da importância de cada unidade, desprezando-se aquelas que ocupavam parcelas muito restritas (geralmente não permitindo cartografiação) ou apresentavam menor interêsse para a interpretação da distribuição dos solos.

### 3.1.2. Análises de laboratório

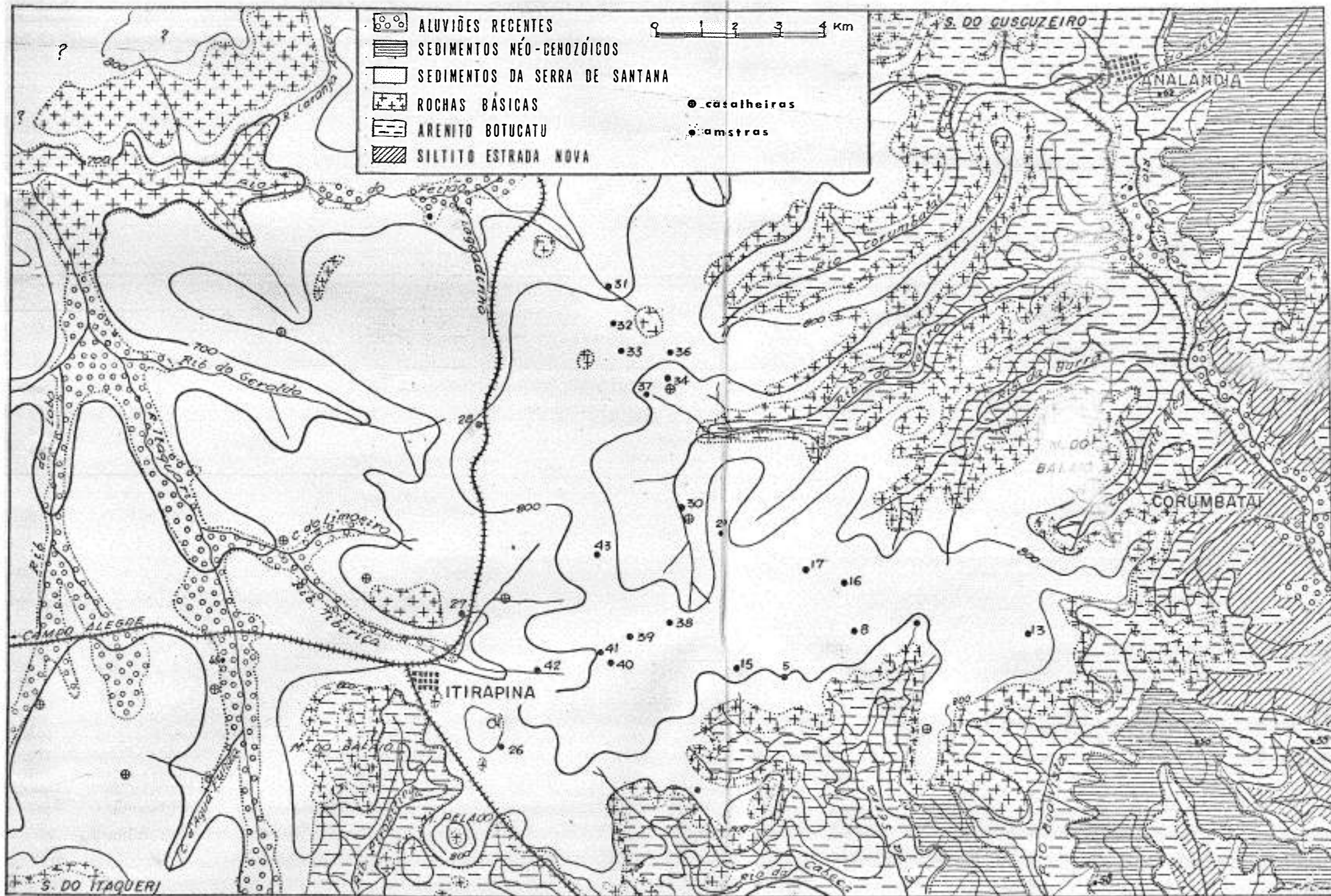
- Granulometria - método da pipeta, dispersão com NaOH N/10. Distribuição granulométrica da fração areia segundo QUEIROZ NETO (1963).
- Umidade higroscópica - estufa com contrôle térmico, 105° C.
- Umidade equivalente: método da centrífuga (GROHMANN & MEDINA, 1962).
- Massa específica real: método do álcool etílico absoluto (Instituto de Química Agrícola, 1949).
- pH em água - segundo CATANI & col. (1955).
- Carbono total: método de combustão a sêco (CATANI & col., 1955).
- Nitrogênio total: método KJELDAHL (CATANI & col., 1955).
- Bases trocáveis: extração por percolação com HNO<sub>3</sub> 0,05 N. O Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> foram determinados segundo CATANI & col. (1955). O valor S foi calculado pela soma das bases.

- $Al^{+++}$  e  $H^+$  trocáveis: método do acetato de cálcio N e cálculo pela equação hiperbólica (VERDADE, 1956).
- Capacidade de troca de cations: calculada pela soma  $S + Al^{+++} + H^+$ ; para controle foi determinada em alguns perfis pelo método do acetato de amônio (VERDADE, 1956).
- Fósforo solúvel: método do ácido sulfúrico 0,05 N (CATANI & col. 1955).
- Separação da argila: decantações sucessivas, secada a temperaturas inferiores a 40-50° C.
- Análise química total da fração argila e do solo: fusão com carbonato de sódio. Os resultados percentuais em óxidos permitiram o cálculo normativo da composição mineralógica, depois de conhecida a composição qualitativa pela difração dos raios-X; os resultados de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  permitiram calcular a relação  $ki$ .
- Ataque  $H_2SO_4$ : método do Instituto de Química Agrícola (GALLOTTI, 1949 e GALLOTTI & AGUIAR, 1949) para obtenção expedita da relação  $SiO_2 / Al_2O_3$ .
- Difração dos raios-X: difratômetro Norelco, equipado com registrador automático; não foi empregada nenhuma técnica para orientação preferencial das partículas. Os valores dos espaçamentos "d" foram calculados a partir dos difratogramas, e as intensidades determinadas exclusivamente pela altura dos "picos" correspondentes aos máximos difratados: os resultados são qualitativos e "semi-quantitativos". Algumas vezes outras frações também foram analisadas.
- Morfoscopia da fração areia: segundo técnica empregada por CHRISTOFOLLETTI & QUEIROZ NETO (1966).

Para facilitar a interpretação e comparação dos resultados, foi elaborada a seguinte escala de valores, baseada em CATANI & col. (1954, 1955):



MAPA 2 GEOLOGIA REGIONAL MOSTRANDO A POSIÇÃO DO SEDIMENTOS NÉO-CENOZÓICOS



Base cartográfica QUADRÍCULA 2.731, RIO CLARO, Carta Geológica do Brasil

Determinação analítica TESE	N í v e i s				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
C %		< 0,8	0,8 - 1,40	> 1,40	
CTC (me/100g)		< 4,0	4,0 - 8,0	8,0 - 12,0	> 12,0
S (me/100g)		< 2,7	2,7 - 6,3	> 6,3	
Ca <sup>++</sup> (me/100g)		< 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0	
Mg <sup>++</sup> (me/100g)		< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0	
K <sup>+</sup> (me/100g)		< 0,12	0,12 - 0,30	> 0,30	
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> (me/100g)		< 0,12	0,12 - 0,30	> 0,30	
Relações					
ki fração argila		< 1,33	1,33 - 1,8	1,8 - 2,2	> 2,2
silte/argila		< 0,15	0,15 - 0,30	0,30 - 0,60	> 0,60
C/N		< 10	10 - 15	15 - 20	> 20
V %	< 20	20 - 40	40 - 70	70 - 100	
	Acidez elevada	Média	Fraca	Neutra	Alcalinidade fraca
pH	< 5,0	5,0 - 6,0	6,0 - 7,0	7,0	7,0 - 7,8

### 3.2. O quadro físico regional

#### 3.2.1. Materiais de origem dos solos

Como percebe-se pelo exame do mapa 2, a formação Estrada Nova ocorre a sudeste e oeste sobre colinas baixas e tórgos inferiores de vertentes de alguns vales, que apresentam testemunhos de patamares em ombreiras.

A formação Estrada Nova é representada regionalmente por siltitos variegados, algumas vezes folhelhosos, podendo conter camadas subordinadas de arenitos e estratos pouco espessos de calcário. Apresentam estratificação plano-paralela e fraturamento intenso, formando pequenos blocos ou plaquetas características, algumas vezes mostrando cassura conchoidal, que se misturam à massa alterada nos horizontes mais profundos dos perfis (foto 2).

A formação Estrada Nova é bastante rica em fósseis estudados por vários autores (MENDES, 1945, 1952; MENDES & MEZZALIRA, 1946;





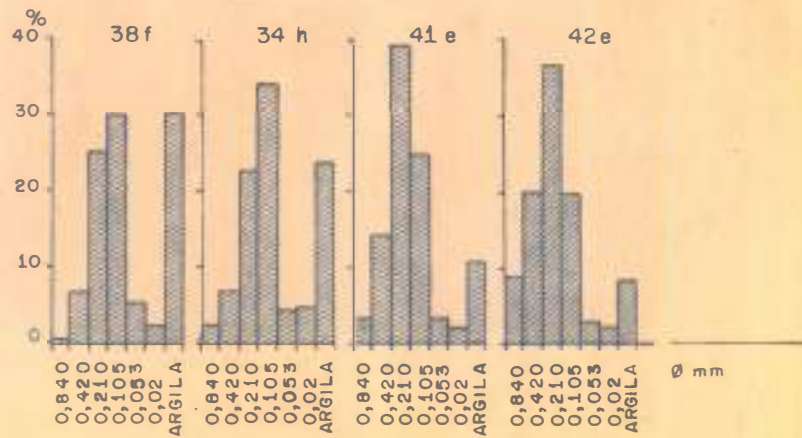
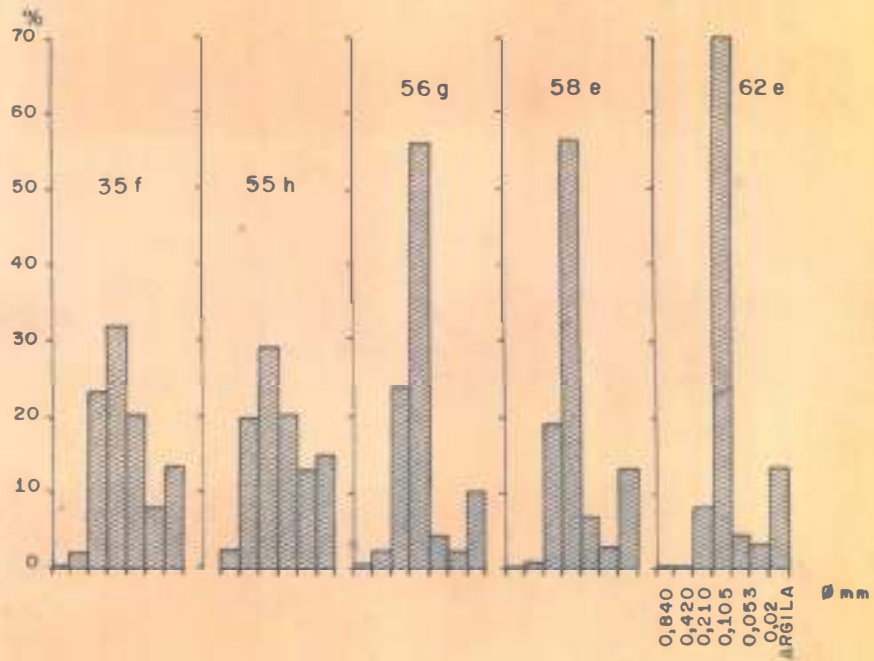
Foto 2: Corte na estrada Corumbataí – Via Washington Luiz ao norte do morro Boa Vista, com afloramento do siltito Estrada Nova.



Foto 3: Corte de estrada próximo ao Km 90 da Via Washington Luiz, com afloramento de arenito Botucatu sob um podzólico vermelho amarelo, variação Laras.

DIAGRAMA 1

HISTOGRAMAS DE ALGUMAS AMOSTRAS DE PERFIS DE SOLO DA REGIÃO DA SERRA DE SANTANA



ALMEIDA & BARBOSA, 1953; MEZZALIRA, 1965) que não só definiram o ambiente de sedimentação como também dataram-na com certa segurança. O quartzo é o mineral predominante, acompanhado por minerais de argila e quantidades menores de feldspatos, micas e minerais pesados; sua cor avermelhada seria devida à presença de óxidos de ferro (ALMEIDA & BARBOSA, 1953).

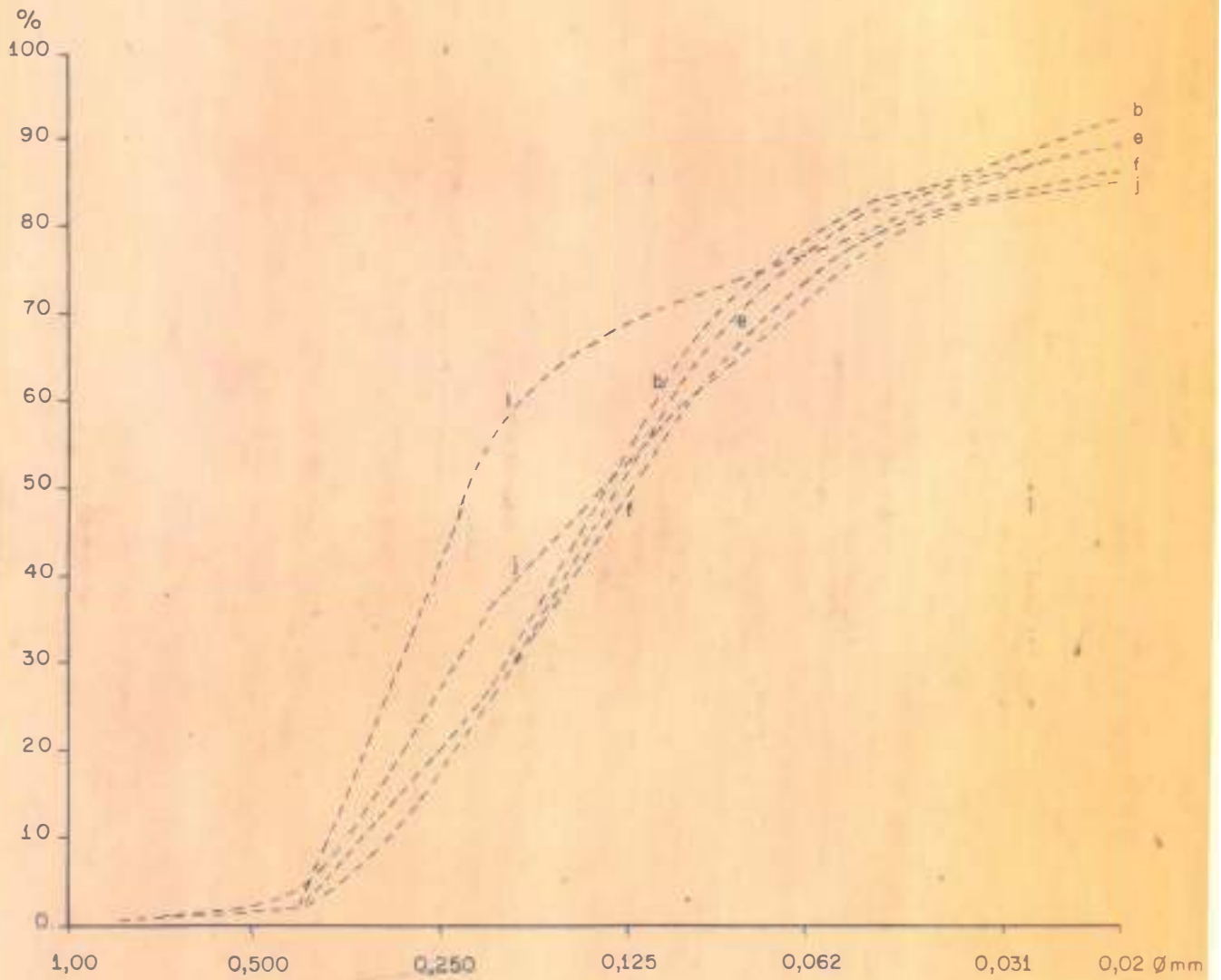
O arenito Botucatu assenta discordantemente sobre a formação Estrada Nova, não sendo registrada a presença do arenito Piramboia como MENDES (1952) já havia assinalado. Corresponde esse arenito, segundo a definição de ALMEIDA (1954, 1964), a enormes depósitos de dunas com espessura regional máxima de cerca de 250 m (ALMEIDA & BARBOSA 1953). Ocorre em pequena parcela da área da Depressão Periférica capeando alguns espigões ao longo do vale do rio Corumbataí e, com maior frequência, nas vertentes que mostram no topo recobrimento por materiais sedimentares mais recentes; ocorre também nas colinas baixas do interior dos entalhes alveolares da cuesta.

Os afloramentos mostram a estratificação cruzada típica de dunas, coloração vermelha, rosa ou cinza (foto 3). A granulação da areia é fina, grãos com diâmetro geralmente menor que 0,500 mm, moda situada na classe 0,250 - 0,125 mm, mediana próxima a 0,125 mm, coeficiente de seleção ( $S_o$ ) próximo a 2,0 (diagramas 1, 2 e 3), e apresentam grau de arredondamento e esfericidade elevados, com polimento característico da superfície (CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1966). O mineral predominante é o quartzo, com feldspatos e mica subordinados; CARVALHO (1954), estudando a constituição mineralógica de algumas amostras de Botucatu verificou também a presença de um séquito de pesados.

O facies Santana apresenta pequena espessura e estratificação plano-paralela, alternando estreitas camadas ou mesmo bolsas de argila, de aspecto folhelhoso e coloração vermelha, camadas arenosas de textura variada e pequenas linhas de cascalho e seixos ventifectos (ALMEIDA, 1951; QUEIROZ NETO, 1960). Corresponde a depósitos de lagos no interior do deserto Botucatu onde vinham ter cursos d'água temporários, tal como nos "oueds" dos atuais desertos. Esses afloramentos são restritos em áreas, nem sempre coincidindo altimetricamente, mas marcam com frequência as encostas por quebras de gradiente, que tomam o aspecto de pequenos degraus ou escarpas.

DIAGRAMA 2

CURVAS CUMULATIVAS DA FRAÇÃO AREIA DE VÁRIOS HORIZONTES DO PERFIL RC-35



PROFUNDIDADES: \_

b= A<sub>2</sub> - 8 - 23 cm

e= B<sub>1</sub> - 38 - 56 cm

f= B<sub>21</sub> - 56 - 83 cm

j= B<sub>3</sub> - 147 - 168 cm

l= C - 222 + cm

Os corpos regionais de rochas básicas seriam intrusivos, segundo as pesquisas recentes de WERNICK & EBERT (1967), contrariando o que se pensava anteriormente (ALMEIDA & BARBOSA, 1953; QUEIROZ NETO, 1960; CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1963; ALMEIDA, 1964); MEZZALIRA (1965), aliás, não separa os corpos intrusivos dos extrusivos, pois "amostras que no campo indicavam ser basalto, ao microscópio, contudo, se enquadravam melhor no diabásio".

O corpo de rocha básica de maior importância regional é aquele que sustenta as escarpas de cuesta e, ao mesmo tempo, origina as maiores extensões de "terra roxa" (fotos 4, 12, 13, 15): seu contacto inferior com o arenito Botucatu acha-se situado geralmente entre as cotas de 720 e 780 m e o tópo a cerca de 800 m, estando recoberto pelos sedimentos arenosos da Serra de Santana (fig. 1). Anteriormente, a exemplo de ALMEIDA & BARBOSA (1953), interpretamos ês ses corpos básicos como testemunhos de vários derrames simultâneos da deposição do arenito eólico (QUEIROZ NETO, 1960; CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1963): porém, tendo em vista pesquisas mais recentes, essa interpretação necessita ser revista.

FULFARO & col. (1967) e PENTEADO (1968) encontraram indícios de falhamentos escalonados ou em degraus na escarpa da Serra de Santana, responsáveis pela repetição dos contactos entre 720 e 780 m e ocorrência de blocos rebaixados de arenito Botucatu. As pesquisas de WERNICK (1966) e WERNICK & EBERT (1967) parecem mostrar que êsse corpo básico teria sido introduzido após solidificação diagenética do Botucatu, o que poderia também explicar a presença daqueles blocos rebaixados. A idade desses falhamentos de rejeito considerável não foi precisada, porém WERNICK & EBERT dão a entender que seria pouco posterior mas quase contemporânea às intrusões, enquanto PENTEADO (1968) encontra indícios para supor pelo menos uma reativação do tectonismo em época bem mais recente. Acreditamos, a exemplo de WERNICK & EBERT, que os fenômenos tectônicos de maior vulto da área sejam bem antigos, relacionados, provavelmente, à última fase de maior instabilidade da crosta nesta parte do continente sul americano, que correspondem ao levantamento andino.

Pequenos afloramentos de rochas básicas são encontrados também no reverso da cuesta, ao longo do vale do ribeirão do Feijão, e nas proximidades de Itirapina. Ao norte da cidade de Corumbataí, na margem esquerda do rio do mesmo nome, ocorre uma pequena escarpa basáltica, porém muito nítida, atravessada pela estrada





Foto 4: Vale do ribeirão do Retiro encaixado entre as "escarpas" suavizadas de rochas básicas, mostrando alguns remanescentes da vegetação primitiva; no fundo o vale do rio Corumbataí.



Foto 5: Vossoroça próxima a Itirapina sôbre sedimentos arenosos da Serra de Santana, mostrando a ausência de estratificação e grande profundidade; à direita um testemunho da cuesta, o morro do Baú.

de rodagem que vai a Analândia; ainda nessa rodovia, no leito de um dos afluentes do Corumbataí e também nos arredores de Analândia encontram-se rochas básicas. Finalmente, e de maior importância para este trabalho, há uma pequena ocorrência de rocha básica entre o córrego do Lageado e o ribeirão Maria.

As rochas básicas pertencem à família dos gabros, apresentam textura muito fina, aparentemente vítrea, e constituição mineralógica que parece ser também constante em toda a bacia do Paraná (WASHBURNE, 1930; GUTMANS, 1943; ALMEIDA & BARBOSA, 1953; BJORNBERG & TOLENTINO, 1959; GIRARDI & MELFI, 1963; ALMEIDA, 1964). Apresentam piroxênios associados a plagioclásios e quantidades variáveis de magnetita, ilmenita e apatita; mais raramente ocorrem olivina, quartzo e feldspatos. A rocha mais próxima à superfície apresenta-se profundamente diaclasada ora em juntas horizontais e verticais muito próximas, dando aspecto reticulado ao conjunto, ora com disjunção colunar mais acentuada. Esse diaclasamento intenso favorece a passagem de soluções e as superfícies de contacto muitas vezes apresentam-se alteradas a grande profundidade: nas juntas é comum o aparecimento de material secundário, sedoso, de coloração esverdeada, que a análise por difração de raios-X revelou ser nontronita (A.C. Moniz, inf. pessoal). Outro aspecto comum da alteração é a decomposição concêntrica, fato assinalado anteriormente na região por PAIVA NETO & col. (1951).

O topo da Serra de Santana acha-se recoberto por sedimentos que foram tomados ora como arenitos Bauru (ALMEIDA & BARBOSA, 1953), ora Botucatu (SETZER, 1956). Estudos de detalhe permitiram uma definição mais precisa desses sedimentos (QUEIROZ NETO, 1960, 1962; CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1966) que apresentam na base, com certa frequência, uma camada cascalheira de espessura variável, composta por seixos rolados e quebrados de quartzo e quartzito, blocos e seixos de canga, de tamanho variado, às vezes decimétrico, acompanhados de pequena quantidade de seixos arredondados de rocha básica, que normalmente se acham bastante alterados. Esses seixos acham-se distribuídos irregularmente em matriz arenosa. Essa cascalheira assenta em discordância erosiva sobre material com estratificação plano-paralela, onde alternam camadas de arenitos desde grosseiros até finos com argilitos vermelhos ou esbranquiçados, cuja origem não foi determinada, sobre arenito Botucatu ou, às vezes, sobre basalto-diabásio.



Foto 6: Blocos de canga próximos da escarpa que delimita o platô de Urucaia; vegetação secundária de gramíneas utilizada como pastagem.

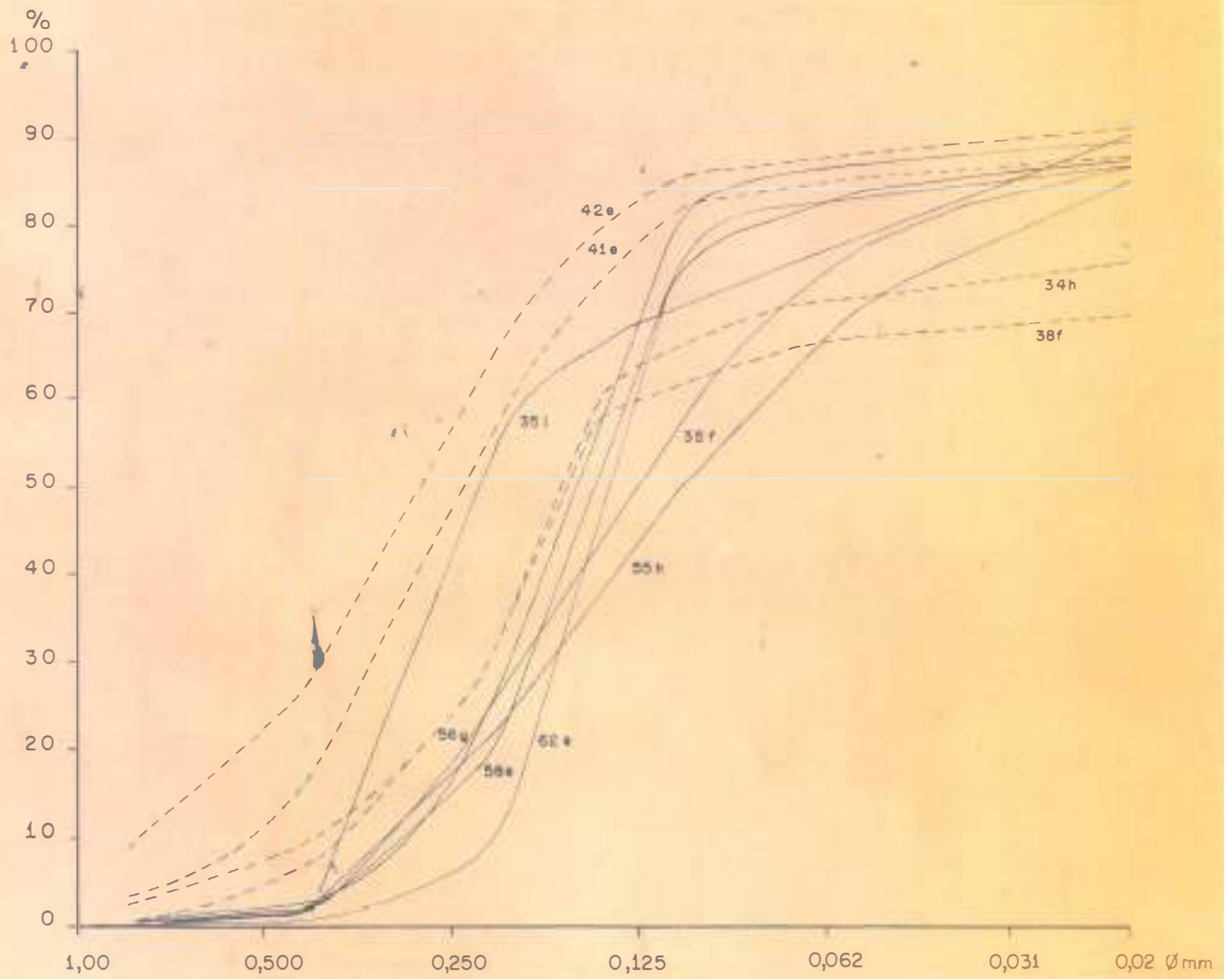


Foto 7: Terraços aluviais arenosos no córrego Boa Vista; ao sul as encostas sôbre arenito Botucatu que antecedem o platô de Urucaia.



DIAGRAMA 3

CURVAS CUMULATIVAS DA FRAÇÃO AREIA DE ALGUMAS AMOSTRAS DA REGIÃO DA SERRA DE SANTANA



Os sedimentos apresentam estratificação maciça, têm espessura variável, desde poucos centímetros até vários metros, são extremamente homogêneos em área e espessura (foto 5) (CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1966). Algumas amostras apresentam-se mais grosseiras com a moda na classe 0,500 - 0,250 mm, porém esta acha-se mais frequentemente situada a 0,250 - 0,125 mm; a mediana é próxima a 0,200 mm e o coeficiente de seleção (So) inferior a 2,0 nas amostras mais arenosas e superior a 3,0 nas mais argilosas (diagramas 1 e 3). Contêm grande quantidade de grãos quebrados e índice pouco elevado de arredondamento, distinguindo-se dessa maneira dos arenitos Botucatu e Bauru (QUEIROZ NETO, 1962; CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1966). Esse conjunto de características e a presença da cascalheira basal indicam tratar-se de material depositado em condições semi-áridas, proveniente de formações mais antigas (CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1966).

O mineral predominante é o quartzo, cujos grãos maiores apresentam-se muitas vezes recobertos por película de óxido de ferro, conferindo-lhes coloração avermelhada. A magnetita é frequente apesar de ocorrer em pequena quantidade, aparecendo também pequenas concreções ferruginosas. A difração dos raios-X do silte e areia fina indicam a possibilidade de ocorrência de feldspatos e micas em profundidade. Apresentam teores variáveis de argila, raramente ultrapassando 25%, que foi considerada como proveniente de deposição simultânea com a parte arenosa, por fenômenos de erosão em lençol; no entanto, poderia provir da alteração "in situ" de minerais primários menos resistentes, depositados juntamente com o quartzo, como a presença das pequenas quantidades de feldspato e mica sugere; essa hipótese foi levantada por De LEENHER & col. (1952) para explicar a presença de argila nos solos do platô do Yangambi, Congo Belga, cujas condições de gênese e deposição do material apresentam notável semelhança com as da Serra de Santana.

No topo de alguns espigões da região pré-frontal da cuesta, sobretudo entre Corumbataí e Analândia, no divisor de águas dos córregos da Serra e Boa Vista e sobre a superfície de Urucaia (mapa 2) ocorre um sedimento não estratificado, de aspecto maciço, espessura reduzida (raramente atingindo a dezena de metros), apresentando frequentemente cascalheira basal composta de seixos de quartzo, canga, basalto e arenito Botucatu, associados a matriz arenosa clara que, às vezes, apresenta estratificação plano-paralela e assenta discortantemente sobre o arenito Botucatu. A super-



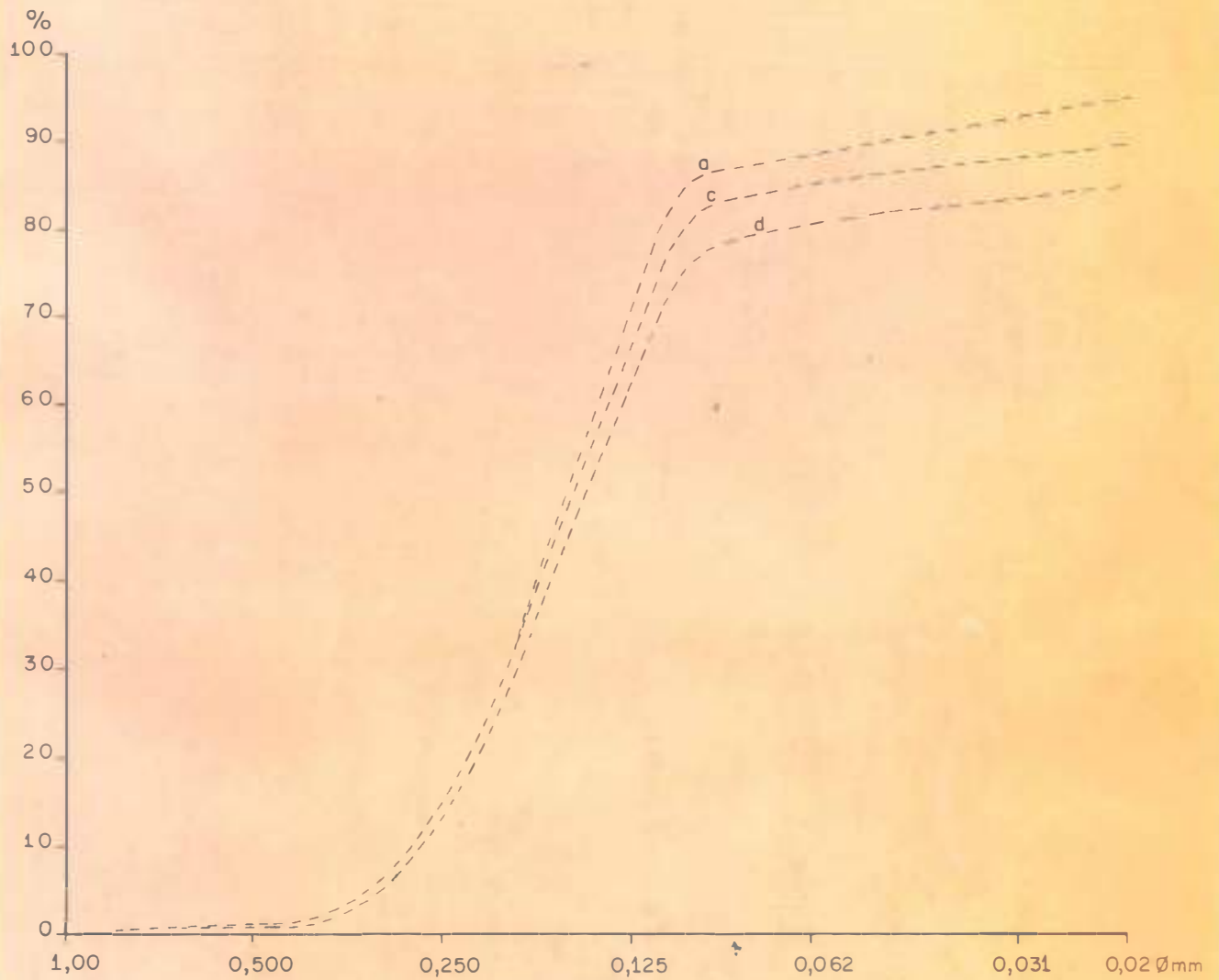
Foto 8: Várzea do rio Itaquari vendo-se o morro do Baú; grande concentração de cupinzeiros antecedendo a várzea, onde ocorrem solos orgânicos e gleis húmicos; o capim "barba de bode" não ocupa tãda a superfície do solo. A escarpa do Morro do Baú termina por um plano inclinado que lembra um "glacis".



Foto 9: Formas colinosas suaves do reverso da Serra de Santana com cerrado; no "glacis" do Morro do Baú a vegetação é do tipo florestal.

DIAGRAMA 4

CURVAS CUMULATIVAS DA FRAÇÃO AREIA DE ALGUNS HORIZONTES DO PERFIL RC-58



PROFUNDIDADES: \_

a= A<sub>11</sub> - 0 - 9 cm

c= A<sub>3</sub> - 24 - 66 cm

d= B<sub>1</sub> - 66 - 105 cm

fície de Urucaia, recoberta por êsses sedimentos, domina as colinas esculpidas sôbre o arenito Botucatu, sendo nitidamente delimitada por bordos escarpados onde aíloram freqüentemente blocos de canga (fotos 6, 14).

São sedimentos arenosos de granulação fina, com quase 50% de grãos na classe 0,250 - 0,125 mm, mediana próxima a 0,150 mm, portanto em posição intermediária entre os sedimentos da Serra de Santana e o Botucatu (diagramas 1,3 e 4) e coeficiente de seleção (So) muito baixo ( $\pm 1,5$ ). São predominantemente formados de quartzo, acompanhado de pequena quantidade de mica e feldspatos, e os grãos apresentam-se ora arredondados, esféricos e fôscos, como os de Botucatu, ora angulosos e quebrados, porém em menor proporção. Êsses aspectos indicam serem originários, pelo menos parcialmente, de retrabalhamento do Botucatu, como verificaram BJORNBERG (1965) e BJORNBERG & LANDIM (1966). Denominados genericamente sedimentos néo-cenozóicos, podem apresentar em certos estratos restos fossilizados de plantas que, segundo BJORNBERG & col. (1964) teriam sido depositados em planícies aluviais "de recente antiguidade geológica". É de se registrar que os teores de argila dos solos são da mesma ordem de grandeza dos sôbre arenito Botucatu; essa analogia poderia indicar processos de alteração "in situ" de minerais primários depositados junto ao quartzo.

Nos vales dos maiores cursos d'água acumulam-se aluviões modernas, mostrando geralmente sucessão de camadas finas arenosas e areno-argilosas, às vêzes entremeadas de cascalho. Os grãos de areia indicam o Botucatu como principal fonte fornecedora de material, tanto das vertentes adjacentes como das cabeceiras dos rios. As várzeas são comumente ladeadas por níveis de terraços baixos (foto 7).

Certos vales do reverso, sobretudo do ribeirão do Feijão e de alguns afluentes, apresentam sedimentação arenosa devida à presença de uma solcira de rocha básica (CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1962); nessas várzeas são comuns fenômenos de acúmulo de matéria orgânica, formando turfeiras de espessura não determinada (foto 8).

### 3.2.2. Formas de relêvo e sua evolução

O relêvo regional mostra aspectos diferenciais que definem uma compartimentação nítida. De um lado, dominando a paisa-



Foto 10: Vista da Depressão Periférica mostrando relevo mais fortemente ondulado e resquícios de florestas.



Foto 11: Trecho da várzea do córrego Boa Vista, representando o nível mais recente em contraste com a superfície de Santana no fundo.





Foto 12: Vista da escarpa do Morro Podado a Sudoeste de Corumbataí; a foto foi tirada sôbre nível elaborado no arenito Botuca-tu (superfície Rio Claro), percebendo-se pela posição da casa e da estrada o correspondente ao siltito Estrada Nova.



Foto 13: Escarpa do Morro Boa Vista e testemunho Morro da Guarita. O primeiro nível ao sul do Morro Boa Vista corresponde à superfície Urucaia (de onde foi tirada a foto) e o segundo, pouco abaixo, à superfície Rio Claro; alguns exemplos do terceiro nível são visíveis.

gem (foto 1), o platô da Serra de Santana, com formas colinosas suaves (fotos 5,9) e uma rede de drenagem pouco densa e com aspecto centrífugo, o que levou CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1962) a de inici-la como um dispersor de águas. Do outro lado a região pré-frontal, na Depressão Periférica, de aspecto mais acidentado (foto 10), com rede de drenagem bem mais densa e cuja conformação levantou hipóteses a respeito de atuação regional de tectonismo (PENTEADO, 1968).

A característica mais notável do relevo regional é, sem dúvida, a presença de pelo menos cinco níveis bem definidos, com nítida expansão por toda a área:

- Os vales aluviais dos rios da Depressão Periférica, podendo tomar-se como base o Corumbataí na cidade do mesmo nome, entre 570 e 600 m de altitude e representando o nível atual de sedimentação; apresentam terraços (fotos 7 e 11).

- Um nível baixo, entre 610 e 625 m de altitude, que pode ser percebido num certo número de colinas ao longo do vale do rio Corumbataí e em ombreiras apresentadas pelas vertentes dos espigões mais elevados (fotos 7 e 11).

- Um segundo nível, a superfície de Rio Claro, constituída por espigões ora sobre a formação Botucatu, ora recoberto por sedimentos néo-cenozóicos, aproximadamente 623 a 650 m de altitude e separado do anterior por elevação brusca, representando desnível de poucas dezenas de metros (fotos 7, 12 e 13).

- A superfície de Urucaia, pequeno platô entre 700 e 750 m, terceiro nível geral muito nítido, separado do anterior por escarpa de algumas dezenas de metros e mostrando no topo formas colinosas suaves (fotos 13 e 14). Esse nível parece tornar-se conspicuo entre Corumbataí e Analandia, correspondendo ao topo dos espigões muito amplos e profundamente entalhados pelos afluentes do Corumbataí, formando vales com vertentes em V e com "degraus" onde aparecem com frequência o arenito Botucatu, o fácies Santana ou pequenas camadas de rochas básicas.

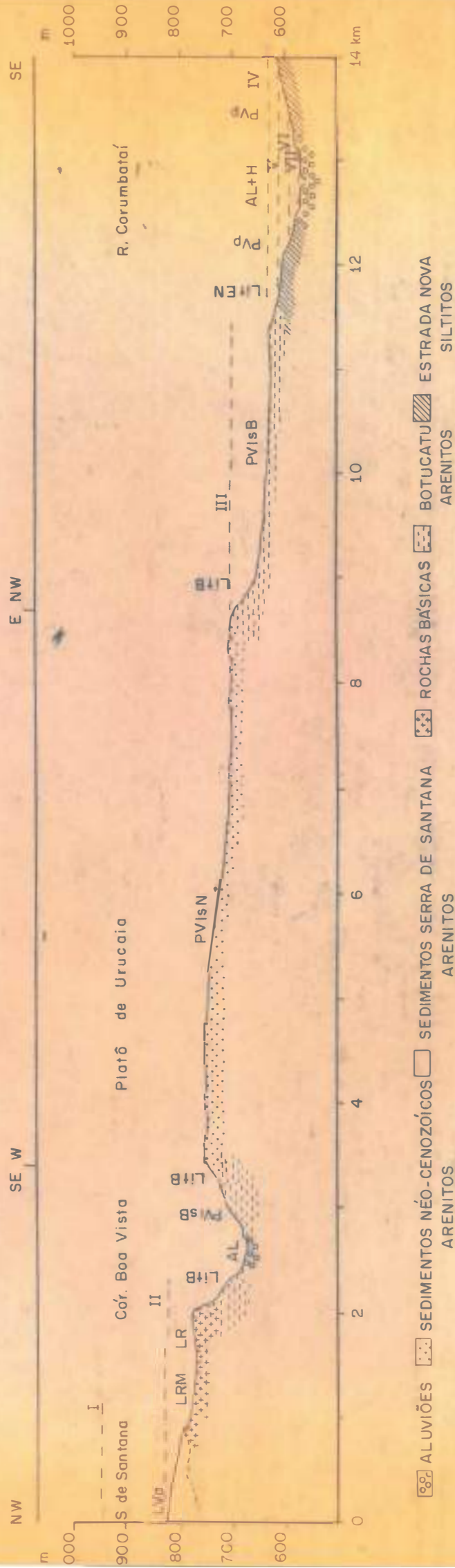
- O reverso da Serra de Santana, acima dos 800 m, separado dos anteriores por uma escarpa festonada (fotos 1, 10, 11, 12, 13) de algumas dezenas ou mesmo centena de metros. Seu topo é constituído pelo menos por dois níveis, o das baixadas secas em U muito aberto e fundo quase plano e o dos topos das colinas; é possível que fora das varzeas ocorra mais um nível, porém os trabalhos de campo não permitiram defini-lo com precisão.

Como salientou PENTEADO (1968), o sistema de drenagem do Corumbataí, na Depressão Periférica, apresenta um padrão acentuadamente paralelo e mesmo retangular, com mudanças bruscas de traçado, direções predominantes ENE-WSW e NNW-SSE, definidas anteriormente por FREITAS (1955) como sendo comuns a toda a bacia sedimentar do Paraná e denunciando o que BJORNBERG (1965) denominou estilo poligonal da tectônica. Alguns testemunhos do tectonismo de falhas pós-cretáceo podem ser levantados: a região sobrelevada de Pitanga, bem ao sul,



FIGURA 1

SEÇÕES TRANSVERSAIS DA SERRA DE SANTANA AO VALE CORUMBATAÍ MOSTRANDO AS RELAÇÕES ENTRE O RELEVO, O MATERIAL ORIGINAL E OS SOLOS



- I - Superfície das Cristas Médias ou Japi - Pdz - Serra do Cuscuzeiro - oretáceo
- II - Superfície de Santana ou Itaguá - Pdz - Serra de Santana - terciário médio-superior (?), oligeno-pleistoceno
- III - Superfície de Urucaia - Pd<sub>1</sub> (P<sub>3</sub>?) - plio-pleistoceno
- IV - Superfície Rio Claro - P<sub>2</sub> (?) - pleistoceno
- V - Nivel dos altos terraços pedimentares - TP<sub>1</sub> - (P<sub>1</sub> ?) - pleistoceno
- VI - Nivel dos baixos terraços - T<sub>1</sub> - pleistoceno-holoceno
- VII - Nivel das várzeas - To - holoceno

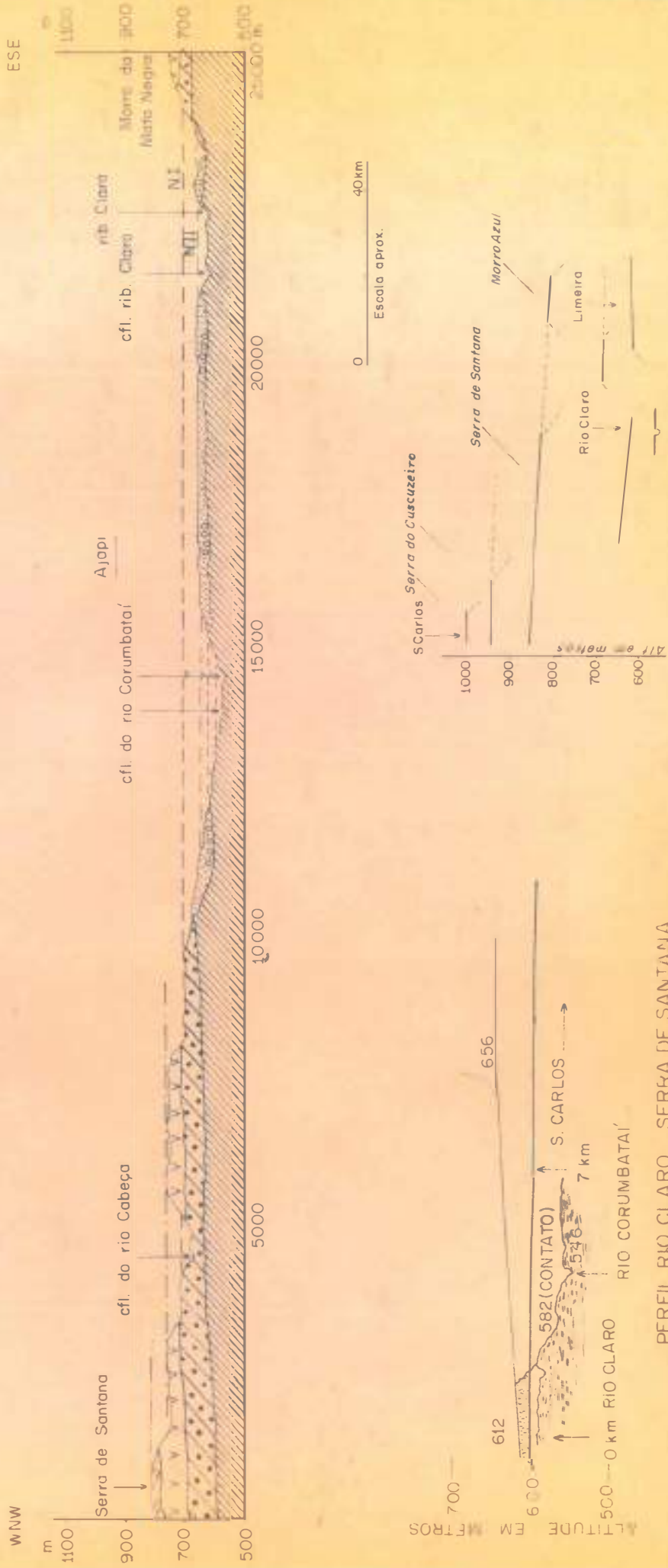
com um sistema de falhas em escadaria (PENTEADO, 1968); a falha do planalto de S. Carlos afetando o Bauru, estudada por BJORNBERG (1965); um possível sistema de falhas em degraus da Serra de Santana (PENTEADO, 1968), que talvez explique a posição elevada do "sill" de diabásio, definido por WERNICK & EBERT (1967), em relação às posições dos derrames nas serras vizinhas, etc.. Como observamos anteriormente é provável que a região tenha sido afetada por tectonismo de certa intensidade, contemporaneamente ao que atingiu toda a bacia sedimentar do Paraná e consequência do soerguimento das Andes. Explicar-se-ia assim, como aliás FREITAS (1955), BJORNBERG (1967) e WERNICK & EBERT (1967) sugerem, o estilo poligonal das frentes de cuesta e da rede de drenagem, bem como a posição sobrelevada do "sill" da Serra de Santana, com falhas em escadaria.

É bem provável, como observara PENTEADO (1968), que tenha ocorrido cíclicamente ou quase continuamente, em certos períodos, um certo reativamento de sistema de falhas anterior. No entanto, é preciso deixar bem claro, raramente êsses indícios mais recentes denotam a existência de sistemas de importância considerável, com relação a falhamentos ou rejeitos verticais, como acredita BJORNBERG (1965); bem mais difícil, por enquanto, é precisar sua datação, podendo supor-se apenas serem posteriores e provavelmente sendo reincidentes (BJORNBERG, 1965).

A presença de superfícies de aplainamento com grande expansão lateral, em cotas altimétricas bastante constantes, conferindo à paisagem um aspecto nitidamente escalonado, foi tomada por vários autores como indício da ocorrência de ciclos morfogênicos alternantes entre aridez e umidade, com grande poder de atuação. Por outro lado, forçoso é reconhecer a necessidade de uma estabilidade estrutural de conjunto bastante grande, que permitisse a permanência dessas superfícies em posições relativamente inalteradas desde a época de sua elaboração. Nesse sentido, são extremamente elucidativos os perfis apresentados por BJORNBERG & col. (1964), de Rio Claro-Ajapi-Morro Grande e de Rio-Claro-Serra de Santana, e os de BJORNBERG & LANDIM (1966) para a Depressão Periférica, indicando a continuidade da superfície de 600-650 m, denominada superfície de Rio Claro (fig.2), representada na área em estudo (mapa 3) por colinas cujo tôpo apresenta arenito Botucatu. Também os perfis de PENTEADO (1968) confirmam aquêles e mostram a posição proeminente da superfície Urucaia, a 700-

FIGURA 2

PERFIL GEOMORFOLOGICO DA BACIA DE SEDIMENTAÇÃO DE RIO CLARO ( Penteado, 1968 )



SITUAÇÃO DOS NÍVEIS TOPOGRÁFICOS PRINCIPAIS CAPEADOS POR SEQUÊNCIAS NEO-GENÓZICAS  
 Björnberg e colaboradores, 1966

Björnberg e colaboradores, 1964

750 m de altitude. Essas características da paisagem regional invalidam, a nosso ver, hipóteses de influências tectônicas exclusivas.

O reconhecimento e definição dos diversos níveis permitiu traçar as principais etapas da morfogênese, relacionando-as "aos processos de circundesnudação que elaboraram a Depressão Periférica" (CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO, 1960, 1961, 1966) e, de certo modo, confirmando idéias anteriores de AB'SABER (1949, 1954, 1965) sobre a evolução do relêvo do Estado de São Paulo. Sua individualização só pôde ter início após o último grande episódio de sedimentação da Bacia do Paraná, no cretáceo superior (FREITAS, 1955; MEZZALIRA, 1965); é provável que os fenômenos de circundesnudação que afetaram a bacia tenham se iniciado e prolongado pelo terciário e quaternário.

As Serras do Itaquiri e Cuscuzeiro representam a superfície regional mais elevada, acima dos 900 m de altitude e análoga à de alguns morros testemunho: Morro Grande, Guarita, Pelado e Bau (fig. 1 e fotos 5, 8, 9, 13). Estaria relacionada à superfície das cristas médias de De MARTONNE (1943) e sua elaboração teria ocorrido entre o eoceno e o plioceno, segundo AB'SABER (1965), ou no cretáceo-eoceno, segundo BIGARELLA & col. (1965); de acordo com estes últimos, estaria identificada com a superfície do Japi e seria denominada pediplano Pd<sub>3</sub>, resultante de um enorme processo de pediplanação que afetara as partes mais altas do relêvo do Brasil de Sudeste.

A Serra de Santana acha-se embutida entre as do Itaquiri, a sudoeste, e do Cuscuzeiro e Planalto de S. Carlos ao norte, com desnível de cerca de 260 m, estando geralmente separadas por nítidos escarpamentos, sustentados no topo, com frequência, por arenito Botucatu silicificado. A leste e sul foi entalhada pela rede de drenagem da Depressão Periférica, formando escarpas cujos bordos apresentam direções ENE-WSW e NNW-SSE. Prolonga-se para oeste, além do planalto de Campo Alegre, como CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1962) tiveram a oportunidade de observar, atingindo o vale do Jacaré-Pepira, afluente do Tietê.

A ausência de arenito silicificado na Serra de Santana, o desnível com suas vizinhas, a hipótese de continuidade entre as camadas basálticas da Serra de Santana e as do sopé daquelas escarpas, o material detrítico que a recobre e que proviria das encostas das serras vizinhas, levaram CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1961) a definir como erosiva a sua gênese, enquadrando-a no que AB'SABER (1960) deno-

minara superfície interplanáltica. Mesmo se alguns detalhes não foram confirmados, como por exemplo, a descontinuidade das rochas básicas e a possível silificação diagenética do arenito em época posterior aos derrames (e talvez mesmo muito recentemente), não há nenhum indício de tectonismo recente de grande vulto para explicar o desnível considerável (150-200 m) entre as Serras de Santana e vizinhas; os grandes traços do relevo teriam sido elaborados por uma esculturação erosiva.

A elaboração da superfície de Santana teria iniciado por entalhamento considerável, em clima úmido de intensa ação erosiva linear e com grande capacidade de transporte, que possibilitou a evacuação de enorme quantidade de detritos e, ao mesmo tempo, formou espesso manto de intemperismo nas encostas, denunciando período de dominância de processos químicos na alteração das rochas.

Seguir-se-ia um período semi-árido, com predominância de fenômenos de degradação lateral e provável agradação no centro da bacia que, aos poucos, teve o nível de base alçado possibilitando a expansão da deposição até os bordos. A drenagem seria intermitente mas exorréica e o escoamento, de caráter torrencial nos bordos inclinados, far-se-ia em lençol na faixa de deposição, não obedecendo a nenhum traçado fixo mas divagando sobre a superfície pouco inclinada, correspondendo muitas vezes a verdadeiras corridas de lama. O material, depositado assim que o escoamento cessava, era remanejado e retrabalhado pelas chuvas subsequentes por processos análogos. Esse mecanismo, estudado em detalhe por AB'SABER (1962), BIGARELLA (1964) e BIGARELLA & MOUSINHO (1965), talvez possa explicar a ausência de estratificação e a grande homogeneidade em espessura e em área dos sedimentos.

A elaboração da superfície de Santana seria posterior à das cristas médias, ou Pd<sub>3</sub>, mas anterior aos processos de entalhamento e pedimentação que deram origem à Depressão Periférica. Foi colocada no terciário médio a superior por CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1960, 1961) e se correlacionada ao pediplano Pd<sub>2</sub> de BIGARELLA e colaboradores seria oligoceno-pliocena. BIGARELLA & Col. (1965) afirmaram não serem conhecidos depósitos correlativos da pedimentação Pd<sub>2</sub> no Brasil Meridional, a não ser talvez certas camadas das bacias do Paraíba e de São Paulo. A evolução posterior do relevo, na Serra de Santana teria preservado sua cobertura detrítica, transformando-a num dos raros exemplos desses depósitos fora daquelas bacias: apesar de constituir uma espécie de dispersor de águas, a drenagem é de fraca atividade erosiva fora dos bordos escarpados, provavelmente devido a sistema de





Foto 14: Superfície Urucáia a leste do córrego Boa Vista, terminando por escarpa e dominando a superfície Rio Claro; observa-se nas encostas as "ombreiras" correspondentes ao terceiro nível.



Foto 15: Partes mais escarpadas da cuesta ainda apresentam remanescentes das florestas; no primeiro plano pastagem de "capim gordura" sobre latossolo roxo misturado.

capturas denunciado anteriormente por CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1962), e talvez relacionado à reativação do tectonismo (PENNEADO, 1968); além disso, constitui uma superfície embutida, o que teria também contribuído para sua preservação.

Posteriormente, com nova reativação da erosão linear devido à mudança de clima para mais úmido, teriam tido início os processos dos quais resultaram os atuais aspectos da região pré-frontal. As serras do Cuscuzeiro e Itaquiri sofrem novos recuos, o sistema Corumbataí instala-se, atacando pelas cabeceiras os limites entre as Serras de Santana e Cuscuzeiro, enquanto seus afluentes Passa Cinco e Cabeça (este por intermédio também do Pirapetinga) entalham profundamente a região situada entre as Serras de Santana e Itaquiri. A rede de drenagem atual, nas áreas citadas, denuncia as capturas mencionadas acima. CHRISTOFOLETTI & QUEIROZ NETO (1960, 1961) situam essa fase no plio-pleistoceno, responsável pela elaboração do que denominaram nível Corumbataí I, a 650-700 m, que poderia ter-se processado em duas etapas, a primeira correspondendo à formação da superfície dos 700-750 m e a outra à dos 650 m.

As pesquisas de AB'SABER e BIGARELLA resultaram num melhor conhecimento dos eventos paleo-geográficos do quaternário no Brasil de Sudeste, tendo sido extensivamente relatadas em vários trabalhos. Ao contrário do que por muito tempo se pensou, as glaciações do hemisfério norte corresponderam, nesta parte do hemisfério sul, a períodos de aridez e semi-aridez, que permitiram a elaboração de superfícies de pedimentação além de níveis de terraço, conferindo à paisagem o aspecto escalonado que atualmente apresenta.

A pedimentação mais antiga (P<sub>3</sub>), cujos testemunhos ocupam a posição mais elevada mas embutida no pediplano Pd<sub>2</sub>, estaria relacionada à primeira glaciação do quaternário (Nebraskan-Gunz - BIGARELLA, 1964; BIGARELLA & MOUSINHO, 1965). Correlacionamos a superfície de Urucaia à essa pedimentação, e acreditamos que os espigões entre Corumbataí e Analândia constituam testemunhos dessa superfície, sendo provável sua extensão para leste desta cidade, ocupando cotas sempre acima dos 700 m. Acha-se recoberta por sedimentos arenosos finos, de elevado grau de seleção (diagramas 1 e 4) e morfoscopia que indica serem originados de retrabalhamento do arenito Botucatu, distinguindo-se deste por serem ligeiramente mais grosseiros (diagrama 3), características também observadas por BJORNBERG (1965), que analisou algumas amostras provenientes da área. Essa superfície foi percebida por

RICH (1953) que sugeriu grande extensão para seus testemunhos, e por BJORNBERG & LANDIM (1966), que a colocaram entre as de Rio Claro e Santana, sem contudo acrescentar maiores detalhes às suas observações. PENTEADO (1968) propõe a elaboração dessa superfície no pré-pleistoceno, remontando a de Santana até o terciário médio ou mesmo contemporaneamente à das Cristas Médias. Esse autor aparentemente não teria levado em conta as flutuações climáticas quaternárias, com pelo menos três fases erosivas para a elaboração de superfícies de pedimentação embutidas. Além disso, recuando a época da elaboração da Serra de Santana, sua posição atual só poderia resultar de tectonismo, com sistema de falhas de rejeitos verticais bastante amplos, de cerca de 150 a 200 m, até hoje não observado (BJORNBERG, 1965).

Após a elaboração do pedimento Urucaia teria se instalado fase de erosão linear em clima úmido, com grande capacidade de transporte do material das calhas e preparando nível de base para processos de pedimentação quando da instalação subsequente de período semi-árido. Essa fase de pedimentação resulta em superfície muito extensa, denominada Rio Claro, e onde BJORNBERG & col. (1964) encontraram restos vegetais fossilizados. Separa-se da anterior, de Urucaia, por uma vertente íngreme e escarpada, de algumas dezenas de metros. Poderia estar relacionada ao pedimento P<sub>2</sub> (e pela extensão ao P<sub>1</sub> ?) de BIGARELLA, correspondente à segunda glaciação Kansan-Mindell (e talvez prolongando-se pela terceira, ~~Illinoian-Riss~~), e suas bordas seriam o resultado da esculturação de formações rochosas, formando o pedimento rochoso, enquanto que o centro teria sido preenchido por sedimentos. Esta seria a razão da sua presença, no mapa 3, coincidir com a do arenito Botucatu e não com os sedimentos néo-cenozóicos definidos por BJORNBERG.

Nova mudança climática para mais úmido, seguida de período semi-árido, provoca novos entalhamentos e reafeiçoamentos das superfícies anteriores. É possível que o nível mais baixo, testemunhado quase que somente por pequenas colinas e ombreiras nas vertentes, geralmente esculpidas no siltito folhelhoso da formação Estrada Nova tenha iniciado sua elaboração nesta fase. Se esse fato revelar-se verdadeiro, sua elaboração estaria pelo menos enquadrada parcialmente na glaciação Illinoian-Riss e teria prosseguido na última glaciação, Wisconsin-Würm, correspondente parcialmente ao pedimento P<sub>1</sub> de BIGARELLA e constituindo um terrço pedimentar (TP). Essa superfície é mais conspícua no médio vale do Corumbataí, quando forma extenso patamar poucas dezenas de metros acima do nível das várzeas e separado do superior por nítido desnível.



QUADRO 1 : Normais de chuvas e temperaturas das cidades de Rio Claro e Itirapina (fontes : Boletim Pluviométrico do D.A.E.E., 1958, Setzer, 1946, 1950, e Godoy, inf. verbal) e disponibilidade de água no solo, calculada segundo Thorntwaite, 1948 (Camargo, 1960).

Localidades Meses	RIO CLARO			ITIRAPINA		
	P	T	D	P	T	D
Janeiro	235	24,1	+113	209	23,2	+93
Fevereiro	214	23,4	+111	173	22,7	+75
Março	152	22,8	+50	119	22,2	+23
Abril	47	20,9	69	53	20,7	76
Maiο	40	18,2	54	27	18,0	54
Junho	33	16,9	42	19	17,2	47
Julho	27	17,0	22	18	17,0	-7
Agosto	23	18,4	-14	11	18,7	-50
Setembro	53	19,8	-17	44	19,5	-20
Outubro	110	21,3	20	105	20,7	21
Novembro	130	22,4	48	176	22,0	77
Dezembro	185	23,6	+17	169	23,0	+52
Anual : total e média	1.249	20,7		1.123	20,4	
Excedente de água			292			243
Deficiência de água			31			77
Evapotranspiração potencial			989			961

P = chuvas nos períodos 1941 a 1957, para Rio Claro, e 1937 a 1951, para Itirapina

T = temperaturas em graus centígrados, período 1937 a 1951

D = disponibilidade de água

Posteriormente novas oscilações climáticas, das quais um período semi-árido de menor duração correspondente à glaciação Wisconsin-Würm, deixaram vestígios sob a forma de terraços e do remanejamento superficial de material nos níveis anteriores, testemunhados em alguns locais pela presença de linhas de seixos acompanhando a topografia atual e constituindo um páleo-pavimento detrítico, na definição de AB'SABER (1962). Essa fase é também responsável pelo depósito das aluviões ao longo das várzeas.

O relacionamento dos vários aspectos descritos acima leva a concluir ser o relevo regional o resultado de dois processos combinados, tectônico e erosivo, este estrutural-diferencial e escultural. Há sinais evidentes de extensos processos de degradação lateral-pedimentação e agradação contemporâneos, em clima semi-árido, alternando com períodos de erosão linear-entalhamento em clima úmido. A fase de entalhamento seria também consequência de modificações de nível de base relacionadas a reativações de tectonismo (epirogênese da bacia do Paraná?) de pequena expressão regional mas de enorme repercussão, com ligeiros afundamentos na parte mais central da bacia em consequência do maior peso dos sedimentos, e pequena elevação para os bordos aliviados de parte do material pelos fenômenos erosivos. Esse mecanismo de evolução do relevo foi definido por BIGARELLA & col. (1965) como a sutil interação entre profundas mudanças climáticas e deslocamentos da crosta com variação dos níveis de base locais, isto é, modificações de sistemas morfogenéticos conjugados e tectonismo, sincrônica e ciclicamente repetidos. No entanto, são as feições devido à sucessão dos sistemas morfogenéticos que marcam a paisagem de modo mais claro, indicando, a nosso ver, a sua importância e preponderância na história mais recente do relevo regional.

### 3.2.3. Clima regional

Foram estudados com detalhe os regimes pluviométrico (período de 1941-1957, Bol. DAEE, 1958) e térmico (SETZER, 1946) de Rio Claro e pluviométrico (período 1937-1951, fornecido por H. Godoy, Instituto Agrônomo) e térmico (SETZER, 1946) de Itirapina. Esses dados foram comparados com os das estações pluviométricas de Ajapi e Analândia (período 1941-1957, Bol. DAEE, 1958) e de Corumbataí, Graúna e Visconde do Rio Claro (Bol. DAEE, 1958), permitindo enquadrar melhor as duas primeiras localidades dentro do contexto regional do clima.

Como se observa no quadro 1, 81 a 85% das chuvas estão concentradas no período de outubro a março, sendo que aproximadamente 50% nos três meses de verão. O mês mais chuvoso é janeiro, que também apresenta a média térmica mensal mais elevada; o período chuvoso, aliás, apresenta temperaturas médias superiores a 22° C. De abril a setembro o tempo é normalmente mais seco e as temperaturas médias mais baixas, principalmente maio, junho, julho e agosto. A queda das médias mensais de temperatura e pluviometria é mais brusca no outono, ao passo que na primavera a elevação se processa de forma mais progressiva. A temperatura e precipitação, no período de janeiro a março, são um pouco mais elevadas em Rio Claro, isto é, na Depressão Periférica.

Processando a uma análise mais detalhada desses dados, nos períodos assinalados, foi possível constatar alguns fatos de grande importância para a utilização agrícola dos solos:

- há irregularidade bastante grande na distribuição pluviométrica anual, com variações sensíveis de um ano para outro; essa irregularidade é menor se computarmos os dados de setembro a agosto, isto é, do início da estação chuvosa de um ano ao término da estação seca do ano seguinte.
- Os meses de inverno apresentam as maiores variações pluviométricas.
- O início da estação chuvosa é irregular, porém não tanto quanto o seu término.

Apesar da pedologia interessar-se muito pouco por esses problemas, alguns desses fatos encontram explicação na dinâmica do clima, que será entrevisto rapidamente.

Nesta parte do país, as condições climáticas são a consequência principalmente do mecanismo de circulação atmosférica imposto por três massas de ar: ao norte, uma massa tropical quente e seca domina parte do ano o interior do continente; na parte oceânica aparece uma massa de ar tropical temperada e úmida; ao sul, confrontam-se com uma massa polar, marítima, fresca e úmida "que tem sua origem na parte sul do continente, no oceano Atlântico" (SCHRODER, 1956). Os avanços e recuos dessas massas de ar durante o ano determinam o ritmo das estações, seus pontos de encontro nas latitudes tropicais que compreendem o Estado de São Paulo, sofrem as maiores variações dos ritmos pluviométrico e térmico (FERRAZ, 1954, SCHRODER, 1956). A ocorrência de meteoros secundários, de outono e inverno, por exemplo, seria a consequência do avanço para o norte da frente polar que, ao encontrar massa de ar tropical temperada, provoca precipitações "anormais" e o abaixamento da temperatura, podendo ocasionar as geadas.

Os avanços e recuos dessas massas de ar, que determinam as precipitações, são feitos grosseiramente no sentido norte-sul. SCHROEDER (1956) observara com muita acuidade que a situação do território paulista, quase todo um planalto elevado e levemente ondulado, apresenta uma queda íngreme na costa que corta quase em ângulo reto a direção geral da circulação. Mesmo no interior do planalto o relevo pode afetar a distribuição pluviométrica, desde que existam acidentes topográficos que cortem a direção geral da circulação; as variações pluviométricas de caráter local coincidem com a posição de montanhas que se elevam acima do relevo geral; nas "faces das serras sotopostas à direção das correntes", em posição de "sombra de chuvas", as precipitações são menores do que nas faces voltadas à direção das correntes (SCHROEDER, 1956); o trabalho recente de BLANCO & GODOY (1967) ilustra bem esse fenômeno.

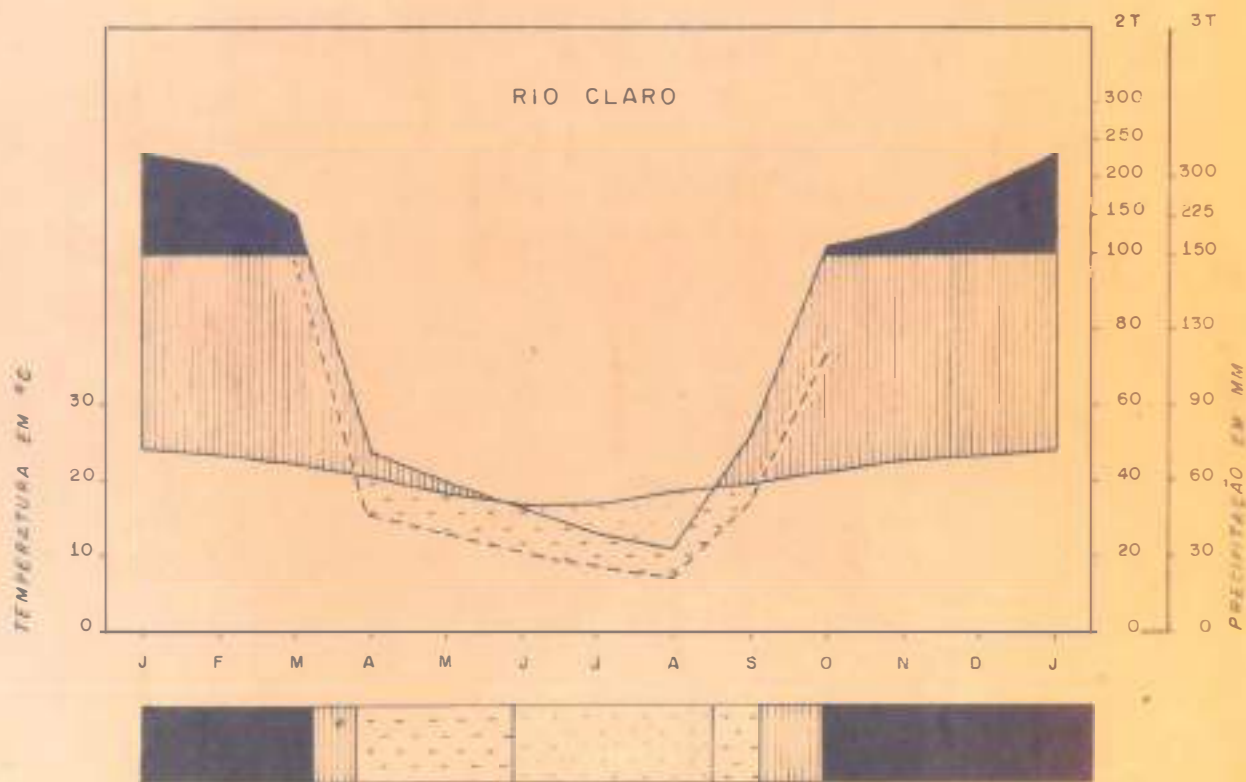
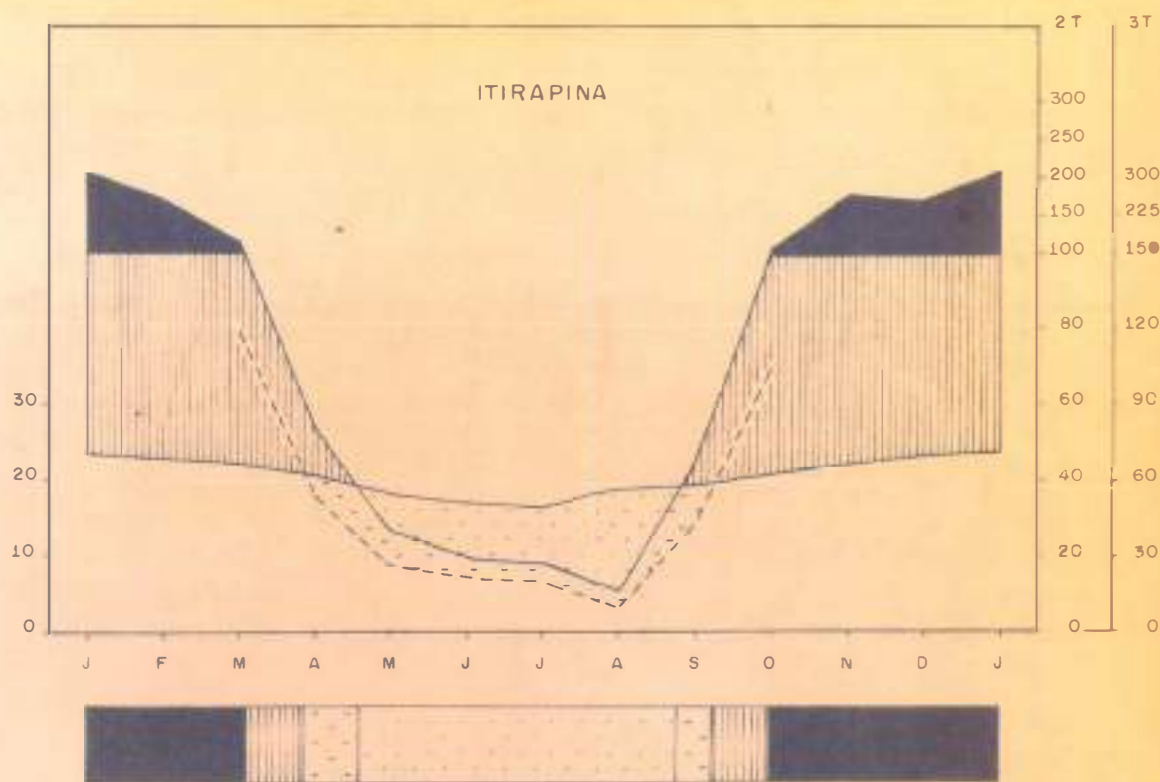
Essas observações explicam a irregularidade anual e sazonal das precipitações e de temperatura, porém é o último fator que torna compreensível a ligeira diferença dos totais pluviométricos e sua distribuição anual entre as áreas pré-frontal e do reverso da Serra de Santana. A barreira formada pelos contrafortes da Serra (fig.1, mapa 2, foto 11) contrapõe-se à direção das correntes, fazendo com que a pluviometria do reverso, em posição de "sombra de chuva", seja inferior à da parte pré-frontal. Analândia, como se observa nos mapas, acha-se situada no sopé da escarpa, portanto na Depressão Periférica; no entanto, sua posição é de sombra de chuva tal como Itirapina e outras localidades do reverso, apresentando a mesma marcha anual e totais análogos.

O emprego de classificações climáticas em estudos de pedologia deve ter o sentido de determinar a presença de estações ou períodos de deficiências e excedentes hídricos ou térmicos, sua importância no balanço hídrico e térmico do solo, a fim de possibilitar a visualização das ações exercidas pelo clima no intemperismo.

O índice de aridez de De MARTONNE (1936), um pouco mais elevado em Itirapina, indica a presença de clima tropical, com chuvas de verão e inverno seco e alternância nítida de estações. Segundo a classificação de Köppen (GUIMARÃES, 1945) o clima da região seria Cwa, úmido de temperaturas brandas e inverno seco. O cálculo da efetividade da precipitação (PE) e da eficiência da temperatura (TE) de Thorntwaite (SETZER, 1946) mostra valores ligeiramente mais baixos para Itirapina, sobretudo os de PE. Segundo este cálculo, o clima seria úmido, me

DIAGRAMA 5

DIAGRAMAS CLIMÁTICOS DE ITIRAPINA E RIO CLARO  
Segundo Rousseau (1962)



*Período muito úmido (chuvas > 100 mm)*  
*Período úmido (chuvas < 100 mm > 3T)*  
*Período seco (chuvas > 2T < 3T)*  
*Período árido (chuvas < 2T)*

sotérmico de inverno sêco (BB'a), devendo corresponder a uma vegetação florestal pluvial temperada; os índices PE, sobretudo do reverso, situam-se próximos do limite para um clima sub-úmido, que apresentaria vegetação savânica.

Essas classificações confirmam a análise dos regimes térmico e pluviométrico feita mais atrás e indicam claramente a ocorrência de clima tropical, quente e úmido, de estações alternantes bem marcadas. Por outro lado, as pequenas variações encontradas entre o reverso da Serra e sua região pré-frontal não são de molde a torná-las climaticamente distintas.

MOHR & VAN BAREN (1954) propuseram uma forma de classificar o balanço hídrico do clima que indicaria para a região o grupo climático IV, com seis meses úmidos (chuvas superiores a 100 mm) e seis meses secos (chuvas inferiores a 60 mm). O mês de abril poderia ser considerado sub-úmido, devido ao efeito residual da água armazenada durante o mês anterior; os meses de verão apresentariam excedentes de água, pois as precipitações seriam maiores do que a evaporação, seguindo-se um ou dois meses sub-úmidos, de equilíbrio entre precipitação e evaporação, e 4 a 5 meses secos, onde esta ultrapassaria aquela e o solo perderia água disponível.

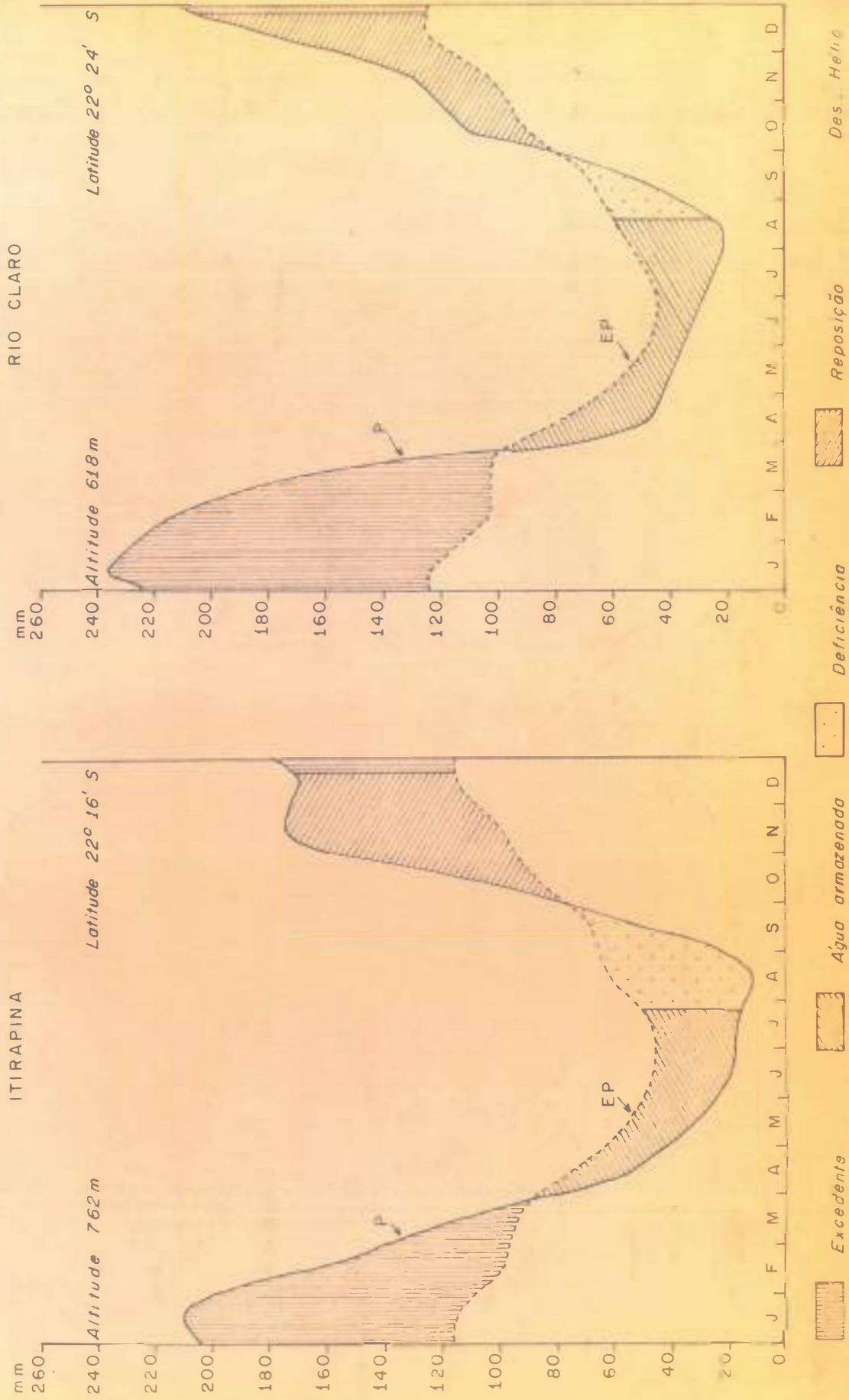
ROUSSEAU (1962) propôs uma definição gráfica dos períodos de excesso de água e de aridez que confirma as observações feitas com a aplicação do método de MOHR & VAN BAREN. No diagrama 5 observamos a ocorrência de um período sêco de seis meses (abril a setembro), dos quais três áridos; mostra também, que a passagem do árido para o úmido seria muito mais brusca do que o inverso, como fora observado precedentemente.

O método de Throntwaite permite um cálculo bastante detalhada da marcha da disponibilidade de água do solo durante o ano (CAMARGO, 1960). A comparação entre Itirapina e Rio Claro (quadro 1, diagrama 6) mostra a ocorrência, nesta última, de um período úmido e excedentário, ligeiramente superior. O período em que EP é maior que P, em ambos os casos, prolonga-se de março a setembro, porém a água armazenada no solo em Itirapina terminaria um mês antes, ou pouco menos, indicando condições de aridez pouco mais elevadas: essa é a maior diferença entre essas estações, já que o período de reposição (EP maior que P) tem a mesma duração e os excedentes anuais de água são da mesma ordem de grandeza.



DIAGRAMA 6

BALANÇOS HÍDRICOS ANUAIS DAS CIDADES DE ITIRAPINA E RIO CLARO  
 Segundo Thornthwaite (1948)



Esses métodos de estudo do balanço hídrico mostram a possibilidade de excedentes de água durante pelo menos um período do ano. Procuramos caracterizar a possibilidade de percolação desse excedente no interior dos perfis empregando o índice de drenagem calculada "D" de HENIN & AUBERT (DUCHAUFOR, 1965; AUBERT & BOULAINÉ, 1967). Na região da Serra de Santana os arenitos e basaltos representariam os casos extremos das condições de drenagem do material de origem e apresentariam respectivamente valores "D" de 646 e 262 mm. Esses valores bastante elevados permitem supor que os excedentes de água caracterizados mais atrás penetram pelo menos parcialmente no solo, sendo drenados para o lençol freático. Nessas condições, e devido às temperaturas elevadas, os solos formados seriam da classe dos solos ricos em sesquióxidos individualizados.

#### 3.2.4. Associações vegetais

Sob o ponto de vista da distribuição florística, a escarpa da Serra de Santana delimita nitidamente duas áreas: ao sul e parcialmente à leste, acompanhando o vale do rio Corumbataí e afluentes, encontram-se ainda alguns testemunhos de diversos tipos de vegetação florestal, enquanto que ao norte e noroeste o cerrado é dominante e quase exclusivo, afora pequenos capões de mata de densidade e aspectos variados, muitas vezes correlacionada a afloramentos de rochas básicas.

A floresta tropical latifoliada perene caracteriza-se por apresentar árvores de troncos grossos e altos, atingindo cerca de 25 a 30 m de altura, com copas altas, folhas delicadas, largas em relação ao comprimento, chatas e pouco espessas, persistentes mesmo no auge da estação seca. As espécies mais representativas provavelmente foram a peroba (Aspidosperma sp), cedro branco (Cedrella fissilis), figueira branca (Urostigma planifolia), pau d'alho (Gallezia gorarema), etc. Esse tipo de vegetação apresenta andares intermediários de árvores e arbustos, muitas vezes exemplares jovens das espécies que formam a sinússia, ligados entre si por lianas e suportando parasitas; aparece também uma vegetação rasteira, de urtigas e gengiberáceas.

Esse tipo de vegetação ocupa os afloramentos de rochas básicas, principalmente na escarpa da Serra; alguns remanescentes ainda são entrevistados onde o declive é mais acentuado (fotos 4, 12, 15), de acesso e utilização mais difíceis, mas mesmo assim apresentam sinais evidentes de exploração, com troncos cortados e diminuição da densidade das essências de melhor qualidade.



LEMÉE (1961) definiu dois tipos de aparelho subterrâneo para as árvores que compõem esse tipo de vegetação: as essências com raízes tabulares, caso da figueira e pau d'alho, apresentam grande extensão lateral porém raízes pivotantes pequenas, enquanto as outras, de fuste longo e colunar, apresentam sistema pivotante profundo. Aquêl autor concluiu que os vários agrupamentos florestais apresentam arranjo subterrâneo ecológicamente tão característico e significativo quanto a estratificação da parte aérea. Observou, ainda, que a profundidade, a densidade e a rapidez de crescimento do aparelho subterrâneo de absorção são extremamente importantes para a resistência das plantas à seca nas regiões intertropicais úmidas. Algumas observações efetuadas em nosso meio (RAWITSCHER, 1944; RAWITSCHER & col., 1943) indicam que as espécies do segundo tipo apresentam sistema radicular muito profundo, que pode atingir facilmente vários metros.

As associações florestais caracterizam-se também por apresentar uma rede extremamente densa de raízes finas, concentrada nas vizinhanças imediatas da superfície, e que a profundidade alcançada por essa parte do sistema radicular depende, essencialmente, da textura do solo, alcançando valores maiores sempre em solos mais arenosos, como observara LEMÉE (1961).

Outro tipo de associação bastante semelhante ao anterior de nominamos floresta latifoliada semi-decídua, apesar dessa designação não ser muito apropriada, pois não se trata de vegetação caracteristicamente semi-decídua; seguimos, porém, o exemplo da Comissão de Solos, que em trabalho recente adotou essa nomenclatura (1962).

Apresenta características estruturais semelhantes à anterior mas de aspecto menos exuberante e com árvores de menor porte, que atingiam somente 18 a 20 m; os troncos são mais finos e as copas, na estiagem, podem perder parcialmente suas folhas. Há, além disso, uma diminuição das árvores de raízes tabulares e de lianas e a densidade dos andares intermediários é maior, com grande quantidade de arbustos e sub-arbustos, mas rarefação das epífitas. A composição florística é semelhante à da floresta perene, porém há menor densidade de essências consideradas "padrões de qualidade das terras", sendo comum a presença da palmeira jerivá (Arecastrum romanzoffianum).

Essa associação vegetal era encontrada extensivamente na região pré-frontal da Serra de Santana, especialmente sobre solos derivados do arenito Botucatu e do siltito folhelhoso Estrada Nova; os primei



Foto 16: Remanescentes do cerradão que recobria o platô de Urucaia.



Foto 17: Limite cerradão-cerrado no reverso da cuesta, ao longo da via Washington Luiz.



Foto 18: Cerrado dos topos de colina no relêvo suavemente ondulado do reverso.



Foto 19: Cerrado próximo à escarpa do córrego da Serra; os solos ainda são arenosos e percebe-se pelo declive sua proximidade da oresta. No fundo remanescentes de floresta, que rapidamente cede lugar a um cerrado e cerrado.

ros, arenosos e nem sempre muito profundos, provavelmente não apresentam condições para o desenvolvimento de outro tipo de vegetação, ao passo que os segundos são excessivamente rasos. É encontrada também como um termo de passagem entre a floresta latifoliada perene e o cerrado do reverso, ocupando assim pequena faixa ao longo da escarpa.

Na região pré-frontal são encontrados ainda pequenos capões de vegetação arbórea de pequeno porte e árvores finas, que parece não ter nenhuma relação com a floresta semi-decídua e ser de natureza secundária.

É possível que houvesse sub-tipos de floresta semi-decídua. WAIBEL (1948) distinguia dois: as matas de primeira classe, que perderiam somente 1/10 das folhas na estiagem e as matas secas, que perderiam 1/3. Segundo KUHLMANN (1956) esta última constituiria uma transição para tipos mais secos, de caráter arbustivo ou misto.

As características do sistema radicular definidas para a floresta perene provavelmente são análogas, apenas com a rarefação das árvores com raízes tabulares e provável enraizamento mais superficial das pivotantes.

Denominamos cerradão uma associação que apresenta estratificação em três andares: o arbóreo é formado por maioria de espécies de pequeno porte, entre 10 e 15 m de altura, com as copas formando teto contínuo, troncos finos e ramificação muitas vezes larga e baixa (foto 16). O andar intermediário arbustivo apresenta certa quantidade de palmáceas e taquaras e aparenta ser denso, porém não o suficiente para impedir totalmente a circulação no seu interior. O andar herbáceo é pouco desenvolvido e constituído por gramíneas e bromeliáceas; as lianas e epífitas são raras ou ausentes. As espécies arbóreas apresentam muitas vezes semelhança com as do cerrado, porém outras constituem espécies totalmente distintas, que não puderam ser identificadas com os meios que contávamos.

Distribui-se pelo platô de Urucaia, onde provavelmente apresentava maior porte pelos poucos remanescentes que restam e nos extensos espigões entre Corumbataí e Analândia, onde muitas vezes apresenta grande semelhança com cerrado muito denso. No reverso da cuesta constitui outro termo de passagem dos tipos florestais para o cerrado, aparecendo ainda hoje em estreita faixa que limita as áreas de ocorrência daqueles tipos de vegetação (fotos 17, 19). Alguns capões

de cerrado ocorrem também no reverso, algumas vezes ocupando posições cimeiras nos espigões, sem que tenha sido encontrada justificativa para o fato (um dos perfis estudados neste trabalho, o RC-43, foi coletado no interior de um pequeno cerrado, hoje derrubado, no divisor de águas dos ribeirões Tibiriçá e Retiro).

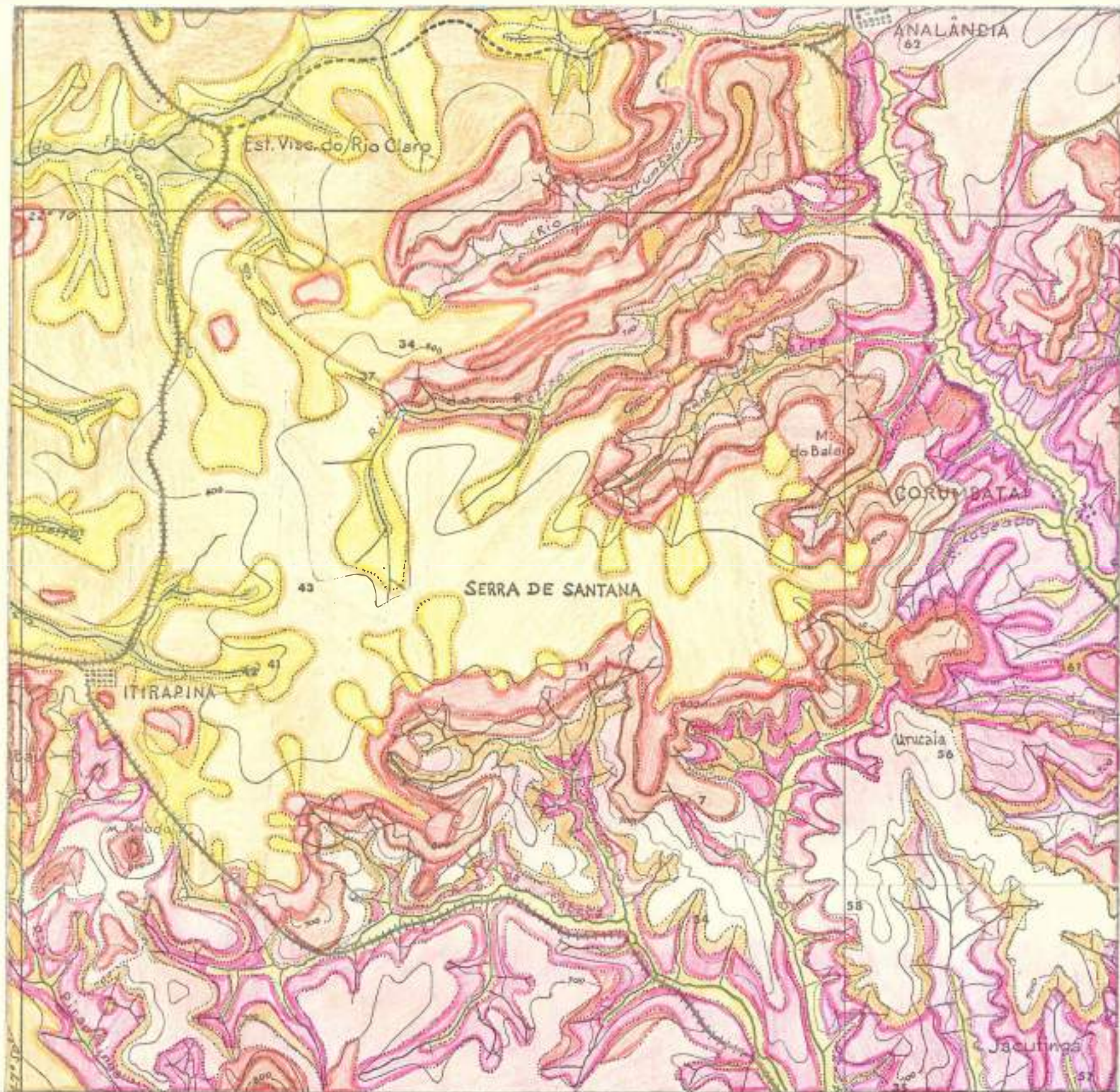
O cerrado apresenta características mais marcadas de vegetação semi-decídua. Segundo alguns autores (RIZZINI, 1963; CRISTOFOLLETTI, 1966) constituiria uma classe natural de floresta nitidamente diferenciada das outras graças à estrutura simplificada, às características xeromórficas de certas espécies, à composição aparentada por vicariança com formas mais úmidas e mais xéricas, à falta de dominância de uma sobre as outras e, finalmente, por um dinamismo mais simples. Sob esses aspectos, constituiria um termo de passagem entre os tipos anteriores e o cerrado, ora com comportamento de um ora de outro, ou mesmo intermediário entre eles.

De importância secundária para este estudo devido à sua pequena expansão em área, as florestas galerias aparecem nas várzeas úmidas de alguns ribeirões do reverso como Retiro, Tibiriçá, Lageadinho e Feijão. Trata-se de vegetação que pode apresentar porte elevado, contendo espécies de florestas latifoliadas, com folhas perenes e troncos de grossura média. Normalmente essas florestas ripícolas mostram um andar intermediário que, às vezes, é pouco denso e permite circulação fácil no seu interior.

Finalmente, o cerrado é um dos tipos de vegetação mais estudado em nosso meio desde os trabalhos pioneiros de RAWITSCHER e FERREI. Apresenta uma fitofisionomia própria que em visão panorâmica é semelhante a uma floresta baixa, recobre geralmente extensas superfícies aplainadas entremeadas por florestas galerias e por cerrados (CRISTOFOLLETTI, 1966).

Trata-se de vegetação de dois andares, o mais alto formado por arbustos de pequeno porte e com densidade variável, formando uma cobertura aberta e permitindo o livre trânsito no seu interior (fotos 18, 19); esse andar arbustivo raramente ultrapassa 5 a 10 m de altura, as espécies apresentam troncos tortuosos com muita ramificação baixa, extremamente aberta e aparentemente desordenada. A casca dos troncos é espessa e às vezes extraordinariamente suberizada. Várias espécies apresentam folhas grandes, largas e obtusas, grossas, duras e coriáceas e muitas vezes pilosas; as gemas são protegidas por camadas





Base cartográfica : QUADRÍCULA 2.731, RIO CLARO, Carta Geológica do Brasil  
34: Perfis Escala : 1:100.000

LEGENDA

- SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS
  - Litossolos
- SOLOS IMPERFEITAMENTE DRENADOS
  - Hidromórficos Minerais e Orgânicos
- SOLOS COM "B" TEXTURAL
  - Podzólicos Vermelho Amarelo, Variação Piracicaba
  - Podzólicos Vermelho Amarelo, Variação Laras, sobre Botucatu
  - Podzólicos Vermelho Amarelo, Variação Laras, sobre Neo-Cenozóico
  - Terra Roxa Estruturada
- SOLOS COM "B" LATOSSÓLICO
  - Latossolos Roxo e Terras Roxas Misturadas
  - Latossolos Vermelho Amarelo, Fase Arenosa, das Encostas e das Baixadas
- ASSOCIAÇÕES
  - Aluviões e Hidromórficos



de pêlos e os frutos estão muitas vezes contidos em cápsulas grandes e coriáceas. Essas características serviram durante muito tempo para definir o cerrado como vegetação xeromórfica; porém certas espécies como as leguminosas com folhas delicadas e pinadas, não apresentam caracteres estruturais xeromórficos. Muitos autores, em várias partes do país, estudaram esse tipo de vegetação e assinalaram essas características: RAWITSCHER & col. (1943), FERRI (1944, 1955, 1963), COLE (1956), KUHLMANN (1956), RIZZINI (1962, 1963), etc..

As espécies mais encontradas na Serra de Santana são o barbatimão (Strychnodendrum barbatimão Mart.), o pau santo (Kielmerya coriacea Mart.), o pau terra de folhas grandes (Qualea grandiflora Mart.), o pau terra de folhas miúdas (Qualea parviflora), o ipê amarelo (Tabebuia caraiba Mart.), êste destacando-se pelo colorido de suas flôres. O andar inferior é constituído por gramíneas como o capim flecha (Tristachyachrysoxyx Nees) e o barba de bode (Aristida pallens Cav.), por plantas rasteiras (Andira humilis) e o cajueiro do campo (Anacardium pumilum St. Hil.) e por um tipo de palmeira acaule, o indaiá (Attalea exigua Drude).

Fazendo a análise da composição florística dos cerrados brasileiros, RIZZINI (1962, 1963) observou não existirem espécies ou elementos peculiares e que tôdas elas podem ser atribuídas e outros tipos de formação vegetal do Brasil. Das 537 espécies descritas, verificou aquêle autor que 227 são reconhecidamente silvestres e 84 campestres, representando 58% do total das espécies do cerrado. As 226 restantes (42%) podem ser consideradas como espécies lenhosas do cerrado. Em diagrama muito sugestivo aquêle autor mostra "as proporções em que as diversas formações circunvizinhas contribuem para a constituição da flora da savana central", indicando que pelo menos 11% são comuns às diversas formações florestais e campestres.

A estrutura e aparêlho subterrâneo da vegetação de cerrado parece ser muito mais simples do que a das associações precedentes. RAWITSCHER & col. (1943) e RAWITSCHER (1944) observaram em Emas, Pirajuruçu, que essa estrutura é variável conforme a espécie, mas de maneira geral a maioria dos arbustos e algumas espécies rasteiras apresentam nos dois primeiros metros apenas raízes de armazenamento e não de absorção; estas, por seu lado, só aparecem e concentram-se a profundidades maiores. As gramíneas, ao contrário, limitam suas raízes quase que exclusivamente às camadas mais próximas à superfície, até



no máximo um metro e meio (RAWITSCHER, 1944; FERRI, 1944).

O cerrado é a vegetação que domina a paisagem do reverso da Serra de Santana, prolongando-se para oeste além de Itirapina (fotos 8, 9); aliás, é provavelmente nos arredores desta cidade que apresentava seus aspectos mais característicos, tendo sido parcialmente eliminado e substituído por essências florestais nas dependências do Serviço Florestal do Estado. Na região pré-frontal, entre Corumbataí e Analândia, ocorre um cerrado muito denso nos topos, que passa a cerradão nas encostas, tornando muitas vezes difícil a distinção entre um tipo e outro.

### 3.2.5. Solos e sua distribuição

3.2.5.1. Solos pouco desenvolvidos - Perfil com seqüência de horizontes AC, AR ou (A)C, (A)R, resultando de desenvolvimento limitado, apenas com formação de humus e transformações mineralógicas parciais, remoção parcial dos elementos e presença de complexo humo-mineral de atividade apreciável. A limitação do desenvolvimento do perfil decorre da ação mais enérgica de algum fator extrínseco, como a erosão ou sedimentação cíclica; em alguns casos êsses solos são afetados por processos de hidromorfia.

a) Litossolos - solos com perfil raso e meteorização incipiente da rocha, cujos fragmentos a pequena profundidade ou mesmo desde a superfície constituem a maior parte do material. A erosão seria uma das causas do seu pequeno desenvolvimento, pois aparecem com frequência em locais onde atua mais enérgicamente: sobre rochas básicas nas escarpas de cuesta, sobre arenito Botucatu nas proximidades dos afloramentos do fácies Santana ou, então, no tôpo da formação Estrada Nova (foto 2).

Em função do material original poderiam ser definidas três famílias de litossolos, que, por ocuparem apenas parcelas pequenas do terreno, de difícil representação cartográfica, na escala adotada, foram agrupados numa única unidade de mapeamento. Dois perfis foram estudados: RC-54 sobre arenito Botucatu e RC-61 sobre siltito/arenito Estrada Nova.

Perfil RC-54 - (IAC T-2857 e T-2859) - Litossolo sobre arenito Botucatu.

Localização: município de Itirapina, estrada para Itapé;

Situação: meia encosta, muito inclinada e fortemente inclinada;

QUADRO 2 : Resultados analíticos dos perfis RC-54 (LitB) e RC-61 (LitEN)

	RC-54 LitB			RC-61 LitEN		
Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	C	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	C
Profundidade em cm	0-8	8-26	26-40+	0-6	6-30	30 +
<b>Características físicas</b>						
Seixos %	-	-	85	9,2	48,3	69,0
Areia grossa %	16,0	18,5	15,0	30,0	14,0	7,0
Areia fina %	73,0	69,0	74,0	59,1	57,6	58,5
Silte %	2,5	3,0	5,5	5,6	13,4	21,7
Argila %	13,5	15,0	9,0	5,3	15,0	12,8
Silte/Argila	0,18	0,20	0,61	1,05	0,89	1,69
pH	5,0	5,4	5,0	6,2	5,7	5,9
<b>Características químicas</b>						
C %	1,23	0,70	0,39	1,14	1,44	0,65
N %	0,11	0,06	0,04	0,1	0,13	0,06
C/N	11	11	10	11	11	11
Ca <sup>++</sup> me/100 g	1,0	0,68	0,41	3,15	4,30	5,65
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,38	0,33	0,61	0,87	0,73	1,23
K <sup>+</sup> me/100 g	0,18	0,17	0,05	0,32	0,18	0,29
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,18	0,16	0,10	0,14	0,16	0,16
S me/100 g	1,74	1,34	1,17	4,48	5,37	7,33
T me/100 g	9,18	7,90	8,61	7,92	9,69	10,85
V %	19	17	13	56	55	67
PO <sub>4</sub> me/100 g	0,08	0,04	0,05	0,42	0,48	0,26

Vegetação: floresta tropical latifoliada semi-decídua;

Drenagem: moderada a imperfeita.

- O<sub>1</sub> 1-0 cm; pardo-avermelhado, escuro (5 YR 3/2), formando película de recobrimento, bastante compacta com aspecto de musgo.
- A<sub>1</sub> 0-8 cm; pardo acinzentado (10 YR 5/2); areia franca ou fina arenosa; grãos soltos a fraca, granular, pequena; solta, não plástica, não pegajosa; limite abrupto, ondulado.
- A<sub>3</sub> 8-26 cm; pardo amarelado claro (2,5 Y 6/4); areia franca ou fina arenobarrenta; estrutura como a anterior; consistência idem; limite abrupto e irregular.
- C 26-40 cm; vermelho claro (2,5 Y 6/6), com camadas esbranquiçadas; textura, estrutura e consistência dificilmente determináveis por ser o horizonte formado de restos de arenito semi-decomposto; limite abrupto e plano.
- D 40 cm +; coloração clara, estratificação do material de origem e casuras ortogonais formando pequenos blocos.

Perfil RC-61 - (IAC T-2898 a T-2900) - Litossolo sobre siltito-arenito Estrada Nova (LitEN).

Localização: município de Corumbataí, estrada para Rio Claro;

Situação: meia encosta quase topo, declive acentuado;

Vegetação: provável floresta latifoliada tropical semi-decídua;

Drenagem: moderada a boa.

- A<sub>1</sub> 0-6 cm; pardo acinzentado (2,5 Y 5/2, 10 YR 5/2 úmido); areia a fina arenosa; fraca, angular, pequena a média; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, ondulado.
- A<sub>3</sub> 6-30 cm; pardo (10 YR 5/3); cascalho e areia franca ou fina arenobarrenta; moderada a fraca, sub-angular, média; macia a ligeiramente dura, muito friável a friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, ondulado.
- C/D 30 cm + ; variegado: branco (2,5 Y 8/0), amarelo claro acinzentado (2,5 Y 8/4) e amarelo avermelhado (7,5 YR 8/6); textura e estrutura não identificáveis devido a grande quantidade de fragmentos de rocha semi-decomposta; passa progressivamente ao siltito/arenito muito fino, estratificação plano-paralela, formando pequenos blocos.

As características principais desses perfis são as seguintes (quadro 2):

- sinais de migração incipiente de argila, com variação textural entre A<sub>1</sub> e A<sub>3</sub>;
- relação silte/argila comumente elevada, variando com a qualidade do material de origem: no perfil RC-54 e inferior a do RC-61;
- teores médios a elevados de matéria orgânica e relação C/N próxima a 10;
- capacidade de troca de cátions elevada, podendo aumentar em profundidade, indicando elevada atividade da fração argila;

- soma de bases média a baixa, podendo atingir valores elevados no C ; S parece relacionada com o material de origem (RC-61 > RC-54);  $Ca^{++}$  é o principal cation saturante, porém seus teores variam de baixos a médios;  $Mg^{++}$  vem a seguir, variando os teores de baixos a médios, passando a ser o principal cation saturante com a diminuição mais acentuada de  $Ca^{++}$ ; os teores médios de  $K^+$ , ao contrário dos anteriores, diminuem em profundidade;  $Na^{++}$  parece também relacionado ao material de origem. O aumento de S ou dos cations no horizonte C constitui indício de que os processos de lixiviação não atingiram máxima intensidade;
- acidez média, saturação em bases naturalmente mais elevadas em RC-61, sendo baixos em RC-54;
- difração dos raios-X da fração argila do horizonte C (diagrama 10) indica diferenças consideráveis entre os dois perfis, sobretudo no tocante à qualidade mineralógica do material de origem: no RC-61 (siltito/arenito Estrada Nova) há mica e feldspato, enquanto que o RC-54 (Botucatu) apresenta caulinita e minerais 2:1 (vermiculita, montmorilonita?). Essas diferenças mineralógicas são provavelmente responsáveis pelas variações do comportamento físico-químico dos perfis.

Apresentamos tentativamente o seguinte enquadramento em outras classificações utilizadas no mundo intertropical:

- 7ª Aproximação: grande grupo Hapludent.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos de minerais pouco alterados, subclasse não climática, grande grupo de erosão e subgrupo litossolo.
- Carta de Solos da África: solos fracamente desenvolvidos, agrupamento litossolo ou solo lítico.
- SYS: ordem kaolisol, sub-ordem hygrokaolisol, grande grupo ferrisol, subgrupo ferrisol intergrade para solos tropicais jovens.
- BOTELHO D. COSTA: agrupamento litossolo.
- FAO/UNESCO: litossolo.

b) Aluviões (Al) - perfil ACg ou (A)Cg, com pequena meteorização do material de origem e horizontes mal definidos: as deposições por ação fluvial seriam um dos principais fatores do pequeno desenvolvimento do perfil e da sucessão de camadas de textura e cor variadas, sem relação com fenômenos pedológicos. Secundariamente estão sujeitos a processos de hidromorfia, sofrendo permanentemente ou temporariamente a ação do lençol freático. Ocorrem nas várzeas mais amplas do rio Corumbataí e alguns afluentes, do córrego Boa Vista e afluentes do ribeirão do Cabeça, na Depressão Periférica (fotos 7, 11). No reverso da cuesta aparecem associados a solos hidromórficos nas grandes várzeas dos ribeirões do Feijão, Itaquari e Lobo (foto 8).

Para fins cartográficos, devido à escala adotada, constituem um agrupamento indiscriminado com os solos hidromórficos da região pré-frontal e apresentam as seguintes características morfológicas e analíticas (quadro 3):

QUADRO 3 : Resultados analíticos do perfil RC-59 (A1)

Horizontes	a	b	c	d	e
Profundidades em cm	0-2	2-6	6-18	18-30	30-42
<b>Características físicas</b>					
Seixos %	-	-	-	-	-
Areia grossa %	3,6	14,0	35,5	49,0	12,0
Areia fina %	51,2	44,0	37,0	38,1	36,1
Silte %	4,6	6,8	15,2	3,1	20,4
Argila %	8,2	7,2	12,3	9,8	31,5
pH	5,7	5,7	5,4	5,2	5,2
<b>Características químicas</b>					
C %	4,21	1,04	1,36	0,8	0,94
N %	0,21	0,05	0,11	0,08	0,09
C/N	20	21	12	10	10
Ca <sup>++</sup> me/100 g	6,45	1,55	2,70	1,65	2,90
Mg <sup>++</sup> me/100 g	1,58	0,47	0,87	0,81	1,52
K <sup>+</sup> me/100 g	0,38	0,03	0,04	0,04	0,08
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,22	0,28	0,26	0,28	0,20
S me/100 g	8,63	2,33	3,87	2,78	4,70
T me/100 g	16,39	5,85	8,91	6,46	11,26
V%	52	40	43	43	41
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> me/100 g	1,03	0,22	0,34	0,30	0,23

Perfil RC-59 - (IAC T-2887 a T-2891) - Aluvião (Al).

Localização: município de Itirapina, em afluente do córrego Boa Vista;

Situação: várzea aluvial bastante larga e praticamente plana;

Vegetação: floresta tropical sempre verde; atual: gramíneas.

Drenagem: imperfeita.

- (1) A<sub>11</sub>? 0-2 cm; pardo acinzentado muito escuro (2,5 Y 3/2), com mosqueamento amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8), pouco, pequeno, distinto; areia ou fino arenoso; maciço, pouco plástico, pouco pegajoso; limite abrupto, plano.
- (2) A<sub>12</sub>? 2-6 cm; pardo acinzentado (10 YR 5/2), com mosqueamento pardo amarelado (10 YR 5/6), comum, pequeno, difuso; areia ou fino arenoso; maciço, não plástico, não pegajoso; limite abrupto, plano.
- (3) 6-18 cm; pardo acinzentado muito escuro (2,5 Y 3/2), mosqueamento vermelho amarelado (5 YR 4/8), abundante, pequeno, distinto; franco arenoso ou fino arenoso; maciço, pouco plástico e pouco pegajoso; limite abrupto, plano.
- (4) 18-36 cm; preto (7,5 YR 3/0) com mosqueamento vermelho amarelado (5 YR 4/8), comum, pequeno, distinto; areia ou fino arenoso; maciço, pouco plástico, pouco pegajoso; limite abrupto, plano.
- (5) 36-42 cm; preto (7,5 YR 3/0), mosqueamento vermelho amarelado (5 YR 4/8), abundante, pequeno, distinto; franco argilo-arenoso ou fino areno-barrento; maciço, muito plástico, muito pegajoso.

Obs.: Abaixo desta camada aparece o lençol freático impedindo o exame.

- teores geralmente elevados de matéria orgânica na superfície, com variação em profundidade para mais ou menos;
- capacidade de troca de cátions elevada, provavelmente relacionada aos teores de matéria orgânica e argila, diminuindo em profundidade;
- soma de bases da camada superficial pode apresentar valores elevados, sendo médios em profundidade; o Ca<sup>++</sup> é o principal cátion saturante do complexo, seguido do Mg<sup>++</sup>; os teores de Na<sup>+</sup> podem ser mais elevados do que os de K<sup>+</sup>;
- apresentam acidez média aumentando ligeiramente em profundidade; a saturação de bases é média a baixa;
- não foi efetuada análise de raios-X da fração argila; esses solos de rivam do material erodido das vertentes e provavelmente apresentam os mesmos constituintes mineralógicos.

O enquadramento tentativo dessa unidade dentro de outras classificações é o seguinte:

- 7ª Aproximação: grande grupo Haplacuent.
- AUBERT & DUCHAUFOUR: classe dos solos de minerais pouco alterados, subclasse não climática, grande grupo dos solos aluviais.
- Carta de solos da África: agrupamento dos solos juvenis sobre depósitos recentes, aluviões fluviais e lacustres.
- FAO/UNESCO: solos aluviais.

3.2.5.2. Solos imperfeitamente drenados (H) - Apresentam perfil ABg, ACg ou AG e sofrem influência determinante do lençol freático situado a pequena profundidade ou mesmo na superfície. Podem apresentar um horizonte B incipiente, porém afetado por hidromorfia de intensidade suficiente para excluí-los de qualquer outro agrupamento; o horizonte A pode apresentar fenômenos de acumulação de matéria orgânica.

Quatro unidades de solos hidromórficos estão representadas na área: hidromórficos cinzentos, gleis pouco húmicos, gleis húmicos e solos orgânicos. Para fins cartográficos êsses solos foram representados em agrupamentos com outras unidades ou entre si.

Os gleis pouco húmicos aparecem sobretudo em sopés de encosta no arenito Botucatu, ocupando faixa muito estreita ao longo da várzea, com pequena expressão espacial; podem ocorrer também associados a hidromórficos cinzentos, tanto na zona pré-frontal como, mais frequentemente, no reverso; aparecem ainda associados a litossolos Botucatu, imediatamente sobre o fácies Santana, que exerce o papel de camada pouco permeável, permitindo a saturação de água durante boa parte do ano. Para fins cartográficos foram agrupados com os solos aluviais da Depressão e com os orgânicos do reverso.

Os cinza hidromórficos, com perfil ABg, apresentam profundidade variável, são compostos essencialmente por quartze e mostram meteorização acentuada, expressa em termos de relação ki; são afetados por processos temporários de hidromorfia, devido à oscilação sazonal do lençol freático. Ocorrem principalmente nos vales sem escoamento permanente do reverso da Serra de Santana, onde, para fins cartográficos, foram agrupados com os gleis húmicos e orgânicos. Estão representados pelo perfil RC-42, cujas características principais são as seguintes (quadro 4):

Perfil RC-42 - (IAC T-2739 a T-2743) - Cinza hidromórfico do reverso da Serra (H).

Localização: município de Itirapina, próximo à nascente do ribeirão Tibiriça.

Situação: fundo do vale, posição de talvegue, praticamente plano.

Vegetação: campo sujo, barba de bode e alguns arbustos.

Drenagem: moderada a imperfeita.

A<sub>1</sub> 0-9 cm; pardo acinzentado (10 YR 5/2, úmido, 6/2 moído), com manchas cinzas pardacentas claras (10 YR 6/2), poucas, pequenas, difusas; areia ou arenoso; grãos soltos, não plástico, não pegajoso; limite plano, claro.



QUADRO 4: Resultados analíticos dos perfis RC-42 (H) e RC-46 (O)

Horizontes	RC-42 -H-				RC-46 -O-			
	A <sub>1</sub> 0-9	A <sub>3</sub> 9-42	B <sub>1g</sub> 42-77	B <sub>21g</sub> 77-153	B <sub>21g</sub> 153-185+	A <sub>11</sub> 0-20	A <sub>12</sub> 20-40	G 40-60 +
Profundidade em cm								
Características físicas								
Seixos %	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2			
Areia grossa %	74,0	65,8	63,2	68,2	66,0	33,0	40,5	51,5
Areia fina %	20,9	27,8	26,1	21,0	23,7	53,5	50,0	47,4
Silte %	0,4	1,5	2,8	2,3	1,7	3,2	2,5	0,4
Argila %	4,7	4,9	7,9	8,5	8,6	10,3	7,0	0,7
Silte/Argila	0,09	0,30	0,34	0,27	0,20			
pH	5,6	5,0	4,7	4,8	4,6	5,0	4,9	5,1
Características químicas								
C%	0,27	0,25	0,23	0,16	0,10	3,74	1,32	0,05
N %	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,19	0,11	0,05
C/N	9	8	11	8	10	20	12	5
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,41	0,50	0,20	0,16	0,18	0,18	0,13	0,21
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,01	0,03	0,05	0,002	0,03	0,01	0,005	0,005
K <sup>+</sup> me/100 g	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03
S me/100 g	0,44	0,54	0,26	0,18	0,23	0,24	0,18	0,25
T me/100 g	1,64	1,42	1,46	1,46	0,99	15,04	9,70	0,97
V %	27	37	11	12	23	1,6	1,8	26
PO <sub>4</sub> me/100 g	0,04	tr	tr	tr	tr	0,27	0,14	0,02

A<sub>3</sub> 9-42 cm; cinza pardacento claro (10 YR 6/2, 5/2 úmido); areia ou arenoso; grãos soltos, não plástico, não pegajoso; limite plano, gradual a difuso.

B<sub>1g</sub> 42-77 cm; pardo claro acinzentado (10 YR 6/3, 6/2 úmido), com mosqueamento pardo forte (7,5 YR 5/8, 10 YR 5/8 úmido), pouco, pequeno, difuso a distinto; areia ou arenoso; grãos soltos, não plástico, não pegajoso; limite plano, difuso.

B<sub>21g</sub> 77-153 cm; pardo claro acinzentado (10 YR 6/3), com mosqueamento pardo forte (7,5 YR 5/8), comum, pequeno, distinto; areia ou arenoso; grãos soltos a maciço poroso, não plástico, não pegajoso; limite plano (?), difuso.

B<sub>22g</sub> 153-185 cm + ; pardo acinzentado muito claro (10 YR 7/3, 7/6 moído), com mosqueamento amarelo pardacento (10 YR 6/8), abundante, médio a grande, difuso a distinto; areia ou arenoso; maciço poroso a grãos soltos, não plástico, não pegajoso; limite não visível.

- relação silte/argila média a baixa;
- teores muito baixos de matéria orgânica, relação C/N inferior a 10;
- soma de bases muito baixas, sendo o Ca<sup>++</sup> o principal cátion saturante; os valores individuais de bases trocáveis são muito baixos;
- acidez média no horizonte A e elevada no B, relacionada com baixa saturação de bases;
- a análise da fração argila por difração dos raios-X revelou a presença de caulinita e gibsita, e as análises químicas permitiram recalcular suas proporções, respectivamente 60-65% e 30-35% aproximadamente; presença provável de ilmenita (6%).

Enquadramento tentativo desses solos em outras classificações:

- 7ª Aproximação: apareceriam em várias ordens; pertenceriam sobretudo ao grande grupo Psammacuent.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos hidromórficos, subclasse dos hidromórficos minerais com redução parcial do ferro, grande grupo glei pouco húmico.
- Carta de solos da África: solos hidromórficos, orgânicos hidromórficos e complexos de ilhas vulcânicas, solos hidromórficos minerais.
- BOTELHO DA COSTA: solos hidromórficos continentais, gleis e solos cinzentos.

Os gleis húmicos e solos orgânicos constituem outra unidade de mapeamento, ocorrendo associados nas várzeas do reverso da Serra de Santana. Apresentam perfil AG, O<sub>2</sub>AG ou O<sub>2</sub>G, de profundidade variável, repousando sobre sedimentos arenosos e apresentam hidromorfia permanente. Ocorrem ao longo das várzeas amplas e planas dos rios Feijão, Itaquari e Lobo (foto 8), que apresentam saturamento permanente de umidade. Fazem parte de uma sucessão de perfis das várzeas: inicialmente, em pequena faixa nos bordos, os hidromórficos cinzentos; a seguir os gleis húmicos e, finalmente, ocupando a parte central, os

solos orgânicos; no centro de algumas várzeas foi possível verificar que a profundidade da camada orgânica pode atingir mais de 200 cm. O perfil RC-46 representa um glei húmico, com as seguintes características (quadro 4):

Perfil RC-46 - (IAC T-2772 a T-2774) - Glei húmico do reverso da Serra (H).

Localização: município de Itirapina, estrada para Brotas, ribeirão do Lobo.

Situação: parte plana da várzea, margem esquerda.

Vegetação: gramíneas, com floresta galeria acompanhando o rio.

Drenagem: impedida.

A<sub>1</sub> 0-40 cm; cinza muito escuro (10 YR 3/1, 2/1 úmido); sensação "limosa" ao tato devido a matéria orgânica, que se encontra decomposta e misturada aos grãos de quartzo; estrutura pouco visível a úmido, mas seca e granular grossa, fraca a moderada; macia, muito friável; não plástico a ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; limite plano, abrupto.

G 40 cm +; branco, mosqueamento pardo forte (7,5 YR 5/8), pouco a comum, médio, distinto a proeminente; areia ou arenoso, maciço(?), poroso; não plástico, não pegajoso.

- teores muito elevados de matéria orgânica no horizonte superficial com relação C/N elevada a muito elevada, indicando más condições de decomposição;
- capacidade de troca muito elevada na superfície, relacionada à matéria orgânica, muito baixa no C onde os teores de matéria orgânica e argila são extremamente baixos;
- soma de bases muito baixas, com predomínio de Ca<sup>++</sup>;
- pH ácido, relacionado à baixa saturação em bases na superfície; a diminuição da matéria orgânica e CTC no horizonte C ocasiona aumento relativo da saturação em bases e ligeira elevação do pH.

Tentativamente êsses solos são enquadrados em outras classificações:

- 7ª Aproximação: ordem histosol não discriminada, além das categorias indicadas para a unidade anterior.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe hidromórfica, subclasse semi-turfosa com redução parcial do ferro, grande grupo glei-húmico.
- Carta de solos da África: agrupamento dos solos hidromórficos, categoria dos gleis húmicos.
- FAO/UNESCO: solos orgânicos.

3.2.5.3. Solos com horizonte B textural - Perfil de espessura média a pequena, com seqüência de horizontes ABC ou AB(C); desenvolvem-se sob condições normais de intemperismo e podem apresentar transformações mineralógicas moderadas a acentuadas. A relação  $k_t$  é elevada a média, contendo a fração argila, neste caso, pequena



- Foto 20: Perfil podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba, próximo a Corumbataí, com notável diferenciação de horizontes A/B/O e pequena espessura.

QUADRO 5 : Resultados analíticos do perfil RC-57 (PVp)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>3</sub>	C
Profundidade em cm	0-3	3-10	10-18	18-28	28-43	43 +
<b>Características físicas</b>						
Densidade real	2,47	2,53	2,78	2,56	2,56	-
Umidade equivalente %	28,80	26,80	29,20	31,20	28,20	-
Seixos %	4,0	49,0	32,0	32,2	63,3	93,0
Areia grossa %	6,2	6,9	2,5	4,5	5,2	23,0
Areia fina %	32,7	28,6	30,5	29,3	28,0	71,5
Silte %	33,0	34,9	38,7	39,0	34,3	2,0
Argila %	28,1	29,6	28,3	27,2	32,5	3,5
Silte/Argila	1,17	1,18	1,36	1,42	1,05	0,57
pH	5,8	5,9	6,0	6,0	5,9	5,5
<b>Características químicas</b>						
C %	2,88	1,96	0,98	0,65	1,19	0,76
N %	0,21	0,15	0,09	0,07	0,12	-
C/N	13	13	11	9	10	-
Ca <sup>++</sup> me/100 g	14,35	12,35	13,35	13,10	11,6	9,75
Mg <sup>++</sup> me/100 g	5,09	4,43	4,77	4,61	4,97	4,99
K <sup>+</sup> me/100 g	0,72	0,16	0,36	0,22	0,17	0,15
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,24	0,26	0,36	-	0,32	0,32
S me/100 g	20,4	17,2	18,8	17,93	17,06	15,21
T me/100 g	25,44	20,80	21,96	21,53	21,94	-
V %	80	82	85	83	80	-
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,69	0,42	0,19	0,65	0,68	1,03

quantidade de gibsitita. A atividade do complexo é média a elevada ou muito elevada. Apresentam horizonte argílico, denunciado por relação textural superior ou igual a 2 entre o sub-horizonte B mais rico e o-A mais pobre em argila e, também em certos casos, por presença de cerosidade. Subdividido em famílias de acordo com as características do material de origem.

a) Solos formados sobre siltito Estrada Nova - Podzólico vermelho amarelo, variação Piracicaba (PVp), perfil ABC de espessura reduzida (foto 20) e apresentando alteração parcial dos minerais primários, indício de intemperismo moderado. A relação ki é muito elevada, indicando lixiviação apenas parcial da sílica; complexo de alteração constituído de minerais de atividade apreciável.

Esses solos ocorrem somente nas colinas mais baixas da região pré-frontal da Serra de Santana, ao longo do médio vale do Corumbataí e afluentes e cabeceiras do ribeirão da Jacutinga. Formam uma unidade cartográfica autônoma com as seguintes características principais:

Perfil RC-57 - (IAC T-2875 a T-2880) - Podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba incipiente (quadro 5):

Localização: município de Corumbataí, bairro da Jacutinga.

Situação: meia encosta inclinada, quase tôpo.

Vegetação: (floresta tropical semi-decídua), atual: gramíneas.

Drenagem: moderada.

- A<sub>1</sub> 0-3 cm; pardo avermelhado (5 YR 5/3); franco-arenoso ou limo-barran-  
to; moderada a forte, granular, grande; ligeiramente dura, firme;  
plástico, pegajoso; limite abrupto, plano.
- A<sub>2</sub> 3-10 cm; pardo avermelhado (2,5 YR 4/3); textura como anterior; mode-  
rada a forte, sub-angular, pequena; macia a ligeiramente dura,  
friável; plástico, pegajoso; limite abrupto, plano.
- B<sub>21</sub> 10-18 cm; vermelho (10 R 4/6); textura como anterior; moderada a for-  
te, sub-angular, média a pequena, cerosidade incipiente; ligei-  
ramente dura a dura, firme; plástico, pegajoso; limite claro,  
plano.
- B<sub>22</sub> 18-28 cm; vermelho (2,5 YR 4/6); textura como anterior; estrutura  
idem, cerosidade moderada; apresenta restos de rocha com mos-  
queamento incipiente; limite claro, plano.
- B<sub>3</sub> 28-43 cm; vermelho acinzentado (2,5 YR 5/4) com mosqueamento rosa (5  
YR 8/3) comum, pequeno, distinto; textura e estrutura como ante-  
rior; cerosidade não observada; limite abrupto, irregular.
- C 43 cm +; alterna vermelho claro (2,5 YR 6/4) com amarelo (10 YR 8/8) e  
amarelo avermelhado (5 YR 7/6); constituído de fragmentos de rocha  
misturados à massa alterada.



QUADRO 6: Resultados analíticos do perfil RC-60 (PVp)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	C
Profundidade em cm	0-4	4-14	14-28	28-35	35-52	52 +
<b>Características físicas</b>						
Densidade real	2,63	2,67	2,67	2,63	2,67	-
Umidade higroscópica	2,26	2,40	3,72	5,08	5,50	5,30
Umidade equivalente %	23,30	23,20	26,60	36,87	35,20	-
Seixos %	16,5	16,5	12,4	17,3	7,7	80,0
Areia grossa %	5,1	4,8	3,5	0,9	0,7	0,8
Areia fina %	44,5	36,4	20,7	12,5	15,8	20,8
Silte %	27,4	30,5	29,2	33,3	35,5	39,4
Argila %	24,0	28,3	46,6	53,3	48,0	39,0
Silte/Argila	1,14	1,07	0,62	0,62	0,74	1,01
pH	5,50	5,40	5,30	5,10	5,05	5,05
<b>Características químicas</b>						
C %	2,25	1,66	1,02	0,95	0,66	0,38
N %	0,17	0,14	0,10	0,11	0,07	0,06
C/N	13	12	10	9	9	6
Ca <sup>++</sup> me/100 g	5,42	4,92	3,84	3,16	2,17	1,43
Mg <sup>++</sup> me/100 g	1,98	2,22	2,34	2,62	2,80	2,99
K <sup>+</sup> me/100 g	0,31	0,12	0,17	0,31	0,39	0,42
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,31	0,27	0,19	0,19	0,25	0,21
S me/100 g	8,02	7,53	6,54	6,28	5,61	5,05
T me/100 g	14,08	11,88	17,42	23,23	23,85	24,82
V%	57	63	37	27	23	20
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> me/100 g	0,25	0,29	0,19	0,24	0,19	0,23
<b>Análise da fração argila %</b>						
SiO <sub>2</sub>	48,95	47,94	46,99	48,11	47,81	50,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,37	23,76	25,53	24,59	25,41	24,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,02	8,03	8,54	9,83	9,00	8,98
K <sub>2</sub> O	1,64	1,86	1,61	1,73	1,81	1,77
Na <sub>2</sub> O	2,20	2,30	2,08	1,39	1,34	1,44
MgO	2,22	2,22	2,46	2,57	2,47	2,35
MnO	0,13	0,13	0,05	0,05	0,05	0,09
CaO	0,71	0,95	0,78	0,53	0,54	0,45
TiO <sub>2</sub>	1,37	1,16	1,07	1,07	0,96	0,96
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,22	0,12	0,12	0,09	0,09
H <sub>2</sub> O +	10,13	10,88	10,68	9,94	9,43	8,55
ki	3,42	3,43	3,13	3,33	3,20	3,44



Perfil RC-60 - (IAC T-2892 a 2897) - Podzólico vermelho amarelo, variação

Piracicaba desenvolvimento médio (FVp) (quadro 6).

Localização: município de Rio Claro, próximo à antiga estação Ferraz.

Situação: meia encosta pouco inclinada.

Vegetação: (floresta latifoliada semi-decídua), atual: milho e gramíneas.

Drenagem: moderada.

- A<sub>1</sub> 0-4 cm; pardo (10 YR 5/3, 7,5 YR 5/4 úmido); franco argilo-arenoso ou fino areno-barrento; moderada a forte; sub-angular média; dura, firme, plástico, pegajoso; limite abrupto, plano.
- A<sub>2</sub> 4-14 cm; pardo amarelado (10 YR 5/4, 7,5 YR 4/2 úmido); mosqueamento amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8); pouco, pequeno, distinto; franco ou limo-argiloso; moderada a forte, sub-angular, média; dura, firme, plástica, pegajosa; limite abrupto, ondulado.
- B<sub>1</sub> 14-28 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8, 4/6 úmido); mosqueamento como anterior; argila ou argiloso; forte, sub-angular, grande, cerosidade moderada; muito dura, muito firme, muito plástica, pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>21</sub> 28-35 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8); mosqueamento como anterior; textura como anterior; forte, angular a sub-angular, grande; cerosidade moderada a abundante; consistência como anterior; limite claro, plano.
- B<sub>22</sub> 35-52 cm; pardo forte (7,5 YR 5/8, 5 YR 5/8 úmido), mosqueamento amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8), pouco, pequeno, distinto; textura como anterior; forte, angular, grande, aparecendo na base do horizonte, subsidiariamente, laminar; cerosidade abundante; muito dura, firme a friável, plástica, pegajosa; limite abrupto, plano.
- C 52cm +; alterna amarelo avermelhado (5 YR 7/8) e amarelo (10 YR 7/8); estrutura em blocos, cassura onchoidal, rompe laminar pequena.

Destacam-se os aspectos seguintes:

- horizontes distintos, limites abruptos ou claros, presença de horizonte B de cor, textura e/ou estrutura; variação textural A/B nítida; presença de mosqueamento no horizonte B, confundindo-se na base com variação do material de origem;
- estrutura fortemente desenvolvida, com cerosidade abundante recobrindo os agregados do horizonte B;
- teores elevados de matéria orgânica no A, médios a baixos no B, relação C/N próxima a 10, diminuindo em profundidade;
- capacidade de troca de cátions muito elevada, aumentando em profundidade com a ocorrência de variação textural; trata-se de complexo de alta razão de atividade apreciável. É interessante observar que Van RAIJ (1967) não calculou a CTC específica da argila para o perfil FVp RC-57 (T-2875 a T-2880), mas pelos dados apresentados pode-se concluir ter sua fração mineral atividade extremamente elevada;
- soma de bases elevada ou mesmo muito elevada, sobretudo no horizonte A. O Ca<sup>++</sup> aparece com teores médios a muito altos e o Mg<sup>++</sup> com valores muito elevados; o primeiro é o principal cátion saturante, mas perde de importância para o segundo em profundidade, que chega a ultrapassá-lo no C; os valores apresentados pelo K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> são elevados, podendo variar em profundidade, acompanhando as modificações das percentagens de argila; em profundidade os teores de Na<sup>+</sup> podem ser mais elevados do que os de K<sup>+</sup>;



Foto 21: Podzólico vermelho amarelo variação Laras, sôbre Botuca-  
tu, perfil RC-35, com horizontes distintos e mostrando o  
C na base.



Foto 22: Podzólico vermelho amarelo variação Laras, sôbre Néo-ce-  
nozólico, perfil RC-58, horizontes menos distintos e es-  
trutura maciça.

- acidez média, com saturação de bases alta a média; nos solos cultivados pode ser média a baixa;
  - a análise da fração argila por difração dos raios-X indicou a presença provável de caulinita nos horizontes superiores, acompanhada de mica e minerais 2:1 (montmorilonita?), cuja importância aumenta em profundidade; esses minerais estão acompanhados de pequena quantidade de quartzo; a relação  $SiO_2/Al_2O_3$  da fração argila é superior a 3, indicando a presença daqueles minerais;
- análise mineralógica da rocha indica o quartzo como elemento dominante, acompanhado de minerais de argila 2:1, possivelmente montmorilonita.

Tentativamente o enquadramento desses perfis em outras classificações seria o seguinte:

- 7ª Aproximação: provavelmente ordem inceptisol, sub-ordem ochrept e/ou umbrept.
- BENNEMA & CAMARGO: solos com B textural, classe III (com  $T > 24$  me/100 g de argila, após correção para o C), grupo 3 (solos com horizonte A moderadamente desenvolvido), 3.1. com cores do horizonte B avermelhados e mosqueados.
- AUBERT & DUCHAUFOUR: classe dos solos com humus tipo "mull", subclasse das regiões tropicais e subtropicais, grande grupo pardo eutrófico tropical.
- Carta de solos da África: solos pardo eutróficos tropicais.
- SYS: "solos recentes" sobre material não caulinitico.
- FAO/UNESCO: solos pardo florestais.

b) Solos formados sobre arenito Botucatu - Podzólico vermelho amarelo, variação Laras (PVLsB), perfil ABC de espessura média ( $> 200$  cm, foto 21). Relação ki média, pequena quantidade de gipsita acompanhando a caulinita na fração argila, indicando estágio bastante avançado de intemperismo. O desenvolvimento do perfil é normal, a drenagem boa a moderada em alguns casos; o material de origem, proveniente da alteração do arenito sólico com estratificação cruzada, é sempre visível nos cortes e em seqüência aos horizontes superiores.

Aparecem na Depressão Periférica sobre algumas colinas de topos convexos e encostas inclinadas, com declives acentuados ( $\pm 10\%$ ); nas vertentes são comuns as rupturas de gradiente com afloramentos de fácies Santana, ocorrendo então litossolos associados a solos hidromórficos.

Formam um agrupamento cartográfico e são representados pelos perfis RC-35 e RC-55 (quadros 7 e 8, respectivamente).

Perfil RC-35 - (IAC T-2694 a T-2705) - Podzólico vermelho amarelo, variação Laras, sobre arenito Botucatu (PVLsB)

Localização: município de Corumbataí, rodovia Washington Luiz, km 128,4.

Situação: meia encosta inclinada, quase topo.

QUADRO 7 : Resultados analíticos do perfil RC-35 (PV15B)

Horizontes	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	E <sub>31</sub>	E <sub>32</sub> /C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Profundidade em cm	0-8	8-23	23-31	31-38	38-56	56-83	83-103	103-123	123-147	147-163	163-222	222-251
Características físicas												
Densidade real	2,67	2,63	2,63	2,63	2,67	2,63	2,30	2,63	2,67	2,67	-	-
Umidade higroscópica	0,60	0,70	0,60	0,60	0,64	0,90	0,96	0,90	0,92	1,02	0,92	0,84
Umidade equivalente %	7,40	7,20	6,60	7,74	8,04	10,10	10,04	11,10	11,10	11,65	-	-
Seixos %	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1
Areia grossa %	25,9	26,7	27,6	27,3	25,6	25,9	28,4	29,5	30,8	36,1	41,4	56,0
Areia fina %	63,8	58,6	60,1	60,5	59,6	56,5	53,4	50,7	50,3	46,2	40,4	28,0
Silte %	3,4	7,0	4,7	3,1	4,3	4,1	3,0	4,3	4,1	2,9	4,5	6,0
Argila %	6,9	7,7	7,6	9,1	10,5	13,5	15,2	15,5	14,8	14,8	13,7	10,0
Silte/Argila	0,40	0,9	0,61	0,34	0,40	0,30	0,19	0,27	0,27	0,20	0,32	0,60
pH	5,3	5,1	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	4,70	5,2	5,2
Características químicas												
C %	1,09	0,70	0,60	0,62	0,43	0,34	0,28	0,20	0,18	0,16	0,14	0,10
N %	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C/N	18	14	15	20	14	17	14	20	18	16	14	10
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,91	0,57	0,28	0,34	0,38	0,51	0,29	0,24	0,23	0,28	0,22	0,24
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,21	0,16	0,04	0,03	0,03	0,11	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01
K <sup>+</sup> me/100 g	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
S me/100 g	1,17	0,76	0,34	0,39	0,43	0,64	0,35	0,30	0,27	0,33	0,29	0,23
T me/100 g	4,67	4,38	3,92	4,17	3,84	4,63	4,65	4,29	3,93	4,53	4,49	4,60
V %	25	17	9	9	11	14	8	7	7	7	6	6
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,03	0,04	0,02	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Análise da fração argila												
SiO <sub>2</sub>	32,80	33,30	33,76	34,13	35,14	35,67	35,98	36,23	36,47	37,52	39,08	39,68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,94	30,55	31,97	35,60	36,51	37,55	38,29	38,22	38,47	37,95	37,41	37,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,92	5,92	5,91	5,88	5,87	5,84	5,89	5,88	5,92	5,92	5,84	5,02
K <sub>2</sub> O	0,49	0,40	0,31	0,26	0,23	0,21	0,20	0,19	0,23	0,23	0,23	0,45
Na <sub>2</sub> O	0,61	0,38	0,28	0,24	0,25	0,24	0,19	0,19	0,26	0,24	0,28	0,35
MgO	1,27	1,27	1,27	1,16	1,15	1,15	1,16	1,21	1,22	1,22	1,28	1,22
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0,89	0,89	0,59	0,59	0,69	0,69	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,70
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,53	0,53	0,53	0,57	0,56	0,49	0,49	0,50	0,50	0,49	0,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,16	0,13	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
... C +	27,72	27,55	25,21	21,84	19,30	17,63	17,04	16,59	16,59	15,49	14,59	14,44
H <sub>2</sub> O	1,86	1,86	1,79	1,63	1,64	1,62	1,60	1,61	1,61	1,63	1,78	1,82

Vegetação: (floresta latifoliada semi-decídua), atual: gramineas.

Drenagem: boa a moderada.

- A<sub>11</sub> 0-8 cm; pardo (10 YR 5/3, 4/2 úmido); areia ou finamente arenoso; grãos soltos a granular muito fraca, média a pequena; solta, não plástica, não pegajosa; limite claro, ondulado.
- A<sub>12</sub> 8-23 cm; pardo (10 YR 5/3, 4/2 úmido); textura, estrutura e consistência como anterior; limite claro, ondulado.
- A<sub>21</sub> 23-31 cm; pardo (10 YR 5/3), manchas amarelo pardacentas (10 YR 6/6), pequenas, comuns; textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em muito fraca, sub-angular, média; macia, friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- A<sub>22</sub> 31-38 cm; pardo amarelado (10 YR 5/6, 5/3 úmido, 4/4 moído), manchas pouco mais claras; areia franca ou fino-arenoso; maciça, porosa, desfaz em muito fraca, sub-angular, média, com alguns elementos laminares; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>11</sub> 38-56 cm; amarelo pardacento (10 YR 6/6, 5/6 moído), ainda com manchas; textura como anterior, maciça, porosa, desfaz em fraca a moderada, sub-angular, média, com alguns elementos laminares; macia, friável, não plástica, não pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>12</sub> 56-83 cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 7/8, 10 YR 6/8 moído); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em moderada, sub-angular, média; macia, friável a firme, não plástica, não pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>21</sub> 83-106 cm; amarelo pardacento (7,5 YR 5/8, 6/6 úmido); franco arenoso ou fino areno-barrento; estrutura como anterior; macia a ligeiramente dura, friável a firme, não plástica, não pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>22</sub> 106-126 cm; amarelo avermelhado (5 YR 6/8, 6/6 úmido); textura, estrutura e consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>23</sub> 126-147 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8, 6/8 moído); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz fraca, sub-angular, média; macia, friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>31</sub> 147-168 cm; amarelo avermelhado (5 YR 6/8, 2,5 YR 6/8 úmido), mosqueamento amarelo (10 YR 7/8), muito pequeno, pouco, distinto; textura e estrutura como anterior; macia a solta, muito friável a solta, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>32</sub>/C<sub>1</sub> 168-222 cm; vermelho (2,5 YR 5/8), mosqueamento amarelo (10 YR 7/8), pouco, pequeno, proeminente; areia franca ou fino arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena; solta, não plástica, não pegajosa, limite claro, plano.
- C<sub>2</sub> 222-250 cm +; vermelho claro (10 R 6/8, 2,5 YR 5/8 úmido), com camadas mais claras e mais escuras e mosqueamento amarelo (10 YR 8/6), comum, pequeno, proeminente; areia franca ou fino arenoso; a estratificação cruzada do arenito começa a tornar-se visível.



QUADRO 8 : Resultados analíticos do perfil RC-55 (PV1sE)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>3</sub>	C
Profundidade em cm	0-17	17-28	28-44	44-65	65-120	120-160	160-200	200 +
<b>Características físicas</b>								
Densidade real	2,63	2,63	2,67	2,68	2,67	2,65	2,65	2,63
Umidade equivalente %	7,55	9,28	12,40	13,60	12,40	12,10	14,60	15,30
Seixos %	0	0	0	0	0	0	0	0
Areia grossa %	17,8	15,2	14,6	15,0	16,7	16,9	18,9	22,2
Areia fina %	69,3	71,1	64,2	62,9	62,6	61,9	58,7	54,5
Silte %	4,3	2,9	4,1	3,1	3,2	2,9	4,7	8,3
Argila %	8,6	10,8	17,1	19,0	17,5	18,3	17,7	15,0
Silte/Argila	0,5	0,27	0,24	0,16	0,18	0,16	0,26	0,55
pH	5,2	5,2	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,1
<b>Características químicas</b>								
C %	0,72	0,60	0,44	0,38	0,24	0,2	0,1	0,1
N %	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
C/N	12	12	11	13	12	10	10	10
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,56	0,56	0,70	0,58	0,54	0,34	0,38	0,38
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,13	0,21	0,21	0,15	0,09	0,03	0,11	0,19
K <sup>+</sup> me/100 g	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,08	0,10	0,03	0,03	0,10	0,06	0,03	0,08
S me/100 g	0,8	0,89	1,01	0,82	0,75	0,45	0,59	0,70
T me/100 g	4,96	4,17	4,93	5,22	4,27	3,81	5,47	6,70
V %	16	21	20	15	17	14	10	10
PO <sub>4</sub> me/100 g	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	tr	0,01	0,01

Perfil RC-55 - (IAC T-2869 a T-2867) - Podzólico vermelho amarelo, variação Laras, sobre arenito Botucatu (PVLsB)

Localização: município de Corumbataí, estrada para Rio Claro.

Situação: meia encosta inclinada, quase tôpo.

Vegetação (floresta latifoliada semi-decídua), atual: gramíneas.

Drenagem: boa a moderada.

- A<sub>1</sub> 0-17 cm; pardo acinzentado (10 YR 5/2); areia ou fino-arenoso; grãos soltos a fraca, granular, pequena; sôlta, sôlta, não plástica, não pegajosa; limite claro, ondulado.
- A<sub>2</sub> 17-28 cm; pardo amarelado claro (10 YR 6/4); textura, estrutura e consistência como anterior; limite claro, ondulado.
- B<sub>1</sub> 28-44 cm; amarelo pardacento (10 YR 6/6); areia franca ou fino-areno-barrento; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena a média; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>21</sub> 44-65 cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6); franco arenoso ou fino areno-barrento; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, média; macia, friável; não plástica, não pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>22</sub> 65-120 cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8), mosqueamento amarelo (10 YR 8/8), comum, pequeno, difuso a distinto; textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em fraca a moderada, sub-angular, média; macia a ligeiramente dura, friável; não plástica, não pegajosa; limite gradual a difuso, plano.
- B<sub>23</sub> 120-160 cm; amarelo avermelhado (5 YR 6/8), mosqueamento como anterior; textura, estrutura e consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>3</sub> 160-200 cm; amarelo avermelhado (5 YR 6/8); mosqueamento amarelo (10 YR 8/8), comum a abundante, distinto, médio; textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em sub-angular, média a pequena; macia a sôlta, friável a muito friável; não plástica, não pegajosa; limite gradual a plano.
- C 200-220 cm +; rosa (5 YR 8/3), mosqueamento vermelho (10 R 4/8) abundante, médio a grande, proeminente; areia franca ou fino-areno-barrento; maciça, porosa, desfaz em grãos soltos e pequenos blocos; estratificação cruzada torna-se visível.

Destacam-se as seguintes características (quadros 7 e 8):

- horizontes distintos, diferenciados por cor e textura; presença de horizonte C com restos de rocha; limites claros a graduais; presença de mosqueamento;
- variação textural B/A superior a 2; relação silte/argila alta a média;
- estrutura fracamente desenvolvida; cerosidade não observável;
- teores médios a baixos de matéria orgânica no A<sub>1</sub>, diminuindo progressivamente em profundidade; relação C/N superior a 10, podendo mesmo atingir valores mais elevados;



- CTC baixa a média, diminuindo do A<sub>1</sub> para o A<sub>2</sub> mas aumentando no B; a capacidade de troca específica da argila, calculada com correção de carbono, indica atividade considerável para minerais do tipo 1:1, como Van RAIJ (1966) também observara;
- a soma de bases é geralmente baixa e diminui abaixo do A<sub>1</sub>, podendo também apresentar pequeno aumento no B<sub>2</sub>. Os teores de cátions trocáveis são normalmente baixos; o Ca<sup>++</sup> é o principal saturante, seguido do Mg<sup>++</sup>, que pode aumentar sua participação em profundidade;
- saturação em bases muito baixas e acidez entre média e baixa;
- fração argila composta essencialmente por caulinita, acompanhada por pequena quantidade de gibsita; os difratogramas (diagrama 10) deixam supor ou má cristalinidade ou tamanho muito pequeno dos cristais de caulinita; a participação da gibsita cresce em profundidade, nunca ultrapassando 15%, e diminui no C; essa variação é refletida pela relação ki;
- presença de pequena quantidade de minerais primários, sobretudo mica e feldspatos.

O enquadramento tentativo dessa unidade em outras classificações é o seguinte:

- 7ª Aproximação: grande grupo typhochult.
- BENNEMA & CAMARGO: classe II (solos com B textural, T < 24 me/100 g de argila, com correção para o C), agrupamento 1 (V < 35% no B), 1.2 (horizonte B não muito fortemente desenvolvido), 1.21 (classe orto), 1.214 derivados de arenitos.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos com sesquióxidos muito individualizados, sub-classe ferralítica, grande grupo fracamente ferralítico.
- Carta de solos da África: ferrisols.
- SYS: ordem kaolisol, sub-ordem hygro-xero-kaolisol, grande grupo ferrisol.
- BOTELHO DA COSTA: psammo ferralítico.
- FAO/UNESCO: podzólico vermelho amarelo.

c) Solos formados sobre sedimentos néo-cenozóicos - Podzólico vermelho amarelo variação Laras (PVLsN); perfil de espessura média a profunda (mais de 200 cm, foto 22), relação ki média, fração argila com pequena quantidade de gibsita acompanhando a caulinita, indicando estágio avançado de intemperismo.

O material de origem desses solos provém de retrabalhamento de formações geológicas locais: os perfis apresentam seqüência de horizontes AB, porém o C é raramente discernível, sendo comum a presença de camada cascalheira sotoposta ao B, não constituindo o horizonte C clássico e normal. Essa sucessão horizontes AB - camada cascalheira é mais visível em cortes efetuados a meia encosta, e repousa muitas vezes sobre arenito Botucatu; em posições topográficas inferiores aparecem perfis PVLsB análogos aos anteriormente descritos.

QUADRO 9 : Resultados analíticos do perfil RC-56 (PVL2N)

Horizontes	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>
Profundidade em cm	0-8	8-18	18-30	30-58	58-93	93-135	135-180
Características físicas							
Densidade real	-	2,63	2,63	2,60	2,67	2,56	2,67
Umidade equivalente %	-	5,0	5,8	6,2	8,0	7,6	6,0
Seixos %	0	0	0	0	0	0	0
Areia grossa %	22,0	22,7	24,1	21,7	23,3	22,9	26,9
Areia fina %	73,6	70,7	65,3	69,4	61,2	65,9	61,4
Silte %	0	1,0	2,3	1,0	2,0	0,6	1,4
Argila %	4,4	5,6	8,3	7,9	13,5	10,6	10,3
Silte/Argila	0	0,18	0,27	0,12	0,14	0,05	0,13
pH	5,9	5,3	5,2	5,2	5,0	4,9	4,9
Características químicas							
C %	0,62	0,51	0,36	0,33	0,23	0,11	0,10
N %	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
C/N	15	17	9	11	11	5	5
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,81	0,47	0,33	0,35	0,34	0,39	0,39
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,31	0,12	0,07	0,04	0,11	0,05	0,04
K <sup>+</sup> me/100 g	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,06	0,12	0,14	0,10	0,08	0,10	0,14
S me/100 g	1,22	0,73	0,55	0,51	0,54	0,55	0,58
T me/100 g	3,38	3,25	3,11	3,63	3,18	2,71	2,50
V %	36	22	14	14	17	20	23
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,04	0,02	0,01	tr	0,01	0,01	tr

Ocorrem áreas solos sobre certas superfícies cimeiras da Depressão Periférica, como a superfície de Urucaia e os longos espigões situados entre Corumbataí e Analândia. Constituí um agrupamento cartográfico sendo representado pelos perfis RC-56 (quadro 9), RC-58 (quadro 10) e RC-62 (quadro 11).

Perfil RC-56 - (IAC- T-2868 a T-2874) Podzólico vermelho amarelo, variação Laras, sobre sedimentos não-cenozóicos (PVLsN).

Localização: município de Corumbataí, estrada para Jacutinga.

Situação: meia encosta pouco inclinada no platô de Urucaia.

Vegetação: (Cerradão?), atual: gramíneas, com sapé e arbustos esparsos.

Drenagem: forte.

- A<sub>11</sub> 0 - 8 cm; pardo escuro (10 YR 4/2); areia ou fião arenoso; grãos soltos; solta, solta, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- A<sub>12</sub> 8-18 cm; pardo escuro (7,5 YR 4/2); textura, estrutura e consistência como anterior; limite claro, ondulado.
- A<sub>21</sub> 18-30 cm; pardo forte (7,5 YR 5/6); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em grãos simples e muito fraca, sub-angular, pequena; solta a macia, solta a muito friável, não plástica, não pegajosa; limite gradual, ondulado.
- A<sub>32</sub> 30-38 cm; pardo avermelhado (5 YR 4/4); textura, estrutura e consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>1</sub>(?) 58-93 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/6); areia franca ou fino-arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca a muito fraca, sub-angular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite gradual a difuso, plano.
- B<sub>22</sub> 93-135 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8); textura, estrutura e consistência como anterior; limite difuso, plano.
- B<sub>23</sub> 135-180 cm \*; vermelho (2,5 YR 5/8); mesmas características anteriores.

Perfil RC-58 - (IAC T-2882 a 2886) - Podzólico vermelho amarelo, variação Laras, sobre sedimentos não-cenozóicos (PVLsN).

Localização: município de Corumbataí, face norte platô Urucaia.

Situação: meia encosta pouco inclinada a praticamente plana.

Vegetação: floresta latifoliada semi-decídua, posteriormente derrubada.

Drenagem: forte.

- O<sub>1</sub> 2-1 cm; restos vegetais não decompostos, sobretudo fôlhas;
- O<sub>2</sub> 1-0 cm; matéria orgânica decomposta, fibrosa, escura.
- A<sub>11</sub> 0-9 cm; pardo escuro (10 YR 4/3); areia ou fião arenoso; solta a fraca, granular, pequena; solta, muito friável a solta, não

QUADRO 10 : Resultados analíticos do perfil 10-33 (1971...)

Horizontes	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>
Profundidade em cm	0-9	9-24	24-66	66-105	105-140 +
<b>Características físicas</b>					
Densidade real	2,60	2,58	2,56	2,70	2,60
Umidade higroscópica	0,48	0,48	0,44	0,52	0,44
Umidade equivalente %	6,00	5,60	7,20	8,80	7,70
Seixos %	0	0	0	0	0
Areia grossa %	24,8	24,4	25,2	22,7	20,1
Areia fina %	66,7	66,9	62,5	60,4	65,4
Silte %	3,5	3,4	1,8	1,9	1,2
Argila %	5,0	5,3	10,5	15,0	13,3
Silte/Argila	0,7	0,66	0,17	0,13	0,09
pH	6,3	5,8	5,2	5,1	5,1
<b>Características químicas</b>					
C %	1,35	0,53	0,32	0,24	0,10
N %	0,09	0,04	0,03	0,03	0,02
C/N	15	13	11	8	5
Ca <sup>++</sup> me/100 g	1,76	0,55	0,40	0,40	0,40
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,94	0,39	0,25	0,18	0,41
K <sup>+</sup> me/100 g	0,13	0,07	0,04	0,04	0,03
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,26	0,22	0,20	0,24	0,20
S me/100 g	3,09	1,23	0,89	0,86	1,04
T me/100 g	5,50	2,70	3,54	4,0	3,53
V %	56	45	25	21	30
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,07	0,04	0,04	0,04	0,02
<b>Análise da fração argila</b>					
SiO <sub>2</sub>	38,22	33,84	37,51	37,33	38,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,50	31,28	36,87	36,40	37,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,61	5,11	6,25	7,97	7,62
K <sub>2</sub> O	0,59	0,56	0,43	0,40	0,38
Na <sub>2</sub> O	2,93	3,51	1,79	1,36	1,58
MgO	0,10	0,09	0,09	0,09	0,11
MnO	0,17	0,17	0,10	0,10	0,08
CaO	0,40	0,83	0,52	0,37	0,41
TiO <sub>2</sub>	0,83	0,53	0,83	0,84	0,85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,31	0,26	0,23	0,16
H <sub>2</sub> O +	14,98	23,41	15,21	14,69	14,80
k <sub>i</sub>	1,88	1,84	1,73	1,73	1,73

QUADRO 11 : Resultados analíticos do perfil RC-62 (PVL6N)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>
Profundidade em cm	0-20	20-49	49-90	90-126	126-150 +
<b>Características físicas</b>					
Densidade real	2,70	2,53	2,53	2,67	2,63
Umidade equivalente %	4,20	5,0	7,4	7,0	7,8
Seixos %	0	0	0	0	0
Areia grossa %	12,9	8,2	9,3	6,2	8,3
Areia fina %	77,7	83,3	77,0	80,6	76,4
Silte %	2,7	0,7	1,7	0,8	2,0
Argila %	6,7	7,8	12,0	12,4	13,3
Silte/Argila	0,31	0,09	0,14	0,07	0,15
pH	5,3	5,0	5,0	5,0	4,9
<b>Características químicas</b>					
C %	0,68	0,34	0,27	0,20	0,17
N %	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
C/N	13	11	9	7	8
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,40	0,45	0,35	0,35	0,45
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,02	0,06	0,06	0,16	0,10
K <sup>+</sup> me/100 g	0,08	0,04	0,03	0,02	0,03
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,12	0,12	0,12	0,14	0,12
S me/100 g	0,62	0,67	0,56	0,67	0,70
T me/100 g	3,58	3,71	4,40	3,55	4,06
V %	17	18	13	16	17
PO <sub>4</sub> <sup>----</sup> me/100 g	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06

plástica, não pegajosa; limite claro, plano.

- A<sub>12</sub> 9-24 cm; pardo forte (7,5 YR 5/6); textura, estrutura e consistência como anterior; limite claro, ondulado.
- A<sub>3</sub> (?) 24 - 66 cm; pardo avermelhado (5 YR 4/4); areia franca ou fino-arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena; macia a solta, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>21</sub> 66 - 105 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8); textura e estrutura como anterior; macia, friável, não plástica, não pegajosa; limite difuso, plano.
- B<sub>22</sub> 105-150 cm +; vermelho amarelado (5 YR 5/8); textura, estrutura e consistência como anterior.

Perfil RC-62 - (IAC T-2901 a T-2905) - Podzólico vermelho amarelo, variação Laras, sobre sedimentos néo-cenozóicos.

Localização: município de Analândia, estrada para Corumbataí.

Situação: meia encosta inclinada.

Vegetação: cerradão (?).

Drenagem: forte.

- A<sub>1</sub> 0 - 20 cm; pardo amarelado escuro (10 YR 4/4); areia ou fino-arenoso; grãos simples; solta, solta, não plástica, não pegajosa; limite claro, plano.
- A<sub>3</sub> 20-49 cm; pardo forte (7,5 YR 5/6) com algumas manchas pardo escuras (7,5 YR 4/2); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em grãos simples; consistência como anterior; limite difuso, ondulado.
- B<sub>1</sub> 49 - 90 cm; pardo forte (7,5 YR 5/8) a vermelho amarelado (5 YR 5/6); areia franca ou fino-arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca a muito fraca, sub-angular, pequena; consistência como anterior; limite gradual, ondulado.
- B<sub>21</sub> 90-126 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8); textura, estrutura e consistência como anterior; limite difuso, plano.
- B<sub>22</sub> 126-150 cm +; vermelho amarelado (5 YR 5/8); areia franca ou fino-arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa.

As características mais destacáveis são as seguintes (quadros 9, 10 e 11):

- horizontes medianamente distintos, diferenciados pela cor e textura; em nenhum perfil foi possível examinar um horizonte C em seqüência aos superiores; limites claros a difusos;
- variação textural B/A superior a 2; relação silte/argila média a baixa;
- estrutura pouco desenvolvida; não se observa cerosidade envolvendo os agregados;
- teores baixos de matéria orgânica no A, podendo ser médios sob o cerradão, diminuindo sensivelmente no A<sub>3</sub> e B; relação C/N média a alta no A<sub>1</sub>, diminui em profundidade para menos de 10; restos vegetais ricos em C e de decomposição relativamente lenta.



- capacidade de troca de cátions baixa em todo o perfil, com variação em profundidade acompanhando a argila; a CTC específica, para 100 g de argila com correção do C, mostra valores comparáveis com os da caulinita, pouco inferiores aos calculados para a unidade anterior (PVLsB);
- soma de bases quase sempre baixa, exceção feita ao horizonte A<sub>1</sub> dos solos sob cerradão; mantém-se constante abaixo do A<sub>3</sub>. O Ca<sup>++</sup> é o principal cátion saturante (50-60%), seguido do Mg<sup>++</sup>; o Na<sup>+</sup> apresenta normalmente valores mais elevados do que o K<sup>+</sup>, porém ambos são baixos;
- saturação em bases baixas a média no A<sub>1</sub>, com acidez média a fraca e muito baixa, no restante, com acidez média; observa-se ligeiro aumento da saturação em profundidade, não acompanhado pelo pH;
- difração de raios-X da argila (diagrama 9) revelou a presença de caulinita com "reflexões" bastante intensas (cálculo normativo 85%) e pequena quantidade de gibsitita (cálculo normativo 8%); relação ki entre 1,7 a 1,9;
- ausência de minerais alteráveis.

Correspondência tentativa dessa unidade com outras classificações:

- 7ª Aproximação: grande grupo tyochrult.
- BENNEMA & CAMARGO: classe II, solos com B textural, T < 24 me/100 g de argila com correção para o C; 1. solos com V < 35% no horizonte B; 1.2. horizonte A não muito fortemente desenvolvido; 1.124. derivados de arenito.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos com sesquióxidos muito individualizados, subclasse ferralítica, grande grupo ferralítico lixiviado ou fracamente ferralítico.
- Carta de solos da África: ferrisols.
- SYS: ordem kaolisol, sub-ordem hydro-xero-kaolisol, grande grupo ferrisol.
- BOTELHO DA COSTA: solos psammo ferralíticos.
- FAO/UNESCO: podzólicos vermelho amarelo.

d) Solos formados sobre rochas básicas - Terra roxa estruturada (TRE), perfil de espessura média (maior de 200 cm), seqüência de horizontes ABC, relação ki próxima a 1,5, presença de certa quantidade de gibsitita e teores elevados de óxidos de ferro (goetita-hematita), indícios de estágio avançado de intemperismo.

Ocorrem sobre pequenos afloramentos de diabásio da re-gião pré-frontal, dos quais apenas o afloramento que se encontra no perfil estudado apresenta expressão espacial. O perfil não foi estudado até encontrar o material de origem, porém nas proximidades ocorre pequeno afloramento rochoso.

Constitui uma unidade de mapeamento, representada pelo perfil RC-50 (quadro 12), com as seguintes características:

QUADRO 12 : Resultados analíticos do perfil RC-50 (TRE)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>
Profundidade em cm	0-6	6-40	40-75	75-105	105-135	135-165 +
<b>Características físicas</b>						
Densidade real	2,67	2,90	2,90	2,94	2,94	2,98
Umidade higroscópica	4,90	3,60	3,20	3,30	3,10	3,00
Umidade equivalente %	33,40	26,10	26,00	26,40	27,20	27,60
Seixos %	-	-	-	-	-	-
Areia grossa %	5,9	5,1	6,6	5,3	4,3	4,5
Areia fina %	28,7	32,2	33,3	26,8	26,0	27,9
Silte %	38,2	29,4	20,3	16,2	14,4	14,8
Argila %	27,2	33,3	39,8	51,7	55,3	52,8
Silte/Argila	1,4	0,88	0,51	0,31	0,26	0,28
pH	7,2	7,2	7,2	7,4	7,4	7,3
<b>Características químicas</b>						
C %	7,57	4,23	1,94	1,23	1,01	0,66
N %	0,59	0,25	0,14	0,09	0,07	0,05
C/N	13	17	14	14	14	13
Ca <sup>++</sup> me/100 g	20,07	15,04	12,03	11,01	9,03	5,62
Mg <sup>++</sup> me/100 g	3,58	2,52	1,31	1,27	1,07	0,90
K <sup>+</sup> me/100 g	1,30	0,67	0,50	0,39	0,40	0,55
Na <sup>+</sup> me/100 g	0,15	0,12	0,12	0,08	0,12	0,08
S me/100 g	25,10	18,35	13,96	12,75	10,62	7,15
T me/100 g	34,98	28,10	22,43	20,61	19,60	15,60
V %	71	66	62	62	54	46
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	2,42	1,39	1,84	0,65	0,84	0,77
<b>Análise da fração argila %</b>						
SiO <sub>2</sub>	25,89	26,57	27,14	28,08	27,07	27,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,77	29,71	31,74	31,41	32,90	32,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,21	20,08	20,04	19,97	20,82	21,22
K <sub>2</sub> O	0,32	0,18	0,19	0,09	0,12	0,07
Na <sub>2</sub> O	1,82	1,49	1,34	1,06	1,04	0,97
MgO	0,73	0,73	0,73	0,62	0,62	0,62
MnO	0,13	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16
CaO	1,04	0,78	0,66	0,68	0,64	0,66
TiO <sub>2</sub>	1,46	1,57	1,31	1,30	1,04	1,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,57	0,50	0,40	0,33	0,30	0,29
H <sub>2</sub> O +	21,51	18,88	16,29	15,81	15,41	15,70
ki	1,58	1,51	1,45	1,52	1,40	1,43

Perfil RC-50 - (IAC T-2832 a T-2837) - Terra roxa estruturada (TRE).

Localização: município de Corumbataí, núcleo Jorge Tibiriçá.

Situação: praticamente topo de colina, quase plano.

Vegetação: (floresta latifoliada perene), atual: gramíneas.

Drenagem: boa a forte.

- A<sub>1</sub> 0 - 6 cm; pardo avermelhado escuro (5 YR 2/2); franco argiloso ou limo-argiloso; forte, sub-angular (granular na superfície), pequena a muito pequena; ligeiramente dura a dura, firme, plástica, pegajosa; limite abrupto, plano.
- A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub> 6-40 cm; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/3); textura como anterior; estrutura como anterior; dura, firme, plástica, pegajosa; limite claro, plano.
- B<sub>1</sub> 40 - 75 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); textura como anterior; forte, sub-angular, grande rompe média e pequena; cerosidade descontinua sobre os agregados; dura a muito dura, firme, plástica, pegajosa; limite gradual, plano.
- B<sub>21</sub> 75-105 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6), argila ou argiloso; forte, prismática, grande, rompe forte, sub-angular, média a pequena; cerosidade média; consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>22</sub> 105-135 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); textura como anterior; forte, prismática, grande, rompe forte, sub-angular, média a grande; cerosidade média; consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>3</sub>(?) 135-165 cm +; vermelho (2,5 YR 4/8); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz moderada, sub-angular, média; ligeiramente dura, friável, plástica, pegajosa.

- horizontes razoavelmente distintos, diferenciados pela cor, textura, estrutura e consistência; limites claros até difusos;
- variação textural B/A 1 a 2; relação silte/argila alta a média;
- estrutura fortemente desenvolvida; presença de cerosidade moderada a forte recobrando os agregados no B<sub>2</sub>;
- teores elevados de matéria orgânica no A, diminuem consideravelmente no B, mantendo-se ainda médios a altos; a coloração no B<sub>1</sub> ainda é nitidamente afetada pela quantidade de humus presente; relação C/N média, próxima a 15;
- capacidade de troca de cátions muito elevada em todo o perfil, sobretudo nos horizontes mais ricos em humus; os valores diminuem progressivamente em profundidade. A CTC específica da argila, com correção do carbono, apresenta valores elevados, bem maiores do que os considerados normais para a região;
- soma de bases muito alta em todo o perfil, diminui consideravelmente em profundidade; todas as bases trocáveis apresentam teores elevados; o Ca<sup>++</sup> é o principal íon saturante (80-90%), seguido do Mg<sup>++</sup>; o K<sup>+</sup> apresenta teores bem mais elevados do que o Na<sup>+</sup>.
- saturação em bases médias em todo o perfil, mais elevada no A e decrescendo em profundidade; o pH, no entanto, indica alcalinidade fraca, estando sempre acima de 7;

- análise da fração argila por difração dos raios-X (diagrama 9) revelou a presença dominante de caulinita, seguida de quantidades não negligenciáveis de gibsita e sesquióxidos de ferro, sem variações aparentes em profundidade; relação  $k_1$  relativamente baixa (1,5), diminuindo ligeiramente em profundidade; o cálculo normativo estabelece as seguintes proporções: caulinita: 60%; gibsita: 20-25%; hematita: 20-25%; goetita: 20-25%.
- ausência de minerais primários.

Essa unidade pode ser enquadrada tentativamente em outras classificações:

- 7ª Aproximação: grande grupo typhochult.
- BENNEMA & CAMARGO: classe II: solos com B moderado, T 24 me/100 g de argila; 2. saturação de bases média a alta no B (V 35%); 2.2. horizonte A moderado a fortemente desenvolvido; 2.2.2. intermediário para latossolos, derivados de rochas básicas.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos com sesquióxidos muito individualizados, subclasse ferralítica, grande grupo fracamente ferralítico.
- Carta de solos da África: ferrisols sobre rochas ricas em minerais ferro-magnesianos.
- SYÈ: ordem kaolisol, sub-ordem hygro-xero-kaolisol, grande grupo ferrisolo.
- BOTEELHO DA COSTA: fracamente ferralítico vermelho.
- FAO/UNESCO: solos lateríticos pardo avermelhados, saturação de bases média a alta.

3.2.5.4. - Solos com horizonte B latossólico: Perfil muito profundo, seqüência de horizontes AB(C), ausência de horizonte característico de acumulação de argila, desenvolvem-se em condições de intemperismo consideradas normais (clima, vegetação, relêvo, material de origem). Apresentam relação  $k_1$  muito baixa, quantidades consideráveis de gibsita, hidróxidos e óxidos de ferro e ausência de minerais primários alteráveis; a atividade do complexo absorvente é baixa ou ocasionalmente média; êsses indícios são considerados geralmente como resultantes de estágio avançado de intemperismo.

Foram divididos em famílias em função do material de origem.

a) Solos formados sobre rochas básicas: latossolo roxo (LR e LRM), perfil profundo que atinge geralmente vários metros, seqüência de horizontes AB(C), sendo êste último de difícil definição. Relação  $k_1$  baixa e presença de quantidades apreciáveis de gibsita acompanhando a caulinita, além de teores elevados de óxidos e hidróxidos de ferro sob forma cristalina.

QUADRO 13 - Resultados analíticos dos perfis RC-7 (LR) e RC-11 (LRm)

RC-7 (LR)

RC-11 (LRm)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> /B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C	A <sub>p</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>
Profundidade em cm	0-20	20-50	50-150	150-250	250-400+	0-50	50-110	110-150+
<b>Características físicas</b>								
Umidade higroscópica	2,38	2,52	2,03	1,70	2,20	1,0	1,0	1,0
Seixos %	0	0	0	0	20,6	0	0	0
Areia grossa %	29,4	27,0	23,0	22,5	21,0	39,5	40,0	40,0
Areia fina %	32,8	30,9	28,6	36,7	37,6	27,3	27,1	27,0
Silte %	8,8	4,9	13,4	19,2	17,1	7,0	3,5	5,1
Argila %	27,0	35,3	32,8	19,4	22,0	26,2	29,4	27,9
Silte/Argila	0,32	0,13	0,40	0,99	0,77	0,26	0,12	0,18
pH	6,0	6,0	6,1	6,5	6,4	5,9	6,2	6,2
<b>Características químicas</b>								
C %					0,40	1,16	0,74	0,44
N %			0,07	0,04	0,04	0,13	0,06	0,04
C/N	11		10	12	10	9	12	11
Ca <sup>++</sup> me/100 g		3,53	3,24	2,26	1,69	2,05	1,43	0,72
Mg <sup>++</sup> me/100 g	1,13	0,86	0,51	0,48	0,46	0,66	0,91	0,97
K <sup>+</sup> me/100 g	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,14	0,09	0,04
S me/100 g	5,89	4,42	3,77	2,76	2,17	2,85	2,43	1,73
T me/100 g	14,80	14,16	11,63	10,68	9,32	12,05	9,43	7,53
V %	40	31	33	26	23	24	26	22
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,94	0,29	0,32	0,28	0,44	0,21	0,28	0,22
<b>Análise do complexo-perfil RC-10</b>								
SiO <sub>2</sub> %	11,7		9,4	10,6				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	16,0		16,3	16,3				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	19,5		20,2	20,8				
ki	1,24		0,99	1,11				

Ocorrem extensivamente sôbre as rochas básicas do reverso imediato da cuesta e nas partes mais escarpadas estão associados a litossolos, cuja importância geográfica é, no entanto, pequena. Aparentemente, também em pequenas manchas isoladas no interior do platô da Serra de Santana, correspondendo a afloramentos de rochas básicas.

Devido à posição que ocupam no relêvo, êsses solos sofrem, com freqüência, a contaminação de grãos de quartzo dos sedimentos arenosos sobrepostos (ver fig. 1), que aumenta à medida que se acham mais perto dêstes. Foram separados em duas unidades de mapeamento, pois na escala adotada não é possível a separação das várias classes texturais: a variação da granulometria é contínua e progressiva, desde os têrmos mais argilosos até os mais arenosos e processa-se em faixa estreita do terreno (foto 19). O perfil RC-7 representa um perfil mais argiloso e o RC-11 um arenoso (resultados analíticos quadro 13), com as seguintes características:

Perfil RC-7 - (IAC T-2567 a 2573) - Latossolo roxo argiloso (IR).

Localização: município de Corumbataí, km 195, rodovia Washington Luiz;

Situação: beira de escarpa, porém com características de encosta pouco inclinada;

Vegetação: (floresta latifoliada sempre verde), atual: gramíneas;

Drenagem: boa a acentuada.

- A<sub>1</sub> 0 - 20 cm; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4); franco-argilo-arenoso ou barrento; moderada, granular a sub-angular, média; dura, firme, plástica, pegajosa; limite gradual, plano.
- A<sub>3</sub>/B<sub>1</sub> 20-50 cm; pardo avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argilo-arenoso ou barrento; moderada a forte, sub-angular, média; consistência como anterior; limite gradual, plano.
- B<sub>2</sub> 50 - 150 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6); franco-argilo-arenoso ou barrento; tendência a formar prismática, rompe em moderada, sub-angular média a grande; consistência como anterior; limite difuso, plano.
- B<sub>3</sub> 150 - 250 cm; vermelho a vermelho escuro (2,5 YR 4/6 a 3/6); franco-argilo-arenoso ou areno-barrento; maciça, porosa, desfaz em moderada a fraca, granular pequena a muito pequena; ligeiramente dura, ligeiramente friável, plástica, pegajosa; limite difuso, ondulado.
- C 250 - 400 cm; vermelho (2,5 YR 4/6); cascalho e franco-argilo-arenoso ou areno-barrento; estrutura pouco visível, porém o material parece formar granular a pequena; macia, friável a muito friável, pouco plástica, pouco pegajosa; limite a-



R 400 cm +; basalto intensamente diaclasado, formando blocos paralelepípedicos, as frestas preenchidas por material de coloração amarelada.

Perfil RC-11 - (IAC T2585 a T-2587) - Latossolo roxo misturado (IRM).

Localização: município de Corumbataí, Fazenda de Santana de Cima e Sítio Serrinha.

Situação: meia encosta pouco inclinada.

Vegetação: (floresta latifoliada sempre-verde?), atual: gramíneas.

Drenagem: acentuada.

A<sub>p</sub> 0 - 50 cm; pardo avermelhado escuro (5 YR 3/4); franco-argilo-arenoso ou areno-barrento; moderada a fraca, granular média a pequena; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; limite difuso, plano.

E<sub>21</sub> 50-110 cm; vermelho a vermelho escuro (2,5 YR 3/6 a 4/6); franco-argilo-arenoso ou barrento; maciça, porosa, desfaz em moderada, granular e sub-angular média a pequena; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa; limite difuso, plano.

B<sub>22</sub> 110-150 cm +; vermelho (2,5 YR 4/6); franco-argilo-arenoso ou barrento; maciça, porosa, desfaz em fraca a moderada, granular a sub-angular média; ligeiramente dura a macia, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa.

Destacam-se os seguintes aspectos:

- horizontes pouco distintos, sobretudo o C; limites graduais a difusos;
- variação textural A/B praticamente inexistente (relação textural pouco superior a 1); podem apresentar diminuição de argila no C ou mesmo no B<sub>3</sub>. Relação silte/argila nos termos mais argilosos é média a baixa e nos arenosos é baixa;
- estrutura moderada a fortemente desenvolvida nos perfis argilosos, maciça porosa nos arenosos e no horizonte B<sub>3</sub>, desfazendo em granular muito pequena;
- teores de matéria orgânica médios a altos no A<sub>1</sub>, diminuindo progressivamente em profundidade; o B<sub>2</sub> ainda apresenta teores médios; relação C/N próxima a 10 em quase toda a extensão do perfil;
- CTC elevada a muito elevada no A coincidindo com teores mais altos de matéria orgânica; diminui progressivamente em profundidade, porém mantendo valores elevados; a CTC específica para 100 g de argila, com correção para o C, é inferior à dos solos com B argílico formados sobre o mesmo material.
- soma de bases média a alta no A e média a baixa no B, diminuindo continuamente da superfície para os horizontes mais profundos; os teores de Ca<sup>++</sup> são médios no A (onde predomina), diminuindo para baixos em profundidade (onde pode ser substituído pelo Mg<sup>++</sup>); o Mg<sup>++</sup> apresenta no máximo valores médios, enquanto que o K<sup>+</sup> é baixo. Os valores apresentados pelas bases trocáveis na capa de alteração dos fragmentos de rocha são muito baixos, indicando lixiviação intensa e rápida;

- saturação de bases baixa a muito baixa e acidez fraca a média;
- teores médios a altos de  $PO_4^{3-}$  solúvel;
- análise da fração argila por difração dos raios-X (diagrama 9) revela a presença de quantidades equivalentes de caulinita e gibsitita, acompanhadas de quantidades consideráveis de goetita; relação ki próxima a 1.

Enquadramento tentativo dessa unidade em outras classificações:

- 7ª Aproximação: sub-ordem acrox.
- BENNEMA & CAMARGO: classe I. Solos com B latossólico; 5. com T 6,5 me/100 g de argila, com correção para o C; 5.2. alto teor de ferro; 5.21. classe orto;
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos com sesquióxidos muito individualizados, subclasse dos solos ferralíticos, grande grupo dos solos acentuadamente ferralíticos (ferralites).
- Carta dos solos da África: solos ferralíticos vermelhos sobre rochas ricas em minerais ferro magnesianos.
- SYS: ordem kaolisol, sub-ordem hygro-kaolisol, grande grupo ferralsol ortotipo.
- BOTELHO DA COSTA: solos ferralíticos típicos.
- FAO/UNESCO: ferralsol roxo.

b) Solos formados sobre os sedimentos da Serra de Santana - Latossolo vermelho amarelo, fase arenosa (LVAEnc e LVABaix), perfil bastante profundo, seqüência de horizontes AB(C), horizonte B óxido e C pouco distinto; relação ki próxima a 1, presença de quantidades apreciáveis de gibsitita, ausência de minerais primários, indicando estágio avançado de intemperismo.

Ocupam praticamente todo o platô ou superfície de Santana em seqüência ao latossolo roxo do rebordo da escarpa; próximo a Analândia ocorrem também abaixo da escarpa basáltica, parecendo tratar-se de grande depósito de natureza coluvial preservado da erosão. Formam sucessão com os cinza-hidromórficos (RC-42, por exemplo) e gleis pouco húmicos nas baixadas dos ribeirões Tibiriçá, Retiro, etc.

Seria possível distinguir duas unidades de latossolos vermelho por diferenças morfológicas e analíticas de detalhes e pela posição que ocupam no relevo: os perfis mais argilosos, de coloração tendente ao vermelho, ocupando as encostas e topos das colinas, designados latossolos vermelho amarelo de encosta (LVAEnc) e exemplificados pelos perfis RC-34 e RC-43 (quadros 14 e 15); perfis menos argilosos, coloração mais amarelada, ocupando os fundos dos vales sem es-

QUADRO 14 : Resultados analíticos do perfil RC-34 (LVaenc)

Horizontes	A <sub>1</sub>	A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> (?)	C <sub>2</sub> (?)
Profundidade em cm	0-10	10-40	40-65	65-100	100-150	150-205	205-290	290-350	350-460	460-470+
Características físicas										
Densidade real	2,67	2,63	2,70	2,67	2,67	2,70	2,63	2,67	2,67	2,70
Umidade higroscópica	0,56	0,54	0,54	0,56	0,56	0,52	0,56	0,60	0,60	0,34
Umidade equivalente %	8,88	7,40	8,20	8,40	9,20	9,60	10,20	10,80	9,40	20,40
Seixos %	1,1	0,6	0,7	0,5	1,2	2,0	1,6	1,7	30,8	1,1
Areia grossa %	35,1	38,5	36,0	33,1	33,7	34,4	33,6	33,0	34,2	27,2
Areia fina %	47,7	45,6	47,4	47,5	45,4	43,8	43,5	43,8	46,3	45,7
Silte %	2,5	1,9	1,7	1,6	1,9	3,6	4,7	5,9	3,9	16,3
Argila %	14,7	14,0	14,9	17,8	19,0	18,2	18,2	17,3	15,6	10,8
Silte/Argila	0,17	0,13	0,11	0,09	0,10	0,19	0,25	0,34	0,25	1,5
pH	4,8	4,5	4,6	4,9	4,6	5,1	5,3	5,5	5,5	5,2
Características químicas										
C %	0,27	0,20	0,15	0,13	0,10	0,08	0,07	0,14	0,10	0,06
N %	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
C/N	7	7	5	4	5	4	4	14	10	6
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,13	0,23	0,21	0,35	0,16	0,15	0,19	0,23	0,24	0,20
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,06	0,14	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,06
K <sup>+</sup> me/100 g	0,01	tr	0,01	0,01	tr	tr	0,02	0,02	0,02	0,01
S me/100 g	0,20	0,37	0,26	0,39	0,20	0,18	0,26	0,28	0,30	0,27
T me/100 g	3,05	2,66	2,02	2,05	1,81	1,51	1,45	1,40	1,47	2,20
V %	6	14	12	14	11	12	18	20	20	12
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,02	0,02	0,01	0,01	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Análise da fração argila %										
SiO <sub>2</sub>	26,42	26,50	26,70	26,70	26,72	26,95	27,16	27,72	30,06	38,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,76	37,07	37,07	38,92	40,25	39,88	39,92	41,68	40,05	38,96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,06	11,91	12,73	11,91	12,24	12,86	12,86	11,82	11,41	7,75
K <sub>2</sub> O	0,25	0,31	0,29	0,28	0,17	0,17	0,14	0,10	0,21	0,14
Na <sub>2</sub> O	0,36	0,69	0,67	0,72	0,07	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05
MgO	0,51	0,51	0,51	0,51	0,46	0,51	0,51	0,46	0,46	0,61
MnO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
CaO	0,80	0,82	0,82	0,75	0,77	0,80	0,80	0,76	0,82	0,57
TiO <sub>2</sub>	1,54	1,54	1,54	1,54	1,57	1,57	1,53	1,53	1,53	0,82
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,05	0,07
H <sub>2</sub> O +	20,94	20,64	19,72	18,74	18,26	17,36	17,36	16,30	15,49	18,06
ki	1,22	1,21	1,22	1,17	1,14	1,16	1,16	1,12	1,27	1,67

coamento permanente, designados latossolos vermelho amarelo de baixa—da (LVAbaix) e representados pelos perfis RC-37 e RC-41 (quadros 15 e 16).

Perfil RC-34 - (IAC T-2680 a T-2690) - Latossolo vermelho amarelo, fa se arenosa de encosta (LVAEnc).

Localização: município de Analândia, vossoroca à direita da estrada de ligação para a rodovia Washington Luiz, Fazenda Santa Eulália;

Situação: meia encosta pouco inclinada;

Vegetação: cerrado, com floresta de eucalipto na cabeceira da vossoroca.

Drenagem: forte.

- A<sub>1</sub> 0 - 10 cm; pardo avermelhado (5 YR 4/4, 7,5 YR 3/2 úmido); areia franca ou fino-areno-barrento; muito fraca, granular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>31</sub> 10-40 cm; pardo avermelhado (5 YR 5/4, 7,5 YR 4/4 úmido); areia franca ou areno-barrento; estrutura como anterior; macia a sôlta, muito friável a sôlta, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>2</sub> 40-65 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/6, 7,5 YR 5/6, úmido); textura como anterior; grãos soltos a muito fraca, sub-angular, pequena; consistência como anterior; limite plano, difuso.
- B<sub>1</sub> 65-100 cm; amarelo avermelhado (5 YR 5/6, 6/8 úmido); textura como anterior; maciça, porosa que se desfaz em muito fraca, granular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, difuso.
- B<sub>2</sub> 100-290 cm; vermelho (2,5 YR 5/8); franco arenoso ou areno-barrento; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena a média; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, difuso. Devido à grande espessura deste horizonte foi subdividido em:
- B<sub>21</sub> 100-150 cm; B<sub>22</sub> 150-205 cm; B<sub>23</sub> 205-290 cm
- B<sub>3</sub> 290-350 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, 5/6 úmido); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em fraca pouco moderada, sub-angular, grande a média; ligeiramente duro, friável, não plástica, não pegajosa; limite ondulado, abrupto a claro.
- C<sub>1</sub>(?) 350-460 cm; vermelho (10 R 5/8, 4/8 úmido); camada de cascalho formada de seixos de quartzo arredondado e de canga, com matriz areia franca ou fino-areno-barrento; estrutura pouco visível com aspecto maciço, poroso; limite ondulado, abrupto.
- C<sub>2</sub>(?) 460-500 cm +; vermelho acinzentado (10 R 5/2) com estratos e moqueamento mais claro e mais escuro, vermelho acinzentado (10 R 6/2) e vermelho (2,5 YR 5/8); sôla e moída: vermelha clara (10 R 6/6); areia franca ou fino-arenoso; estratificação e aspecto do arenito Botucatu.

QUADRO 15 : Resultados analíticos dos perfis RC-41 (LVabai) e RC-43 (LVAenc)

	RC-41 (LVabaix)					RC-43 (LVAenc)					
Horizontes	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>31</sub>	A <sub>32</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>
Profundidade em cm	0-15	15-40	40-65	65-90	90-110 +	0-4	4-25	25-52	52-85	85-110	110-145 +
<b>Características físicas</b>											
Densidade real	2,53	2,56	2,60	2,56	2,60	-	-	2,67	2,65	2,78	2,63
Umidade higroscópica	0,56	0,36	0,34	0,32	0,32	-	-	-	-	-	-
Umidade equivalente %	7,88	5,80	5,80	6,40	6,40	-	-	7,40	7,60	7,20	7,48
Seixos %	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Areia grossa %	60,8	60,8	57,8	59,1	57,4	53,5	51,2	46,9	43,9	43,2	42,2
Areia fina %	23,2	29,3	31,8	28,1	30,8	35,8	37,7	39,6	40,4	40,4	41,6
Silte %	2,8	0,7	0,5	1,4	1,3	1,3	1,9	0,1	0,4	0,1	0,6
Argila %	13,2	9,2	9,9	11,4	11,8	9,4	9,2	13,4	15,3	16,3	15,6
Silte/Argila	0,21	0,06	0,05	0,12	0,11	0,14	0,20	0	0,02	0	0,03
pH	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,6	4,7	4,9	4,9	4,7	4,7
<b>Características químicas</b>											
C %	0,91	0,42	0,30	0,27	0,18	1,64	0,94	0,76	0,43	0,34	0,30
N %	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,15	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
C/N	15	11	10	13	9	11	13	15	14	17	15
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,67	0,40	0,37	0,48	0,45	0,33	0,19	0,06	0,19	0,21	0,33
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
K <sup>+</sup> me/100 g	0,01	tr	tr	tr	tr	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
S me/100 g	0,72	0,41	0,40	0,49	0,48	0,42	0,24	0,12	0,23	0,25	0,37
T me/100 g	4,18	2,58	2,57	2,58	2,33	6,18	5,04	4,68	3,27	3,05	2,69
V %	17	16	16	19	21	7	5	3	7	8	14
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,05	tr	tr	tr	tr	0,09	0,08	0,03	0,06	0,02	0,02
<b>Análise da fração argila</b>											
SiO <sub>2</sub> %	21,80	22,30	23,00	24,00	23,80	-	-	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	38,20	39,70	39,90	41,70	42,40	-	-	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	8,40	8,00	7,20	7,20	7,20	-	-	-	-	-	-
ki	0,97	0,95	0,98	0,98	0,95	-	-	-	-	-	-

QUADRO 16 : Resultados analíticos do perfil RC-37 (LVabaix)

Horizontes	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>
Profundidade em cm	0-10	10-40	40-80	80-100	100-150	150-180	180-200
<b>Características físicas</b>							
Umidade higroscópica	0,26	0,32	0,34	0,34	0,36	0,36	0,34
Seixos %	0,7	0,8	1,0	1,7	1,2	1,4	2,0
Areia grossa %	66,1	66,3	61,4	55,0	63,9	58,6	60,1
Areia fina %	21,9	24,0	28,0	32,6	24,1	26,7	25,9
Silte %	3,3	3,7	4,5	3,8	2,6	1,6	1,3
Argila %	8,7	6,0	6,1	8,6	9,4	13,1	12,7
Silte/Argila	0,37	0,61	0,73	0,44	0,27	0,12	0,10
pH	5,1	5,0	4,8	4,8	4,7	4,5	4,7
<b>Características químicas</b>							
C %	0,54	0,32	0,30	0,27	0,22	0,18	0,18
N %	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C/N	13,5	10,7	15,0	13,5	11	9	9
Ca <sup>++</sup> me/100 g	0,30	0,23	0,26	0,24	0,26	0,26	0,26
Mg <sup>++</sup> me/100 g	0,03	0,23	0,06	0,11	0,23	0,04	0,01
K <sup>+</sup> me/100 g	0,02	0,01	0,01	tr	tr	0,01	0,01
S me/100 g	0,35	0,47	0,33	0,35	0,49	0,31	0,28
T me/100 g	2,68	2,40	2,34	2,44	2,58	2,16	1,97
V %	13	20	14	14	19	14	14
PO <sub>4</sub> <sup>---</sup> me/100 g	0,07	0,07	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03
<b>Análise da fração argila %</b>							
SiO <sub>2</sub>	22,67	22,83	22,83	23,03	22,23	23,01	23,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40,43	41,88	41,98	42,39	42,49	43,27	43,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,62	11,01	11,01	11,01	11,41	11,40	11,82
K <sub>2</sub> O	0,17	0,10	0,07	0,10	0,02	0,02	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09
MgO	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
MnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0
CaO	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
TiO <sub>2</sub>	1,33	1,43	1,43	1,53	1,53	1,53	1,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,17	0,15	0,16	0,13	0,12	0,11
H <sub>2</sub> O +	24,71	22,32	22,01	21,20	20,58	19,95	19,77
ki	0,95	0,94	0,92	0,92	0,94	0,9	0,9



Perfil RC-43 - (IAC T-2744 a T-2749) - Latossolo vermelho amarelo, fase arenosa de encosta (LVaEnc).

Localização: município de Itirapina, espigão mestre da Serra de Santana, divisor de águas dos sistemas do Feijão e Corumbataí.

Situação: alto de espigão, praticamente plano.

Vegetação: floresta tropical semi-decídua, do tipo "mata seca" de Waibel.

Brenagem: forte.

- O<sub>2</sub> 1-0 cm; restos vegetais formando tapete bastante contínuo.
- A<sub>11</sub> 0-4 cm; cinza avermelhado escuro (5 YR 4/2, 10 YR 2/2 úmido); areia franca ou arenoso; muito fraca, granular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, claro.
- A<sub>12</sub> 4-25 cm; cinza avermelhado escuro (5 YR 4/2, 7,5 YR 4/2 úmido); areia franca ou arenoso; estrutura como anterior; fraca a sôlta, muito friável a sôlta, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>3</sub> 25-52 cm; pardo a pardo escuro (7,5 YR 4/4); areia franca ou arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, granular, pequena; macia a sôlta, muito friável a sôlta, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- B<sub>1</sub> 52-85 cm; pardo escuro (5 YR 4/5, 7,5 YR 5/6 úmido, 4/6 moído); areia franca ou areno-barrento; estrutura e consistência como anterior; limite plano, difuso.
- B<sub>21</sub> 85-100 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/6, 7,5 YR 5/8 úmido, 5 YR 4/8 moído); textura, estrutura e consistência como anterior; limite plano, difuso.
- B<sub>22</sub> 100-145 cm +; vermelho amarelado (5 YR 5/6, 5/5 úmido); textura, estrutura e consistência como anterior.

Perfil RC-37 - (IAC T-2711 a T-2717) - Latossolo vermelho amarelo, fase arenosa, de baixada (LVaBaix).

Localização: município de Analândia, à direita da rodovia Washington Luiz, em vossoroca que corresponde a uma das nascentes do ribeirão do Retiro.

Situação: fundo de vale, praticamente plano.

Vegetação: campo cerrado.

Drenagem: forte.

- A<sub>11</sub> 0 - 10 cm; pardo escuro (10 YR 4/3, 3/4 úmido); areia ou arenoso; fraca, granular, pequena, macia a sôlta, muito friável a sôlta, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>12</sub> 10-40 cm; pardo amarelado (10 YR 5/4, 4/4 úmido); areia ou arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, granular, pequena; consistência como anterior; limite plano, gradual.
- A<sub>3</sub> 40-80 cm; pardo amarelado (10 YR 5/4, 7,5 YR 4,5/4 úmido); textura, estrutura e consistência como anterior; limite plano, difuso.

- B<sub>11</sub> 80-100 cm; pardo forte (7,5 YR 5/6, 4,5/4 úmido); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em fraca, sub-angular, pequena; solta, solta, não plástica, não pegajosa; limite plano, difuso.
- B<sub>12</sub> 100-150 cm; cor, textura e estrutura como anterior; macia a solta, muito friável a solta, não plástica, não pegajosa; limite plano, difuso.
- B<sub>21</sub> 150-180 cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6, 5/6 úmido); textura como anterior; maciça, porosa, desfaz em sub-angular fraca e pequena; consistência como anterior; limite plano, difuso.
- B<sub>22</sub> 180-200 cm +; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8, 5/8 úmido); textura, estrutura como anterior; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa.

Perfil RC-41 - (IAC T-2734 a T-2738) - Latossolo vermelho amarelo, fase arenosa de baixada (IvBaix).

Localização: município de Itirapina, parte central da baixada onde nasce o ribeirão Tibiriçá.

Situação: fundo de vale, praticamente plano.

Drenagem: forte; mais abaixo foi retirado o perfil RC-42, já com drenagem moderada.

- A<sub>11</sub> 0-15 cm; pardo acinzentado muito escuro (2,5 Y 3/2); areia franca ou arenoso; muito fraca, granular, pequena; macia, muito friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>12</sub> 15-40 cm; pardo acinzentado escuro (10 YR 4/2,5); areia ou arenoso; maciça, porosa, desfaz em fraca, granular, pequena; macia a solta, muito friável a solta, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>31</sub> 40-65 cm; pardo amarelado (10 YR 5/4); areia ou arenoso; estrutura como anterior; macia, friável, não plástica, não pegajosa; limite plano, gradual.
- A<sub>32</sub> 65-90 cm; amarelo pardacento claro (10 YR 6/4); textura, estrutura e consistência como anterior; limite plano, difuso.
- B<sub>1</sub> 90-110 cm +; amarelo pardacento (10 YR 6/6); franco arenoso ou arenoso; maciça, porosa, desfaz em sub-angular fraca e pequena; consistência como anterior.

Das características morfológicas e analítica é possível ressaltar o seguinte (quadros 15 e 16):

- horizontes pouco distintos, horizonte A mais espesso nos perfis de baixada; horizonte C de difícil identificação e definição; frequentemente, bem como no RC-34, o B repousa sobre camada de cascalhos, o que parece definir a parte basal dos sedimentos da Serra de Santa Ana, e que por sua vez assenta ora no arenito Botucatu, ora no basalto;
- limites entre horizontes no máximo graduais, normalmente difusos;
- variação textural A/B muito pequena (1:1,3 a 1:1,5), maior nos solos de baixadas, como havíamos assinalado anteriormente (QUETROZ NETO, 1963); a relação silte/argila é baixa nos solos de encosta e pode ser média nos de baixada;

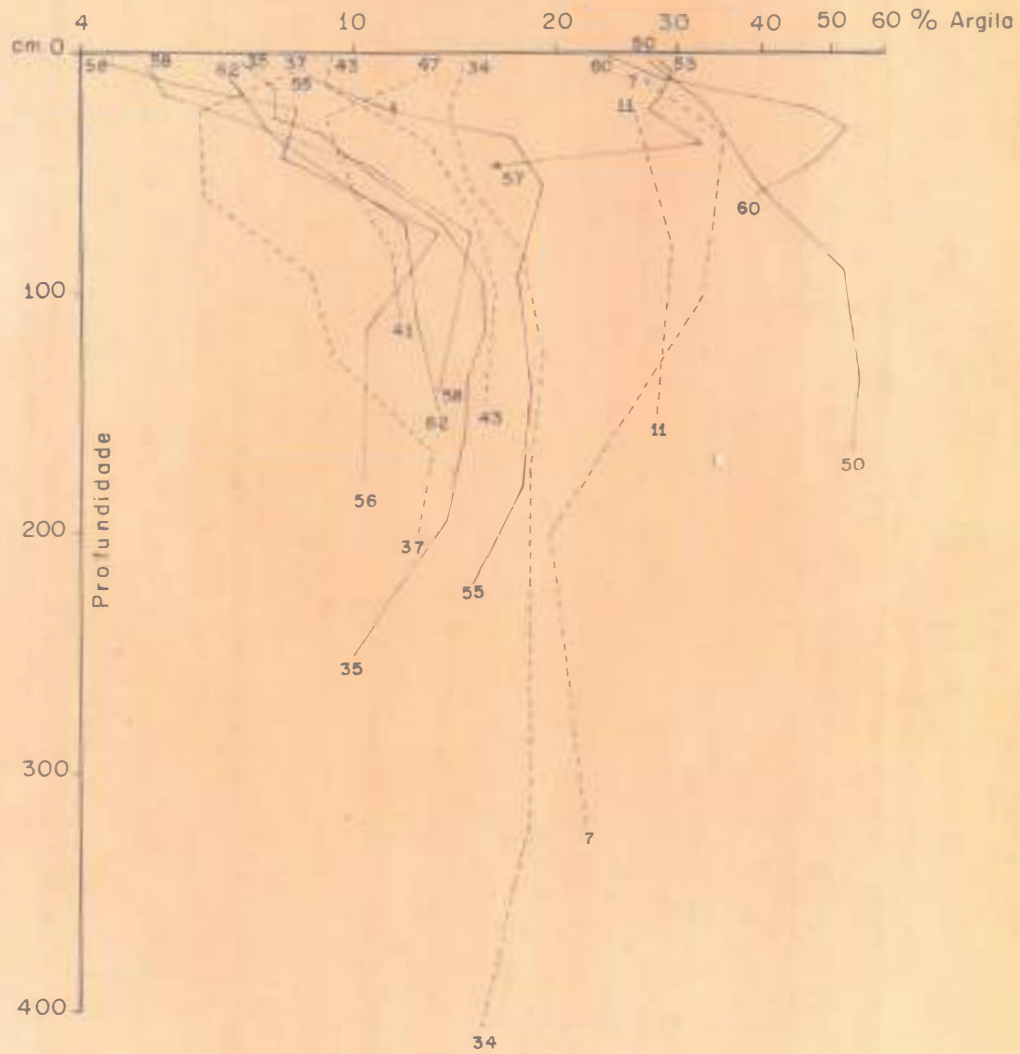
- teores baixos de matéria orgânica, mais elevados nos solos sob cerração; a matéria orgânica diminui lenta e progressivamente em profundidade, mantendo valores relativamente elevados até cerca de 100 cm; a relação C/N situa-se entre 10 e 15, mais elevada na superfície, não sendo raros valores inferiores a 10;
- CTC apresenta valores baixos, podendo ser médios no A<sub>1</sub> em presença de teores mais elevados de matéria orgânica; diminui progressivamente em profundidade e registra o mínimo nos horizontes mais profundos. A CTC específica da argila, com correção para o C, mostra os valores mais baixos de todos os solos da região, sobressaindo-se, nesse sentido, aqueles de baixada;
- A soma de bases muito baixa, decrescendo geralmente do horizonte A para o B; o Ca<sup>++</sup> é o principal cation saturante;
- saturação em bases do complexo muito baixa em todo o perfil, aumentando ligeiramente em profundidade; o pH revela acidez elevada, com valores um pouco mais altos nos solos de baixada; na base do horizonte B<sub>2</sub> pode ocorrer ligeiro aumento do pH, com valores médios;
- teores de PO<sub>4</sub> solúvel baixos;
- difração dos raios-X da fração argila (diagrama 9) indica a presença de gibsita acompanhando a caulinita; relação ki muito baixa, sobretudo nos solos de baixada, correspondendo aos valores mais elevados de gibsita (30-40%).

Esses solos podem ser enquadrados tentativamente em outras classificações da seguinte maneira:

- 7ª Aproximação: provavelmente sub-ordem ustox.
- BENNEMA & CAMARGO: Classe I. Solos com B latossólico; 5. com T<sub>4</sub> 6,5 me/100 g de argila após correção do C; 5.4. com baixo teor de ferro; 5.41. classe orto; 5.413. sobre sedimentos, textura média.
- AUBERT & DUCHAUFOR: classe dos solos com sesquióxidos muito individualizados, subclasse ferralítica, grande grupo dos solos acentuadamente ferralíticos (ferralites).
- Carta de solos da África: solos ferralíticos pardo-amarelados, em sedimentos arenosos ou areno-argilosos.
- SYS: ordem kaolisol, sub-ordem hygro-kaolisol, grande grupo regoferal.
- BOTELHO DA COSTA: solos psammo ferralíticos.
- FAO/UNESCO: ferralsols vermelho amarelos e areno-ferralsols.

DIAGRAMA 7

VARIAÇÃO DE ARGILA EM PROFUNDIDADE NOS PERFIS DA  
REGIÃO DA SERRA DE SANTANA; DISTINGUE-SE NITIDAMEN-  
TE OS PERFIS COM B-LATOSSÓLICO B-TEXTURAL



Des. - Hélio

--- B latossólico  
— B textural

Êsses índices enquadram-se bem nos limites apresentados pela Comissão de Solos (1960), apesar de não terem sido calculados da mesma maneira (relacionamos o sub-horizonte mais argiloso com o menos argiloso). Nos solos argilosos com B textural êsses índices são iguais ou pouco superiores a 2 e nos B latossólicos são **extremamente** baixos; a TRE-50 está bem acima dos limites apresentados pela Comissão de Solos (1,2 a 1,3), enquanto que as outras unidades são concordantes.

Os índices de variação textural dos solos arenosos são mais elevados do que os argilosos, o que seria uma consequência da própria concentração de argila dêsses solos, como observou HALLSWORTH (1963); à medida que aumentam os teores a movimentação da argila se restringe, apesar de sinais evidentes dessa migração, como por exemplo cerosidade.

A presença de quantidades variáveis de silte parece constituir-se em característica auxiliar na distinção dos perfis de solo da região, sobretudo pelo emprêgo do índice silte/argila (Van WAMBEKE, 1959). De modo geral, êsse índice é mais elevado nos solos de textura fina do que nos arenosos: o PVp RC-60 apresenta valores bastante elevados, comparáveis aos do LitEN, que desenvolve-se sôbre material de origem análogo.

Nos solos provenientes de rochas básicas os valores mais elevados são apresentados pela TRE RC-50 e os mais baixos pelo IRM RC-11. Os valores muito elevados dessa relação do IR RC-7, da mesma forma que dos perfis análogos da Comissão de Solos, poderiam estar relacionados ao material de origem ou, como foi assinalado com freqüência na África, à presença de pequenos agregados argilosos ou ferruginizados, do tamanho de silte ou areia fina, constituindo o "pseudo-sable"; esta hipótese parece alicerçar-se na grande dificuldade que apresenta a análise granulométrica dêsses solos.

Os perfis de textura arenosa também sugerem uma escala gradacional: o LitB RC-54 apresenta valores bastante elevados, comparáveis aos anteriores; a seguir, com valores menores, os PVLs, inicialmente os PVLsB (RC-35) e depois os PVLsN (RC-56, RC-58 e RC-62); finalmente, com os valores mais baixos, os LVA formados sôbre os sedimentos da Serra de Santana.

Nos perfis mais argilosos com B textural a estrutura apresenta-se geralmente em blocos sub-angulares ou mesmo angulares, forte a moderada, e com cerosidade recobrando os agregados. Nos perfis com

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características morfológicas e físicas

As descrições permitem distinguir os vários tipos de perfil, dos quais dois com maior importância: com menor profundidade e horizonte B textural ou argílico, e mais profundo com horizonte B latossólico ou óxico.

O horizonte A dos primeiros distingue-se bastante do B pela cor, textura e algumas vezes estrutura, pela presença freqüente de um sub-horizonte A<sub>2</sub> de coloração clara, e por limites nítidos (abruptos ou claros). Nos segundos, os horizontes são pouco distintos, com limites graduais ou mesmo difusos; as variações de cor são pequenas e contínuas; algumas vezes apresentam variação textural entre o A e B, que raramente é significativa e geralmente atestada apenas pelos resultados da análise granulométrica. Há perfis arenosos com características intermediárias entre os dois tipos, com sub-horizonte A<sub>2</sub> pouco nítido ou ausente, passagem de cor e variações texturais mais graduais (PVLsN RC-56, RC-58 e RC-62).

A variação da argila em profundidade, um dos elementos fundamentais de distinção das unidades, acha-se registrada no diagrama 7: os perfis com horizonte argílico mostram nítida elevação dos teores de argila cujo máximo é atingido antes dos 100 cm. Na base dos perfis PVLsB (RC-35 e RC-55) ocorre diminuição do teor de argila, ao contrário dos PVLsN (RC-56, RC-58 e RC-62), pelo menos nos mesmos níveis. Esse fenômeno também pode ser observado nos perfis PVp (RC-57 e RC-60) e talvez esteja relacionado à menor profundidade e presença do horizonte C mais próximo à superfície.

Os perfis com B latossólico apresentam alguma variação dos teores de argila: logo abaixo da superfície uma ligeira diminuição bem mais acentuada nos solos de baixada (RC-37 e RC-41), para aumentar novamente e atingir o máximo pouco abaixo dos 100 cm; o RC-34 também apresenta diminuição da argila nos horizontes mais profundos.

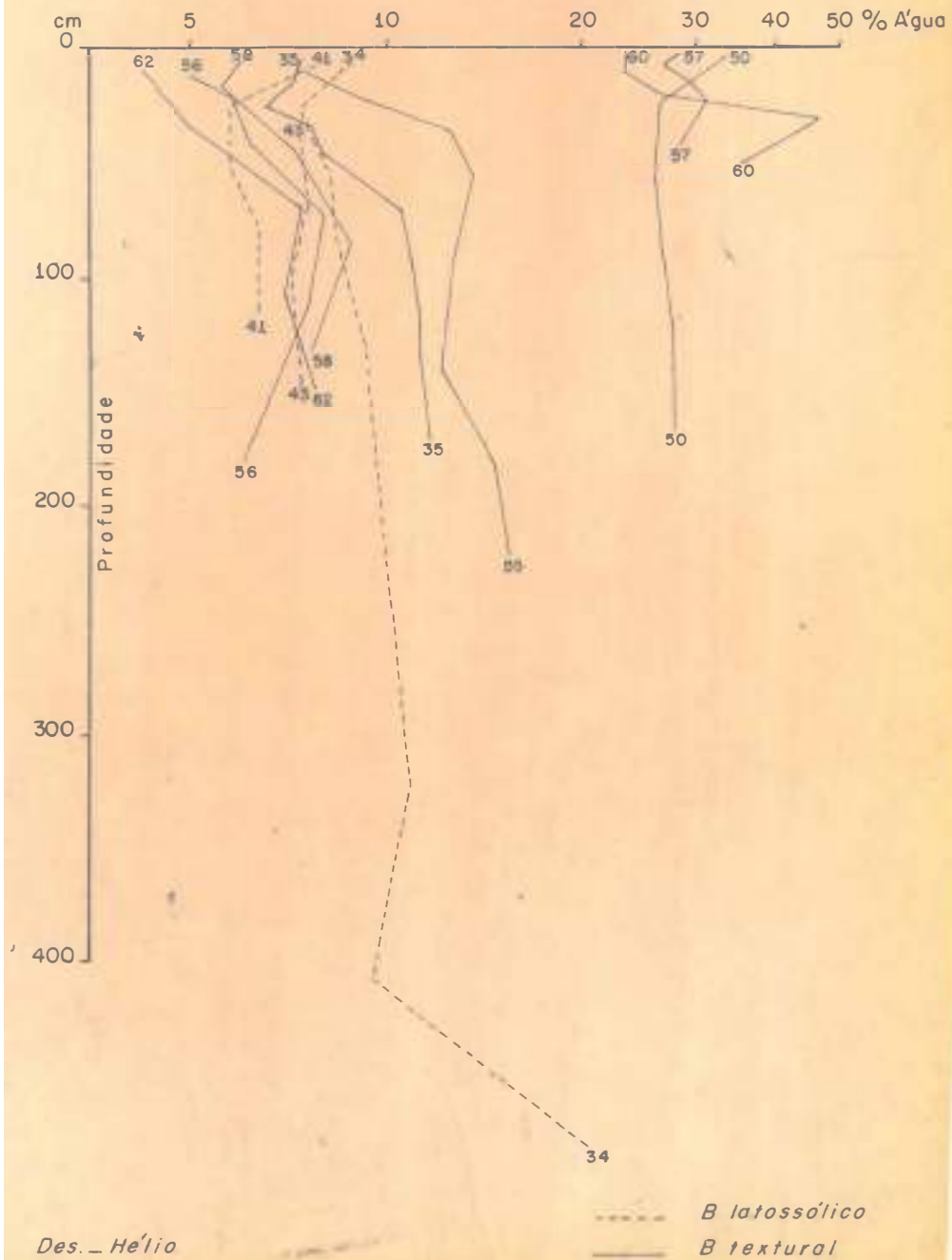
Nos solos formados sobre rochas básicas, o IR RC-7 mostra o máximo de argila bem próximo à superfície, enquanto o TRE RC-50 só o faz pouco abaixo dos 100 cm.

Os índices de variação textural A/B são sempre superiores a 2 nos PVLs e inferiores nos LVa, exceção feita do RC-37, de baixada.



DIAGRAMA 8

VARIAÇÃO EM PROFUNDIDADE DOS TEORES DE UMIDADE EQUIVALENTE NOS PERFIS DE SOLO DA SERRA DE SANTANA



horizonte óxido a estrutura sub-angular é no máximo moderada, sem cerosidade; além disso, nos primeiros a consistência a seco é mais forte do que nos segundos, e mais fraca a úmido. Entre os solos com textura arenosa a estrutura parece ser um elemento secundário na distinção das unidades, pois raramente é nitidamente evidenciada ao longo do perfil.

A variação em profundidade dos teores de umidade equivalente (diagrama 8) também permite diferenciar os perfis da região. O PVp(RC-60) mostra variação que acompanha a da argila, enquanto que a TRE(RC-50) apresenta diminuição logo abaixo da superfície, para depois manter-se constante a despeito do aumento considerável da quantidade de argila. A umidade equivalente mais elevada na superfície, neste caso, parece estar ligada à percentagem de matéria orgânica: com sua diminuição em profundidade, essa ação seria compensada apenas parcialmente pela elevação dos teores de argila.

É possível estabelecer três agrupamentos nítidos para os perfis mais arenosos: os PVLsB (RC-35 e RC-55) mostram variação da umidade equivalente em profundidade análoga à da argila; o RC-35 reflete, na sua parte superficial, a influência da matéria orgânica. Os PVLsN (RC-56, RC-58 e RC-62) apresentam comportamento análogo, porém os valores são inferiores desde a superfície, ressaltando-se o RC-62 com os mais baixos. No entanto, esses dois grupos de perfis apresentam teores de argila bastante próximos, exceção feita do RC-55; o comportamento hídrico, expresso em termos de umidade equivalente, poderia estar relacionado a diferenças de atividade da fração mineral, que foram realmente registradas como se verá mais adiante.

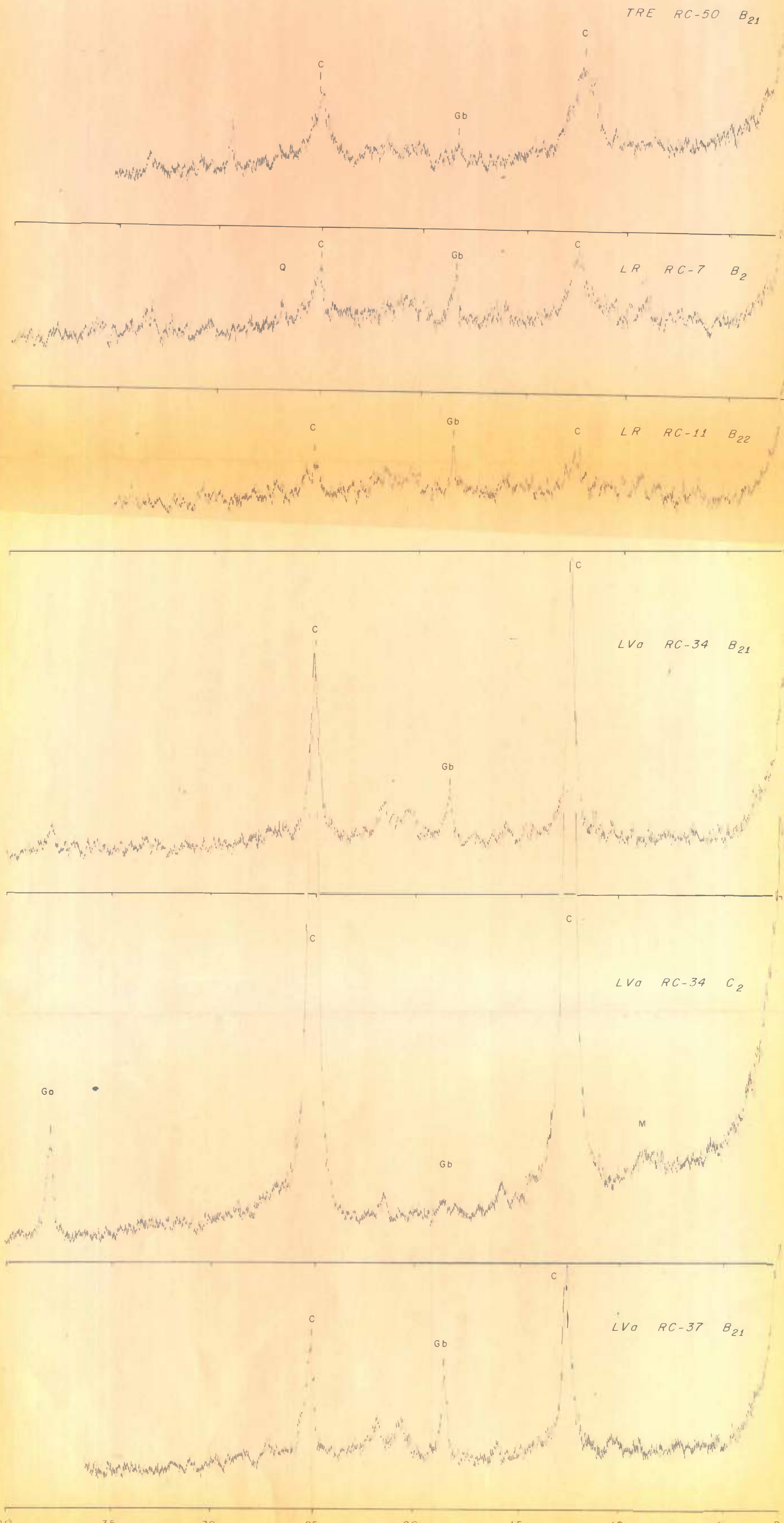
Finalmente, nos perfis arenosos LVA a variação em profundidade acompanha relativamente a da argila, porém os valores baixos, quando relacionados aos PVLs de mesmo teor de argila, permite estender a estes solos o raciocínio exposto acima a respeito da atividade de sua fração mineral.

#### 4.2. Composição mineralógica

Os difratogramas de raios-X (diagramas 9 e 10), obtidos pela análise da fração argila total não submetida a nenhum pré-tratamento, permitem distinguir algumas categorias de perfis:

- solos derivados de rochas básicas (TRE e IR) com difratogramas pouco nítidos; a quantidade de gibsite, expressa pela melhor definição das "reflexões", seria maior nos IR (RC-7 e RC-11) do que na TRE (RC-50); a quantidade de caulinita, expressa relativamente da mesma forma, diminuiria no mesmo sentido.

DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS FRAÇÕES ARGILA DE HORIZONTES DE  
PERFIS DE LATOSSOLOS ROXO E VERMELHO AMARELO, FASE ARE-  
NOSA, E TERRA ROXA TESTURADA



C = Caulinita Gb = Gipsita Go = Goetita Q = Quartzo M = Mica

- Solos provenientes de sedimentos da formação Estrada Nova, LitEN (RC-61) e PVp (RC-60), mostram certa analogia e presença de mica; no PVp (RC-60) os indícios da presença de caulinita são mais evidentes do que no LitEN (RC-61).
- Solos provenientes de arenitos da Depressão Periférica, apresentam a caulinita como constituinte mineralógico comum e básico e, secundariamente, a gibsita. No LitB (RC-54) a caulinita aparece como mineral essencial, acompanhada de mica e possivelmente minerais 2:1; no PVLsB (RC-35) desaparece a mica, se bem que não totalmente, como será visto mais adiante, e aparece um pequeno contingente de gibsita; o PVLsN (RC-56) apresenta os mesmos constituintes, porém a gibsita apareceria em menor quantidade de "picos" menores) e a caulinita apresenta reflexões melhor definidas (maior grau de cristalinidade, maior tamanho?). O perfil PVLsN (RC-62) parece conter maior quantidade de gibsita e a caulinita apresenta "picos" menos bem definidos.
- Solos sobre sedimentos arenosos da Serra de Santana, com difratogramas mais nítidos do que os anteriores; a quantidade de gibsita, expressa pelo tamanho das reflexões seria maior e aumentaria dos solos de encosta para os de baixada. Deve-se acrescentar que a microscopia eletrônica mostrou caulinita bem cristalizada e de tamanho relativamente grande, sobretudo no horizonte C do RC-34.

Em alguns perfis também foram efetuadas análises por difração dos raios-X das frações silte, areia fina e da terra fina. De modo geral, a análise da terra fina dos solos de textura arenosa só revelou a presença de quartzo que nos argilosos aparece acompanhado de caulinita e gibsita, exceção feita do PVp (RC-60).

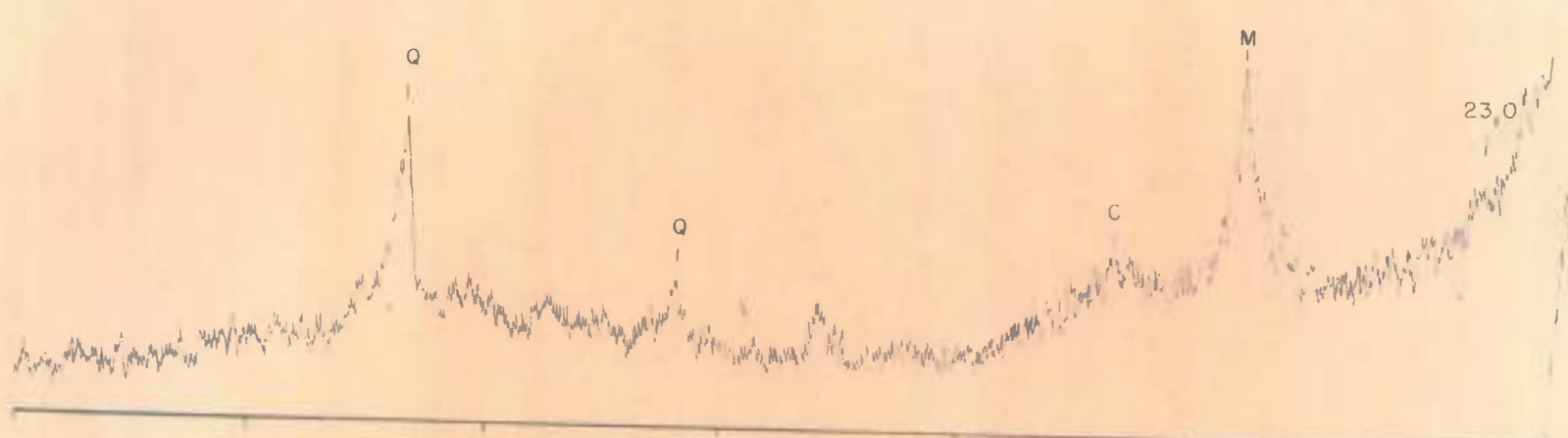
O perfil PVp (RC-60) apresenta mica na fração argila de todos os horizontes, ressaltada pela difração com orientação preferencial das amostras, e sua quantidade aumenta em profundidade. A mica não representa necessariamente uma herança do material de origem, pois poderia constituir aquilo que IELONG & MILLOT (1966) denominaram "minerais em trânsito", isto é, minerais formados numa fase intermediária ou "zona inferior" de alteração e que evoluíram, posteriormente, para outros minerais inter-estratificados. A presença de quantidade apreciável de mica na sua fração argila, no entanto, indica não ter atingido o perfil PVp (RC-60) um estágio avançado de intemperismo, dentro das condições tropicais úmidas.

A análise do silte do perfil PVLsB (RC-35) revelou a presença de feldspatos no horizonte B<sub>11</sub> com aumento em profundidade; no horizonte B<sub>23</sub> (126-147 cm), aparece mica. Este perfil apresenta, portanto, minerais alteráveis, alguns herdados diretamente do material de origem, enquanto outros poderiam representar apenas fase intermediária de alteração.

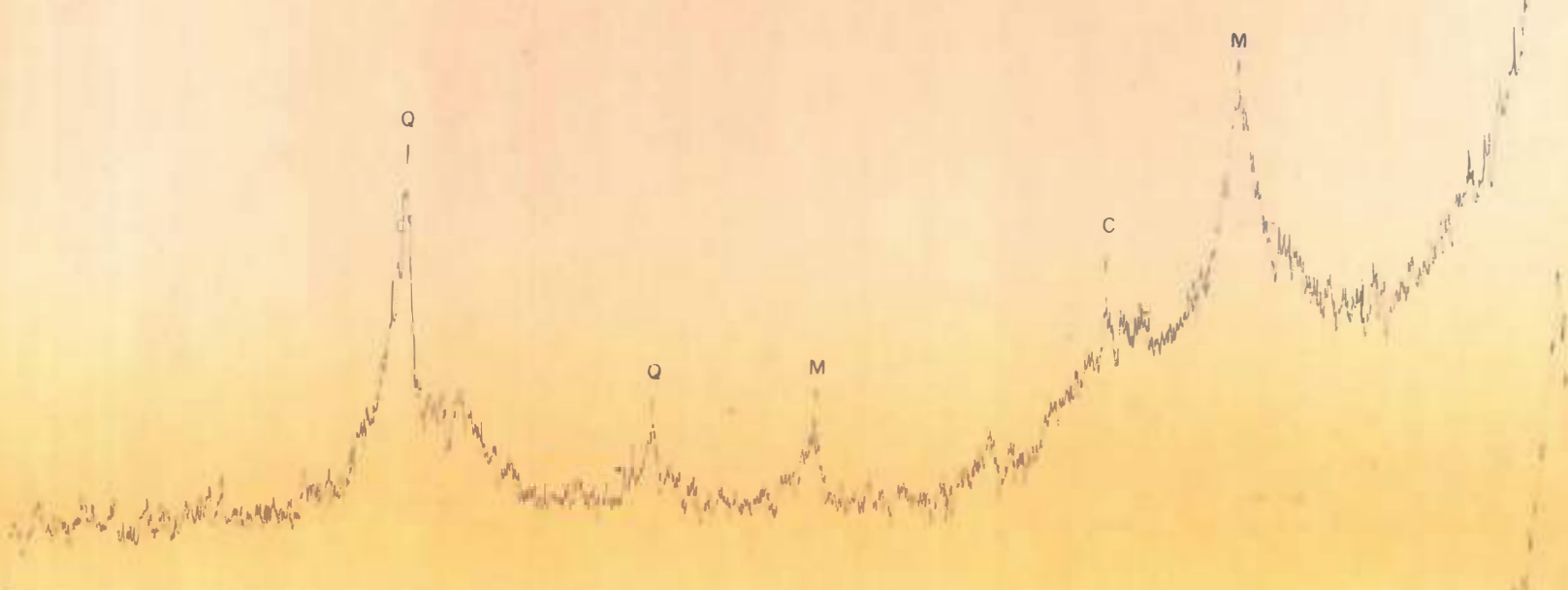


DIFRATOGRAMAS DE RAIOS X DAS FRAÇÕES ARGILA DE HORIZONTES DE  
PERFÍS DE PODZÓLICOS VERMELHO AMARELO, VARIAÇÃO LARAS E PI-  
RACICABA, E LITOSSOLOS

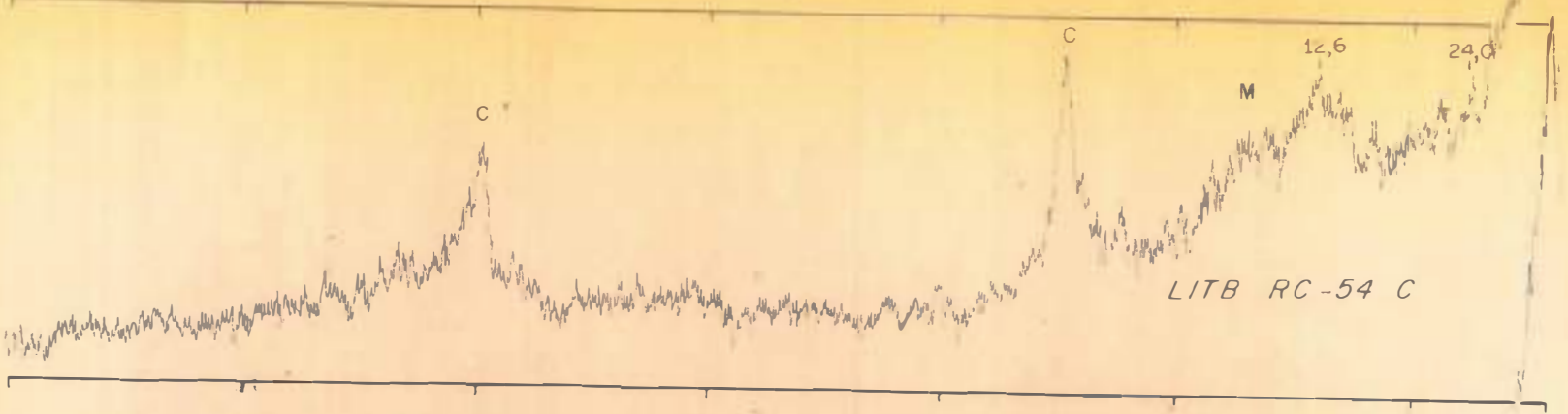
LITEN RC-61 C/D



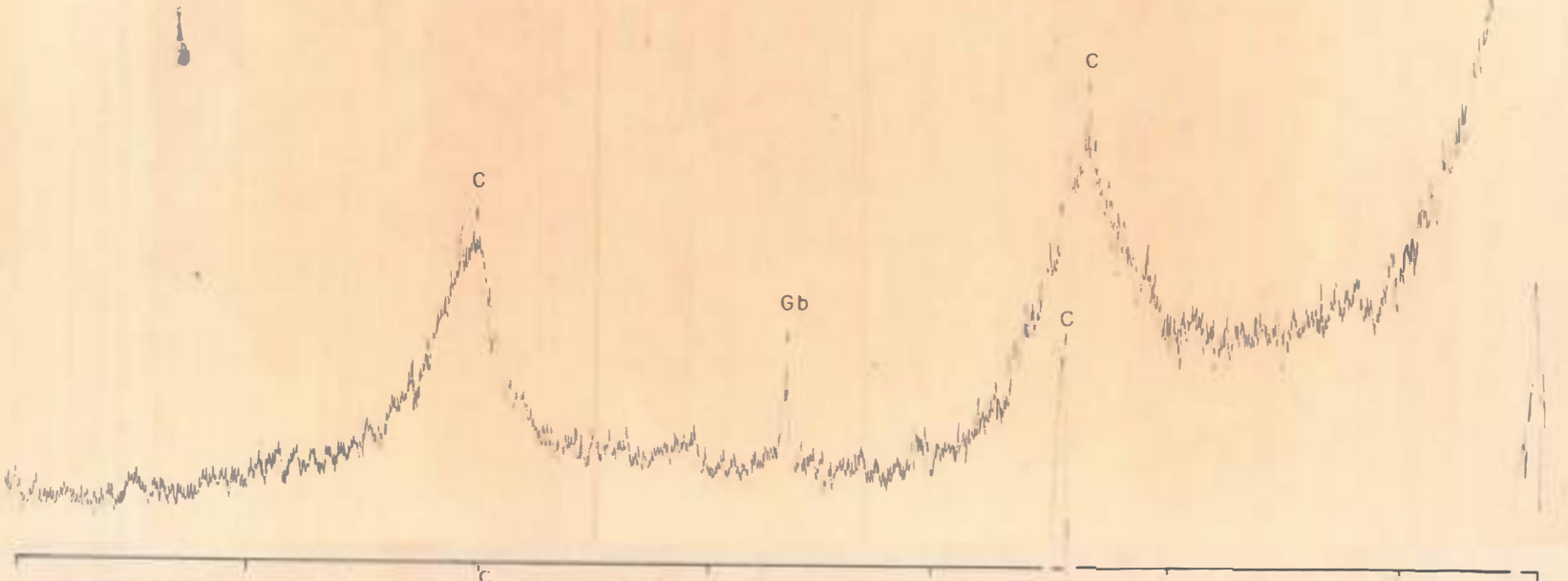
PVP RC-60 B<sub>21</sub>



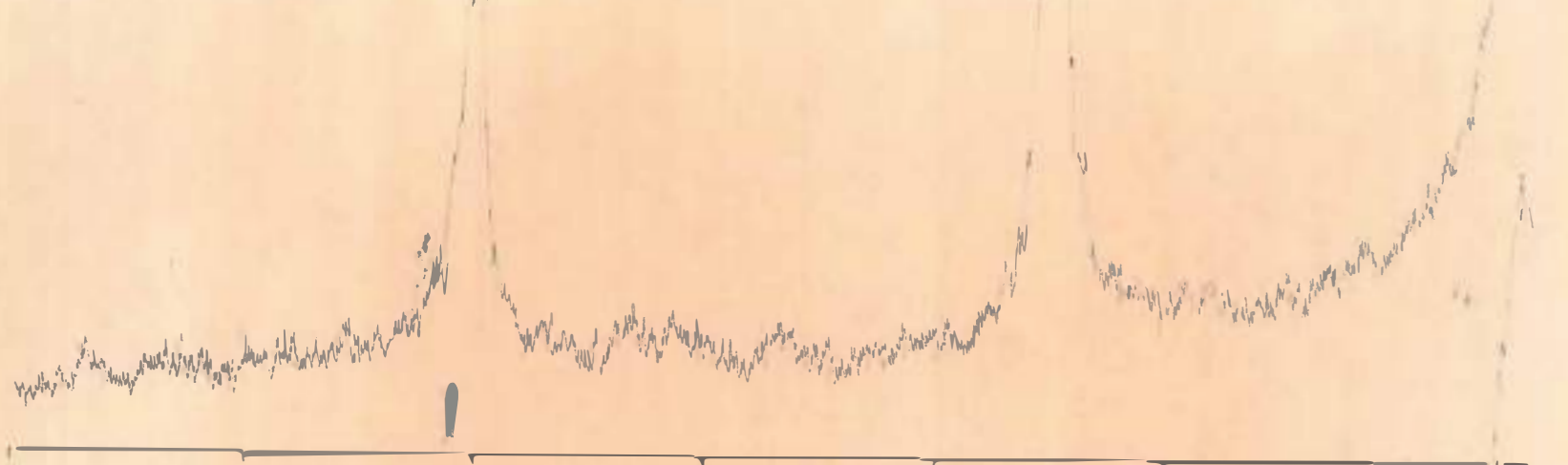
LITB RC-54 C



PVLsB RC-35 B<sub>21</sub>



PVLsN RC-56 B<sub>22</sub>



PVLsN RC-62 B<sub>22</sub>



QUADRO 17 : Resultados das análises de raios-X da fração argila e composição mineralógica pelo cálculo normativo.

Resultados dos difratogramas

Unidades	<u>Lit</u>		<u>PVp</u>	<u>PVlsN</u>		<u>LR</u>		<u>LVA</u>
	RC-54	RC-61	RC-57	RC-56	RC-62	RC-7	RC-11	RC-41
Perfis								
Horizontes	C	C	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>
Quartzo		x						
Feldspato		x	x					
Grupo das micas	x	x	x					
Grupo da montmorilonita	x		x					
Grupo da caulinita	x			x	x	x	x	x
Gibsita				x	x	x	x	x
Goetita-hematita						x	x	

Composição mineralógica calculada

Unidades	<u>PVp</u>			<u>PVlsB</u>				<u>PVlsN</u>	
	RC-60			RC-35				RC-58	
Perfis									
Horizontes	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C	A <sub>11</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>21</sub>	C <sub>2</sub>	A <sub>11</sub>	B <sub>22</sub>
Quartzo	5	5	9						
Feldspato			?						
Grupo das micas	32	31	34						
Grupo da caulinita	49	51	44	87	82	79	87	87	82
Gibsita				4	11	14	6	4	8
Goetita-hematita	10	11	11	8	6	6	6	7	8
Ilmenita	4	2	2	1	1	1	1	2	2

Unidades	<u>TRE</u>		<u>LVA</u>				
	RC-50		RC-34			RC-37	
Perfis							
Horizontes	A <sub>1</sub>	B <sub>23</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	C <sub>2</sub>	A <sub>11</sub>	B <sub>22</sub>
Grupo da caulinita	62	59	59	58	81,5	51	50
Gibsita	10	15	24	27	10	34	36
Goetita-hematita	25	24	13	12	7	12	11
Ilmenita	3	2	4	3	1,5	3	3



A fração silte do LVA RC-34 só contém quartzo, acompanhado de caulinita e gibsita; como foi assinalado mais atrás, a micrografia eletrônica revelou cristais de caulinita de tamanho considerável, equivalente ao silte. Esses resultados indicam ter esse perfil atingido um grau avançado de intemperismo.

Os resultados da análise química total da fração argila foram expressos em termos de relação  $ki$  ( $SiO_2/Al_2O_3$ ) e possibilitaram o cálculo normativo (quadro 17) da composição mineralógica (MOHR & van BAREN, 1954).

A composição mineralógica mais complexa é apresentada pelo perfil PVp RC-60, como já foi visto: prepondera a caulinita, há quantidades apreciáveis de mica, bem menores de gibsita e quartzo e pequena parcela de ilmenita. Com exceção do quartzo e ilmenita os outros componentes mostram pequena variação ao longo do perfil. Os valores  $ki$  são muito elevados, diminuindo até atingir seu menor valor no sub-horizonte  $B_1$  e aumentando a seguir, aparentemente em contradição com a relativa estabilidade das percentagens de caulinita e mica.

Os perfis PVLsB RC-35 e PVLsN RC-58 apresentam resultados bastante semelhantes, com amplo predomínio de caulinita ( $\pm 80\%$ ). No entanto, o PVLsB (RC-35) apresenta uma diminuição sensível desse mineral do  $A_1$  para o  $B_2$ , de cerca de 10%, e a seguir um aumento até o C, quando atinge valores semelhantes aos superficiais; o PVLsN RC-58, por seu lado, apresenta variação bem menor, não tendo sido registrada nenhuma tendência ao aumento em maior profundidade; os valores apresentados pela gibsita sofrem variação inversa, mais acentuada em RC-35. A relação  $ki$  retrata com fidelidade essas variações, diminuindo e aumentando em RC-35 e apresentando maior estabilidade em RC-58; valores ligeiramente mais elevados neste confirmam sua percentagem pouco menor de gibsita. Os níveis de goetita são equivalentes nos dois casos, porém no RC-35 há diminuição em profundidade ao passo que no RC-58 há ligeiro aumento. Finalmente, esses perfis apresentam os menores teores de ilmenita dos solos regionais, sobretudo o RC-35.

O perfil TRE (RC-50) apresenta por ordem de importância caulinita, goetita, gibsita e ilmenita. A caulinita mantém-se praticamente constante, porém a gibsita aumenta em profundidade, refletida pela diminuição nítida da relação  $ki$  do horizonte A para o B. Dos perfis analisados é o que apresenta os níveis mais elevados de goetita; como indica a difração de raios-X é provável que os perfis IR (RC-7 e RC-11)

DIAGRAMA 11

RELAÇÕES MOLECULARES ENTRE  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  E  $Fe_2O_3$  DOS PERFIS DA SERRA DE SANTANA E DA COMISSÃO DE SOLOS, RESSALTANDO OS VALORES 1,33 E 1,80 ki

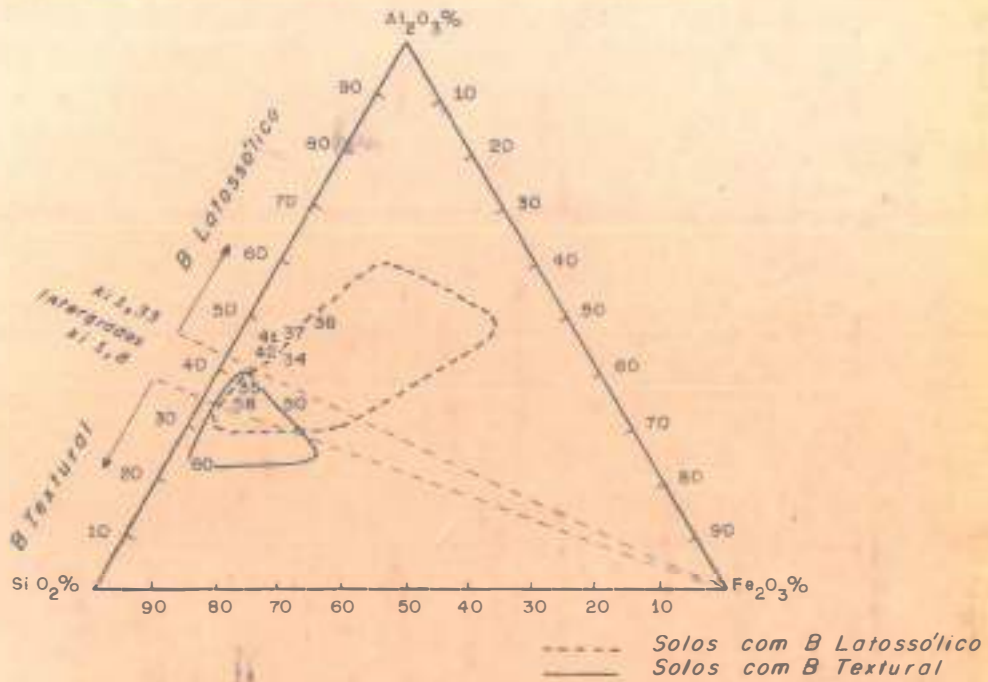
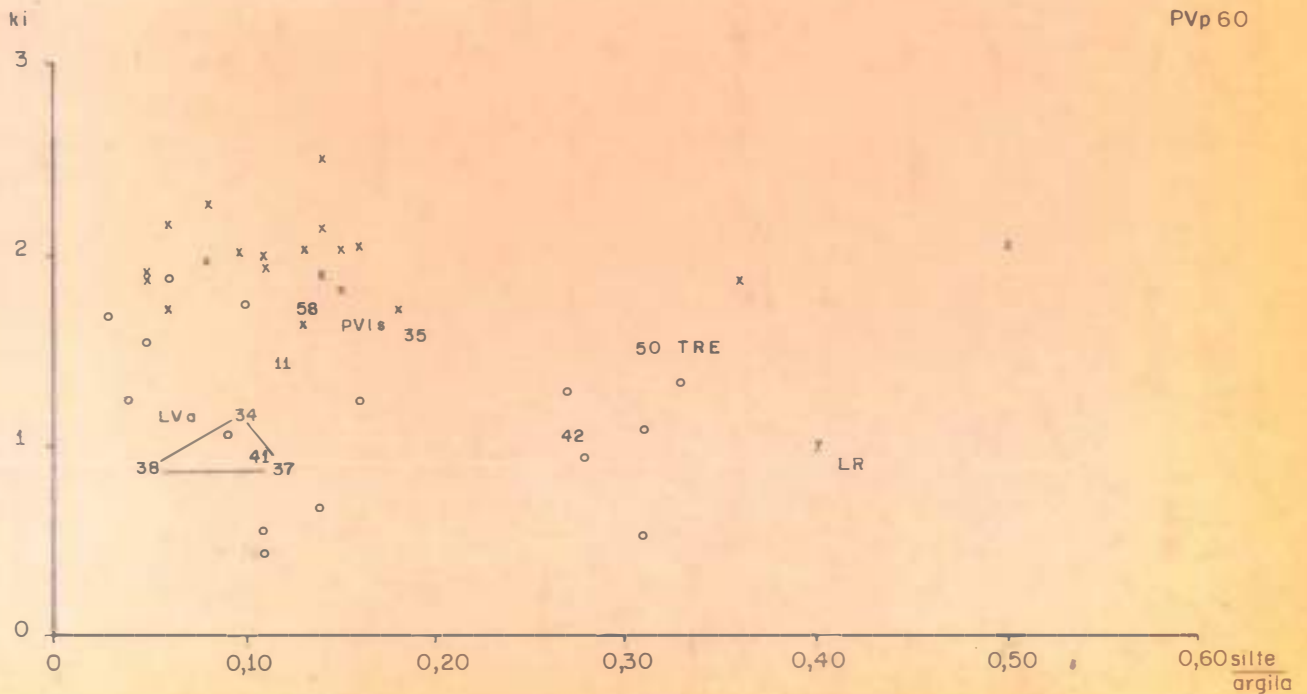


DIAGRAMA 12

RELAÇÃO ENTRE ki E SILTE/ARGILA DOS HORIZONTES B<sub>2</sub> DOS PERFIS DA SERRA DE SANTANA E DA COMISSÃO DE SOLOS



Comissão de Solos o B Textural  
x B Latossólico

apresentem teores mais baixos de caulinita e mais elevados de gibsitita (relação  $ki$  mais baixa) e, além disso, contenham tanto ou mais goetita.

Os perfis LVa (RC-34 e RC-37) mostram os valores mais baixos de caulinita e os mais elevados de gibsitita, com pequena variação em profundidade. A participação da goetita e ilmenita é bem maior do que nos solos arenosos anteriores, sendo a ilmenita de nível análogo à da TRE (RC-50). O horizonte  $C_2$  do LVa RC-34, abaixo da linha de seixos e definido como arenito Botucatu alterado, apresenta valores bastante semelhantes aos PVLs: a linha de seixos configura bem uma descontinuidade litológica. A relação  $ki$  reflete esses aspectos com bastante propriedade: seus valores variam muito pouco ao longo dos perfis, sobretudo no RC-37, e no RC-34 apresenta um brusco aumento no  $C_2$ .

Essas observações permitem proceder ao agrupamento dos perfis: um grupo dos solos com B latossólico (LVa e IR) de baixa relação  $ki$ , com perdas consideráveis de  $SiO_2$  e aumentos (relativos ou absolutos) de  $Al_2O_3$ ; outro grupo (PVLs e até certo ponto TRE) apresentaria lixiviação menos intensa de  $SiO_2$  e, finalmente, um outro (PVp), apresenta perdas relativamente pequenas. Além disso, há solos (LVa e IR ?) onde as percentagens de caulinita e gibsitita (relação  $ki$ ) permanecem mais ou menos constantes ao longo do perfil, ao passo que outros (PVLsB e PVp) mostram variações, com diminuição da relação  $ki$  ou da  $SiO_2$  no  $B_1$  ou  $B_2$  e depois aumento ou, então, apenas diminuição (PVLsN e TRE). Este fato parece indicar que certos perfis (solos com B textural) apresentariam processos diferenciais de alteração da caulinita nos horizontes, sendo mais intensos nos  $B_1$  e  $B_2$ . Por outro lado, um estágio mais avançado de intemperismo aprofundaria essa "zona de maior ataque" (PVLsN, TRE) até que, finalmente, todo o perfil se igualasse (LVa, IR). entre as

O diagrama 11 mostra comparação entre as relações moleculares dos perfis da Serra de Santana com os da Comissão de Solos, ressaltando as áreas ocupadas pelas unidades com horizonte B textural e com B latossólico. Percebe-se claramente a correspondência entre os perfis deste trabalho e daquele, com exceção do TRE RC-50, que se acha próxima do limite das duas grandes unidades.

Tentou-se verificar a ocorrência de relações entre os valores  $ki$  e silte/argila (diagrama 12), já que ambos podem ser considerados índices de grau de intemperismo. Nos perfis da Serra de Santana parece haver uma certa proporcionalidade entre os aumentos da relação  $ki$  e da relação silte/argila. Os resultados da Comissão de Solos, no entanto,

DIAGRAMA 13

VARIAÇÃO EM PROFUNDIDADE DOS TEORES DE C TOTAL NOS PERFIS DE SOLO DA SERRA DE SANTANA

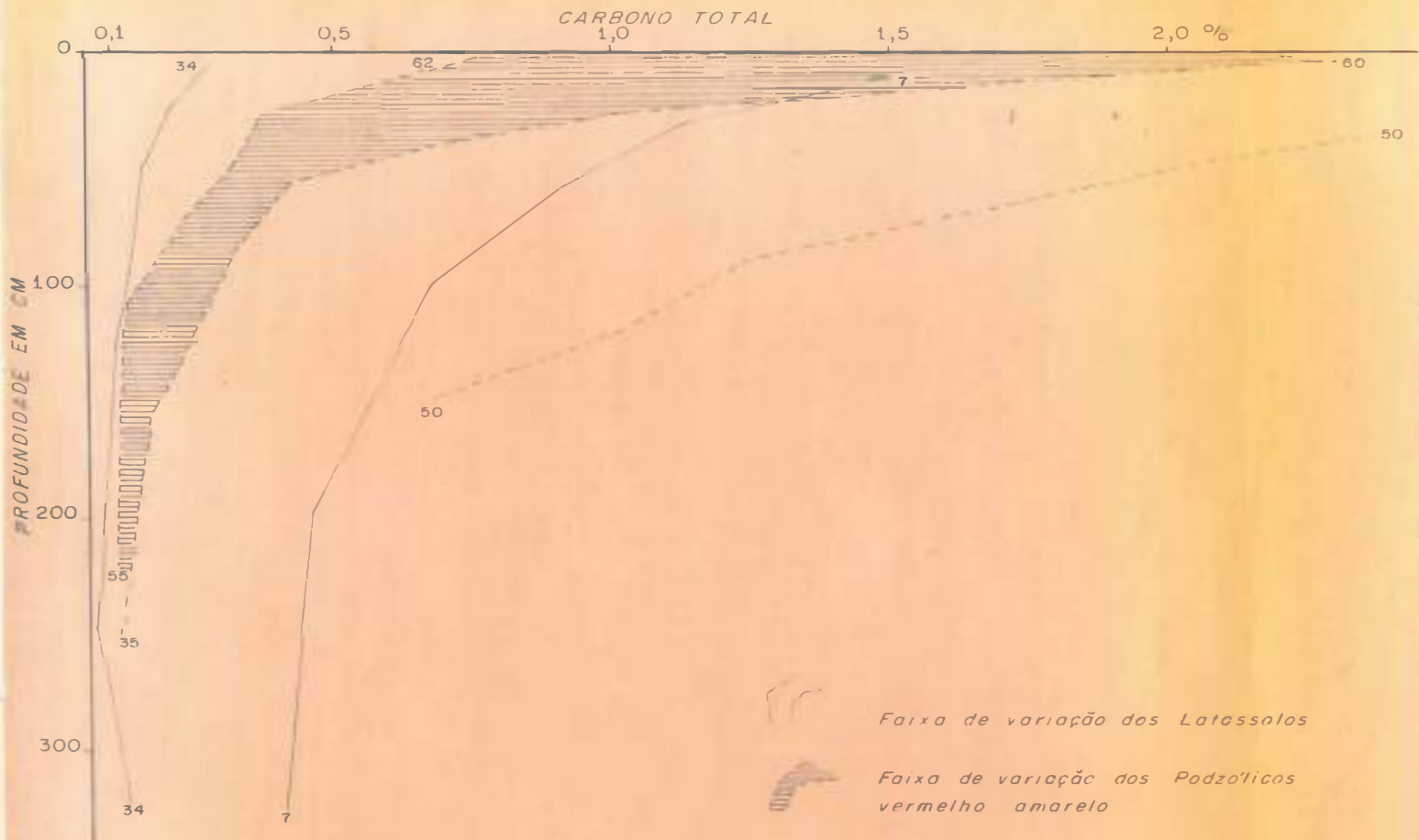
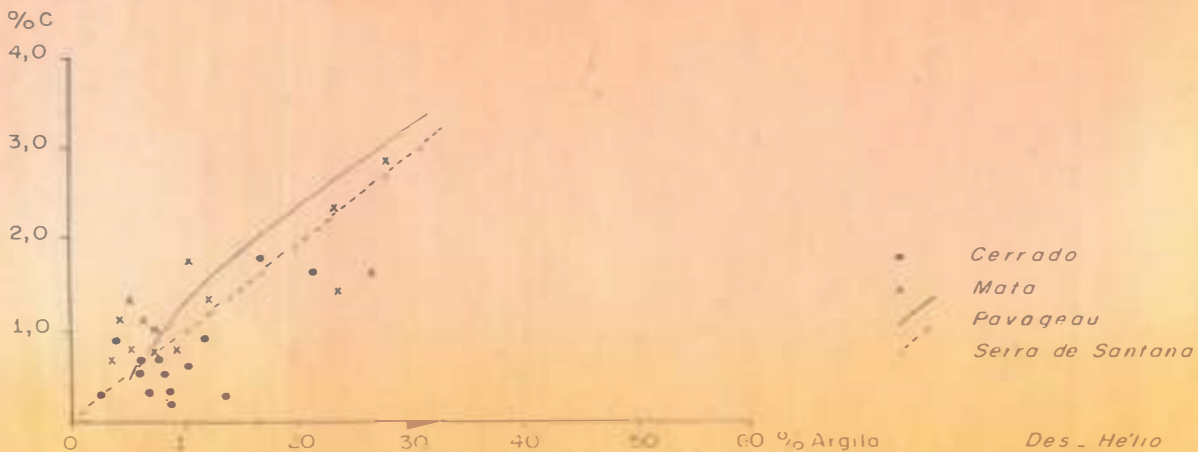


DIAGRAMA 14

RELAÇÃO ENTRE C% E % DE ARGILA DO HORIZONTE SUPERFICIAL DOS PERFIS DA SERRA DE SANTANA E DE PAVAGEAU (COMISSÃO DE SOLOS 1960)



distribuem-se ao acaso no diagrama; observa-se apenas um grupo com  $k_i$  baixo e silte/argila elevado, correspondendo aos IR e onde se encaixa o RC-7; a análise granulométrica desses perfis, como observamos mais atrás é de realização difícil. É preciso lembrar, além disso, que o método de análise granulométrica empregado pela Comissão de Solos não apresenta o mesmo rigor utilizado neste trabalho, com maiores possibilidades de erro sobretudo nas frações quantitativamente pequenas.

#### 4.3. Carbono e Nitrogênio totais

O diagrama 13 representa esquematicamente a variação em profundidade dos teores de carbono total dos vários perfis, mostrando os limites máximo e mínimo para os solos com B textural e B latossólico, com exceção do perfil TRE RC-50. Os solos de textura mais argilosa, dentro de uma mesma unidade, apresentam sempre teores mais elevados de C total do que os mais arenosos; o diagrama 14 também mostra essa relação de forma nítida.

Observa-se que a diminuição em profundidade é mais progressiva nos solos com B latossólico do que nos B texturais, mesmo quando os teores de carbono são elevados na superfície (comparar, por exemplo, o RC-7 com RC-50 e o RC-43 com os PVLs). Calculando a relação entre as percentagens de C total nos sub-horizontes  $A_1$  e  $B_{21}$  (ou com a parte superior do  $B_2$ ), observam-se valores mais elevados nos solos com horizonte B textural (TRE RC-50: 11,5, PVLs RC-35 e RC-58: 3,8 a 5,6), nunca atingidos nos B latossólicos (IR RC-7 e RC-11: 1,5 a 2,3, LVA RC-34 e RC-37 : 2,7 a 3,0), mostrando ser o fenômeno bem mais nítido nestes últimos. Os dados apresentados pela Comissão de Solos confirmam essas observações.

Os diagramas 14 e 15 registram, respectivamente, as relações entre os teores de C total e N total com os de argila. Esses diagramas foram apresentados pela Comissão de Solos para distinguir os perfis de cerrado dos perfis de floresta.

Na relação C total/argila é possível traçar uma reta separando os solos de cerrado e de floresta da Serra de Santana, bastante próxima à apresentada pela Comissão de Solos, indicando claramente que à medida que cresce a percentagem de argila, aumentam os teores de carbono, mas que os solos de cerrado se distinguem por níveis mais baixos dessa relação. No caso da Serra de Santana, os solos de cerrado são, grosso modo, os LVA e os de floresta os PVLs, TRE e IR; os dados apresentados por PAVAGEAU (1952) para solos do Planalto Central também deixam entre---

DIAGRAMA 15

RELAÇÃO ENTRE N% E % DE ARGILA DO HORIZONTE SUPERFICIAL DA SERRA DE SANTANA E DE PAVAGEAU ( COMISSÃO DE SOLOS, 1960 )

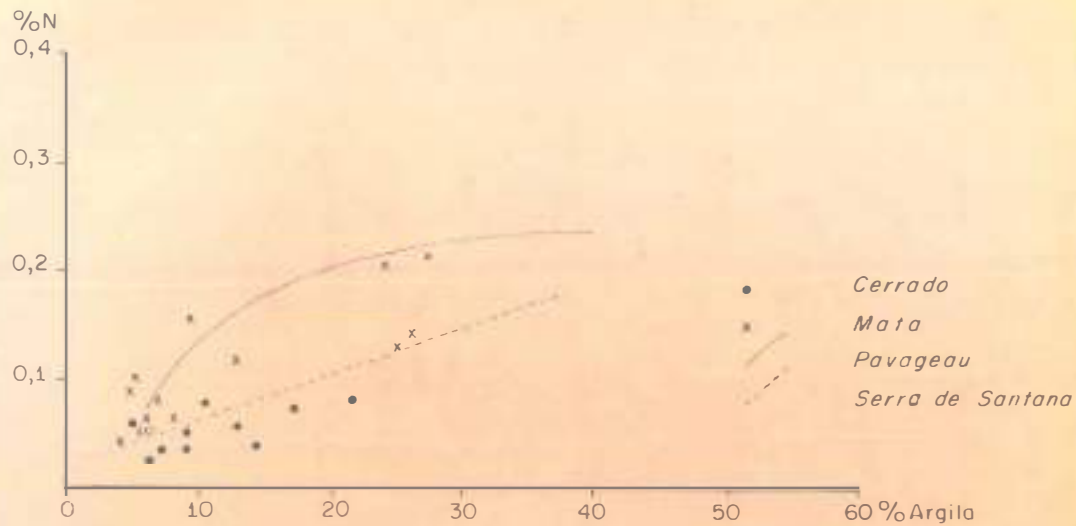
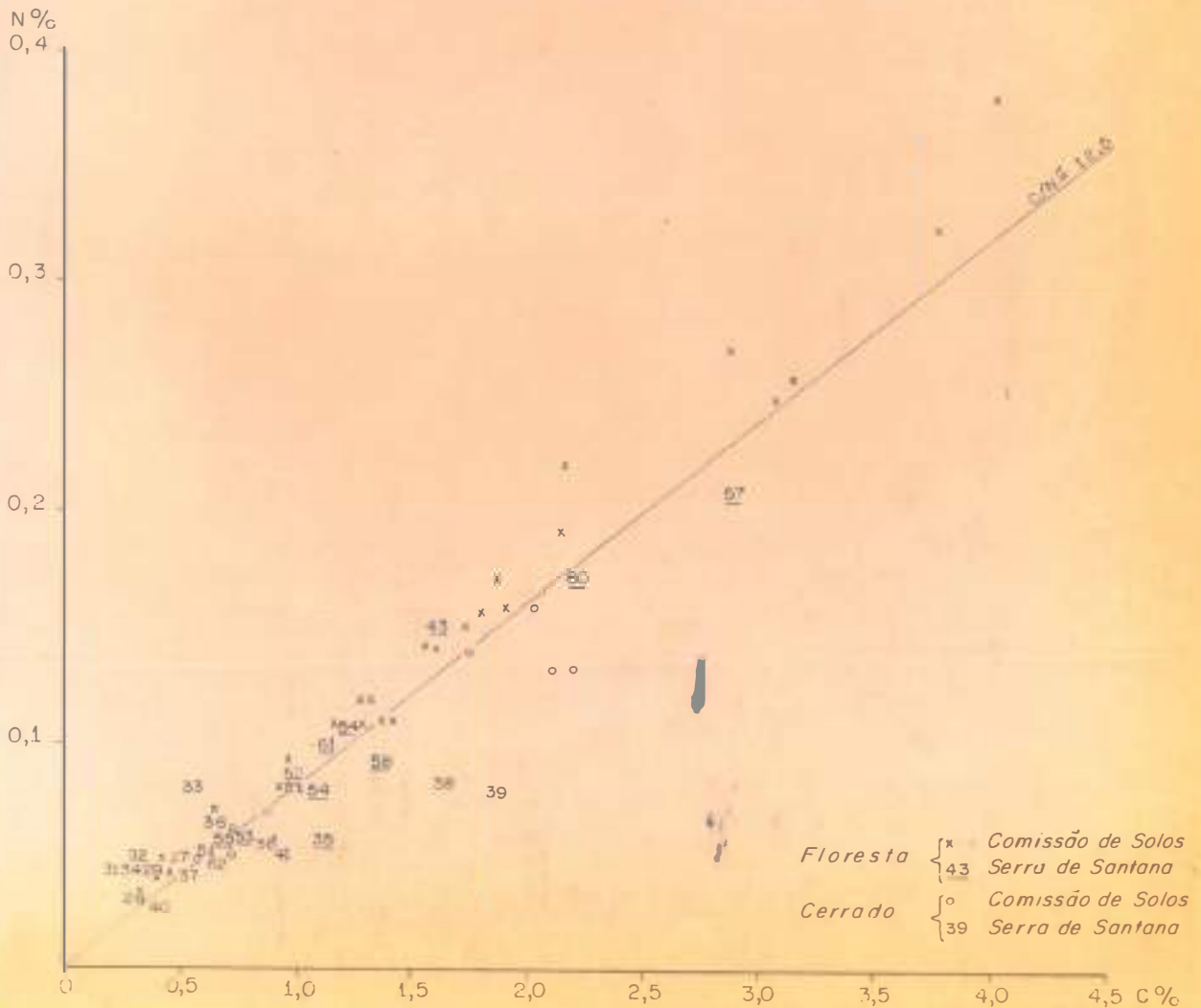


DIAGRAMA 16

RELAÇÃO ENTRE O "C" E O "N" TOTAIS DOS PERFIS DA COMISSÃO DE SOLOS E DA SERRA DE SANTANA





ver a possibilidade de relacionar o tipo de perfil com a vegetação.

Os dados de N total/argila não são tão coincidentes quanto os anteriores. Nos solos da Serra de Santana, no entanto, aparece claramente a relação entre aqueles valores, mostrando que à medida que aumenta a percentagem de argila, no interior de cada agrupamento, aumentam os teores do N total do solo.

O diagrama 15 reflete, de certa forma, a relação C/N. Foram representados também perfis análogos da Comissão de Solos, separados os de cerrado dos de floresta. Os resultados da Comissão de Solos estão nitidamente separados pela reta, com exceção de um perfil de floresta: acima, com valores C/N baixos, aparecem os solos florestais e abaixo, com valores C/N mais elevados, os solos de cerrado. Os resultados da Serra de Santana não permitem estabelecer essa distinção no mesmo nível e alguns perfis de floresta confundem-se com os de cerrado, no entanto, como para a Comissão os perfis de distinção mais difícil são os que apresentam valores mais baixos de C e N totais.

De modo geral, os valores de C total dos perfis da Serra de Santana são mais elevados do que os dos seus congêneres da Comissão de Solos, provavelmente devido ao emprego de diferentes técnicas de análise: os nossos resultados correspondem ao C total, determinado por combustão a seco, ao passo que os da Comissão de Solos, correspondem mais de perto ao C orgânico.

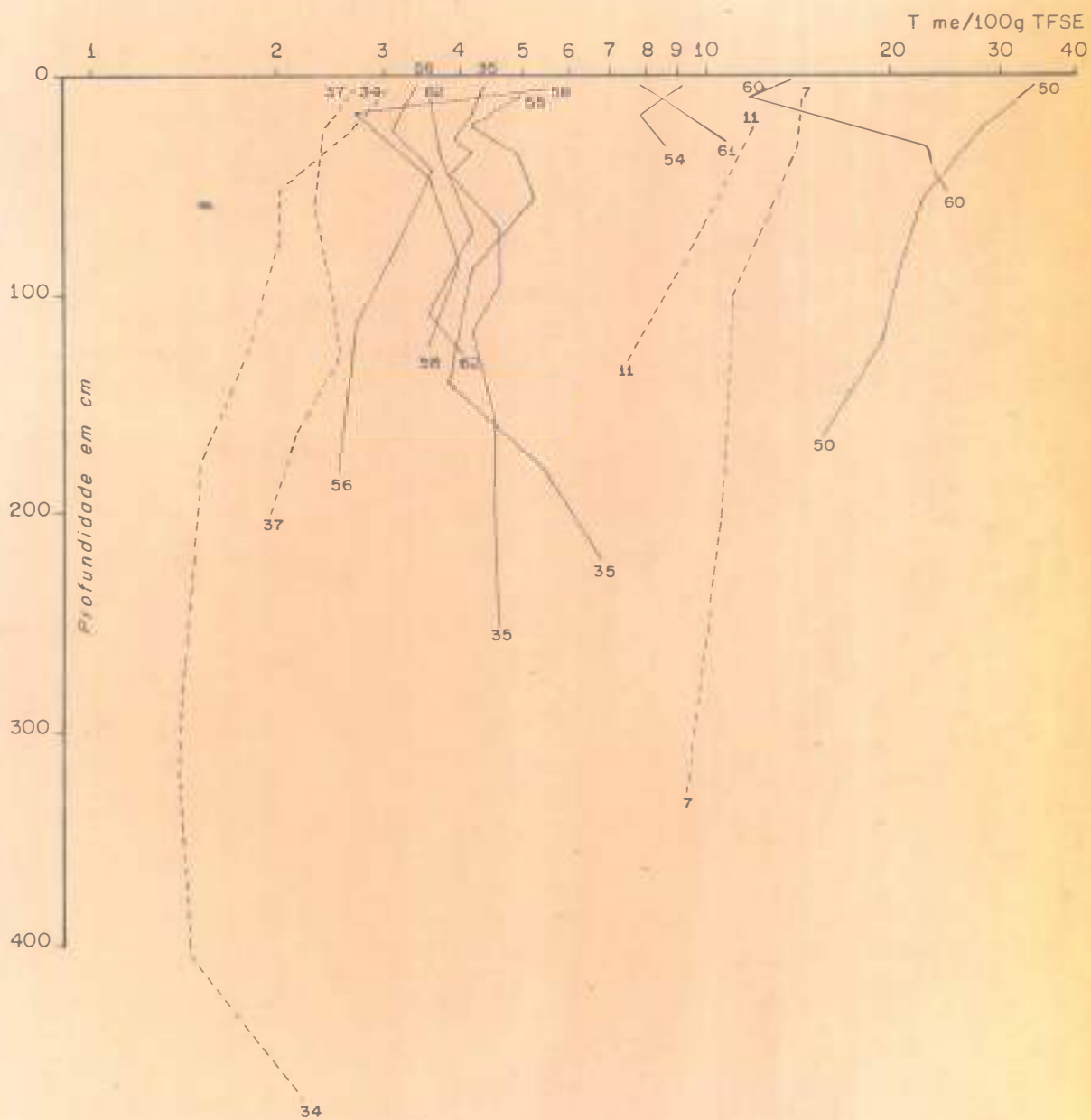
#### 4.4. Capacidade de troca de cátions e bases trocáveis

O diagrama 17 mostra a variação em profundidade da CTC nos perfis de solos da Serra de Santana, destacando-se pelos valores mais elevados os de textura argilosa. Dentro de cada grupo de textura, os perfis de horizonte B argílico apresentam CTC mais elevada do que os de horizonte óxico.

A variação desse valor em profundidade indica claramente a importância da matéria orgânica e da argila. Nos solos com horizonte B latossólico a atividade de troca mantém-se mais constante ao longo do perfil, indiferente às pequenas variações dos teores de argila; somente a parte superficial mais rica em matéria orgânica apresenta os valores mais elevados. Nos solos com B textural, ao contrário, há variação da CTC nitidamente relacionada aos teores de argila: após a diminuição logo abaixo da superfície (influência da matéria orgânica) ocorre um au-

DIAGRAMA 17

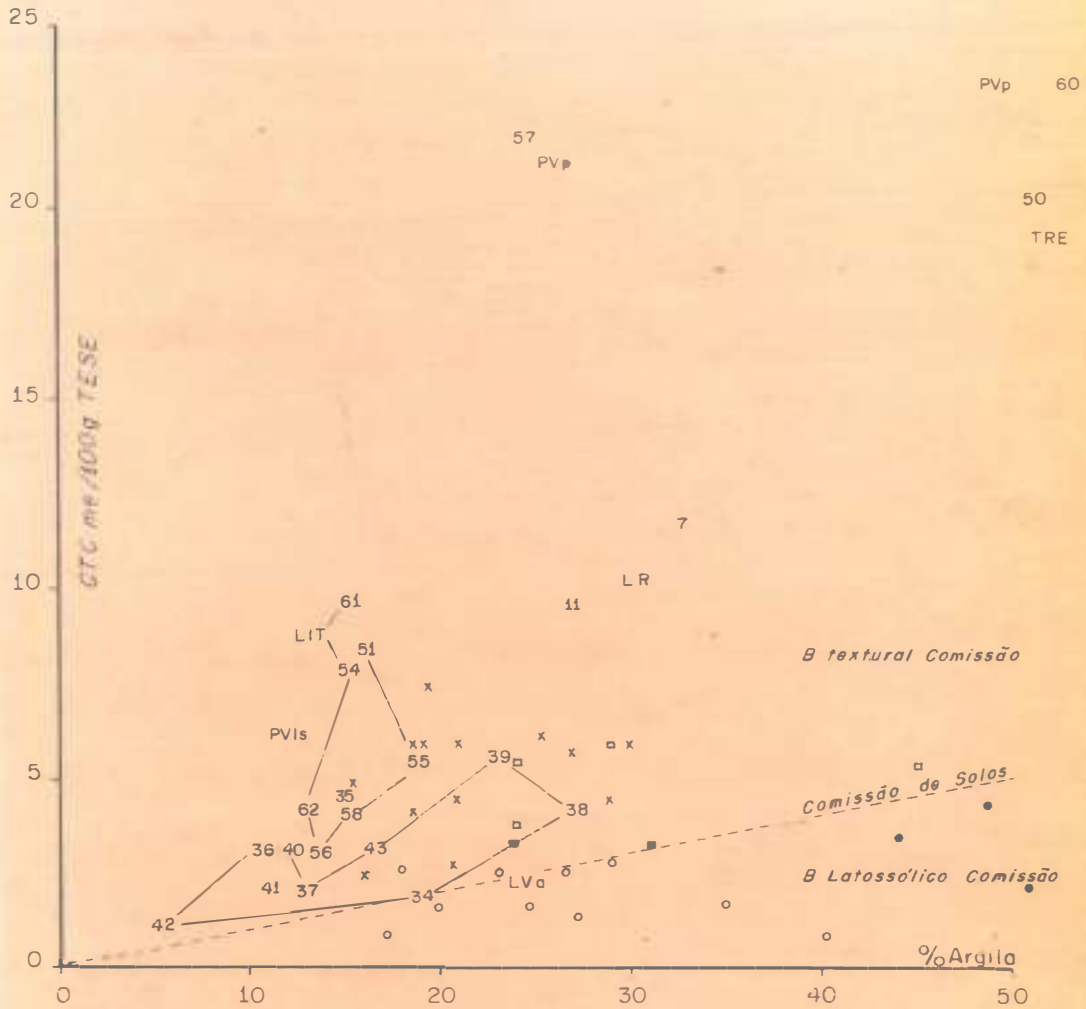
VARIAÇÃO DO VALOR T (me/100g TFSE) EM PROFUNDIDADE NOS  
PERFIS DA SERRA DE SANTANA



Des. - Hélio

DIAGRAMA 18

RELAÇÃO ENTRE A CTC DO HORIZONTE B<sub>2</sub> COM A PORCENTAGEM DE ARGILA EM VÁRIOS PERFIS DE SOLO



LEGENDA

- B latossólico Van Raij
- B textural Van Raij
- LR Comissão de Solos
- B latossólico Comissão de Solos
- × B textural Comissão de Solos
- 51 Serra de Santana

mento análogo ao da argila (comparar com diagrama 7). A TRE (RC-50) parece constituir exceção, porém é possível que os teores muito elevados de matéria orgânica até a profundidade de 100 cm (ver diagrama 13) mascarem o fenômeno.

A atividade da fração mineral dos solos com B textural é maior do que a dos B latossólicos, como mostra a comparação entre os perfis de textura arenosa: o Lwa RC-34, pouco mais argiloso do que os PVLs RC-35 e RC-58, apresenta valor T inferior. Observa-se também que o RC-35 (PVLsB) apresenta maior atividade de troca da fração mineral do que o RC-58 (PVLsN), apesar de apresentarem percentagem de argila e variação textural análogas em profundidade (diagramas 7 e 17). Além disso, os PVLsB, principalmente o RC-55, mostram nítido aumento da CTC no horizonte C, apesar da diminuição da argila, o que não ocorre nos PVLsN. Essas diferenças entre esses dois solos parecem-nos fundamentais e também poderiam ser relacionadas às variações de umidade equivalente: a fração mineral dos PVLsB, formados sobre arenito Botucatu, é dotada de maior atividade do que a dos PVLsN, derivados de sedimentos retrabalhados. Sob esse aspecto o perfil RC-62 parece destacar-se ligeiramente dos seus congêneres (PVLsN), concorrendo com o que mostraram os difratogramas de raios-X.

Essas considerações são realçadas pelo diagrama 18, que relaciona a CTC do horizonte B com a percentagem de argila. A Comissão de Solos mostrara a existência de aumentos simultâneos desses dois valores nos perfis do Estado de São Paulo, representados por uma reta que separa os solos com B textural dos B latossólicos. No diagrama 18 constam também alguns resultados apresentados por Van RAIJ (1967).

Os perfis da Serra de Santana mostram valores elevados em relação aos dos autores citados, sendo os de Van RAIJ pouco superiores aos da Comissão de Solos. Convém lembrar que esses resultados foram obtidos por métodos diferentes e que o valor T calculado pela soma  $S + H^+ + Al^{+++}$  seria sistematicamente mais elevado, como VERDADE (1956) mostrara anteriormente. Os dados da Serra de Santana, apesar de pouco numerosos e não cobrindo extensa gama de textura e capacidade de troca, indicam com bastante clareza que para teores análogos de argila os PVLs apresenta maior CTC que os Lwa e que, naqueles, sobressaem-se os formados sobre arenito Botucatu (PVLsB).

O trabalho de Van RAIJ permite estabelecer alguns limites para a CTC específica da argila de várias unidades de solos do Estado de São Paulo, em me/100 g :

LVa 5 me/100 g de argila; IR de 5 a 10 me/100 g de argila  
PVLs, Pml, Pln, de 10 a 20 me/100 g de argila  
TRE de 10 a 20 me/100 g de argila

o único PVp analisado (corresponde ao nosso RC-57) apresentaria valores extremamente elevados que não foram calculados.

Os dados apresentados pela Comissão de Solos, calculados com correção para o carbono como indicaram BENNEMA & CAMARGO (1964), fornecem resultados inferiores. Os nossos, calculados de maneira análoga, mostram as seguintes variações:

LVA de 5 a 12 me/100 g de argila; PVLsN de 15 a 19 me/100 g de argila;  
PVLsB de 19 a 21 me/100 g de argila; IR de 19 a 23 me/100 g de argila;  
TRE 26 me/100 g de argila e PVp de 35 a 66 me/100 g de argila;

o perfil PVLsN RC-62 apresentaria CTC específica de nível análogo ao PVLsB RC-35. Esses resultados, comparados aos de Van RAIJ, parecem excessivamente elevados para os solos com B latossólico, sendo aceitáveis para os demais.

Esse cálculo, no entanto, está sujeito a erros que podem ser consideráveis. Pelos dados apresentados por Van RAIJ, a correção média para o C (me %) seria 4,8, com variações dentro de limites muito largos: 2,7 a 8,1; além disso, a correção parece maior para os latossolos do que para as outras unidades, indicando exercer a matéria orgânica maior influência naqueles que nestes (confirmando comentário feito mais atrás, ao analisar o diagrama 17, a respeito da variação da CTC nos perfis). Para a correção do C no cálculo da CTC específica dos solos da Serra de Santana, tomamos aquele valor médio extraído dos resultados de Van RAIJ e assinalado acima, que é pouco superior ao proposto por BENNEMA & CAMARGO (1964); esse procedimento, portanto, deve ter exagerado relativamente a CTC dos latossolo e diminuído a dos PVLs e TRE, porém não deve ter afetado as suas posições relativas.

No diagrama 19 foram relacionados o ki e a CTC dos perfis da Serra de Santana e da Comissão de Solos. Os perfis desta última levam a supor a existência de correlação gráfica em curva ascendente, em cuja parte basal concentram-se os solos com B latossólico. Os perfis da Serra de Santana apresentam-se sistematicamente abaixo daquela curva devido aos valores mais elevados da CTC para o mesmo ki, porém parecem indicar a ocorrência de uma relação linear ou, talvez, de maior proporcionalidade entre os dois índices. Esse diagrama fornece informações suple-

DIAGRAMA 19

RELAÇÃO ENTRE O  $k_i$  E A CTC DO HORIZONTE  $B_2$  (COM CORREÇÃO PARA O "C") DE VÁRIOS PERFIS DE SOLO

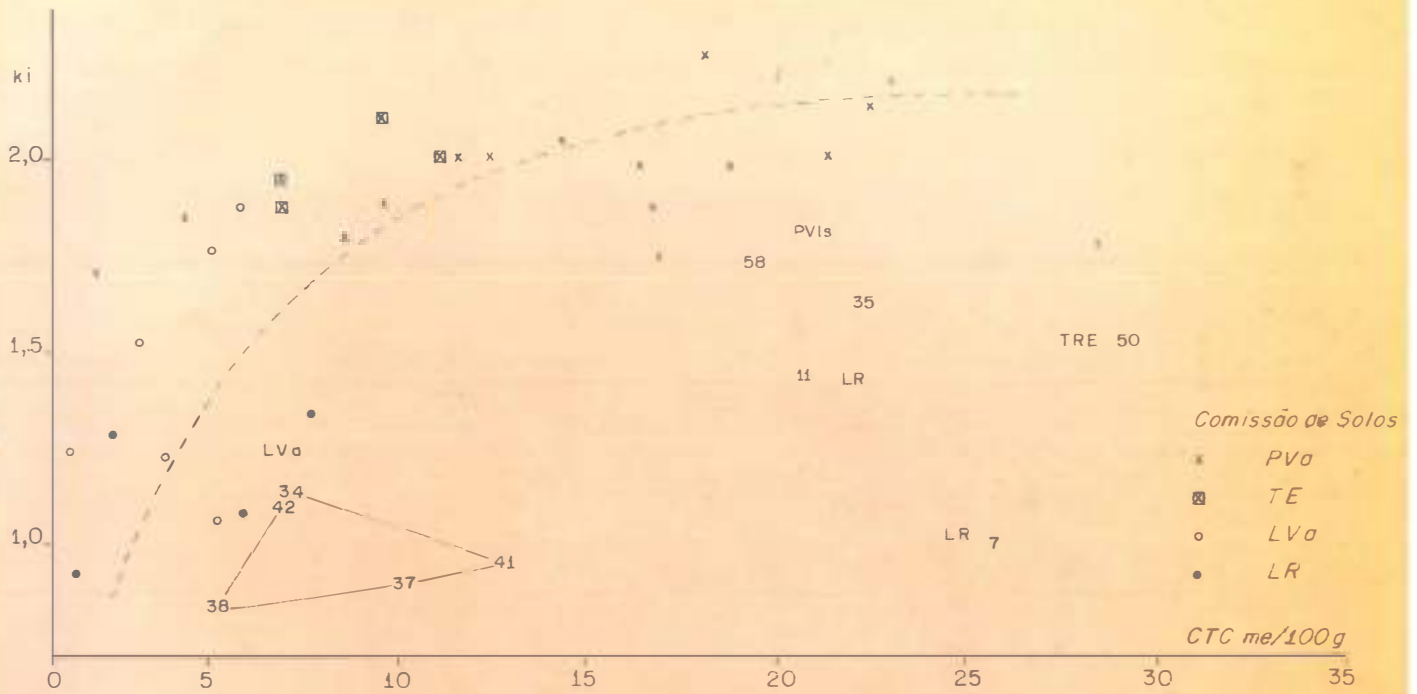
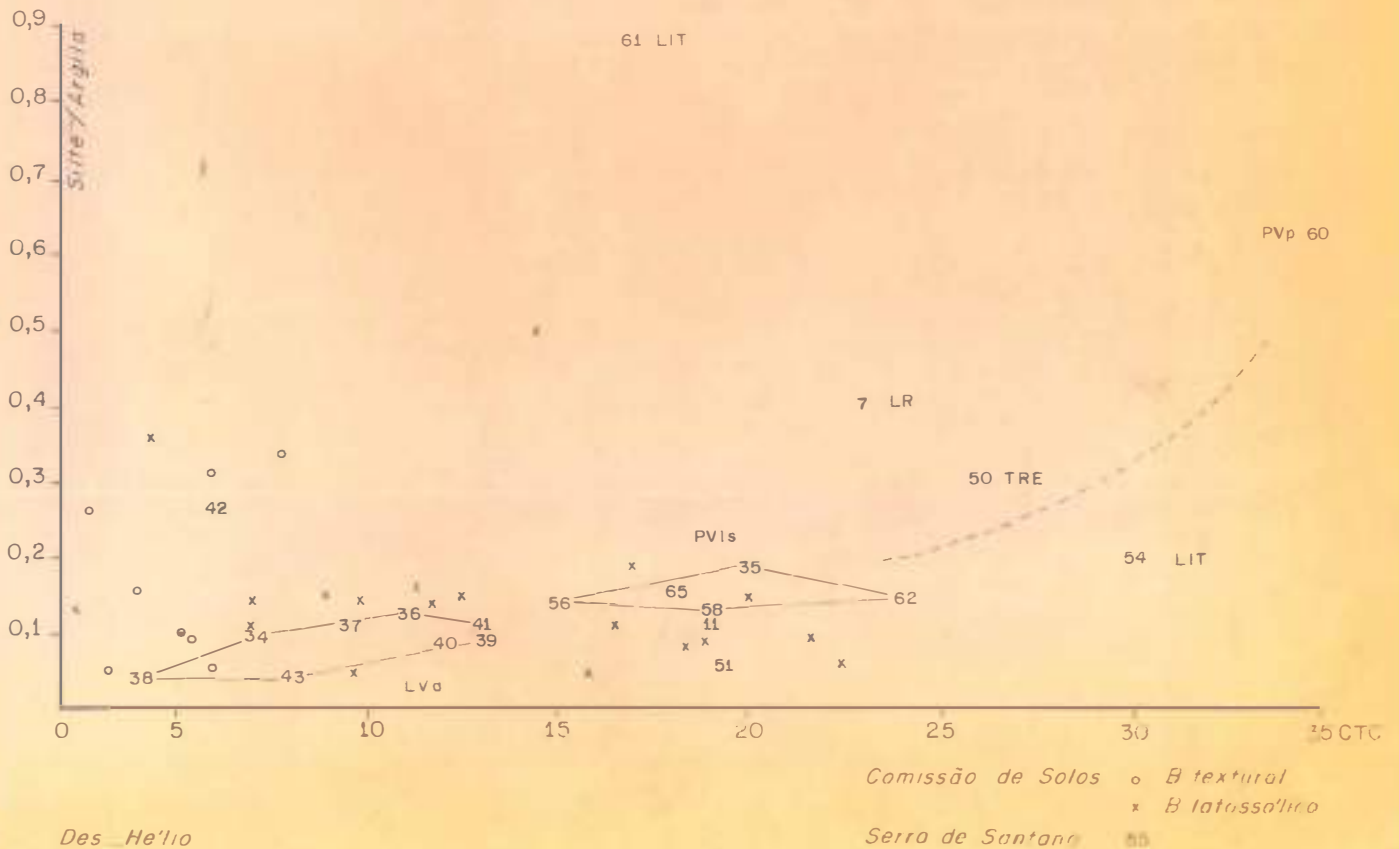


DIAGRAMA 20

RELAÇÃO SILTE/ARGILA E CTC me/100g (COM CORREÇÃO PARA O CARBONO) NOS HORIZONTES  $B_2$  DA SERRA DE SANTANA E COMISSÃO DE SOLOS





mentares de grande valia para a apreciação mineral dos solos: enquanto o  $k_i$  ou mesmo a difração dos raios-X mostram somente aspectos da composição mineralógica, o diagrama 19 parece indicar sua atividade específica, permitindo, portanto, melhor definição dos solos.

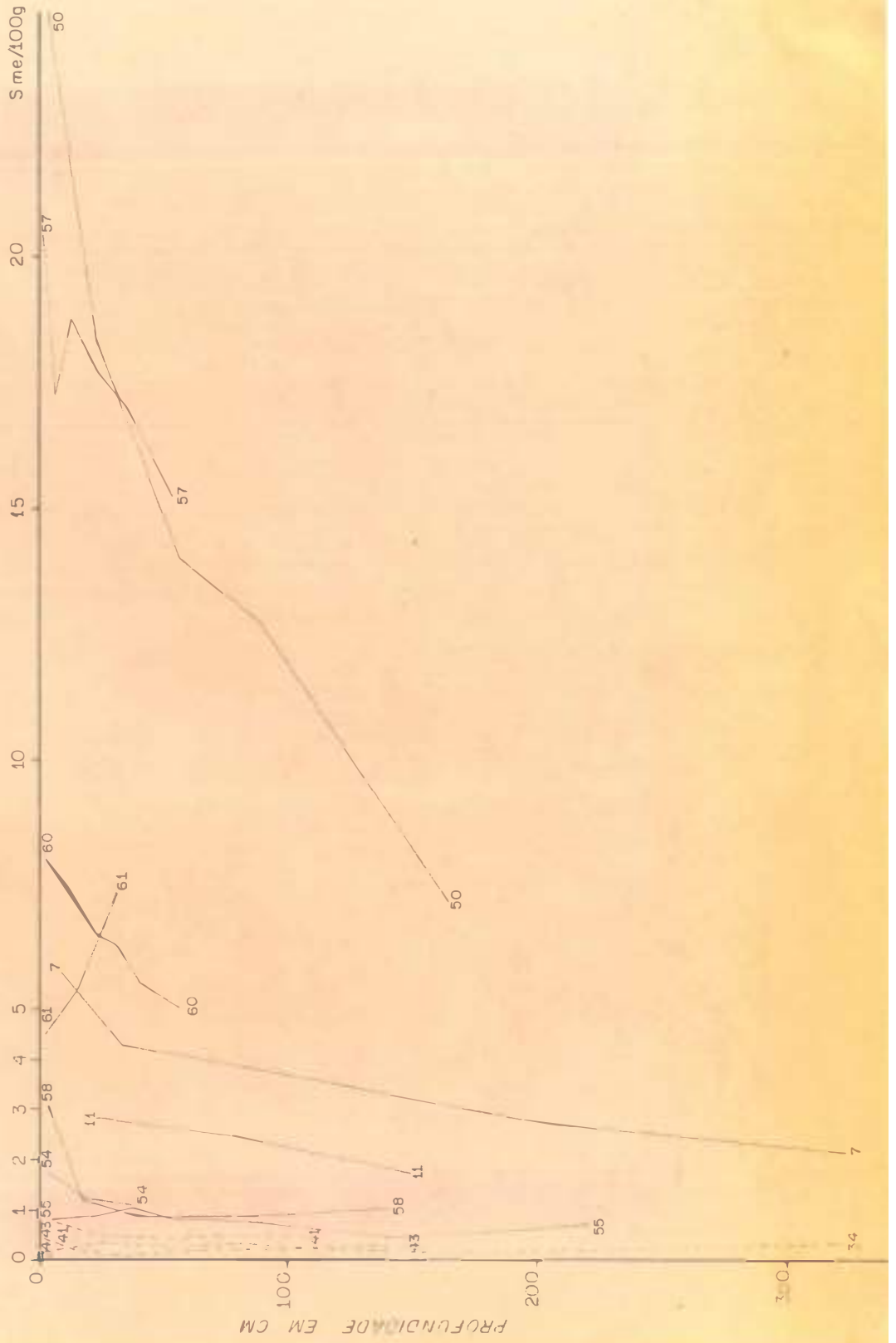
Esse mesmo diagrama parece mostrar a existência de duas relações lineares paralelas, uma específica para os solos derivados de rochas básicas que, para valores análogos de  $k_i$ , apresentariam CTC mais elevada. É provável que o cálculo, como foi explicado mais atrás, apresenta erros ainda maiores nestes casos. É curioso lembrar que esses perfis apresentam maior quantidade de ferro livre que, teoricamente pelo menos, bloquearia uma certa porção da CTC, levando a supor tivessem esses solos menor atividade específica de sua fração mineral, e contrariando aparentemente tanto nossos resultados como os de Van RAIJ (1967). No entanto, os difratogramas de raios-X parecem indicar que os minerais desses solos apresentam-se com baixo grau de cristalinidade ou em cristais de tamanho muito pequeno, implicando num e noutro caso em aumento da CTC; esse aumento poderia não só compensar como até mesmo ultrapassar o mascaramento provocado pela presença de ferro livre.

Apesar de ter ficado apenas parcialmente definida a existência de correlação entre os índices  $k_i$  e silte/argila, mas pelo fato desta poder expressar também a intensidade de intemperismo, foi elaborado o diagrama 20, relacionando a CTC com o silte/argila. Os perfis da Serra de Santana parecem mostrar uma certa proporcionalidade entre esses dois valores, que se materializaria por uma curva: inicialmente, os aumentos da CTC seriam proporcionais a pequenas variações do silte/argila, correspondendo à faixa de solos de textura mais arenosa. Para os solos de textura mais argilosa a curva sofreria uma inflexão ascendente com aumentos maiores de silte/argila do que os da CTC. Os perfis da Comissão de Solos também foram representados, porém não mostram a mesma proporcionalidade, como já fôra observado com o diagrama 12.

O diagrama 21 apresenta a variação da soma de bases ao longo dos perfis. De modo geral, as curvas de variação são análogas às do valor T, ficando também patenteada a influência da matéria orgânica na parte superficial dos perfis. Há algumas diferenças entre os dois diagramas, no entanto: o perfil TRE RC-50 apresenta diminuição de  $2/3$  de S e apenas  $1/2$  de T em profundidade e o PVp RC-60 não mostra nenhum aumento de S no horizonte B, ao contrário do que ocorre com o T. Os perfis PVLs indicam valores S mais elevados do que os dos LVA, a influência da maté-

DIAGRAMA 21

VARIAÇÃO DO VALOR S ( me/100g TFSE ) EM PROFUNDIDADE NOS PERFIS DE SOLO DA SERRA DE SANTANA



ria orgânica no horizonte superficial também parecendo maior.

Finalmente, ao analisar a saturação do valor S em íons  $Ca^{++}$  foram encontradas variações que permitem um agrupamento dos perfis:

PVLSN de 50 a 60%; PVp de 65 a 75%; Lit de 55 a 80%;  
 PVLSB de 70 a 80%  
 IR de 70 a 85%; TRE de 80 a 85%; LVAEnc de 80 a 95% e  
 LVABaix de 85 a 95%.

Quando a saturação em íons  $Ca^{++}$  é baixa, o cátion que predomina é o  $Mg^{++}$ , porém no PVLsN RC-58 o  $Na^+$  é mais importante depois do  $Ca^{++}$ , não tendo sido encontrada nenhuma explicação para o fato.

Nos perfis análogos da Comissão de Solos os níveis de saturação em  $Ca^{++}$  são ligeiramente mais baixos; os solos com B textural (PVp e PVLs) parecem apresentar níveis ligeiramente inferiores aos solos com B latossólico (LVA), enquanto que nos provenientes de rochas básicas ocorreria o inverso, da mesma forma como sugerem nossos resultados.

Van WAMBEKE (1959) procurou utilizar a saturação em  $Ca^{++}$  para distinguir solos tropicais de Ruanda-Urundi. Se bem que as condições climáticas atuais não sejam exatamente semelhantes às da Serra de Santana ou do Estado de São Paulo, aquele autor encontrou diferenças significativas para a saturação em  $Ca^{++}$ , que fornecem um termo de comparação para nossos resultados:

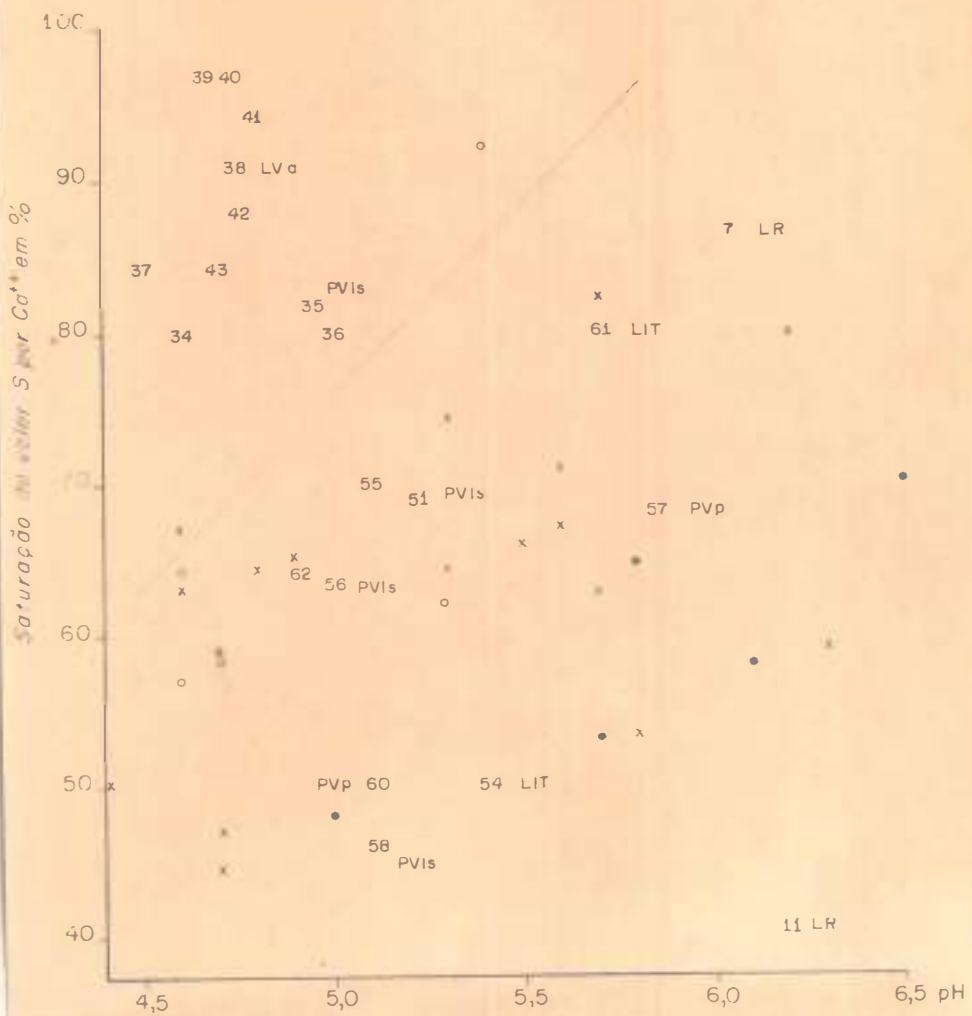
	Pluviometria	Temperatura	% $Ca^{++}$	pH
Latossolos-Mutara .....	760 mm	21° C	40-95	5,3
Ferrisols-Rubona-Astrida..	1.185 mm	19° C	19-50	6,2

É interessante verificar que os latossolos, nesse caso como em São Paulo, apresentam saturação maior em  $Ca^{++}$  do que os outros, e esse fato poderia estar relacionado, entre outras coisas, ao pH.

Procurou-se relacionar a saturação em  $Ca^{++}$  do valor S com o pH, pois os solos mais ácidos são os de maior valor relativo daquele cátion (diagrama 22). Com os perfis da Serra de Santana foi

DIAGRAMA 22

VARIAÇÃO ENTRE A SATURAÇÃO DO VALOR S PELO  
 $Ca^{++}$  E O pH DE VÁRIOS PERFIS



possível estabelecer uma linha separando nitidamente os LVa das outras unidades. Abaixo dessa linha divisória parece haver uma certa proporcionalidade entre os aumentos do pH e a percentagem de saturação em íons  $Ca^{++}$ , dela divergindo apenas o LRM RC-11. Os perfis da Comissão de Solos apresentam maior dispersão, mas mesmo assim a tendência referida acima parece existir. Parece haver uma certa correlação entre o pH e a saturação em íons  $Ca^{++}$  do valor S, diminuindo esta à medida que aumenta a acidez. Somente os LVa da Serra de Santana, por causas desconhecidas, escapariam à essa proporcionalidade.

## 5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Relações entre perfis e fatores de formação

#### 5.1.1. Solos e clima regional

A análise dos fatores climáticos permitiu ressaltar a existência de excedentes de água, que penetrarão no solo pelo menos parcialmente e serão drenados para o lençol freático. Somente certos materiais de origem, como as rochas básicas e os siltitos folhelhosos, sobretudo estes, oferecem certa resistência à percolação porém sem impedi-la totalmente, pois os solos não mostram nenhum sinal de impedimento ou restrição à drenagem, a não ser em situação excepcional.

Os excedentes de água, relacionados à temperatura, indicam a presença de clima com intensa atuação nos processos de decomposição das rochas, de lixiviação das bases e da sílica e de individualização dos sesquióxidos, normais para as regiões intertropicais úmidas. Uma das principais consequências é a formação de um complexo de alteração de atividade reduzida, devido ao empobrecimento em sílica e tendência à diminuição progressiva da quantidade de caulinita e aumento correlato da gibsitita, dos óxidos e hidróxidos de ferro. A comparação entre as composições químicas de rochas básicas e solos derivados exemplifica o resultado desses processos:

	Rocha	TRE RC-50
SiO <sub>2</sub> .....	46-50% .....	28-33%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO .....	29-32% .....	40-50%
CaO .....	7-10% .....	0,3-0,9%
MgO .....	3-6% .....	0,6-0,7%

O balanço hídrico regional indica excedentes de umidade ligeiramente maiores na Depressão Periférica, o que levaria a supor uma ação mais enérgica do clima. No entanto, aí são encontrados os perfis que apresentam menores indícios de intemperismo: são mais rasos, apresentam relação  $k_1$  mais elevada, é freqüente a presença de minerais primários alteráveis e o complexo de alteração tem maior atividade.

A presença de horizonte B argílico com sinais evidentes de migração de argila (cerosidade) é tomada normalmente como indício da



percolação das soluções no interior dos perfis. Na região da Serra de Santana, como já foi visto, os solos menos intemperizados geralmente possuem horizonte de acumulação de argila e estão situados na Depressão Periférica.

As possibilidades de migração, no entanto, não se restringem à essa área, como tivemos a oportunidade de mostrar ao analisar perfis de LVA do reverso da Serra de Santana (QUEIROZ NETO, 1963). Fôra possível constatar o aumento em profundidade dos teores de argila, silte e até areia muito fina, apesar dos valores correspondentes não serem muito elevados: a "heterometria do material facilitaria a penetração e circulação da água no perfil", com conseqüente arrastamento mecânico daquelas partículas finas (QUEIROZ NETO, 1963). A movimentação só poderia ocorrer se houvesse um excedente de água que pudesse circular livremente no perfil, obedecendo à lei da gravidade.

Essas observações indicam que no reverso da Serra há condições hídricas para a migração da argila; se o fenômeno não se verifica com a mesma intensidade que na zona pré-frontal, outras causas que não o clima estariam em jôgo. Deve-se também levar em conta que no Estado de São Paulo há solos com sinais pouco evidentes de migração de argila onde os excedentes hídricos são maiores, da mesma forma que áreas com menores excedentes apresentam solos com horizonte B textural.

Dessa maneira, não parece possível justificar os aspectos diferenciais e a distribuição dos solos pelas ligeiras diferenças climáticas observadas atualmente na região em estudo. Pode-se concluir que o clima não é o único fator determinante da pedogênese local nem responsável pelas variações pedológicas observadas.

#### 5.1.2. Solos e Vegetação

Observações efetuadas no Estado de São Paulo (MONBEIG, 1952; Comissão de Solos, 1960) indicam a possibilidade de correlacionar o tipo de vegetação com a textura que, como acentuara MANGENOT (1958), seria um dos fatores pedológicos mais importantes para a vegetação das regiões tropicais úmidas, por estar estreitamente relacionado às reservas de água dos solos.

Na Serra de Santana o fato se repetiria pois as terras roxas, solos argilosos e profundos, de retenção de água satisfatória, apresentariam floresta latifoliada perene. Os PVp, argilosos e rasos, não apre-

sentariam volume satisfatório para sistemas radiculares de maior porte; os arenosos de profundidade média (PVLsB) ou grande (PVLsN) da Depressão Periférica, de menor capacidade de retenção, só permitiriam a instalação de florestas de tipo menos exuberante, como as semi-decíduas. O cerrado do reverso da Serra precisa ser compreendido em contexto mais amplo, que será discutido adiante. Porém aí é comum o aparecimento de manchas de vegetação mais densa, de maior porte, sobre solos mais argilosos, que geralmente correspondem a afloramentos de rochas básicas.

Essa distribuição das associações vegetais poderia ser explicada pela dinâmica que apresentam. As florestas densas são grandes consumidoras de água, com valores elevados de transpiração (RAWITSCHER, 1942, 1943; RAWITSCHER & FERRI, 1943; LEMEE, 1961), e extremamente sensíveis às deficiências hídricas, sendo por isso comparadas a associações higrófilas. Os solos mais arenosos ou menos profundos, ao contrário dos argilosos, não teriam a mesma capacidade de abastecê-las em água o ano todo, as espécies mais sensíveis seriam eliminadas, as associações passam a apresentar árvores de menor porte, sem espécies de raízes tabulares e com certa rarefação do sub-bosque.

Apesar de apresentar características morfológicas de xeromorfismo, o cerrado não mostra comportamento adaptado às condições de seca, a não ser para uma pequena parcela de seus componentes, as gramíneas: para a maior parte "ao contrário, o comportamento é similar ao de vegetação de brejo" (FERRI, 1963) graças a um sistema radicular longo, capaz de buscar água nas camadas mais profundas do solo e possibilitando as folhas manterem abertos seus estômatos todos os dias do ano, transpirando livremente mesmo nas horas mais quentes da estação seca (FERRI, 1944, 1955, 1963). Na estiagem: ... de 1963, por exemplo, o cerrado apresentava brotação vigorosa e verde bem antes das primeiras chuvas, o que só seria possível se o abastecimento de água fosse normal.

Completamente diversa é a dinâmica do desenvolvimento anual das gramíneas e plantas estivais do cerrado. Seu sistema radicular só pouca a parte superficial do solo, que sofre mais intensamente as variações sazonais de umidade; a partir do mês de maio, quando as chuvas começam a escassear, a maior parte delas seca e morre. RAWITSCHER (1944) estudou o interessante meio de proteção do campim floresta contra a seca, constituindo uma bainha ôca cheia de ar que isola o cilindro central; com as primeiras chuvas de primavera as gramíneas

voltam a encontrar água, brotam e vegetam normalmente até a estiagem seguinte.

Se as variações morfológicas e texturais dos solos da Depressão Periférica justificam a presença de diferentes tipos de associações florestais, a presença do cerrado não é explicável pelas ligeiras diferenças climáticas ou certas variações de perfis entre a Depressão e o reverso: haveria sempre reservas suficientes de umidade para manter tipo de vegetação mais denso. RANZANI (1963) estudando solos do cerrado verificou que uma de suas características seria "capacidade de água disponível sempre inferior a 15%: inferior ao nível moderado". Essa observação, pelo menos no que concerne certos solos do Estado de São Paulo, foi aparentemente contrariada por GROHMANN & MEDINA (1966), que não encontraram nenhuma diferença significativa entre os valores da capacidade de retenção de alguns solos do cerrado e de outros; as diferenças registradas estariam muito mais relacionadas à textura, que é variável tanto uns como outros.

Na realidade, nenhum dos autores citados preocupou-se em analisar perfis que não fôssem de cerrado e, além disso, a pesquisa de GROHMANN & MEDINA diz respeito apenas a solos de uma área que, como se sabe, não constitui área core da vegetação savânica brasileira. Apesar disso, ambos mostram claramente a correlação estreita entre os diversos tipos de umidade, incluindo a disponibilidade em água, e a textura dos solos: segundo RANZANI, por exemplo, os mais arenosos (classes areia, areia barrenta e barre arenoso) mostram no máximo baixa disponibilidade, ao passo que os mais argilosos apresentam baixa a média disponibilidade.

Os resultados ora apresentados não chegam a ser conclusivos a esse respeito: analisando apenas os dados de umidade equivalente é possível verificar (diagrama 8) que de fato há uma relação com a textura. Porém, o mais importante para o escopo deste trabalho, parece haver diferenças de comportamento entre latossolos e podzólicos vermelho amarelo (respectivamente solos de cerrado e de floresta), aqueles com índices mais baixos de umidade equivalente para o mesmo teor de argila. Consideramos de menor significado o cálculo da disponibilidade em água, pois dentro do Estado de São Paulo é possível encontrar cerrado ou florestas sob as mais variadas condições de pluviometria e sobre solos de textura as mais diversas. Aliás, MAGNANINI (1961) já observara que a "tendência

normal da vegetação, em todo o Brasil, é a de coberturas florestais, porque no Brasil não há nenhum tipo de clima que impeça a formação de florestas".

A altura e densidade do revestimento florístico tem ação determinante tanto na incidência da radiação total quanto na quantidade de chuva que atinge a superfície do solo, originando condições específicas de microclima, como indicam medidas efetuadas por vários autores (AUBERT, 1961, CAMARGO & COL., 1961, LOPES & GODOY, 1962). Os horizontes superiores dos solos sob floresta podem manter, o ano todo, teores mais elevados de umidade. As vegetações de pequeno porte e baixa densidade, como o cerrado, oferecem menor proteção e as camadas superficiais do solo evaporam mais intensamente, como mostrou RAWITSCHER nos seus trabalhos. Esses aspectos exercem grande influência sobre a atividade dos microrganismos, um dos responsáveis pelo ciclo biológico dos elementos.

As florestas densas, como observaram JENNY (1941), AUBERT (1960), LEMÉE (1961), colocam nos ciclos tróficos solo-vegetação uma quantidade apreciável de elementos nutrientes, através da deposição da matéria orgânica. A transformação dessa matéria orgânica é muito rápida, já que em grande parte do ano há condições satisfatórias de temperatura e umidade para manter atividade microbiana intensa. Em consequência, as camadas superficiais do solo apresentariam teores mais elevados de carbono, nitrogênio e bases trocáveis e sua relação C/N seria indicio dessas condições satisfatórias de mineralização. A intensidade do processo e o nível de intercâmbio solo-vegetação estão evidentemente relacionados aos diversos tipos de associação vegetal, pois a densidade e altura da parte aérea condicionam a quantidade de matéria orgânica depositada. A floresta tropical sempre-verde colocaria maior quantidade de elementos nutrientes nos ciclos tróficos do que a semi-decídua e esta mais do que o cerrado. No outro extremo encontraríamos o cerrado, cuja deposição de matéria orgânica, sem dúvida nenhuma, não atinge os valores apresentados pelas florestas ou mesmo cerrado. De modo geral, os detritos vegetais constituídos por folhas secas esparsas pelo chão não chegam, neste caso, a cobrir muito mais do que 50% da superfície (QUEIROZ NETO & CHRISTOFOLINI, 1968); além disso, a quantidade de raízes das camadas superficiais é baixa. É difícil precisar a velocidade de mineralização dessa matéria orgânica, mas seu aspecto coriáceo parece indicar certa resistência ao processo.

Analisando-se os perfis de uma mesma unidade da Comissão

de Solos, observa-se que os florestais apresentam sistematicamente valores S-mais elevados do que os de cerrado; além disso, é possível relacionar êsses valores com o C/N:

	C/N	S me/100 g de TFSA
cerrado .....	11,6 - 17	0,33 - 0,8 raramente maior
floresta .....	8,4 - 13,2	0,56 - 9,3 raramente menor

Algumas características dos perfis da Serra de Santana parecem confirmar essas observações: os solos de cerrado (LVA) apresentam sempre valores mais baixos de C e N totais. Mesmo quando os valores de C são equivalentes, os de N são inferiores, como mostra o diagrama 16. Além disso, como se percebe claramente no diagrama-21, os perfis LVA apresentam teores mais baixos de bases trocáveis que os PVLs de textura semelhante. Pode-se acrescentar que na Serra de Santana mesmo os solos florestais cultivados alguns anos apresentam teores mais elevados desses elementos que os de cerrado.

Dessa maneira, poder-se-ia falar na ocorrência de "riqueza" e mineralização diferenciais da matéria orgânica dos solos de cerrado e floresta: os valores C/N mais elevados indicariam a presença de matéria orgânica mineralizável mais lentamente (cerrado), que poderia ser a consequência da constituição dos próprios detritos vegetais ou da menor atividade dos microrganismos, pois estes não encontrariam ambiente favorável (microclima, elementos-nutrientes) ao seu desenvolvimento. É possível também que ocorram mais intensamente, neste caso, processos de oxidação direta da matéria orgânica pela maior incidência dos raios solares.

Parece claro, assim, que êsses diversos tipos de associação vegetal apresentam diferenças nítidas de intensidade do ciclo biológico dos elementos nutrientes, confirmando observações anteriores de RIZZINI (1963) a respeito das florestas e cerrados e tal como os dados de diversos autores deixam entrever (WAIBEL, 1948; ALVIM & ARAUJO, 1952; PAVAGEAU, 1952; ARENS, 1956, 1963).

Em virtude do dinamismo intenso da vegetação savânica africana, em comparação com tipos florestais, das maiores quantidades de chuva que atingem a superfície dos solos e da distribuição mais regular dos elementos nutrientes ao longo dos perfis, vários autores (AUBERT, 1960, 1961; SCHMID, 1960; LEMÉE, 1961) concluíram serem os fenômenos de lixiviação muito mais pronunciados nas associações abertas, do tipo do cerrado.

Os trabalhos de MARQUES & col. (1961) e BERTONI (1959) mostram que as vegetações com maior densidade de folhagem exercem ação moderadora sobre a erosão, retendo maior quantidade das águas de chuva. A baixa densidade das espécies arbustivas do cerrado, o recobrimento desigual da superfície do solo pelas gramíneas, favorecem em primeiro lugar a ação elementar dos pingos de chuva e, a seguir, o escoamento superficial do excesso de água pluvial. O mecanismo desse escoamento, seus fatores, sua intensidade e a importância como fator causal da distribuição granulométrica dos solos ao longo das encostas, no reverso da Serra de Santana, foram estudados em trabalho anterior (QUEIROZ NETO & CHRISTOFOLETTI, 1968). O processo normal é por escoamento superficial difuso, porém a concentração é sempre possível provocando o aparecimento de ravinas e vossorocas, aspectos bastante comuns naquela superfície cimeira e que podem ser incrementados pelas ações antrópicas (foto 5).

Nas áreas florestadas da Depressão Periférica, ao contrário, os sinais de erosão pelo escoamento superficial difuso ou concentrado só se tornam visíveis a partir das derrubadas, pois anteriormente os solos encontravam-se protegidos.

### 5.1.3. Ação dos organismos

Não foi efetuada nenhuma observação quantitativa ou qualitativa a respeito da ação dos microrganismos sobre os solos, a não ser as considerações apresentadas anteriormente.

A presença de minhocas na região parece diretamente relacionada às camadas mais superficiais de perfis com certa saturação de umidade, como é o caso dos solos desde hidromórficos das baixadas até moderadamente drenados dos sopés de encosta.

As formigas e cupins exercem ações que se tornam visíveis pelos edifícios que constroem na superfície com o material retirado a diferentes profundidades, e que chegam a apresentar tamanho considerável.

Os cupins trabalham principalmente na camada mais rica em matéria orgânica próxima à superfície, o que confere aos edifícios construídos colorações pardacentas ou acinzentadas. O material é trazido sob forma de agregados de cerca de 2 mm de diâmetro, provavelmente impregnado de saliva pois apresentam certa estabilidade, como observara MAIGNIEN (1958) na África. Esses insetos trabalham tanto em solos



mais argilosos e bem-drenados ( IR por exemplo) como nos mais arenosos porém situados em áreas de drenagem moderada a imperfeita; esses solos seriam os únicos capazes de prover material para a construção de edifícios estáveis e de grande dureza. Nos solos mais arenosos do topo da Serra de Santana as colônias de cupins têm-vida efêmera: formam na superfície pequenos montículos de agregados soltos, rapidamente abandonados provavelmente devido à falta de condições ambientais mais propícias para subsistência, sobretudo matéria orgânica, argila e umidade. TEIXEIRA (1962) observara, aliás, que a matéria orgânica é essencial para abastecer esses insetos em celulose.

O trabalho efetuado pelas saúvas (*Atta* sp. ?) apresenta características bem diversas: preferem solos de textura arenosa, mais profundos e bem drenados, fora da ação do lençol freático. No reverso da Serra as colônias desaparecem nas proximidades das baixadas úmidas e raras fazem-se nos solos mais argilosos, onde os cupins são dominantes. A atividade desses insetos atinge profundidades maiores, ao contrário dos cupins. O material é trazido à superfície em pequenos agregados de 3 a 4 mm de diâmetro, ficando como "terra solta" na superfície. O baixo teor de argila e de matéria orgânica e a deficiência de umidade provavelmente não permitem a formação de edifícios estáveis: o material é facilmente arrastado pelo escoamento superficial das águas pluviais, espalhando-se por área mais ou menos extensa.

É frequente o aparecimento de veios de coloração e mesmo textura diferentes no interior dos perfis de solo que foram interpretados, a exemplo de VERDADE & col. (1961), como antigos canais (panelas?) entripidos por material vindo da superfície, em grande parte o mesmo que as formigas teriam transportado do interior do solo quando da abertura dos ninhos.

Estudos efetuados na África por diversos autores (De HEINZELIN, 1955; AUBERT, 1957; MAIGNIEN, 1958) indicam que esses animais são poderosos agentes na formação de detritos superficiais. De HEINZELIN (1955) calculou que as colônias vivas e mortas de cupins, apresentando um equilíbrio estatístico numa área, poderiam provocar em 1.000 anos o recobrimento do solo por uma camada detritica de cerca de 50 cm de espessura; o escoamento superficial seria responsável pela redistribuição do material por área mais extensa; esse processo seria uma das principais causas do aparecimento de linhas sub-superficiais de seixos, tão frequentes nas regiões intertropicais.

Tudo indica que a atividade pedológica das saúvas na Serra de Santana é extremamente importante, promovendo o revolvimento, o retrabalhamento e a redistribuição do material pela superfície, além de poder ser responsável parcialmente pela homogeneidade granulométrica dos perfis. No entanto, como aliás observara AB'SABER (1962), parece-nos que a intensidade desses processos é bem inferior à observada na África. Não é possível afirmar, por exemplo, que a pequena diferenciação dos horizontes dos LVA seja devido apenas à ação das formigas, porém é possível que o seja parcialmente; esse assunto mereceria maior destaque e pesquisa específica.

#### 5.1.4. Materiais de origem e solos

Certas características dos perfis são diretamente herdadas ou influenciadas pelo material de origem.

Os solos derivados de rochas básicas são argilosos e seu complexo de alteração apresenta elevada participação de sesquióxidos de ferro e alumínio, acompanhando a caulinita. Os processos que envolvem a formação da caulinita nesses solos ainda não são bem conhecidos, parecendo em alguns casos formar-se desde o início da alteração e, em outros, provir da ressilicatação da gibsita (BONIFAS, 1959; MELFI, 1967). Por outro lado, a intensificação do intemperismo parece provocar a alteração da caulinita e o enriquecimento de gibsita (TRE RC-50 a LR RC-7), com diminuição da CTC, apesar de manter-se ainda em nível elevado devido ao alto teor de argila. O mesmo fato verifica-se com os perfis estudados pela Comissão de Solos. Por outro lado, as frações granulométricas mais grosseiras são constituídas por minerais resistentes: magnetita, ilmenita e algum quartzo.

Segundo SEGALEN (1957) e BONIFAS (1959) a fase inicial do processo de alteração das rochas básicas corresponde à lixiviação de grande quantidade dos alcalinos e alcalino-terrosos, acompanhada de perdas consideráveis de sílica e individualização dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, como sugerem as análises de rocha e solo apresentadas anteriormente. A perda de bases, apesar de elevada, ainda deixa nos solos teores elevados sob forma trocável (TRE RC-50), que diminuem à medida que o intemperismo se acentua (LR RC-7).

A maior quantidade de quartzo e argilas do siltito folhelhoso Estrada Nova torna-o mais resistente ao intemperismo, o solo resul

tanto apresentando granulometria e composição mineralógica com certa analogia às da rocha. Como êsses sedimentos apresentam estratificação plano paralela e elevado grau de compactação, mosme em situação topográfica de boa drenagem, como nos perfis estudados, os solos apresentarão mosqueamento em profundidade e serão rasos. A elevada atividade da argila - retém boa parcela das bases liberadas no ataque das rochas e os solos resultantes apresentarão elevado nível de trocáveis, mesmo se a saturação em bases não for elevada.

É possível distinguir três tipos de sedimentos arenosos, que dão origem a solos diversos:

- a) arenito Botucatu, cuja estratificação cruzada e compactação natural dificultam ligeiramente a passagem das soluções; os perfis apresentam profundidade média e no contacto com a rocha a passagem das soluções deve tornar-se mais lenta, ocasionando saturação temporária (estação chuvosa) e mosqueamento. Os solos são essencialmente arenosos e as frações granulométricas grosseiras formadas por quartzo. Os processos de formação desses solos ainda não estão esclarecidos, porém os perfis indicam transformação quase total dos minerais alteráveis, com formação de caulinita acompanhada de gibsita: esta poderia formar-se desde os estágios iniciais da alteração ou, então, resultaria da alteração da caulinita. O nível da capacidade de troca do solo acha-se relacionado ao teor de argila; no entanto, a capacidade de troca específica no horizonte B<sub>2</sub> é bastante elevada para os minerais constituintes (caulinita e gibsita). A relativa pobreza mineralógica e a composição química pouco complexa da rocha fornecem pequena quantidade de bases, que ficam parcialmente retidas sob forma trocável.
- b) Sedimentos neo-cenozóicos, de constituição mineralógica análoga à anterior porém mais friáveis e sem estratificação visível até certa profundidade, sem limitação de drenagem, dão origem a solos mais profundos. A constituição mineralógica dos solos é semelhante à anterior, diferenciando-se na atividade da fração argila, que indica maior grau de intemperismo. Essa é provavelmente a causa de sua maior pobreza em bases, resultado de ação mais acentuada da lixiviação. Os sedimentos neo-cenozóicos provem, em grande parte, do retrabalhamento do arenito Botucatu, de modo que na época de sua deposição já poderia apresentar certo grau de intemperismo.
- c) Sedimentos da Serra de Santana, com grande permeabilidade e possibilitando o livre escoamento das soluções, dão origem a solos areno-argilosos muito profundos. A fração argila é constituída por caulinita e quantidades consideráveis de gibsita e apresenta baixa atividade específica; a soma de bases trocáveis é muito baixa. Essas características indicam que êsses solos estiveram sujeitos a processos de intemperismo bastante acentuados. Tratando-se de material retrabalhado, é possível que apresentasse certo grau de alteração na época da deposição.

Finalmente, os sedimentos aluviais modernos ocorrem em várzeas e em condições de má drenagem, dando origem a processos de hidromorfia. Os perfis apresentam características variáveis de textura, porém

a capacidade de troca de cátions da parte mineral e a soma de bases, relativamente baixos, indicam provirem de material previamente alterado.

### 5.1.5. Relêvo e Solos

A erosão promove uma redistribuição de material ao longo das encostas, carreando-o dos solos situados a montante para os que lhes estão abaixo.

Os perfis dos rebordos da cuesta, sobre rochas básicas, recebem dessa forma a contaminação dos sedimentos suprajacentes, enriquecendo-se em grãos de quartzo. A importância dessa contribuição aumenta à medida que os solos se acham mais próximos dos sedimentos, o que se constata pela textura mais arenosa e coloração mais clara. As análises de certos perfis indicam claramente a ocorrência do fenômeno:

Horizonte B <sub>2</sub>	Côr	Areia fina	Areia grossa	Argila
IR próximo escarpa (RC-10)	2,5 YR 3/3	27,0	21,0	34,0
situado 200 m acima (RC-11)	2,5 YR 3,5/6	27,0	40,0	30,0
situado 150 m acima (RC-12)	5 YR 4/6	27,0	42,0	22,0

Outro exemplo da ação da erosão é a presença de teores anormalmente elevados de areia nos horizontes superiores dos solos formados sobre siltito-folhelho Estrada-Nova, que apresentam com frequência grãos de quartzo de origem caracteristicamente eólica. Como foi referido anteriormente, tivemos a oportunidade de mostrar a influência da erosão na distribuição granulométrica dos solos ao longo das encostas (QUEIROZ NETO & CHRISTOFOLETTI, 1968), ao estudar os processos morfogenéticos atuais do reverso da Serra de Santana.

Os corpos de rochas básicas encontram-se em posição topográfica superior à dos sedimentos da Depressão, o que possibilitaria teoricamente contaminação destes materiais por aqueles. No entanto, como se observa na maior parte da área estudada, essa contaminação é muito pequena e em alguns casos inexistente: raramente os solos dos sopés da escarpa apresentam modificação significativa de textura ou coloração (argila ou sesquióxidos de ferro) e, quando isso ocorre, nunca ultrapassa pequena extensão do "avant-front" imediato. Tudo indica que o material erodido da escarpa é inteiramente removido para as calhas fluviais e exportado.

Os blocos de canga do platô de Urucaia parecem mostrar influência da topografia na redistribuição preterita dos materiais: os sedimentos néo-cenozóicos não contêm quantidade suficiente de ferro para explicar sua gênese. Relacionando a posição daquele platô e da escarpa de cuesta, à qual estaria naturalmente ligada (figuras 1 e 2), é possível supor que após a pedimentação Urucaia, quando da reativação da erosão linear, os remanescentes dessa superfície teriam funcionado como verdadeiros terraços elevados; nessa posição seria possível a ocorrência de processos de migração de ferro a partir das rochas básicas, envolvendo as várias fases observadas por D'HOORE (1954) e MAIGNIEN (1958) na África: individualização e mobilização do ferro pela alteração das rochas básicas, migração por lixiviação lateral ou oblíqua, concentração, imobilização e endurecimento nos bordos da superfície Urucaia, transformada em terraço. A presença daqueles blocos de canga poderia estar relacionada, em outra hipótese, ao desmantelamento por erosão de uma bancada situada em posição topográfica superior, com subsequente deposição dos seus restos onde atualmente se encontram. Num outro caso, a formação daqueles blocos estaria relacionada a um efeito da topografia, condicionando a migração das soluções ou a ação da erosão.

Essas duas condições, sucessão topográfica dos estratos e ações erosivas normais, provocam o aparecimento de catena que, segundo a conceituação original de MIELNE (1935, 1936), seria definida como uma sucessão regular e constante de solos ao longo das encostas que obedece a uma lei de variação sistemática, de um ou outro dos seguintes tipos:

- devida a processos erosivos agindo em encostas que apresentam uma só formação litológica, caso do reverso da Serra de Santana;
- devido a processos erosivos agindo em encostas que apresentam uma sucessão de formações litológicas constante e com certa expressão em área, como ocorre na Depressão Periférica e nos bordos das escarpas de cuesta.

O relevo condiciona também a posição e, portanto, a ação do lençol freático sobre os solos. Na região estudada essa ação na formação e evolução dos solos tem expressão espacial muito reduzida, tendo sido inclusive exagerada no mapa de solos (mapa 3). Ela se faz sentir com maior intensidade nas várzeas fluviais sobretudo do reverso. Na zona pré-frontal a declividade bastante acentuada das vertentes e o material predominantemente arenoso das encostas limitam a ação do lençol freático à pequena faixa do contacto com as várzeas. A presença de camadas menos

permeáveis nas encostas, como por exemplo o fácies Santana, pode ocasionar o aparecimento de processos de hidromorfia em posições topográficas diversas, porém de pequena expressão.

O reconhecimento das diversas superfícies de erosão na região bem como a definição do material sedimentar que as recobre permitiu definir com maior precisão o material de origem dos solos e oferece subsídios valiosos para a interpretação dos fenômenos de intemperismo e pedogênese.

A caracterização de certo número de superfícies de erosão (figura 1), de idades ~~diversas~~ e a mais antiga remontando ao terciário, mostra claramente a relação entre o tipo de solo e a posição que ocupa dentro do contexto regional, ou melhor, a relação solo e superfície de erosão:

- a) Superfície de Santana - terciário médio-superior(?) = latossolo vermelho amarelo, fase arciosa e latossolo roxo.
- b) Superfície de Urucaia - plio-pleistoceno - 1ª glaciação quaternária(?) = podzólico vermelho amarelo variação Laras, sobre sedimentos neo-cenozóicos (Botucatu retrabalhado).
- c) Superfície de Rio Claro - pleistoceno, 2ª (e 3ª) glaciação quaternária (?) = terra roxa estruturada e podzólico vermelho amarelo variação Laras, sobre arenito Botucatu; parece provável a ocorrência de solos análogos aos anteriores, como se observa nas imediações de Rio Claro e Campinas.
- d) Superfície pós-Rio Claro - pleistoceno 3ª (e 4ª) glaciação quaternária (?) = podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba sobre siltito Estrada Nova.
- e) Superfície das várzeas - holoceno = aluviões e solos hidromórficos.

Ao traçar as etapas da morfogênese regional foi possível mostrar a importância da sucessão dos ciclos morfoclimáticos nos processos de pedimentação, que redundaram na elaboração desses níveis e na deposição correlativa de material detrítico. Estes representam, via de regra, o retrabalhamento e remanuscamento de formações pré-existentes. - Dessa forma as superfícies de elaboração mais antigas são as que mais sofreram as ações daqueles processos e onde o material de cobertura mais deve refletir a sucessão dos ciclos climáticos; - em outras palavras, é onde o material detrítico apresenta exposição mais prolongada ao intemperismo.

#### 5.1.6. Origem do cerrado e relações com a morfogênese regional

-A coexistência de tipos de vegetação tão dissemelhantes como as florestas e o cerrado, assim como os tipos intermediários, na região da Serra de Santana, traz à mente o problema da origem do cerrado e suas relações com o meio.

ALVIM (1954) sintetizara as hipóteses surgidas há alguns anos para explicar a origem do cerrado:

- origem antrópica, sobretudo como consequência das queimadas anuais.
- origem climática, por deficiências hídricas.
- origem edáfica, devido à deficiências minerais ou condições físicas desfavoráveis dos solos.

A essas hipóteses poderia ser acrescentada-aquela que vê no cerrado uma relíquia de clima preterito, de aridez mais acentuada (MAACK, 1950; CHESNAROFF, 1956; VELLOSO, 1956, MAGNANINI, 1961).

ROMARIZ (1964)-e CHRISTOFOLETTI (1968) observaram que a maior extensão do cerrado no Brasil corresponde a áreas que apresentam clima Aw, quente e úmido com estações secas bem marcadas, e que manchas isoladas podem ocorrer em outros tipos climáticos como o Cwa; tanto num caso como noutro podem ocorrer também florestas, como FERRI (1944) observara no interior de São Paulo. Como foi referido anteriormente, nenhum tipo de vegetação da região em estudo denota restrições de consumo de água durante o ano, mesmo no auge da estiagem, indicando encontrarem no solo a quantidade de umidade que necessitam para o desempenho normal de suas funções fisiológicas.

- Vários autores procuraram definir o cerrado como um tipo de vegetação subclimática, consequência-das queimadas anuais provocadas pelo homem, o que modificaria não só as condições do solo como afetaria o crescimento das plantas (RAWITSCHER, 1944; FERRI, 1944; SETZER, 1949; FRANÇA, 1960; AUBREVILLE, 1961). MacCLUNG & col. (1958, 1959) encontraram deficiências de fósforo e enxofre nos solos de "campo cerrado", aventando a hipótese de perda por lixiviação e volatilização após as queimadas.

A ação dos indígenas anteriormente à chegada do homem branco não teria sido intensa a ponto de provocar o aparecimento de tão larga extensão de cerrado. A influência do cultivo da terra-na Serra-de Santa na é relativamente recente, pois uma ocupação efetiva só teria se iniciado-por volta de 1821, quando da doação de uma sesmaria ao capitão Francisco da Costa Alvares (PETRONE, 1952). MONBEIG (1952)-já observara que a-cultura do café, na Depressão Periférica, despresara sistematicamente os solos mais pobres e arenosos, principalmente recobertos por cerrado, indicando-constituir uma -vegetação natural que coexistia com os tipos florestais. Além disso, se o homem tivesse exercido uma ação determi-



nante na implantação do cerrado, por certo seriam encontradas áreas bem mais extensas recobertas por essa vegetação, principalmente sobre os solos mais arenosos e mais pobres da região pré-frontal, utilizados bem mais intensamente pela agricultura que os de cerrado.

As observações efetuadas no platô de Urucaia, onde a vegetação primitiva era o cerradão, mostram que a utilização indiscriminada dos solos não provoca o aparecimento do cerrado e sim de tipo precursor do próprio cerradão, com arbustos, samambaia e sapé, porém onde a barba de bode é rara.

A distribuição dos tipos de vegetação da Serra de Santana está relacionada a certas características edáficas, como diversos autores já haviam assinalado para outras partes do país. É sobretudo a pobreza em elementos nutrientes que foi relacionada à presença do cerrado, como observaram WAIBEL (1948) e PAVAGEAU (1952) no Brasil Central e ALVIM & ARAUJO (1952) em Minas Gerais. Esse fato também levou ARENS (1956, 1963) a definir o cerrado como uma vegetação escleromórfica oligotrófica. Para esse autor a ausência de certos elementos como o Ca, P, S e N acarretaria a impossibilidade de utilização dos carboidratos produzidos durante a fotossíntese, com conseqüente acúmulo em certos órgãos formando as estruturas xeromórficas descritas.

A Comissão de Solos (1960) afirmava que "a baixa fertilidade do solo é a principal causa da existência do cerrado em determinadas áreas" do Estado de São Paulo; mais além, "a análise físico-química de diversos perfis, bem como as observações morfológicas tanto no Estado de São Paulo como nos mais centrais, onde os cerrados são mais freqüentes, demonstram claramente que a causa do aparecimento desta vegetação é puramente pedológica". Analisando a coexistência da mata e cerrado em idênticas condições de clima e relevo, afirmam que os solos de cerrado iniciam sua evolução em material mineralogicamente mais pobre, "não possuindo reservas suficientes para sustentar vegetação luxuriante". A exemplo de FAISSOL (1953), que encontrara relação sílica/alumina dos solos de cerrado sempre inferior a 1 e superior nos de floresta, a Comissão de Solos acrescentava também que os solos de cerrado são velhos, com baixa relação sílica/alumina, "o que indica que os minerais de argila foram quase todos destruídos, possuindo muito fraco poder absorvente de cátions".

RANZANI (1963) coligiu dados e informações a respeito dos solos de cerrado, que permitem ressaltar:

- há predominância de latossolos, pois dos 58 perfis descritos 32 pertencem a várias unidades dessa sub-ordem e 22 são regossolos (dos quais muitos seriam latossolos arenosos),
- a disponibilidade de água seria geralmente baixa, porém êsse aspecto já foi discutido anteriormente.
- a capacidade de troca de cátions é baixa, geralmente inferior a 4 me/100 g.
- o complexo de alteração é constituído predominantemente por sesquióxidos.
- os valores de pH são baixos, indicando baixa saturação em bases.

Finalizando, RANZANI afirmava que "aparentemente o cerrado se associa a uma latolização avançada, isto é, com a etapa final de demolição das grades cristalinas dos materiais de origem do solo e dos materiais sintetizados na gênese do solo, os minerais de argila".

Êsses trabalhos e os dados aqui apresentados concordam na definição do oligotrofismo dos solos de cerrado, com possíveis ou prováveis repercussões na vegetação, como aventara ARENS. Os pedólogos, além disso, indicaram a presença de um processo pedogenético intenso e prolongado, que teria destruído os minerais de argila formados nos primeiros estágios de evolução, e tendo como consequência o aparecimento de solos com relação sílica/alumina baixas. Os fatores climáticos, bióticos e mesmo outras características edáficas parecem ter caráter nitidamente secundário para determinar a presença do cerrado, sobretudo por não apresentarem condições rigorosas de atuação, podendo quando muito contribuir para sua manutenção.

Os pedólogos, quase sempre implicitamente, deixam entrever que o cerrado aparece em solos "antigos" em concordância com a opinião de autores citados anteriormente (MAACK, 1950; CHEBATAROFF, 1956; SICK, 1956; VELLOSO, 1956, HUECK, 1957) que admitiram ser o cerrado uma vegetação xerófila, porém remanescente de épocas passadas, de clima mais sêco.

A superfície aplainada da Serra de Santana acha-se recoberta por vegetação de cerrado e nas proximidades dos bordos dissecados pela erosão aparece tipo florestal diverso, que se prolonga muitas vezes pelas áreas rebaixadas pré-frontais. FEUER (*in* BELCHER & Associates, 1956) COLE (1958) e AB'SABER (1963) observaram aspectos análogos no Brasil Central, porém em extensões muito maiores. Como observara AB'SABER o cerrado do Brasil Central seria uma das vegetações mais antigas dessas regiões, por ter se adaptado e desenvolvido no quaternário ou mesmo fins do terciário a essa paisagem, cuja gênese também é antiga e muitas vezes

contemporânea. Com a expansão da rede de drenagem perene, que entalha os chapadões e modifica as condições ecológicas reinantes, principalmente a "unidade" solo, está havendo a penetração de tipos florestais pelos domínios anteriormente ocupados pelo cerrado; a vicariança das espécies de cerrado e floresta seria explicada do mesmo modo.

O cerrado da região da Serra de Santana teria se instalado numa das fases de clima mais sêco, de caráter xerotérmico, que se sucederam no quaternário mas, de qualquer forma, subsequente àquela que foi responsável pela formação dos depósitos sedimentares da superfície cimeira. É preciso não esquecer que na área pré-frontal há tipos de vegetação que podem ser considerados precursores do cerrado e que este também aparece em superfícies mais recentes, como tivemos a oportunidade de observar em Campinas (CARVALHO & col., 1968).

A permanência prolongada do material que recobre a superfície de Santana, além de seu caráter retrabalhado, poderia facilitar não só a lixiviação mais intensa das bases como, também, a destruição gradual dos minerais de argila. O cerrado, como foi visto mais atrás, apresenta dinâmica pouco intensa do ciclo biológico dos elementos; quando da vigência de condições xerotérmicas era capaz de manter um certo equilíbrio com o solo, absorvendo pequena quantidade de nutrientes, na medida das disponibilidades de água, repondo também pouca matéria orgânica.

Modificadas as condições climáticas para maior umidade, numa primeira fase em que a vegetação não estaria totalmente adaptada, sua baixa capacidade de absorção dos elementos nutrientes e pequena reposição de matéria orgânica propiciariam a atuação mais intensa de processos de lixiviação. A sucessão de ciclos de umidade e aridez teria acentuado essa tendência de empobrecimento dos solos.

Na Serra de Santana, como provavelmente em grande parte do Planalto Central Brasileiro, a permanência do cerrado depois da mudança do clima só foi possível devido à preservação dessa superfície cimeira. A intensificação da erosão linear ocasionou o entalhamento dos bordos do planalto, com instalação de rede de drenagem mais densa na periferia. As áreas entalhadas e dissecadas começaram a apresentar condições mais propícias para a instalação de uma vegetação do tipo florestal, pelo aumento da umidade do clima e aparecimento de material potencialmente mais fértil e mineralogicamente mais variado.

Na pequena superfície cimeira, ao contrário, não houve renovação do material e a pobreza química conservou a vegetação mais rústica.

A pobreza química, por outro lado, pode ter concorrido para acentuar as características xeromórficas das plantas, devido à acumulação dos carboidratos formados durante a fotossíntese e não aproveitados para outras funções.

Pode-se concluir que, nessas condições, o principal responsável pela manutenção desse tipo de vegetação teria sido sua própria incapacidade em manter um ritmo mais elevado de absorção, face à sua inadaptação às novas condições climáticas mais úmidas.

O aspecto que se vê hoje em dia seria portanto nitidamente reliquial sugerindo, como ficou claro, a possibilidade de antecedência do cerrado sobre a floresta.

Como conclusão deste capítulo, é possível afirmar que a paisagem regional oferece, no quadro dinâmico do seu desenvolvimento, um caráter de elevada instabilidade: a prolongada ação dos fenômenos erosivos tende a destruir o pequeno planalto com suas relíquias de domínios bioclimáticos diversos do atual. O homem por seu lado, ao destruir a cobertura florestal primitiva da periferia rompe o equilíbrio bio-edáfico existente nessas áreas; introduz, provavelmente, um fator adicional de instabilidade, pois os processos de erosão e lixiviação seriam acelerados. Isso poderia provocar um empobrecimento de tal intensidade que certos solos atualmente cultivados poderiam transformar-se em precursores do cerrado.

## 5.2. Interpretação dos solos

As observações efetuadas até aqui permitem chegar a um certo número de conclusões a respeito dos solos da região estudada.

Os valores 1,33 e 1,80 da relação  $k_i$  parecem constituir limites válidos para a distinção dos perfis, da mesma forma que para os da Comissão de Solos, como se percebe pelo diagrama 11 que apresenta uma superposição entre solos com B latossólico e B textural nessa região. É nesse trecho do diagrama que se encontram os perfis PVLs RC-35 e RC-58 e a TRE RC-50, cujas frações argila são definidas pela predominância da caulinita, aparecendo a gibsita em quantidades nunca despresíveis, porém com nítido caráter secundário; além disso, esses solos podem apresentar minerais primários.

Abaixo do valor 1,33 apareceriam os latossolos típicos, cu

jas frações argila apresentam contingentes apreciáveis de gibsita e não contêm minerais primários alteráveis.

Apesar da ausência de perfis intermediários na Serra de Santana, poder-se-ia definir um último grupo de solos, ao qual pertenceria o PVP RC-60, com valores ki muito elevados, cuja fração argila apresentaria composição mineralógica complexa e possivelmente minerais do tipo 2:1.

As porcentagens de óxidos e hidróxidos de ferro, expressas em  $Fe_2O_3$ , parecem secundárias para a definição dos solos nesse nível, pois acham-se intimamente relacionadas à qualidade do material de origem. Entre solos derivados de rochas básicas seria possível estabelecer uma certa diferenciação em função dos teores de  $Fe_2O_3$ , os LR (RC-7 e RC-11) apresentando teores mais elevados do que os TRE (RC-50), porém a falta de dados precisos para os primeiros não permite concluir com segurança.

Comparando êsses resultados com os da relação silte/argila, observa-se que sua diminuição é acompanhada pelo desaparecimento progressivo dos minerais primários alteráveis e dos minerais de argila 2:1 e pelo aumento de caulinita, definindo uma primeira fase (Lit → PVP → PVLs). A seguir, a caulinita diminuiria com o aumento paralelo da porcentagem de gibsita (PVLs → Lva e TRE → LR). Entre os PVLs é possível estabelecer também uma gradação entre os perfis RC-35 e RC-58: apesar dos teores de gibsita e dos valores ki serem praticamente idênticos, a relação silte/argila diminui do primeiro para o segundo. Com respeito aos solos formados sobre rochas básicas não foi possível estabelecer uma gradação completa, desde as primeiras fases, porém aquêles que apresentam relação ki mais elevada têm silte/argila mais alta.

As variações da relação ki parecem também relacionadas às modificações morfológicas nítidas dos perfis. Com valores elevados os perfis são rasos e ainda não apresentam organização clara de horizontes (litossolos) ou, quando o fazem, mostram horizonte B textural com cerosidade abundante quando se trata de texturas argilosas (PVL RC-60). À medida que o valor ki diminui os perfis tornam-se profundos e, num primeiro grupo, aparecem ainda horizontes B texturais, com ou sem cerosidade em função da textura. Apesar do ki ser praticamente idêntico, o RC-58 distingue-se do RC-35 por ser mais profundo e apresentar horizontes menos definidos. Finalmente, os solos com ki muito baixo apresentam perfis profundos com horizontes muito pouco diferenciados. Ainda com referência às "terras roxas" observa-se que a TRE RC-50 apresenta nítido

horizonte B textural e cerosidade, ao contrário dos LR (RC-7 e RC-11).

Por fim, os dados de CTC também permitem caracterizar êsses solos, ao lado do ki. Observa-se uma gradação dos valores de CTC que pode ser assim esquematizada:

- Lit e PVp  $\geq$  30 me/100 g de argila;
- PVLsB = 20 me/100 g de argila;
- PVLsN = 15 a 20 me/100 g de argila;
- LVA  $\leq$  10 me/100 g de argila.

Para as "terras roxas" a gradação seria análoga porém em nível mais elevado: TRE  $\geq$  LR. O diagrama 19 mostra solos que apresentam relação ki muito próxima (PVLsB e PVLsN) porém CTC diferente, indicando que apenas as composições químicas e mineralógica não constituiriam índices do "estado" ou atividade dessa fração. Pode-se supor, como os difratogramas de raios-X deixam entrever, que êsse fato esteja relacionado ao tamanho e/ou grau de cristalinidade dos minerais presentes: à medida que aumenta o tamanho e/ou o grau de cristalinidade a CTC específica diminui.

Êsses resultados referem-se a características pedológicas que refletem intensidade de intemperismo. Seria possível estabelecer agrupamentos de solos em diferentes estágios de intemperismo, definidos pelo desaparecimento progressivo dos minerais primários alteráveis, aumento progressivo da caulinita, seu decréscimo posterior com aumento da gibsitá; êsses estágios estariam também relacionados à diminuição dos valores do silte/argila e da CTC, esta última envolvendo problemas de modificação do "estado" cristalino dos minerais.

Como foi visto anteriormente, as diferenças existentes entre os materiais de origem e seus componentes face aos agentes do intemperismo indicam que a escala gradacional do intemperismo dos solos só poderia ser estabelecida para categorias análogas de material de origem:

1. solos sobre basalto: TRE RC-50  $\rightarrow$  LR RC-7 ( $\rightarrow$  LR RC-11?);
2. solos sobre silito/argilito: Lit RC-61  $\rightarrow$  PVp RC-60;
3. solos sobre sedimentos arenosos: Lit RC-54  $\rightarrow$  PVLsB RC-35  $\rightarrow$  PVLsN (RC-58  $\rightarrow$  RC-62?)  $\rightarrow$  LVA (enc RC-34  $\rightarrow$  baix RC-37 ?).

A Serra de Santana, como foi visto, enquadra-se dentro das regiões sujeitas aos processos classicamente denominados de intemperis-

mo tropical: perdas elevadas de bases e  $\text{SiO}_2$ , aumentos residuais e por adição de sesquióxidos de ferro e alumínio. Dentro desse panorama haveria uma verdadeira gradação de solos refletindo, aparentemente, tipos ou estágios de intemperismo: alguns deles, com perfis rasos, apresentam perdas limitadas de bases e sílica e as frações argila seriam compostas essencialmente por caulinita ou minerais 2:1, eventualmente hidróxidos de ferro, não se registrando a presença de hidróxidos de alumínio. Esses solos parecem indicar que regionalmente existem condições para:

- a) manutenção de um relativo equilíbrio nos processos de decomposição das rochas e alteração dos minerais, com liberação não muito intensa dos elementos e possível recombinação posterior (em certos casos ainda é forçoso admitir a recombinação da sílica com a alumina);
- b) perdas relativamente pouco elevadas de certos elementos na transformação direta dos minerais da rocha em minerais de argila.

Formar-se-ia uma fração argila com largo predomínio ou quase somente constituída de caulinita, acompanhada de minerais residuais e hidróxidos de ferro sob forma cristalina, desde que a rocha apresentasse este elemento.

No outro extremo da escala os perfis indicam ocorrência de processos muito intensos de lixiviação, com perdas de quantidades consideráveis de bases e sobretudo sílica; suas frações argila são formadas por caulinita e gibsita, muitas vezes com preponderância desta. O nível de equilíbrio sugerido acima foi mantido, neste caso, em valores muito mais baixos, indicando que os processos a que estiveram sujeitos os solos apresentaram intensidade muito maior.

Entre os dois casos pode haver um verdadeiro "continuum" de tipos de solos, com características intermediárias as mais variadas.

As observações efetuadas na Serra de Santana mostram que somente nas superfícies de erosão mais antigas, cujas formações detriticas de recobrimento foram preservadas, são encontradas os solos considerados mais intemperizados.

A sucessão de superfícies de erosão, no espaço e no tempo, permite também agrupar hierarquicamente os solos segundo uma escala decrescente de intemperismo. Essa hierarquização compreenderia mais precisamente os solos situados sobre os remanescentes das superfícies, por tanto ocupando posições cimeiras no relêvo, onde os vários processos e mecanismos de erosão e do intemperismo fizeram sentir-se ou adicionaram-se com maior ou menor intensidade.



As passagens de uma superfície a outra, com maior declividade, estiveram sujeitas em todos os ciclos a ações erosivas mais intensas, que provocavam continuamente o "rejuvenescimento" do material: o mesmo raciocínio pode ser estendido para as vertentes atuais dos vales da Depressão Periférica, pois também representam uma passagem de superfícies cimeiras para inferiores, as várzeas, e foram esculpidas mais recente e intensamente pela erosão, que provocou o "rejuvenescimento" do seu material. Nessas situações topográficas são encontrados os solos menos intemperizados, sendo comuns os litossolos cujos perfis, além de mostrarem grande quantidade de minerais primários, não apresentam organização completa em horizontes. É bem provável que pelo menos parcialmente os PVp RC-60 e PVLsB RC-35 possam ser enquadrados nesse caso.

Assim, em função da posição ocupada pelos perfis dentro do relevo regional pode-se propor um agrupamento de solos, que obedece uma escala decrescente de intemperismo e antiguidade de exposição a êses processos:

1. Solos com relação  $k_i$  muito elevada, podendo conter minerais primários alteráveis e minerais de argila 2:1, relação silte/argila elevada, capacidade de troca de cátions elevada a muito elevada, perfis rasos raramente atingindo 100 cm, podendo apresentar horizonte B textural; regionalmente são representados por perfis formados sobre arenito Botucatu e sedimentos finos da formação Estrada Nova: litossolos e PVp RC-60; ocorrem em superfícies esculturais bastante recentes, quaternárias, relacionadas pelo menos parcialmente aos segundo e terceiro períodos glaciais, nas rupturas de gradiente das vertentes e passagens de superfície mais antiga para mais recente.
2. Solos com relação  $k_i$  média, fração argila composta de caulinita acompanhada de pequena proporção de gibsita, com dois sub-tipos:
  - 2.1. presença de minerais alteráveis, relação silte/argila média, profundidade média (200 cm) podendo apresentar horizonte B textural, capacidade de troca média; regionalmente representados por perfis formados sobre arenito Botucatu: PVLsB RC-35 e similares; ocorrem em superfícies de erosão quaternárias, pelo menos em parte relacionadas ao segundo período glacial.
  - 2.2. ausência de minerais primários alteráveis, relação silte/argila média a baixa, capacidade de troca de cátions média a baixa, profundidade máxima não determinada porém superior a 200 cm, com possibilidade de horizonte B textural; regionalmente corresponde aos solos formados sobre sedimentos néo-cenozóicos: PVLsN RC-58 e similares; ocorrem em superfícies de erosão quaternárias, provavelmente relacionadas ao primeiro período glacial.
3. Solos com relação  $k_i$  baixa (1,5), caulinita acompanhada de gibsita, ausência de minerais primários alteráveis, relação silte/argila elevada, capacidade de troca de cátions elevada, profundidade máxima não determinada porém superior a 200 cm, podendo apresentar ho-

rizonte B textural; formados sobre rochas básicas (TRE RC-50); ocorrem em superfícies de erosão quaternárias relacionadas ao segundo período glacial; é provável que perfis análogos, porém com relação  $k_i$  mais elevada, possam ocorrer em situações diversas, relacionadas a períodos mais recentes do quaternário.

4. Solos com relação  $k_i$  muito baixa ( $< 1,33$ ) contendo teores elevados de gibsita acompanhando a caulinita, ausência de minerais alteráveis, profundidade geralmente grande, maior que 400 cm, ausência de horizonte B textural, com dois sub-tipos:
  - 4.1. relação silte/argila média a elevada, capacidade de troca média, regionalmente representados por solos formados sobre rochas básicas: LR RC-7; ocorrem em superfícies de erosão terciárias (oligo-pliocênicas?).
  - 4.2. relação silte/argila baixa, capacidade de troca baixa, regionalmente correspondendo aos solos formados sobre os sedimentos arenosos da Serra de Santana: LVA RC-34 e similares; ocorrem em superfícies de erosão terciárias (oligo-pliocênicas?).

Além desses agrupamentos aparecem outros, como os aluviões e hidromórficos, que não figuram no esquema por estarem sujeitos a processos "não normais" de pedogênese.

Ao traçar as etapas da morfogênese regional ficou clara a ocorrência de ciclos climáticos alternando umidade e aridez. Essas considerações, relacionadas ao comportamento ou dinâmica biológica dos elementos nos diferentes tipos de vegetação que ocorriam na região durante cada ciclo, alguns subsistindo até hoje, permitem traçar as etapas de evolução dos solos. Cada etapa seria caracterizada por graus diversos de perdas em bases e sílica e aumentos residuais de ferro e alumina (acumulações relativa e absoluta), o que explicaria a existência de perfis apresentando graus diferentes de intemperismo:

1. Os ciclos de umidade elevada, correspondendo à erosão linear, apresentam vegetação do tipo florestal e se traduzem por um geoquimismo intenso, com alteração profunda das rochas, decomposição dos minerais e liberação dos elementos num sentido provavelmente análogo ao registrado hoje em dia. A dinâmica bastante intensa do ciclo biológico dos elementos, apresentada por aquele tipo de vegetação, mobiliza uma parte dos elementos liberados; o excedente, que a floresta não tem capacidade de manter no ciclo absorção — deposição — absorção, migra em profundidade ou é exportado pelas soluções. O empobrecimento é rápido inicialmente, isto é, na zona de ataque, porém posteriormente, isto é, no perfil do solo, torna-se lento e progressivo. ERHART (1956) distinguiu duas consequências do período florestal, definindo sua importância geoquímica nas zonas tropicais:
  - todas as bases alcalinas e alcalino-terrosas, a sílica dos silicatos outros que não a caulinita, tendem a ser exportados, constituindo a "fase migratória solúvel";
  - pela alteração devido ao intemperismo tropical, formam-se argilas "lateríticas" ou alites, constituídas essencialmente de quartzo, caulinita, hidróxidos de ferro e alumínio, constituindo os "minerais residuais da pedogênese".

2. A modificação do clima para semi-aridez é acompanhada, pelo menos durante o quaternário, por abaixamento sensível de temperatura (BIGARELLA & col., 1965; CRISTOFOLETTI, 1968); as ações geoquímicas na zona de ataque são menos intensas, com menor alteração das rochas e liberação dos elementos; os processos de desagregação física das rochas, característicos desses sistemas morfoclimáticos, poderiam ser intensificados em certos casos por fenômenos de gelivação. A vegetação tornar-se-ia menos densa e menos efetiva na proteção do solo contra a erosão; manteria uma dinâmica biológica dos elementos absorção — deposição — absorção bem menos elevada, fixando apenas parte daqueles que foram mobilizados na fase florestal anterior, possibilitando maior migração dos excedentes e empobrecimento mais rápido do perfil de solo. Enquanto o relevo apresenta deolvidades importantes, as ações erosivas fazem sentir-se mais intensamente e traduzem-se por grande transporte e retrabalhamento do material: as chuvas concentradas e o escoamento do tipo torrencial encontrariam as superfícies cobertas por material fino, facilmente arrastável, resultante do intemperismo de dominância química da fase anterior; isso provavelmente explicaria o início da grande expansão lateral das superfícies nessa fase.

O material desagregado seria transportado à curta distância, muitas vezes sob forma de lama, depositar-se-ia aleatoriamente de início nas calhas dos rios, posteriormente sobre a própria superficial elaborada pela desagregação lateral. Devido à suavização do relevo, a erosão passaria a agir com menor intensidade, mesmo se a vegetação não fosse de tipo a oferecer proteção efetiva.

Agindo sobre esse material, em condições deficitárias de umidade e temperatura, a alteração e decomposição das rochas e minerais seriam relativamente reduzidas; as superfícies de deposição apresentariam minerais não alterados juntamente com aqueles que o foram na fase anterior.

3. Com o aumento da pluviometria, a vegetação talvez levasse algum tempo para adaptar-se e o ciclo biológico dos elementos não apresentaria, desde o início, um índice elevado; o aumento de umidade provocaria aumento de percolação das soluções nos perfis de solo, provocando perdas bastante rápidas e maciças dos elementos. Onde a erosão linear pudesse sentir-se mais intensamente o material seria arrastado, aparecendo as formações geológicas subjacentes que passariam a sofrer as ações do intemperismo de dominância química; estaria definido o fenômeno de "rejuvenescimento" do material.

Na realidade, dois aspectos precisariam ser considerados. Nas áreas onde houve "rejuvenescimento", a pedogênese começa a atuar sobre material pouco ou menos intemperizado, dando como resultado o aparecimento de um tipo de solo com características que poderiam estar relacionadas ao clima vigente. O aumento da densidade de vegetação provocaria, a um determinado instante, o estabelecimento do equilíbrio biológico dos elementos dentro do perfil de solo, referido mais atrás.

Nas áreas remanescentes do período anterior, que a erosão linear não conseguiu destruir, a pedogênese atua sobre material previamente intemperizado, e tanto mais quanto mais tiver sido exposto à essa sucessão de ciclos de erosão ou morfoclimáticos. O aumento da densidade de vegetação, possibilitado pelo clima, permitiria chegar a um novo equilíbrio no ciclo biológico dos elementos, porém esse equilíbrio seria a nível de valores mais baixo do que o primeiro, por manifestar-se sobre material mais empobrecido. O volume de solo explorado seria maior do que o inicial e poderia compensar, em parte ou totalmente, a maior pobreza por unidade de volume. Porém, a um determinado momento, o empobrecimento seria de tal ordem que o solo, mesmo apresentando grande volume disponível, não teria mais condições para manter outro tipo de vegetação que aquêle pouco denso e frugal como o cerrado.

A sucessão desses ciclos levaria certos solos ao que hoje são, extremamente lixiviados, com fase migratória solúvel muito reduzida e grande quantidade de certos minerais residuais da pedogênese. A cada mudança de ciclo climático novos materiais seriam expostos ao intemperismo pelas ações erosivas. Estas teriam uma ação que, melhor que rejuvenescedora, poderia ser denominada renovadora, pois na realidade renova os materiais expostos à pedogênese. Essa seria a razão do aparecimento, numa mesma região e ao mesmo tempo, de materiais expostos recentemente ou pretêritamente ao intemperismo, originando o atual mosaico de solos com indícios de diferentes estágios de evolução.

Essa esquematização permite chegar a uma conclusão que parece-nos importante na apreciação dos solos tropicais: tôdas as vêzes que um perfil apresenta quantidade elevadas de gibsita acompanhando a caulinita (ou ki baixo), duas hipóteses permitem explicá-la:

1. trata-se de solo proveniente de material de origem sujeito a intemperismo, retrabalhamento e remanejamento por ciclos morfogenéticos sucessivos e que permanece como um depósito superficial correlativo de fases erosivas anteriores; quanto mais antiga a superfície de erosão tanto mais elevado o teor de gibsita. No Brasil de Sudeste essas superfícies de erosão corresponderiam a fases de pediplanação ou pedimentação.
2. trata-se de solo proveniente de rochas ricas em elementos ferro-magnesianos e bases e pobres em quartzo, como o basalto ou diabásio, que possibilita em clima úmido a lixiviação intensa e rápida da sílica nas primeiras fases de alteração.

É preciso salientar que os mecanismos e processos que regeram a morfogênese e são responsáveis pela distribuição dos solos da Serra de Santana não são exclusivos dessa porção de contacto da Depressão

Periférica com o Planalto Ocidental. São extensivos a grandes parcelas do território nacional, em especial o Estado de São Paulo, como aliás tivemos a oportunidade de observar em pesquisas recentes (CARVALHO & col., 1968; MONIZ & CARVALHO, 1967).

Há ainda a considerar a presença de solos com nítido horizonte de acumulação de argila ao lado de perfis homogêneos sob o ponto de vista textural. A análise das condições climáticas regionais não indicou diferenças significativas entre as áreas de latossolos e de solos com horizonte B textural que, ainda, são análogas às de vastas parcelas do Estado de São Paulo, não permitindo invocá-las como fator responsável pelas diferenças entre os perfis.

Ao que tudo indica, à medida que aumenta o grau de intemperismo o perfil torna-se mais homogêneo, diminuindo a distinção entre os horizontes e desaparecendo o B textural. MOHR & Van BAREN (1954), ao discutir a homogeneidade textural dos solos lateríticos profundos (latossolos), aventaram a possibilidade de ocorrência de fenômenos de iluviação ou, então, de neogênese da argila nas camadas superiores. PENDLETON (1947) sugeriu que solos vermelhos (red earths) da região dos "black cotton soils" da Índia seriam na realidade horizonte B de solos lateríticos, cujo horizonte A teria sido erodido.

A nosso ver, nem a hipótese de PENDLETON nem as de MOHR & Van BAREN se ajustam à homogeneidade que se observa em espessuras consideráveis dos latossolos. Os fenômenos de iluviação por ascensão são muito limitados e a neogênese restaria a provar, sobretudo pela necessidade de adição externa de quantidades consideráveis de sílica. Por outro lado, a simples remoção dos horizontes superiores pela erosão não seria suficiente para explicar a homogeneidade até grande profundidade; esta hipótese, quando muito, poderia explicar a ausência de horizonte superficial mais diferenciado do restante do perfil.

Na Serra de Santana foi possível observar a grande atividade de certos organismos, sobretudo as saúvas. Mesmo não tendo sido efetuada medida quantitativa de sua ação, pode-se supor exercerem influência remanejadora bastante intensa, responsável por uma certa homogeneização do material e talvez mascaramento de estratificação. Porém essa atividade não nos parece suficientemente intensa para explicar a ausência de horizonte de acumulação, pois outros solos da região e do Estado, como os LR, cuja macrofauna é menor, também não apresentam o B textural.

Finalmente, a grande homogeneidade dos solos tropicais poderia ter uma explicação na maneira com que seus materiais originais se formam. Na região estudada eles correspondem a depósitos de pedimentação e estes, pelas próprias características do processo que lhes dá origem, podem apresentar grande homogeneidade espacial e em profundidade. No entanto, os processos responsáveis pela formação dos perfis com horizonte B textural são posteriores à deposição desses sedimentos e deveriam também ter agido sobre eles; lembramos que em pesquisas anteriores foi possível mostrar a ocorrência de processos de migração de partículas finas, nesses solos, apenas com intensidade muito menor do que nos que apresentam horizonte argílico.

A nosso ver nenhuma das hipóteses acima relacionadas, isolada ou conjugadamente, explica a ausência de perfis com horizonte de acumulação de argila em região onde esse fenômeno ocorre.

A constituição mineralógica dos perfis com B latossólico e B textural é nitidamente diferente: os primeiros apresentam quantidades consideráveis de gibsitita acompanhando a caulinita e esta, além disso, parece apresentar-se em cristais maiores ou com grau de cristalinidade mais elevado. Os segundos apresentam pouca ou nenhuma gibsitita e a caulinita não estaria tão bem cristalizada e seu tamanho seria menor. A atividade da fração argila, revelada pela retenção de umidade, capacidade de troca de cátions, soma de bases, etc., parece também intimamente relacionada às características mineralógicas e é claramente menor nos latossolos.

Essas duas características diferenciais poderiam estar relacionadas à presença ou ausência de migrações. O maior tamanho das partículas de argila poderia dificultar seu deslocamento, adicionado da menor capacidade de reação a agentes ou condições específicas do meio que favorecem o fenômeno, já que sua atividade é mais baixa.

Acreditamos estar a variação textural dos solos, isto é, a possibilidade de migração de argila no interior dos perfis, relacionada tanto às características mineralógicas da fração argila, que condicionam sua atividade específica, quanto a certas condições do meio como o pH, saturação em bases, presença ou dominância de certos íons, como HALLSWORTH (1963) observara em estudos experimentais. Pode-se salientar, por exemplo, que tanto os latossolos da Serra de Santana como os seus congêneres do Estado são geralmente dessaturados e, além dis

so, parecem apresentar predominantemente íons  $\text{Ca}^{++}$ , cuja ação flocculante é bastante conhecida. No entanto, no âmbito deste trabalho, não foi possível encontrar elementos para uma apreciação mais objetiva do problema, tanto quantitativamente quanto qualitativamente, e que representa, provavelmente, um dos aspectos mais importantes do conhecimento dos solos tropicais.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### Os solos da Serra de Santana e sua classificação

As classificações modernas procuram agrupar os solos segundo conceitos genéticos, baseados na interpretação dos perfis com tôdas as suas características. Em alguns casos, as diferenças de constituição entre a rocha e o solo, relacionadas a fatores de formação, sobretudo climáticos, servem de base para deduzir o processo pedológico a que êste esteve sujeito.

Na definição dos solos das regiões tropicais úmidas, essas classificações empregam muitas vêzes um certo número de índices, como relação  $k_1$ , constituição mineralógica da fração argila, atividade do complexo definida pela CTC, estado de saturação de bases, presença ou ausência de certos horizontes diagnósticos, indícios de migração de argila, etc.; êsses índices, na maior parte dos casos, permitem distinguir perfis diferentes. A relação  $k_1$ , entre outras, foi muitas vêzes empregada na tentativa de definição do grau de intemperismo, e os solos tropicais com relação  $k_1$  inferior a dois são considerados intensamente intemperizados.

O fator bioclimático apresenta variações que levam ao zoneamento do mundo em regiões de diferentes intensidades de intemperismo. No entanto, como foi visto no correr dêste trabalho, há pelo menos duas condições regionais ou locais que modificam as características "zonais", que podem entre outras cousas provocar o aparecimento de relação  $k_1$  baixa: tempo de exposição aos fatores ativos e qualidade do material geológico sôbre o qual atuou.

É sôbre o fator tempo de exposição que nos determos mais, já que o zoneamento climático pode ser considerado como um fator regionalmente constante e o material de origem como uma espécie de fator de condicionamento.

A rápida vista de olhos sôbre a literatura pedológica tropical, feita no início dêste trabalho, relacionada às nossas observações, permite destacar alguns fatos que reputamos de grande importância para a compreensão da distribuição e classificação dos solos das regiões tropicais úmidas, em especial o Brasil de Sudeste.

Foi constatada bastante recentemente pelos pedólogos a importância da evolução do relevo no condicionamento da distribuição dos solos das regiões tropicais úmidas.

Podemos ressaltar inicialmente as inúmeras referências à presença de superfícies de aplainamento, definidas geralmente como testemunhos de diferentes ciclos de erosão, que representam a sucessão das flutuações climáticas que conheceram a superfície terrestre pelo menos durante o quaternário e mesmo a partir do terciário.

Essas superfícies ocupam geralmente posições de realce na paisagem, permitindo facilmente sua distinção: constituem áreas sobrelevadas, apresentam bordos mais ou menos escarpados, dissecados pela erosão. No seu interior podem ocorrer elevações, morros testemunhos, "inselbergs", e abaixo podem ocorrer níveis escalonados, que constituem remanescentes de outras tantas superfícies de erosão, formadas em ciclos posteriores.

Essas superfícies estão comumente recobertas por material de origem sedimentar, que pode alcançar grande espessura e que nem sempre apresenta estratificação visível ou relação com as formações geológicas sotopostas. A deposição desse material de recobrimento deu-se em condições climáticas variáveis, geralmente com umidade escassa e quase sempre totalmente diversas das condições atuais. É comum, e poder-se-ia afirmar ser quase regra geral, a presença de linhas de seixos ou cascalheiras em profundidade, compostas o mais das vezes por seixos de quartzo e concreções ferruginosas; representariam na realidade uma inconformidade erosiva entre o material superficial e aquele que se encontra sotoposto, que geralmente corresponde a entidade geológica bem definida ou a um perfil truncado e fóssil.

Esses testemunhos de ciclos de erosão apresentam muitas vezes nos seus bordos bancadas lateríticas, ou couraças ferruginosas segundo a nomenclatura africana; as pesquisas efetuadas naquele continente indicam representarem aspectos reliquiais de condições passadas corresponderiam à acumulação residual de sesquióxidos no tempo e no espaço. A formação dessas couraças ou bancadas lateríticas poderia prosseguir em nossos dias, mas far-se-ia pelo menos em parte às custas de acumulação de sesquióxidos, nas partes baixas do relevo, liberados dos corpos ferruginosos mais antigos, atualmente atacados pelo intemperismo e erosão. Assim, a presença desses corpos lateríticos endurecidos, ou de seus restos sob a forma de concreções, pode ser tomada como indício

bastante seguro da antiguidade geológica do material onde se insere, pois os processos de migração e acumulação dos quais resultam podem ser considerados pedologicamente antigos ou enquadrados dentro dos processos geológicos.

As superfícies de erosão mais antigas apresentam comumente latossolos, segundo a classificação americana de 1949, ou ferralíticos típicos, de acordo com a nomenclatura mais comumente adotada na África. São solos profundos, com pequena distinção de horizontes, onde é extremamente difícil definir o material de origem ou, pelo menos, distingui-lo do "solum" como assinalaram KELLOGG & DAVOL. Esses solos apresentam estreita relação com o material sedimentar de recobrimento e pouca ou nenhuma com as formações geológicas sotopostas, e sua presença seria outro testemunho da antiguidade dos processos que lhe deram origem.

A elaboração das superfícies de erosão está vinculada à flutuações climáticas que afetaram o mundo tropical desde épocas bastante remotas, no Brasil de Sudeste as mais antigas relacionam-se ao terciário; é fácil concluir que o material que as recobre, incluindo os solos, esteve sujeito a sucessão de fases de intemperismo de sentidos diversos, porém cujos efeitos se adicionaram. Assim, os latossolos ou solos ferralíticos típicos devem ser encarados muito mais como solos complexos do que solos reliquiais, pois resultaram de ações bioclimáticas diferentes porém sucessivas e com efeitos cumulativos; apresentam um grau de intemperismo que as condições atuais, por si sós, nem sempre seriam capazes de reproduzir.

A sucessão de ciclos de erosão-aplainamento provocou o aparecimento de superfícies escalonadas, as mais novas embutidas nas mais velhas. O material que as recobre provém parcialmente dos níveis superiores e das formações geológicas locais; os solos apresentarão características crescentes de "juventude" das superfícies mais velhas para as mais recentes, que estiveram sujeitas a menor número de ciclos bioclimáticos ou, o que viria a ser o mesmo, a menor tempo de exposição; poder-se-ia falar, portanto, em maior ou menor tempo de ação de intemperismo. Esse fato acha-se refletido na elevação dos valores da relação  $K_1$ , diminuição progressiva dos teores de gibsitá, elevação dos valores de CTC específica e, até, aparecimento gradual de minerais primários alteráveis.

A sucessão dos ciclos bioclimáticos e morfogenéticos tem, assim, conseqüências pedológicas das mais importantes e que es-

tão relacionadas ao rejuvenescimento ou renovação do material sujeito ao intemperismo.

Finalmente, os bordos dissecados das superfícies representam as partes do relevo mais atacadas pela erosão, mais rejuvenescidas, e onde o intemperismo seria seguramente mais "atual"; da mesma forma, o entalhamento mais profundo da última superfície pela erosão linear, correspondendo ao ciclo mais moderno, expõe materiais que ficarão sujeitos ao intemperismo mais "atual". Seus solos corresponderiam mais de perto a um tipo de evolução ligado às últimas oscilações climáticas do quaternário. Não devemos esquecer que no Brasil de Sudeste a última fase semi-árida ou sub-úmida, conseqüente ao período de elaboração dos vales atuais, não teria sido suficientemente prolongada para marcar a topografia, a não ser pela construção de terraços aluviais, e os solos presentes nas encostas raramente representariam tendência ou evolução relacionada apenas a um ciclo bioclimático.

É nessas partes do relevo que são encontrados mais comumente os solos rasos, litossolos, podzólicos vermelho amarelo, pardos tropicais eutróficos, abundantemente referidos na literatura, e cujas características principais seriam relação  $k_1$  próxima ou superior a 2, presença de minerais primários não alterados ou minerais em trânsito segundo LELONG & MILLOT (1966) e ausência de gibsitita. É importante observar que inúmeras pesquisas sobre alteração das rochas, em região tropical, registram a presença de gibsitita nos estágios iniciais, por exemplo pseudomórfica em feldspatos; contudo, nas camadas imediatamente superiores à zona de alteração ela desapareceria, o que leva a supor a presença de processos de ressilicatização que, no entanto, restam a provar.

Como é possível verificar, o estudo regional da Serra de Santana leva a separar os solos que representam ações e processos ligados a um ou a vários ciclos sucessivos de intemperismo. O estudo da gênese desses solos e seu relacionamento com os fatores de formação atualmente imperantes pressupõem a separação preliminar de uns e outros, a fim de poder estabelecer com maior segurança a distinção entre o que advém da pedogênese atual e aquilo que é herdado. Essa tem sido, a nosso ver, a principal dificuldade apresentada no estudo de solos tropicais, que se resume muitas vezes numa aparente impossibilidade em relacionar os objetos com as causas, como aliás já entre vira MAIGNIEN (1960).

Atentando para êsse fato, KUBIENA (1953) apresentara ao IV Congresso Internacional sôbre o Quaternário um ensaio de classificação dos solos segundo a idade, distinguindo básicamente os autóctones dos formados sôbre sedimentos de solos. No Congresso Internacional de Solos de Paris (1956) GLANGEAUD propôs a distinção entre solos monofásicos, quando formados numa só fase bioclimática, e polifásicos; segundo êsse autor, só o estudo dos primeiros poderia trazer elementos para a apreciação da pedogênese e seu relacionamento aos fatores de formação. No mesmo sentido, D'HOORE (1956) propôs a distinção entre solos de 1ª e 2ª ciclos; como exemplo da superimposição bastante generalizada dos ciclos nas regiões intertropicais êsse autor observara que a maior parte das acumulações de ferro deve ser considerada como um legado de processos passados. Retomando a proposição de KUBIENA, GEZE (1959) distinguiu três categorias, cada qual compreendendo subdivisões: solos atuais, solos herdados e solos fósseis; denominou paleossolos os da segunda categoria, afirmando que muitos perfis estudados hoje em dia apresentam características que não correspondem às condições atuais de evolução.

Seria possível apresentar tentativamente uma distinção entre os solos da Serra de Santana de acôrdo com êsses critérios. A maioria seria considerada polifásica, por ter sofrido a influência de mais de um ciclo bioclimático. Somente os litossolos, entre os perfis desenvolvidos sob condições normais de movimentação das soluções, poderiam ser denominados monofásicos. Mesmo um perfil raso como o PVp RC-60 não pode ser considerado totalmente monofásico, já que teria sofrido pelo menos a influência de uma alternância de climas pré-holocênica.

Por outro lado, parece ser possível a distinção de pelo menos três categorias de polifásicos, em função da superimposição de maior ou menor número de ciclos de intemperismo: solos polifásicos terciários, correspondendo aos latossolos vermelho amarelo e latossolos roxos pelo menos em parte; solos polifásicos do quaternário inferior, correspondendo a podzólicos vermelho amarelo "intergrades" e solos polifásicos do quaternário médio, correspondendo a podzólicos vermelho amarelo. Os perfis de solos hidromórficos que desenvolvem em condições anormais de movimentação das soluções, podem tanto ser monofásicos como polifásicos, representando o perfil RC-46 um exemplo dos primeiros e o RC-42 dos segundos, onde claramente se per-

cebe a superimposição de condições atuais sôbre um material prèviamente intemperizado em outro ambiente.

O relacionamento das características apresentadas pelos perfis com processos pedogenéticos inferidos das condições bioalimáticas atuais deve ser encarado com muita prudência. Como AUBERT (1960) teve a oportunidade de frisar, a antiguidade e grande profundidade dos solos das regiões tropicais úmidas parece indicar que aquilo que se passa atualmente na zona de alteração pode ter pouca relação com o material superposto e recebe influência de fatores às vèzes fracamente relacionados aos clássicos fatores pedogenéticos. Além disso, é forçoso admitir uma separação, que é mais do que uma simples conceituação teórica, entre o perfil de alteração, representado pela camada de rocha atualmente sofrendo o intemperismo, e o perfil pedológico propriamente dito ou, em outras palavras, a separação dos processos de formação de um "material de origem", em profundidade, daqueles responsáveis pela sua evolução e organização posterior em perfil de solo.

No entanto, as poucas e raras pesquisas a respeito da alteração de rochas em zona tropical úmida apresentam resultados que nem sempre podem ser empregados para uma interpretação global dos fenômenos apontados. Tratam mais comumente de problemas de alteração de rochas ígneas ácidas ou básicas e procuram geralmente correlacionar os resultados com o perfil do solo sobreposto. Esses trabalhos têm tomado o perfil do solo como um prolongamento natural do material que está intemperizado em profundidade, procurando definir os processos como se fôsem contínuos desde a rocha até a superfície. Raramente levam em consideração que entre a rocha atualmente em alteração e o solo possa ocorrer um hiato, comparável a uma discordância geológica, e que os processos que atuaram acima dessa discordância são complexos e de natureza variada.

Somos levados, assim, a distinguir processos de desagregação e alteração das rochas dos processos pedológicos de formação e organização dos perfis, ambos sendo partes de um fenômeno mais amplo que seria definido como intemperismo. Os dois processos podem ser quase contemporâneos e simultâneos, no caso dos monofásicos, ou podem ser contemporâneos mas não simultâneos, no caso dos polifásicos; neste caso, o que se processa com as rochas em profundidade pode não ter nenhuma relação com alguns ou muitos dos eventos responsáveis pela de finição do perfil de solo.

Chamamos a atenção, ainda, para a necessidade de interpretar os solos e sua gênese, nas regiões intertropicais, levando em conta não só a ocorrência da alternância de ciclos bioclimáticos e morfogenéticos, mas também a importância de cada ciclo, em termos de duração e de suas características gerais, sobretudo umidade e temperatura. Cada ciclo seria definido por uma intensidade bioclimática, com evidente influência diferencial sobre a evolução dos solos; da mesma forma que hoje em dia é lícito pensar-se em zoneamentos bioclimáticos, poder-se-ia pensar em termos de zoneamentos páleo-climáticos. Se as observações efetuadas na região da Serra de Santana são válidas para a maior parte do Brasil de Sudeste, em outras áreas onde fenômenos páleo-climáticos homólogos, não totalmente análogos, se registraram, seria necessário proceder a pesquisa de detalhe, procurando identificar os tipos de solo em função das influências recebidas, pois possivelmente o grau de intemperismo denotado seria diverso para fases homólogas: é bem provável que nas atuais regiões mais úmidas e quentes o grau de intemperismo denotado pelos latossolos da Serra de Santana tenha sido atingido em lapso de tempo mais curto, ou em menor número de ciclos bioclimáticos.

Além disso, no caso específico da Serra de Santana, apesar da alternância dos ciclos com variações sensíveis de umidade e temperatura, portanto do sentido geral do intemperismo em cada ciclo, parece ser possível afirmar que o resultado final reflete muito mais intensamente os processos correspondentes às fases úmidas e quentes e que os solos, pelo menos nas suas características mais gerais, seriam apenas decorrentes desses processos: nos perfis analisados não foram encontrados indícios que pudessem sugerir sua relação com fase mais seca e mais fria.

Sob esse aspecto, tudo indica que se possa considerar os processos de alteração das rochas até a organização dos perfis, e evolução posterior destes, como uma espécie de sistema contínuo porém não fechado, como POLYNOV (1937) imaginara: a permanência do solo e sua exposição aos diversos ciclos permitiria a passagem gradativa de um tipo a outro, por processos e mecanismos ainda quase que totalmente desconhecidos. Tal sistema não seria fechado, pois a cada etapa o material poderia renovar-se parcialmente quer pela adição de novos elementos como pela remoção de antigos. A remoção total do solo interromperia um sistema, mas daria imediatamente início a outro; este,



aparentemente pelo menos, poderia chegar aos mesmos resultados do anterior a um momento dado, mesmo se a sucessão de fatos não fôsse a mesma, mas apenas as conseqüências.

A discussão dessa questão levanta ainda a problemática da classificação dos solos tropicais, tal como o fizemos de início. A maioria dos critérios empregados até hoje não leva na devida conta certos fatos referidos neste trabalho e intimamente relacionados aos solos tropicais; se não chegam totalmente a invalidá-las, mostram claramente que não podemos emprestar-lhes a qualificação genética, pois são muito mais sintético-morfológicas, agrupando solos por semelhanças de características nem sempre originadas pelos mesmos processos.

Na região da Serra de Santana, e provavelmente em extensas porções das regiões intertropicais úmidas onde o fenômeno se observa, seria possível definir um processo geral, que tende a levar o solo ao grau máximo de evolução regional observado. Esse processo corresponde a uma liberação gradativamente mais intensa de sesquióxidos, que substituem a caulinita; esta parece ser destruída depois de sofrer certas transformações.

Esse processo definiria o grau hierárquico superior de uma classificação genética; as gradações entre os perfis, que corresponderiam a fases do processo geral ou, muitas vezes, à qualidade do material de origem, representariam sub-níveis daquele grau superior. Teríamos definidas dessa maneira as classes e subclasses, ou as ordens e sub-ordens. Esses subníveis seriam, na realidade, o reflexo de uma combinação muito ampla e variada de fatores entre os quais dois com dominância imediata e importância análoga: o material de origem e o tempo de exposição aos agentes do intemperismo ou, em outras palavras, a identificação com a paisagem e sua evolução. Dessa maneira, só seriam agrupados no mesmo nível hierárquico os perfis que apresentassem processos formacionais análogos, mas que nem sempre corresponderiam a características rigorosamente idênticas.

É bem provável que nesse nível entrasse a distinção entre perfis pela presença ou ausência de horizonte argílico, que constituiria mais uma característica intrínseca relacionada a uma certa fase ou estágio de evolução, processada sob condições determinadas, do que propriamente separando e distinguindo processos pedológicos diversos.

Para finalizar, é preciso lembrar que as classificações de solos necessitam apresentar um cunho prático: elas devem permitir a separação das diferentes unidades de solo no campo, sem recorrer a métodos complicados ou demorados de laboratório. Nesse sentido, as classificações de cunho morfológico seriam as mais indicadas para a fase atual dos nossos conhecimentos, pois permitiriam separar de maneira cômoda e simples objetos significativamente diferentes. Todas as tentativas e proposições de classificação, empregando índices analíticos para a distinção entre as unidades, como por exemplo a de BEN NEMA & CAMARGO, deixam de apresentar interesse prático imediato, pois êsses índices nem sempre se traduzem em características morfológicas exibidas no perfil de solo.

Ao que tudo indica, como a interpretação dos resultados analíticos e morfológicos dos perfis da Serra de Santana mostrou, seria possível distinguir algumas categorias de solos das regiões tropicais úmidas brasileiras por características morfológicas relacionadas aos diversos estágios de intemperismo: os B latossólicos, os "intergrades" denominados fracamente ferralíticos ou ferrisols na África, e os B textural com podzólicos vermelho amarelo, muitas vezes aparentados aos ferruginosos tropicais.

Essa distinção aparece claramente na carta de solos da África (D'HOORE, 1964), vindo adicionada de um agrupamento, os pardotropicals eutróficos, que em muitos casos poderiam ser considerados os precursores dos B texturais. Porém a legenda dessa carta não chega propriamente a propor uma classificação.

A classificação de AUBERT (AUBERT & SEGALEN, 1962; AUBERT & BOULAINÉ, 1967) parece atender mais de perto à definição do processo único dessas regiões, ao nível hierárquico mais elevado, pois apresenta uma grande classe de solos tropicais, correspondente àqueles exibindo intensa liberação de sesquióxidos. Porém no nível de subclasse distinguem apenas os ferruginosos tropicais e ferralíticos, êstes englobando os fracamente ferralíticos equivalentes aos "intergrades" ou ferrisols. Também os pardos tropicais, sobretudo aquêles mais relacionados com as regiões úmidas, não são enquadrados nessa classe mas na de solos com humus do tipo "mull".

A proposição de SYS (1959) parece-nos mais correta, pois é a única que coloca os litossolos junto às outras categorias: êles representam com toda a certeza uma das primeiras fases dos processos

pedogenéticos tropicais úmidos. Além disso, distingue ao mesmo nível hierárquico (grande grupo) as outras unidades de solo presentes e que representam, a nosso ver, apenas fases de um mesmo processo.

Seria possível pensar o agrupamento dos solos tropicais numa única classe ou ordem, definida por processos que resultam em intensa liberação de sesquióxidos. Poderíamos distinguir cinco sub-ordens, em função do grau crescente de intemperismo apresentado:

- solos recentes ou pouco desenvolvidos, contendo a maior parte dos litossolos atuais;
- solos pouco intemperizados, englobando os pardo eutróficos das regiões tropicais;
- solos medianamente intemperizados, correspondendo à grande parte dos podzólicos vermelho amarelo e ferruginosos tropicais;
- solos intemperizados contendo os "intergrades" e/ou ferrisols;
- solos muito intemperizados correspondendo aos latossolos e/ou ferralíticos.

O nível inferior de grande grupo seria definido em função do grau de desenvolvimento do perfil, presença ou ausência de aspectos morfológicos particulares, etc., isto é, estaria relacionado a processos pedogenéticos específicos. A menção ao fator tempo estaria implícita na sub-classe ou sub-ordem, ao passo que o material de origem introduziria correções ao nível de grande grupo.

## 7. R E S U M O

A região da Serra de Santana, pequena parcela de cuestas no contacto da Depressão Periférica com o Planalto Ocidental, apresenta duas sub-ordens "zonais" de solos, os de horizonte B latossólico e B textural, além dos hidromórficos e pouco desenvolvidos. Os estudos pedológicos do Brasil de Sudeste e do mundo intertropical úmido também registram esse fato, algumas vezes com observações a respeito da antiguidade dos latossolos e de ocuparem superfícies de erosão pretéritas.

A análise dos vários aspectos do meio físico permitiu uma certa compartimentação da área, relacionada à presença de pelo menos quatro superfícies de erosão. A evolução geomorfológica está intimamente relacionada aos eventos paleoclimáticos do quaternário e terciário, sobretudo modificações sucessivas dos regimes bioclimáticos. A partir do terciário médio ocorreram fases de pedimentação que deram origem àquelas superfícies, seguidas sempre de erosão linear com entalhamento. As várzeas aluviais podem ser consideradas como um quinto nível de erosão em elaboração. Esses fatos tiveram enorme repercussão sobre os solos e seus materiais de origem.

Essas superfícies mostram com freqüência a presença de materiais de recobrimento de origem pedimentar, provenientes do retrabalhamento de formações locais. A superfície mais antiga, de Santana, data provavelmente do terciário médio e foi elaborada parcialmente sobre rochas básicas e apresenta cobertura detrítica arenosa. Segue-se a superfície de Urucaia, plio-pleistocênica, também com sedimentos arenosos. Abaixo a superfície de Rio Claro, de extensão considerável, recoberta por material arenoso análogo ao anterior ou mostrando arenito Botucatu em certas áreas. Ao longo do vale do rio Corumbataí a superfície mais recente, provável terço pedimentar esculpido parcialmente sobre siltito Estrada Nova.

Quando esses níveis foram preservados, seus materiais ficaram sujeitos aos ciclos bioclimáticos que se sucederam, isto é, ficaram expostos ao intemperismo por espaço de tempo mais ou menos prolongado. Essa seria a principal razão do atual mosaico de solos mostrando diferentes graus de evolução, testemunhados pela mineralogia da fração argila, atividade do complexo de alteração ;

relação silte/argila, etc.. Os resultados da pesquisa indicam que somente materiais referentes ao terciário médio (?) mostram características de intemperismo intenso, sobretudo teores elevados de gibsita ( $> 30\%$ ); aqueles expostos a partir do quaternário superior apresentam caulinita como mineral predominante, acompanhada de pequena quantidade de gibsita, e a atividade do complexo é média a baixa. Os materiais correspondentes do quaternário médio contêm caulinita, teores variáveis mas baixos de gibsita e atividade do complexo média a elevada; os mais recentes podem apresentar argila 2:1 e atividade extremamente elevada.

O material de origem é fator condicionante dos processos: as rochas básicas alterando-se rápida e intensamente, apresentariam gibsita mesmo ocupando superfícies mais recentes.

O relacionamento do clima atual com os solos mostra não haver correspondência com a intensidade do intemperismo e com a ausência ou presença de horizontes B textural dos solos, indicando não ser fator preponderante na atual distribuição dos perfis.

A repartição dos diversos tipos de vegetação parece relacionada a certas características dos solos, sobretudo a textura, porém a presença do cerrado não é justificada nem pelo clima nem pelo solo isoladamente. O cerrado parece constituir, a exemplo dos solos, um elemento intimamente ligado à evolução da paisagem e aos ciclos bioclimáticos alternantes. Aparece claramente como uma associação vegetal reliquial, provavelmente relacionada a épocas mais secas e mantida atualmente por solos extremamente lixiviados.

É possível estabelecer a seguinte distribuição dos solos pelas diferentes superfícies:

- várzeas: aluviões e solos hidromórficos minerais ou orgânicos.
- Terraço pedimentar sobre Estrada Nova: podzólico vermelho amarelo variação Piracicaba, perfil raso com horizonte B textural e cerosidade, CTC elevada, relação  $k_1$  e silte/argila elevadas, presença de argila 2:1 e minerais alteráveis.
- Superfície Rio Claro sobre arenito Botucatu: podzólicos vermelho amarelo variação Laras, perfil de profundidade média, com horizonte B textural, sem cerosidade, CTC média a elevada, argila 1:1 e presença de pequena quantidade de gibsita, relações  $k_1$  e silte/argila médias.

Sôbre rochas básicas: terra roxa estruturada, perfil médio a profundo com horizonte B textural e cerosidade, CTC elevada, argila 1:1 e gibsita, relação ki média a baixa e silte/argila elevada.

- Superfície Urucaia sôbre sedimentos "néo-cenozóicos": podzólicos vermelho amarelo variação Laras, perfil profundo com horizonte B textural menos marcado, CTC média, argila 1:1 e gibsita com pequena quantidade, relação ki média e relação silte/argila média a baixa.
- Superfície de Santana sôbre sedimentos arenosos: latossolo vermelho amarelo fase arenosa, perfil muito profundo com horizonte B latossólico, CTC baixa, argila 1:1 e grande quantidade de gibsita, relações ki e silte/argila baixas.

Sôbre rochas básicas: latossolo roxo, perfil profundo com horizonte B latossólico, CTC média, argila 1:1 e gibsita em proporções consideráveis, relação ki baixa e silte/argila média.

- Nas rupturas de gradiente mais acentuadas, geralmente correspondendo às passagens de uma superfície a outra, são comuns os litossolos sôbre arenito Botucatu ou siltito Estrada Nova, com argila 1:1 e 2:1, minerais alteráveis, CTC elevada, relação silte/argila elevada.

Os resultados obtidos permitiram verificar que:

1. na região em estudo seria possível adotar os seguintes limites ki para a distinção dos solos:
  - < 1,33: solos com B latossólico = solos ferralíticos = ferralsols.
  - 1,33 a 1,80: alguns solos com B textural e "intergrades" = solos fracamente ferralíticos = ferrisols.
  - 1,80 a 2,20: solos com B textural = ferruginosos tropicais.
  - > 2,20: alguns solos com B textural, pardos tropicais eutróficos e litossolos.
2. Certas características analíticas parecem relacionadas ao ki:
  - a gibsita está presente com ki < 1,80; acima desaparece e ocorrem minerais alteráveis e até argila 2:1.
  - A atividade do complexo aumenta paralelamente à relação ki.
  - A relação silte/argila sofre o mesmo fenômeno, porém só é comparável quando relacionados solos provenientes de materiais de origem análogos.

- Os perfis com ki baixo apresentam elevada participação do cálcio na soma de bases.
  - A presença de sesquióxidos de ferro está relacionada em primeiro lugar ao material de origem, sendo sempre maior nos solos de ki mais alto.
3. A análise dos perfis de solo não permitiu encontrar nenhuma característica relacionada aos períodos mais secos, mesmo nos solos expostos ao intemperismo no pré-quadernário. A pedogênese dos períodos úmidos parece ter mascarado ou eliminado os indícios e o material apresenta-se atualmente como tendo sofrido um processo contínuo, análogo ao que tivesse ocorrido pela exposição somente ao clima tropical úmido.
  4. Nenhuma relação entre o clima atual e os solos permite explicar a presença de horizontes B texturais; é provável que essa presença esteja relacionada a características dos minerais componentes da fração argila, ao estado físico-químico do meio, etc..
  5. Nenhum fator isolado (erosão, ação de organismos, características mineralógicas) justifica a ausência de horizontes texturais nos latossolos; é provável, a exemplo do que foi dito acima, que certas condições do meio dificultem a migração da argila.

Uma rápida análise das classificações de solos permite verificar que algumas dessas características são levadas em consideração para a distinção de unidades taxonômicas. No entanto, raramente fazem menção aos fatores causais, sobretudo o relevo e sua evolução. Seria possível definir tentativamente os perfis a partir do número de ciclos paleoclimáticos a que estiverem expostos, separando inicialmente os monocíclicos dos policíclicos, e entre estes distinguindo os mais antigos. Considerando os fenômenos estudados como fases de um mesmo processo de intemperismo e pedogênese, seria possível estabelecer uma única classe (ou ordem) de solos das regiões intertropicais úmidas, provavelmente análoga à de AUBERT & DUCHAUFOUR (solos ricos em sesquióxidos), estabelecendo ao nível da subclasse as distinções pelo grau de intemperismo ou evolução, relacionado ao tempo de exposição (superfície de erosão) ou ao material de origem (rochas básicas).



L'interprétation des sols de la "Serra de Santana" et leur  
classification

R E S U M É E

La Serra de Santana représente une petite portion de la "cuesta" qui limite la Dépression Périphérique et les Hauts Plateaux Occidentaux et présente deux sous-ordres de sols "zonaux", les sols à horizon B textural et à horizon B latosolique, en plus des hydromorphes et sols peu évolués. Les études des sols au Sud-est du Brésil, ainsi que ceux du monde tropical humide, enregistrent aussi la présence de ces deux sous-ordres, interprétant parfois les latosols comme des paleosols occupant des surfaces d'érosion anciennes.

L'étude du milieu physique régional a permis la définition d'au moins quatre surfaces d'érosion. L'évolution géomorphologique est due aux événements paleoclimatiques du quaternaire et tertiaire, surtout liés à une alternance des cycles bio-climatiques d'humidité et d'aridité. A partir du tertiaire moyen plusieurs phases de pédimentation sont à l'origine des surfaces d'érosion, suivies de phases humides d'érosion linéaire avec dissection. Les vallées actuelles peuvent être considérées comme un cinquième niveau d'érosion en voie d'élaboration. Ces faits ont eu une grande répercussion sur les matériaux originaux et les sols.

Les surfaces d'érosion montrent fréquemment la présence de matériaux de recouvrement sédimentaire provenant du remaniement des formations géologiques sous-jacentes. La surface de Santana, la plus ancienne, est probablement du tertiaire moyen et montre un sédiment sablo-argileux. La surface de Urucaia, pliocène est elle aussi recouverte par des sédiments sableux. La surface de Rio Claro, d'une extension considérable, est recouverte partiellement par des sédiments sableux analogues aux précédents et par le grès de Botucatu. Tout au long de la vallée du fleuve Corumbataí apparaît la surface plus récente, une sorte de terrasse pédimentaire sculptée sur la formation limoneuse Estrada Nova.

La préservation de ces surfaces a permis à leurs matériaux de subir l'action des cycles bio-climatiques qui ont conduit à celui de leur élaboration, c'est à dire que les sols ont été exposés à l'altération pour un temps plus ou moins prolongé, donnant en conséquence une distribution de profils montrant différents indices d'évolution. L'analyse minéralogique, l'activité du com-

plexe d'altération, le rapport limon/argile, etc., rendent bien compte de ces différents degrés d'évolution et montrent que les sols exposés à partir du tertiaire peuvent être considérés comme les plus évolués, contenant un pourcentage plus élevé de gibsite. Ceux provenant du quaternaire supérieur présentent surtout la kaolinite et une petite quantité de gibsite, avec une activité moyenne du complexe d'altération. Les sols provenant du quaternaire moyen contiennent de la kaolinite accompagnée de gibsite, mais l'activité du complexe d'altération est plus élevée que précédemment. Finalement, les sols occupant les surfaces les plus récentes ne présentent pas de gibsite et contiennent parfois de l'argile 2:1.

L'étude montre l'absence de corrélations entre le degré d'altération des sols et le climat, ainsi qu'entre celui-ci et la présence des sols à horizon B textural. La répartition de la végétation est due à certaines caractéristiques des sols, surtout la texture, mais la présence de la savane ("cerrado") sur la surface de Santana ne peut pas être justifiée ni par le climat ni par le sol isolément. La savane ("cerrado"), à l'exemple des sols, semble bien constituer aussi un élément étroitement lié à l'évolution du paysage et à l'alternance des cycles bioclimatiques. Elle apparaît nettement comme une végétation remanescente d'une période plus aride et maintenue grâce à la pauvreté chimique des sols.

Il est possible d'établir une répartition des sols suivant l'âge des surfaces:

- vallées: alluvions et sols hydromorphes minéraux ou organiques.
- Terrasse pédimentaire sur formation Estrada Nova: podzoliques rouge jaune, variation Piracicaba, avec profil peu profond, horizon B textural et pellicule d'argile, CEC élevé, minéraux primaires et argile 2:1, rapports silice/alumine et limon/argile élevés.
- Surface Rio Claro sur grès Botucatu: podzoliques rouge jaune variation Laras, profil moyennement profond, horizon B textural, CEC moyenne, argile 1:1 et présence d'un peu de gibsite, rapports silice/alumine et limon/argile moyens.

Sur diabase: podzolique rouge jaune "terra roxa estruturada", profil moyennement profond à horizon B textural et pellicule d'argile, CEC élevée, argile 1:1 et gibsite, rapport silice/alumine moyen et limon/argile élevé.

- Surface Urucaia sur sédiments "néo-cénozoïques": podzoliques rouge jaune variation Laras, profil profond a horizon B textural, CEC moyenne à basse, argile 1:1 et gibsite, rapports silice/alumine moyen et limon/argile bas.

- Surface de Santana sur sédiments sablo-argileux: latosol rouge jaune phase sableuse, profil très profond à horizon B oxiqye, CEC basse, argile 1:1 accompagné de pourcentages élevés de gibsite, rapports silice/alumine et limon/argile bas.

Sur diabase: latosol "roxo", profil très profond à horizon oxiqye, CEC moyenne, argile 1:1 et participation élevée de gibsite, rapports silice/alumine bas et limon/argile moyen.

- Sur les ruptures de pente entre deux surfaces il apparaît des lithosols, soit sur le grès Botucatu soit sur le grès limoneux Estrada Nova, avec argile 1:1 ou 2:1, minéraux primaires, CEC élevée, rapport limon/argile élevé.

L'étude a permis de vérifier que:

1. il est possible d'adopter certaines limites du rapport silice/alumine pour distinguer les sols:

< 1,33 - sols à horizon B oxiqye = sols ferralitiques = ferralsols.

1,33 a 1,80 - sols à horizon B textural et "intergrades" = sols faiblement ferralitiques = ferrisols.

1,80 a 2,20 - sols à horizon B textural = sols ferrugiueux tropicaux,

> 2,20 - quelques sols à horizon B textural, brun eutrophes tropicaux et lithosols.

2. Certaines caractéristiques analytiques sont en rapport avec le  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ :

- la gibsite est toujours présente aux rapports silice/alumine > 1,80; en dessous elle disparaît et il est possible de trouver des minéraux primaires.

- l'activité du complexe d'altération augmente avec le rapport silice/alumine.

- le rapport limon/argile accompagne le  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ , mais il n'est comparable que sur les sols provenant du même matériau original.

- Les sols à rapport silice/alumine bas montrent une participation très élevée du calcium dans la somme de bases échangeables.

- la présence des oxydes et hydroxydes de fer est liée à la composition  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  bas.

3. L'analyse des profils n'a pas permis de déceler aucune caractéristique se rapportant aux périodes arides, même sur les sols les plus anciens. Tout se passe comme si la pédogénese en milieu humide était capable d'effacer les traces du cycle précédent et le sol se présente comme ayant subi un processus continu d'altération sur climat humide.
4. La présence d'un horizon B textural ne semble pas lié seulement au climat actuel; il est probable que la formation de cet horizon soit due aux caractéristiques des minéraux présents dans la fraction argile, aux conditions physico-chimiques du milieu, etc..
5. Aucun facteur - érosion, action d'organismes, caractéristiques minéralogiques, climat, etc. - ne justifie par lui-même l'absence d'un horizon d'accumulation dans les latosols; il est probable, à l'exemple des podzoliques rouges-jaunes, que certaines conditions du milieu et du comportement de la fraction argile en soient responsables.

Certaines caractéristiques des sols des régions tropicales humides sont à la base des classifications modernes pour distinguer les groupements. Cependant, il est très rare de trouver une référence aux facteurs responsables, surtout l'évolution géomorphologique du relief. Dans la région de la Serra de Santana il est possible de dresser une classification des profils sur la base des cycles paleo-climatiques auxquels ils ont été exposés, et de distinguer les sols monocycliques des polycycliques.

Si l'on considère les sols comme appartenant à un seul processus d'évolution, il serait possible d'établir une seule classe (ou ordre) de sols des régions tropicales humides, probablement analogue à celle de la classification de AUBERT & DUCHAUFOUR (sols à sesquioxydes); la distinction par le degré d'évolution (ou l'âge) serait faite au niveau des sous-classes, en rapport avec le temps d'exposition à l'altération (surfaces d'érosion) ou au matériau original (roches basiques).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz Nacib - 1949 - Regiões de circundesmudação pós-cretácea no planalto brasileiro. Bol. Paulista Geog., n. 1:3-21. São Paulo.
- AB'SABER, Aziz Nacib - 1954 - A geomorfologia do Estado de S. Paulo, in "Aspectos da vida bandeirante". Rio de Janeiro, G.N.G., p.1-97.
- AB'SABER, Aziz Nacib - 1960 - Posição das superfícies aplainadas no Planalto Brasileiro. Notícia Geomorfológica, n.5:52-54, Campinas.
- AB'SABER, Aziz Nacib - 1963 - Revisão do conhecimento sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. Bol. Univ. Parana, n.2, 32p. Curitiba, Cons. Pesq. Geog. Fis.
- AB'SABER, Aziz Nacib - 1963 - Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados, in "Simposio sobre o Cerrado". São Paulo, Editora Univ. S. Paulo, p.117-124.
- AB'SABER, Aziz Nacib - 1965 - Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro. Tese Livre-Docência, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Univ. S. Paulo (mimeografada).
- ALMEIDA, F.F.M. - 1951 - Uma fauna de crustáceos bivalvos do arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Geologia e Miner., Bol. n. 134, 36p.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1954 - Ventifactos do deserto Botucatu no Estado de S. Paulo. Notas Preliminares e Estudos, n. 69. Rio de Janeiro, Minist. Agric., Div. Geol. Miner., 10p.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1954 - Botucatu, um deserto triássico da América do Sul. Notas Preliminares e Estudos, n. 86. Rio de Janeiro, Minist. Agric., Div. Geol. Miner., 21p.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista, in "Geologia do Estado de S. Paulo". São Paulo, Secretaria da Agricultura, Inst. Geog. Geol., bol. n. 41:169-263.
- ALMEIDA, F.F.M. & BARBOSA, O. - 1953 - Geologia das quadriculas de Piracicaba e Rio Claro. Rio de Janeiro, Min. Agric., Div. Geol. Miner., bol. n. 143, 96p.
- ALVIM, P.T. - 1954 - Teoria sobre a formação dos campos cerrados. Rev. Brasil. Geogr., 16(4):496-498, Rio de Janeiro.
- PAULO, A.T. & ARAUJO, W.A. - 1953 - O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no centro oeste do Brasil. Bol. Geogr., 11(117):569-578, Rio de Janeiro.
- ARENS, K. - 1956 - O cerrado como vegetação oligotrófica. An. XVIII Congr. Intern. Geog., t.1:308-319, Rio de Janeiro.
- ARENS, K. - 1963 - As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada as deficiências minerais do solo, in "Simposio sobre o Cerrado", São Paulo, Edit. Univ. S. Paulo, p. 285-303.
- AUBERT, G. - Influence de la végétation sur le sol en zone tropicale humide et semi-humide, in "Rapports du sol et de la végétation", 1er Colloque de la Société Botanique de France, 1959. Paris, Masson, p.11-22.
- AUBERT, G. - 1961 - Influence des divers types de végétation sur les caracteres et l'évolution des sols en région équatoriale et sub-équatoriale ainsi que leurs bordures tropicales semi-humides, in "Sols et végétation des régions tropicales". Colóquio de Abidja, 1959, p. 4-47, UNESCO, Paris.

- AUBERT, G. & BOULAINÉ, J. - 1967 - La Pédologie. Col. "Que sais-je?", n. 352. Presses Universitaires de France, Paris.
- AUBERT, G. & DUCHAUFOUR, Ph. - 1956 - Projet de classification des sols. Ann. VI Congr. Intern. Ciência do Solo. vol. E, p. 597-604, Paris.
- AUBERT, G. & SEGALÉN, P. - 1964 - Note sur les unités de la classification des sols. Bull. Bibliogr. Pédol., 13(4):7-11, ORSTOM, Paris.
- AUBREVILLE, A. - 1961 - Étude écologique des principales formations végétales du Brésil. Centre Technique Forestier, França, 200 p.
- BEICHER, D.J. & Associates, Inc. - 1956 - Relatório técnico sobre a nova capital da República. 2ª ed. DASP, Serviço de Documentação, 291p., Rio de Janeiro.
- BENNEMA, J. & CAMARGO, M. - 1964 - Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros. Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 17p. (mimeografado).
- BENNEMA, J., CAMARGO, M. & WRIGHT, A. C. S. - 1962 - Regional contrasts in South American soil formation, in relation to soil classification, and soil fertility. Intern. Soil Conference, New Zealand, 15p.
- BERTONI, J. - 1959 - O espaçamento dos terraços em culturas anuais, determinados em função das perdas por erosão. Bragantia, 18:113-140, Campinas.
- BIGARELLA, J.J. - 1964 - Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. Bol. Paranaense Geog. n.ºs 10 a 15:211-231, Curitiba.
- BIGARELLA, J.J. & MOUSINHO, M.R. - 1965 - Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. Bol. Paranaense Geog. n.ºs 16 a 17:153-197, Curitiba.
- BIGARELLA, J.J., MOUSINHO, M.R. & SILVA, J.X. - 1965 - Considerações a respeito da evolução das vertentes. Bol. Paranaense Geog. n.ºs 16 a 17:89-116, Curitiba.
- BIGARELLA, J.J., MOUSINHO, M.R. & SILVA, J.X. - 1965 - Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Bol. Paranaense Geog. n.ºs 16 a 17:117-151, Curitiba.
- BJORNBERG, A.J.S. - 1965 - Sedimentos pós cretáceos do leste do Estado de S. Paulo. Tese Livre-Docência. Escola Engenharia S. Carlos, USP, 133p., São Carlos.
- BJORNBERG, A.J.S. & LANDIM, P.M.B. - 1966 - Contribuição ao estudo da formação Rio Claro (néo-cenozóico). Bol. Soc. Brasil. Geol., 15:43-67, São Paulo.
- BJORNBERG, A.J.S., LANDIM, P.M.B. & MEIRELLES FILHO, G.M. - 1964 - Restos de plantas modernas em níveis elevados na região de Rio Claro (SP). Escola Engenharia S. Carlos, publ. 106, Geologia n.º 11:37-57. Setor Publ. Esc. Eng. S. Carlos, São Carlos.
- BJORNBERG, A.J.S., MACIEL, A.C. & GALDOLFI, N. - 1964 - Nota sobre os depósitos modernos na região de Rio Claro, S. Paulo. Esc. Eng. S. Carlos publ. 106, Geologia n.º 11:21-36. Setor Publ. Esc. Eng. S. Carlos, S. Carlos.
- BJORNBERG, A.J.S. & TOLENTINO, M. - 1959 - Contribuição ao estudo da geologia e águas subterrâneas em S. Carlos. Bol. Soc. Brasil. Geol., 8(2): 5-33, S. Paulo.
- BLANCO, H.G. & GODOY, H. - 1967 - Cartas das chuvas do Estado de S. Paulo. Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agrônomo, Campinas.

- BONIFAS, M. - 1959 - Contribution à l'étude géochimique de l'altération lateritique. Université de Strasbourg, Mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine, n.17, 159p., Strasburgo.
- BOTELHO DA COSTA, J.V. - 1959 - Ferrallitic, tropical fersiallitic and tropical semi-arid soils. Definitions adopted in the classification of the soils of Angola. III Conferência Interafricana de Solos, Dalaba, I:317-319, CCTA, Guiné.
- BOTELHO DA COSTA, J.V. & POVOAS, J.C. - 1959 - pH base-saturation relationships for ferrallitic, tropical fersiallitic and tropical semi-arid soils of Southern Angola. III Conf. Interafr. de Solos, Dalaba I:189-193, CCTA, Guiné.
- BOTELHO DA COSTA, J.V. & AZEVEDO, J.V. - 1953 - Solos da Angola, Contribuição para seu estudo. Ministério do Ultramar, Memórias, Série de Pedologia Tropical I, Lisboa.
- BOULAINÉ, J. - 1968 - Les sols de l'Uruguay. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 6(1):35-61, Paris.
- BRAUN, E.H.G. - 1961 - Observações sobre a erosão dos solos em Brasília. Rev.Brasil.Geog., 23(1):217-234, Rio de Janeiro.
- BRAUN, E.H.G. - 1962 - Os solos de Brasília e suas possibilidades de aproveitamento agrícola. Rev.Brasil.Geog. 24(1):43-78, Rio de Janeiro.
- CAMARGO, A.P. - 1960 - O balanço hídrico no Estado de São Paulo. Bol. I<sup>4</sup> 116, Instituto Agronômico, 15p. Campinas.
- CAMARGO, A.P., ORTOLANI, A.A., RODRIGUEZ, O. & GODOY, H. - 1961 - Efeito da cobertura em laranjal sobre as temperaturas extremas do ar. Bragantia, nota n. 3, p. XI-XVII, Campinas.
- CARVALHO, A., MELFI, A.J., BITTENCOURT, I., QUEIROZ NETO, J.P. & NAKASHIMA, P. - 1968 - Sedimentos neo-cenozoicos da área de Campinas, Estado de S. Paulo. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba, 1967 (no prelo).
- CARVALHO, A.M.V. - 1954 - Contribuição ao estudo petrográfico do arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol.Soc.Brasil.Geol., 3(1):51-72, São Paulo.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. & GARGANTINI, H. - 1955 - Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Bol.Tecn. n. 69, Instituto Agronômico, 28p. Campinas.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R., GARGANTINI, H. & CONAGIN, A. - 1954 - Amostragem de solo para estudo de fertilidade. Bragantia, 14:19-26, Campinas.
- CHATELIN, Y. - 1964 - Notes de pédologie Gabonaise. Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 2(4):3-28, França.
- CHATELIN, Y. - 1968 - Notes de pédologie Gabonaise. 5. Géomorphologie et pédologie dans le sud Gabon, des monts Birougou au littoral, Cahiers ORSTOM, série Pédologie, 6(1):3-20, França.
- CHEBATAROFF, J. - 1956 - El problema de los campos en las regiones tropicales. An. XVIII Congr.Intern.Geog., t.1:299-301, Rio de Janeiro.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1966 - Considerações a propósito da geografia física dos cerrados. Notícia Geomorfologica, 6(11):5-32, Campinas.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1968 - O fenômeno morfogenético do município de Campinas. Notícia Geomorfologica, 8(16):3-97, Campinas.



- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. - 1960 - As formas de relêvo da Serra de Santana (SP). *Notícia Geomorf.*, n. 6:12-17, Campinas.
- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. - 1961 - Estudos geomorfológicos a respeito da Serra de Santana, SP. *Bol. Paul. Geogr.* n. 38:3-20, S. Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. - 1962 - Notas fisiográficas a respeito da área de Campo Alegre (SP). *Notícia Geomorf.*, n. 9/10:25-51, Campinas.
- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. - 1963 - Os derrames de basalto da Serra de Santana. *Bol. Soc. Brasil. Geol.*, 12(1-2):65-73, São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. & QUEIROZ NETO, J.P. - 1966 - Os sedimentos da Serra de Santana. *Bol. Paranaense Geog.*, n. 18/20:231-245, Curitiba.
- COLE, M.C. - 1958 - A savana brasileira. *Bol. Carioca Geogr.* 11(1-2), Rio de Janeiro.
- COMISSÃO DE SOLOS - 1958 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. Ministério da Agricultura, Serviço Nacional de Pesquisas Agrônômicas, *Bol.* n. 11, 350 p. R. Janeiro.
- COMISSÃO DE SOLOS - 1960 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, Ministério da Agricultura, S.N.P.A., *Bol.* 12, 634 p. Rio de Janeiro.
- COMISSÃO DE SOLOS - 1962 - Levantamento de reconhecimento dos solos sob influência do reservatório de Furnas. *Minis. Agric. S.N.P.A.* *Bol.* 13, 462 p.
- COMISSÃO PERMANENTE DE MÉTODOS DE TRABALHO DE CAMPO - 1967 - Manual de métodos de trabalho de campo. *Soc. Brasil. Ciência do Solo.* Rio de Janeiro.
- CORRENS, C. W. - 1940 - Die Chemische Verwitterung der Silikate. *Naturwissensch.*, 28:369-376.
- COSTA, A. O. L. & GODOY, H. - 1962 - Contribuição para o conhecimento do clima do solo de Ribeirão Preto. *Bragantia*, 21:689-742, Campinas.
- DE HEINZELIN, J. - 1952 - Sols, palésols et désertifications anciennes dans le secteur Nord Oriental du Basin du Congo. *Bull. INEAC*, 168 p. Bruxelas.
- DE HEINZELIN, J. - 1954 - Les horizons d'altération anciens, critère stratigraphique en Afrique Centrale. 5<sup>a</sup> Congresso Internacional de Ciência do Solo, p. 435-440.
- DE HEINZELIN, J. - 1955 - Observations sur la gènesse des nappes de gravats dans les sols tropicaux. *Bull. INEAC*, série scientifique, n. 64, 36 p. Bruxelas.
- DE HEINZELIN, J., HOOVER, J. & SYS, K. - 1952 - Cartographie et caractéristiques pédologiques de la catena de Yangambi. *Bull. INEAC*, série scientifique, n. 55, 62 p., Bruxelas.
- DENISOFF, I. & NOIRFALISE, H. - 1954 - Géomorphologie, sols et végétation au Parc National de la Garamba. 5<sup>a</sup> Congresso Internacional de Ciência do Solo, Leopoldville, n. 59:360-367.

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - 1958 - Boletim Pluviométrico, série II, vol. I, anos 1941-1952 e vol. II, anos 1953-1957, Secretaria da Viação e Obras Públicas, São Paulo.
- D'HOORE, J. - 1954 - L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux. Institut National pour L'Étude Agronomique du Congo Belge (I.N.E.A.C. ) série scient., n. 62, 132p., Bruxelas.
- D'HOORE, J. - 1956 - Quelques remarques sur les sols d'Afrique inter-tropicale. 6<sup>a</sup> Congr. Intern. Ciência do Solo, Paris, vol. E, p.149.
- D'HOORE, J. - 1959 - Relatório das Seções 1 e 2, 3<sup>a</sup> Conf. Interafricana de Solos, Dalaba, tomo I:17-28, C.C.T.A., Guiné.
- D'HOORE, J. - 1964 - La carte des sols d'Afrique au 1:5.000.000. Mémoire explicatif. Lagos, Commission de Coopération Technique en Afrique, publ. n. 93, 209p.
- DIVISÃO DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO - 1967 - Levantamento de conhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Primeira etapa, Planalto Rio-Grandense. Minist. Agric. Divisão Pedol. Fert. Solo, Bol. Tecn. n. 2, 209p., Rio de Janeiro. (separata da "Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 2, 1967).
- DUCHAUFOUR, Ph. - 1965 - Précis de pédologie. 2<sup>a</sup> ed., Masson, Paris, 481p.
- ERHART, H. - 1956 - La g n se des sols en tant que ph nom ne géologique. Masson, Paris, 90p.
- FAO/UNESCO - 1964 - Preliminary definitions, legend and correlation table for the soil map of the world. World Soil Resources Project 12. Soil Map of the World FAO/UNESCO Project, 16p. 1 tabela, Roma.
- FAISSOL, S. - 1953 - Alguns aspectos do "Mato Grosso de Goiás". Bol. Geogr., 11(112):63-83, Rio de Janeiro.
- FERRAZ, J.S. - 1954 - A voz do Planalto Paulista, in "Aspectos Geográficos da Terra Bardeirante", p. 99-136. C.N.G., IBGE, Rio de Janeiro.
- FERRI, M.G. - 1944 - Transpira o de plantas permanentes dos "cerrados". Bol.Fac.Fil.Ciências e Letras, U.S.P., Botânica 4, p.159-224, São Paulo.
- FERRI, M.G. - 1955 - Contribui o ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo do balanço d'água de sua vegeta o. Bol.Fac.Fil.Ciências e Letras, USP, Botânica 12, 170p. São Paulo.
- FERRI, M.G. - 1963 - Histórico dos trabalhos botânicos sôbre o cerrado, in "Simpósio sôbre o cerrado". Ed. Univ. S.Paulo, p.19-50, São Paulo.
- FERRI, M.G. & RAWITSCHER, F. - 1942 - Observa es sôbre a metodologia para o estudo da transpira o cuticular em plantas brasileiras, especialmente em *Cedrela fissilis*. Bol.Fac.Fil.Ciências e Letras, USP, Botânica 3, p. 113-137, São Paulo.
- FRANÇA, A. - 1960 - A marcha do café e as frentes pioneiras. Guia de Excursão n. 3, XVIII Congr. Intern.Geogr. Rio de Janeiro, 1956, CNG, 302p. Rio de Janeiro.

- FREITAS, R.O. - 1955 - Sedimentação, estratigrafia e tectônica da série Bauru (Estado de São Paulo). Bol.Fac.Fil.Ciências e Letras, n. 194, Geologia 14, São Paulo.
- FULFARO, V.J., LANDIM, P. M.B. & ELLERT, N. - 1967 - A tectônica da Serra de Santana e São Pedro (Serra Geral), XXI Congr.Brasil.Geol. Curitiba. Bol.Paranaense Geociências, n.26:57-58, Curitiba.
- GALLOTTI KEHRIG, A. - 1949 - As relações ki e kr no solo. Bol.Inst. Quim.Agric., n.13, Minist. Agric. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 67p. Rio de Janeiro.
- GALLOTTI KEHRIG, A. & AIMEIDA DE AGUIAR, H. - 1949 - Determinação de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na terra fina e complexo coloidal do solo. Bol. Inst. Quim.Agric. n. 12, Minist. Agric. Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas, 52p. Rio de Janeiro.
- GEZE, B. - 1959 - La notion d'âge du sol, son application a quelques exemples régionaux. Ann. Agro., 10(3):237-255, Paris.
- GIANGEAUD, L. - 1956 - Intervenção na discussão do "Relatório geral sobre problemas de classificação dos solos", 6ª Congr. Intern. Ciência do Solo, Paris, vol. A, p. 176-179, Paris.
- GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. - 1962 - Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. Bragantia, 21:285-295, Campinas.
- GUIMARÃES, F.M.S. - 1945 - Noções gerais de climatologia. Bol. Geogr., 3(26):244-262, Rio de Janeiro.
- GUIMARÃES, F.M.S. - Clima do Brasil. Bol.Geogr. 3(27):417-433, Rio de Janeiro.
- GUTMANS, M. - 1943 - Rochas-mater da "terra roxa". Bragantia, 3(9):271-321, Campinas.
- HALLSWORTH, E.G. - 1963 - An examination of some factors affecting the movement of clays in an artificial soil. J.Soil Science, 14(2): 360-371, Londres.
- HARRASSOWITZ, H. - 1926 - Laterit. Fortschritte des Geologie und Paleontology, 4:253-266.
- HERVIEU, J. - 1967 - Géographie des sols malgaches. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol. 5(1):39-82.
- HUECK, K. - 1957 - Sobre a origem dos campos cerrados do Brasil e algumas novas observações no seu limite meridional. Rev.Brasil.Geogr., 19(1):67-82, Rio de Janeiro.
- JACQUES-FÉLIX, H. - 1950 - Géographie des dénudations et dégradations du sol au Cameroun. Conditions physiques et humaines. Minist. de la France d'Outre Mer. Direction de l'Agriculture, de l'élevage et des Forêts. Bull. Scient., n. 3, 128p. Paris.
- JAMAGNE, M. - 1965 - Carte des sols et de la végétation du Congo - 19 Maniema A, Notice explicative de la carte des sols, Inst. Nat. pour l'Étude Agron. Congo, 132p. Bruxelles.
- JENNY, H. - 1941 - Factors of soil formation. McGraw-Hill, 281p. New York.
- JENNY, H. - 1948 - Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, South America. Soil Science, 66:5-28.

- JONGEN, P. - 1960 - Relations entre les faits géomorphologiques et pédogenèse des sols tropicaux (Congo Belge). 7<sup>e</sup> Congr. Intern. Ciência do Solo, Madison, USA, v. 47:335p.
- JONGEN, P. & JAMAGNE, M. - 1966 - Carte des sols et de la végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi. 20. Région Tshuapa - Equateur A. Inst. Nat. pour l'Étude Agron. du Congo, 82p. Bruxelles.
- KELLOGG, C. E. - 1949 - Preliminary suggestion for the classification and nomenclature for Great Soil Groups in tropical and equatorial regions. Comm. Bur. of Soil. Sci. Tech. Commun. n.46:76-85.
- KELLOGG, C.E. & DAVOL, F.D. - 1949 - An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo. I.N.E.A.C, Série Scient. n. 46, 73p. Bruxelles.
- KUBIENA, W.L. - 1953 - Zur methodik des Paläopedologie. Anais do VI Cong. Intern. Quaternário. Roma-Pisa, tomo 1, p. 297. Roma.
- KUHLMANN, E. - 1956 - Os tipos de vegetação do Brasil (Elementos para uma classificação fisionômica). An. Assoc. Geogr. Brasil. 8(1):133-180, 1953-1954. São Paulo.
- LACROIX, A. - 1913 - Les latérites de Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. Nouv. Arch. Museum d'Hist. Naturelle, 5(5):255-358, Paris.
- LELONG, F. & MILLOT, G. - 1966 - Sur l'origine des minéraux micacés des altérations latéritiques. Diagenèse régressive. Minéraux en transit. Bull. Serv. Carte Geol. Alsace-Lorraine, 19, n.3-4:271-287, Strasbourg.
- LEMÉE, G. - 1961 - Effects des caractères du sol sur la localisation de la végétation en zones équatoriale et tropicale humide. In "Sols et végétation des régions tropicales" Travaux du Colloque d'Abidjan, 20-24 Octobre, 1959. UNESCO, p. 25-39.
- LÉVEQUE, A. - 1961 - Mémoire explicatif de la carte des sols de Terres Basses de Guyane Française. Mém. ORSTOM, Inst. Franç. Amér. Trop., n. 3, 85p. Paris.
- LÉVEQUE, A. - 1963 - Les sols développés sur le bouclier antécambrien Guyanais, 1<sup>e</sup> Partie, ORSTOM. Inst. Franç. Amér. Trop., 115p. Paris, 2<sup>e</sup> Partie, ORSTOM, Inst. Franç. Amér. Trop., 139p. Paris.
- MAACK, R. - 1950 - Notas complementares à apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). Bol. Geogr. 8(87):338-343, Rio de Janeiro.
- MAGNANINI, A. - 1961 - Notas sobre vegetação-climax e seus aspectos no Brasil. Rev. Brasil. Geogr. 13(1):3-46, Rio de Janeiro.
- MAIGNIEN, R. - 1958 - Le cuirassement des sols en Guinée, Afrique Occidentale. Université de Strasbourg. Mém. Serv. de la Carte Geol. d'Alsace-Lorraine, n. 16, 239p. Strasbourg.
- MAIGNIEN, R. - 1960 - Le cuirassement des sols en Afrique Tropicale de l'Ouest. Bull. Assoc. Franç. pour l'Étude du Sol., n.5:244-268, Paris.
- MAIGNIEN, R. - 1960 - Influence anciennes sur la morphologie, l'évolution et la répartition des sols en Afrique Tropicale de l'Ouest. 7<sup>e</sup> Congr. Intern. Ciência do Solo, Madison, USA, p.171-176.
- MAIGNIEN, R. - 1963 - Les sols bruns eutrophes tropicaux. Sols Africains, 8(3):485-490.

- MANGENOT, G. - 1958 - Les recherches sur la végétation dans les régions tropicales humides de l'Afrique Occidentale. In "Study of Tropical Vegetation". Proc.Kandy Symp., 1956, p.115-127, UNESCO, Paris.
- MARQUES, J.Q.A., BERTONI, J. & BARRETO, J. - 1961 - Perdas por erosão no Estado de S.Paulo. Bragantia, 20:1143-1181, Campinas.
- MARTIN, D. - 1967 - Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre Cameroun. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol. 5(2):189-218.
- MARTIN, F.J. & DOYNE, H.C. - 1927 - Laterite and laterites soils in Sierra Leone. J.Agric.Sci., 17:530-546.
- MARTIN, F.J. & DOYNE, H.C. - 1930 - Laterite and laterites soils in Sierra Leone. J. Agric. Sci., 20:135-143.
- MARTONNE, E. de - 1934 - Traité de géographie physique, Tome I - Notions générales. Climats, Hydrographie. 5e. édition. Armand Colin, Paris.
- MARTONNE, E. de - 1943 - Problemas morfológicos do Brasil Tropical. Atlântico. Rev.Brasil.Geog. 5(4):523-530, Rio de Janeiro.
- McCLUNG, A.C., FREITAS, L.M.M., GALLO, J.R., QUINN, L.R. & MOTT, G.O. - 1958 - Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade em solos de diferentes campos cerrados, de São Paulo e Goiás. IBEC Research Institute, Bol. 13, 26 p. São Paulo.
- McCLUNG, A.C., FREITAS, L.M.M. & LOTT, W.L. - 1959 - Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo. IBEC Research Inst., Vol. 17, 31 p. São Paulo.
- MEDINA, H.P. - 1962 - Novas considerações sobre a classificação granulométrica do solo (I.A.Campinas). Anais 6ª Congr.Brasil.Ciência do Solo. Salvador, 1957, p. 39-44.
- MEDINA, H.P. & GROHMANN, F. - 1966 - Disponibilidade de água em alguns solos sob cerrado, Bragantia, 25(1):65-76, Campinas.
- MELFI, A.J. - 1967 - Intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo. Tese de doutoramento, Fac. Fil.Ciências e Letras, USP, 166p. (mimeografada).
- MENDES, J.C. - 1955 - Considerações sobre a estratigrafia e idade da formação Estrada Nova. Bol. Fac.Fil.Ciências e Letras, n.50, Geologia 2:27-35, São Paulo.
- MENDES, J.C. - 1952 - A formação Corumbataí na região do rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). Bol. Fac.Fil.Ciências e Letras, n. 145, Geologia 8, 119p. São Paulo
- MENDES, J.C. & MEZZALIRA, S. - 1946 - Posição estratigráfica dos novos horizontes com vegetais fósseis da formação Estrada Nova. Notas Preliminares e Estudos n. 30, 4p. Div.Geol.Miner. DNPM, Rio de Janeiro.
- MEZZALIRA, S. - 1965 - Descrição geológica e geográfica das fôlhas de Piracicaba e São Carlos, SP. Inst.Geogr.Geol. Secretaria Agric. Est. S. Paulo, Bol. 43, 40 p. São Paulo.
- MILNE, G. - 1935 - Some suggested units of classification and mapping particularly for East African Soils. Soil Research, 4:183-198.
- MILNE, G. - 1936 - Normal erosion as a factor in soil profiles development. Nature, 138:548, Londres.

- MISSÃO PEDOLÓGICA DE ANGOLA - 1959 - Carta geral dos solos de Angola. I. Distrito de Huila. Lisboa, Memória da Junta de Investigação do Ultramar, n. 9, 482p. Ministério de Ultramar, Lisboa.
- MISSÃO PEDOLÓGICA DE ANGOLA - 1961 - Carta geral dos solos de Angola. 2. Distrito de Huambo. Memórias da Junta de Investigação do Ultramar, n. 27, 275p. Ministério de Ultramar, Lisboa.
- MOHR, E.C.J. & Van BAREN, F.A. - 1954 - Tropical Soils. N.V. Uitgeverij. W. Van Hoeve, Haia.
- MONBEIG, P. - 1952 - Pionniers et planteurs de São Paulo. Armand Colin, 376p. São Paulo.
- MONIZ, A.C. & CARVALHO, A. - 1967 - Estudo mineralógico de solos da região da CELUSA. Relatório de pesquisas 2.1., projeto n. 16, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico, 3p. (Mimeografado).
- MONIZ, A.C. & CARVALHO, A. - 1968 - Estudo mineralógico dos solos da região da CELUSA. Relatório de Pesquisas 2.1.3, projeto n. 16, Seção de Agrogeologia, Instituto Agronômico, 2p. (Mimeografado).
- PAHAUT, P. & van der BEN, D - 1962 - Carte de sols et de la végétation du Congo - 18. Bassin de la Karuzi A et B. Notice explicative de la Carte des Sols et de la Végétation. Inst. National pour l'Étude Agron. Congo, 48p. Bruxelas.
- PAIVA NETO, J.E., CATANI, R.A. & outros - 1951 - Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo. Bragantia, 11: 227-253, Campinas.
- PAVAGEAU, M. - 1952 - Estudo comparativo de alguns solos típicos do Planalto Central Brasileiro. Rev. Brasil. Geogr. 14(2):127-180.
- PENTEADO, M.M. - 1968 - Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista. Tese de Doutorado, Fac. Fil. Ciências e Letras, Rio Claro, 160 p. (Mimeografada).
- PENTEADO, M.M. - 1968 - Implicações tectônicas na gênese das cuevas da Bacia de Rio Claro. Notícia Geomorf., 8(15):19-41, Campinas.
- PENDLETON, R.L. - 1946 - Analysis of some Siamese laterites. Soil Science, 62:423-440.
- PENDLETON, R.L. - 1947 - Soils of India: Four soil surveys in the Gwalior State. Soil Science 63:421-25.
- PENDLETON, R.L. & SHARASUVANA, S. - 1942 - Analysis and profile notes of some laterite soils and soils with iron concretions of Thailand. Soil Science, 54:1-25.
- PETRONE, P. - 1952 - Aspectos geográficos e problemas da região de Corumbatai. Bol. Paul. Geogr. 11:3-32, São Paulo.
- PIAS, J. - 1964 - Cartes pédologiques de reconnaissance au 1/200.000, feuilles d'Abéché, Biltine, Oum Hadjer. Paris, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer. Centre de Fort-Lamy, 105 p.
- POLYNOV, B. B. - 1937 - The cycle of weathering. (traduzido por A. Muir). Murby, Londres.
- QUEIROZ NETO, J.P. - 1960 - Notas preliminares sobre a geologia e estrutura da Serra de Santana, Estado de São Paulo. Bol. Soc. Brasil. Geol. 9:13-23, São Paulo.

- QUEIROZ NETO, J.P. - 1963 - A granulometria da fração areia dos solos da Serra de Santana. *Bragantia*, 22(1):5-12, Campinas.
- QUEIROZ NETO, J.P. - 1963 - Técnica para o estudo granulométrico da fração areia dos solos. *Bragantia*, 22(2):13-26, Campinas.
- QUEIROZ NETO, J.P. - 1968 - Os solos, in "Brasil; a Terra e o Homem" v.I - As Bases Físicas - 2ª ed. p. 463-514. Editora Nacional, São Paulo.
- QUEIROZ NETO, J.P. & CRISTOFOLETTI, A. - 1968 - Ação do escoamento superficial das águas pluviais na Serra de Santana (E. do São Paulo). *Bol. Paul. Geogr.*, n. 45:59-71, São Paulo.
- RANZANI, G. - 1966 - Levantamento da carta de solos da Seção Técnica "Química Agrícola", da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 36p. Piracicaba.
- RANZANI, G. - 1963 - Pequeno guia para levantamento dos solos. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 22p. Piracicaba.
- RANZANI, G., FREIRE, O., KINJO, T. & FRANÇA - 1965 - Cartas de solos da fazenda Ipanema. Projeto ETA-70, 53 p. (mimeografado).
- RAWITSCHER, F. - 1942 - Algumas noções sobre a transpiração e o balanço de água de plantas brasileiras. *An. Acad. Brasil. Ciências*, 15(1), Rio de Janeiro.
- RAWITSCHER, F.K. - 1942 - Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional. *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras USP, Botânica* n.3, 1ª parte, São Paulo.
- RAWITSCHER, F.K. - 1944 - Problemas de fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil Meridional. *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras USP, Botânica* n.4, 2ª parte, São Paulo.
- RAWITSCHER, F., FERRI, M.G. & RACHID, M. - 1943 - Profundidade dos solos em campos cerrados do Brasil Meridional. *An. Acad. Brasil. Ciências*, 15(4):261-280, Rio de Janeiro.
- RICH, J.L. - 1953 - Problems in Brazilian geology and geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951. *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras, USP, n. 146, Geologia* n.9, São Paulo.
- RIZZINI, C.T. - 1963 - Contribuição ao conhecimento e aproveitamento dos cerrados em Minas Gerais, in "I Reunião Brasileira do Cerrado", Sete Lagoas, M.G., 1961. *Bol. Depto. Posq. Exper. Agropecuárias (DPEA)*, n.15:45-60. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- RIZZINI, C.T. - 1963 - Análise florística das savanas centrais - a flora do cerrado, in "Simpósio sobre o Cerrado", p.125-177, Editora da Univ. S. Paulo, São Paulo.
- ROBINSON, G.W. - 1949 - Soils. 3rd. ed. Thomas Murby, 573p. Londres.
- ROMARIZ, D.A. - 1964 - A vegetação, in "Brasil, a Terra e o Homem" v. I - As Bases Físicas. p. 485-536. Editora Nacional, S. Paulo.
- ROUSSEAU, R. - 1942 - Les diagrammes climatiques d'après les techniques de Walter. *L'Inform. Geogr.* 26(1):35-39, Paris.
- RUBE, R.V. & CADDY, J.G. - 1954 - Latossolic soils of Central Africa interior high plateaus. 5ª Congr. Intern. Ciência dos Solos, Leopoldville, p. 401-407.



- SCHMID, M. - 1960 - Influence de la végétation sur la conservation du sol et sur la restauration de la fertilité des terres en zone intertropicale humide, in "Rapports du sol et de la végétation", p. 28-45, Masson, Paris.
- SCHMID, M., de la SOUCHÈRE, P. & GODARD, D. - 1951 - Les sols et la végétation au Darlac et sur le plateau des Trois Frontières. Arch. Recherches Agron. au Cambodge, au Laos et au Vietnam, n.8, 107p.
- SCHRÖDER, R. - 1956 - Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. Bragantia, 15(18):193-249, Campinas.
- SCHUBART, O. - 1959 - Segunda contribuição sobre o movimento de água subterrânea de Emas-Pirassununga. Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras USP, Botânica n. 16, p. 73-84, São Paulo.
- SCHUBART, O. & RAWITSCHER, F. - 1950 - Notas sobre o movimento da água subterrâneas de Emas-Pirassununga. Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras USP, Botânica n. 8, p. 69-73, São Paulo.
- SEGALLEN, P. - 1957 - Étude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. Mém. Inst. Scient. de Madagascar, série D, tome VIII, p.92-106, Madagascar.
- SEÇÃO DE AGROGEOLOGIA - 1969 - Manual para descrição do solo no campo. Instituto Agronômico. Bol. Técnica 188, 48p. Campinas.
- SETZER, J. - 1946 - Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo, separata do D.E.R., vols. IX a XI, Ed. Escolas Salesianas, 239p. São Paulo
- SETZER, J. - 1949 - Os solos do Estado de São Paulo: CNG, Biblioteca Brasileira Geogr., 387p. Rio de Janeiro.
- SETZER, J. - 1956 - Possibilidades de recuperação do campo cerrado. Rev. Brasil. Geog. 4:471-493, Rio de Janeiro.
- SICK, H. - 1960 - A formação do cerrado. Anais do XVIII Congr. Intern. Geogr. tomo I:332-338, Rio de Janeiro.
- SOIL SURVEY STAFF - 1951 - Soil Survey Manual, Handbook n. 18, U.S. Department of Agriculture, 503p. Washington.
- SOIL SURVEY STAFF - 1951 - Soil classification: a comprehensive system, 7th Approximation. Washington D.C., U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 265p. Washington.
- SOURDAT, M. - 1967 - Étude critique de quelques profils de sols de la Pampa observés dans le sud-est de la province de Buenos Aires. Cahier ORSTOM, sér. Pédol., 5(1):83-101.
- SPURR, A.M.M. - 1954 - A basis of classification of the soils of areas of composite topography in Central Africa, with special reference to the soils of the southern highlands of Tanganyika. 2ª Conf. Interafricana de Solos, Leopoldville, 1:175-192, Bruxelles.

- SYS, C. - 1959 - La classification des sols congolais. 3<sup>e</sup> Conf. Inter-africana de Solos, Dalaba, 1:303-312, CCTA, publ. n. 50, Guiné.
- SYS, C. - 1959 - Cartographie et classification régionale des sols au Congo Belge, 3<sup>e</sup> Conf. Inter-africana de Solos, Dalaba, 1:291-302, CCTA, publ. n. 50, Guiné.
- SYS, C. - 1959 - Signification des revêtements argileux dans certains sols de l'Ituri (Congo Belge), 3<sup>e</sup> Conf. Inter-africana de Solos, Dalaba, 1:169-176, CCTA, publ. n. 50, Guiné.
- TEIXEIRA, A.J.S. - 1952 - Os solos da Guiné Portuguesa. Carta geral, características, formação e utilização. Junta de Investigações do Ultramar, Estudos, Ensaios e Documentos, v. 100. Ministério do Ultramar, Lisboa.
- THORP, J. & SMITH, G.D. - 1949 - Higher categories of soil classification: order, suborder and great soil group. Soil Science, 67:117-126.
- VAN RAIJ, B. - 1967 - A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. Tese de doutoramento ESALQ, 67 p. Campinas (mimeografada).
- VAN WAMBEKE, A. - 1959 - La saturation en calcium en tant que critère de classification zonale des sols tropicaux du Ruanda-Urundi. 3<sup>e</sup> Conf. Inter-africana de Solos, Dalaba, 1:157-160, Publ.n. 50, Guiné.
- VAN WAMBEKE, A. - 1959 - De rapport limon/argile, mesure approximative du stade d'altération des matériaux originels des sols tropicaux. 3<sup>e</sup> Conf. Inter-africana de Solos, Dalaba, 1:161-168, Guiné.
- VELOSO, H. P. - 1946 - Considerações gerais sobre a vegetação do Estado de Mato Grosso. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 44:579-603, Rio de Janeiro.
- VERDADE, F.C. - 1956 - Observações sobre métodos de determinação da capacidade de troca de cátions do solo. Bragantia, 15:393-401, Campinas.
- VERDADE, F.C. - 1966 - Arenito Bauru: origem do latossolo vermelho, in "Suplemento Agrícola" do "O Estado de S.Paulo", n.º 599, p.11, 19 de dezembro de 1966.
- VERDADE, F.C., HUNGRIA, L.S., RUSSO, R., NASCIMENTO, A.C., GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. - 1961 - Solos da Bacia de Taubaté (Vale do Paraíba). Bragantia, 20(4):322, Campinas.
- WAIBEL, L. - 1948 - A vegetação e o uso da terra no Planalto Central. Rev. Brasil. Geogr., 10(3):335-380, Rio de Janeiro.
- WASEBURN, G.W. - 1930 - Petroleum geology of the State of S. Paulo, Brazil. Com. Geog. Geol. Bol. 22, 282p. Sao Paulo.
- WERNICK, E. - 1966 - A silicificação do arenito Botucatu na quadrícula de Rio Claro. Bol. Soc. Brasil. Geol., 15(1):49-57, S. Paulo.
- WERNICK, E. & EBERT, H. - Novas observações sobre rochas básicas nos arredores de Rio Claro, S.P. Bol. Paranaense Geog., n. 26: 69-71, Curitiba.