NEIDE MARIA MALUSÃ GONÇALVES.

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005038

ESTUDO DOS MATERIAIS SUPERFICIAIS DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO - SP
E SUAS RELAÇÕES COM ELEMENTOS MORFOLÓGICOS DA PAISAGEM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade
de São Paulo.

Orientador:
Prof.Dr. Adolpho José Melfi

- 1 9 7 8 -

DEDICO

À memória muito querida e inesquecível daquela, cujo espírito simples, mas evoluído, sempre procurou orientar a mim e a todos que a ela recorriam, na complexa Ciência da Vida.

MINHA MÃE

A VOCÊS

Meu PAI, que jamais mediu esforços para que meus objetivos fossem alcançados

LIONEL, companheiro compreensivo e dedicado

ROSANE, KARIN e DANIEL, meus filhinhos, pelo estímulo a prosseguir, apesar das inúmeras horas de convívio que dei de lhes dedicar

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

T388

Este trabalho só pôde ser concretizado graças à orientação, colaboração e estímulo de várias pessoas, amigos e entidades às quais gostaria de externar os meus mais sinceros agradecimentos.

Prof.Dr. Adolpho José Melfi, orientador e amigo, pela oportunidade, segura orientação e incentivo constante, aliados a especial atenção dedicada à minha formação científica, encontre aqui a expressão de minha profunda e reconhecida gratidão.

Prof.Dr. Heinz Ebert, pela orientação cuidadosa e objetiva nos meus primeiros trabalhos de pesquisa no campo das Ciências Geológicas, ainda como sua aluna e bolsista de Iniciação Científica da FAPESP, o meu reconhecimento.

Prof.Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, pela marcante influência na minha formação universitária, pela palavra amiga e de otimismo que sempre me dispensou nas mais diversas circunstâncias.

Prof.Dr. Sérgio Estanislau do Amaral, pelas incansáveis leituras e críticas ao manuscrito, bem como, à sua gentil família que tantas vezes me acolheu e incentivou nas etapas de maior dificuldade, meus agradecimentos especiais.

Prof.Dr. Adilson Carvalho, pelas sugestões, críticas e esclarecimentos em várias fases desse trabalho, a par das demonstrações de grande amizade.

Aos colegas e amigos do Departamento de Geolo

gia, Mineralogia, Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, de modo especial ao Prof.Dr. Osmar Sinelli e Prof.Dr. Adônis de Souza, que durante esses anos de convívio diário sempre me dispensaram apoio, estímulo e amizade gratificantes.

Dr. Armand Chauvel, pelos novos ensinamentos adquiridos no campo da Pedologia, pelo sincero interesse neste trabalho e incentivo a prosseguir nos estudos iniciais.

Dr. Alcyr César do Nascimento e Dr. A.C. Moniz, da Seção de Pedologia, Dr. J.V.Chiarini e Dr.Igor Bitencourt, da Seção de Fotointerpretação, do Instituto Agrônomo de Campinas, bem como, aos seus respectivos técnicos e auxiliares, pelas valiosas facilidades e atendimento prestativo na utilização dos laboratórios, consultas bibliográficas e acesso aos arquivos fotográficos.

Prof.Dr. Darcy Martins da Silva, chefe da Seção de Microscopia Eletrônica do CENA-Piracicaba, pelas facilidades concedidas em seus laboratórios. A amiga Dra.Neuzza de Lima Nogueira, que com solicitude nos dirigiu e assessessorou nas técnicas da microscopia eletrônica, bem como a pós-graduanda Srta. Irene Maria Gatti, meus agradecimentos sinceros.

Prof.Dr. Wolfgang Rudert e pesquisadora Monika Hamich, pela carinhosa atenção e inestimável auxílio na orientação de algumas análises executadas nos laboratórios do Mineralogisch und Petrographisch Institut zur Köln (Alemanha Ocidental).

Prof.Dr. Francisco de Moura Duarte, responsável pelo Setor de Computação do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto pela colaboração prestada na parte de processamento de dados e análises

estatísticas.

Sra. Claudete Salinas Franzosi, pela presteza, capricho e dedicação na execução dos trabalhos datilográficos finais.

Sr. Walter Nather Júnior, pelo esmerado serviço de ilustração gráfica.

Sr. Jayme Alves da Silva, pela valiosa colaboração na impressão e composição final deste trabalho.

Sra. Maria Helena Paiva Scandiuizzi e Sr. Carlos Alberto Brunello, secretária e técnico do Departamento de Geologia, Mineralogia, Física e Matemática da F.F.C.L. de Ribeirão Preto, USP, pelo auxílio prestado em determinadas fases desse trabalho.

Aos funcionários, técnicos e auxiliares dos vários setores da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto e do Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo, pelo apreço e atenção solícita com que sempre me distinguiram.

À Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto-USP, entidade a qual pertencemos, e que tem nos proporcionado ambiente de seriedade e apoio para o desenvolvimento de nossos trabalhos didático e científico, minha respeitosa gratidão.

Í N D I C E

I. INTRODUÇÃO	1
I.1. Generalidades	1
I.2. Objetivos	2
I.3. Área de Estudo	3
I.4. Trabalhos Anteriores	5
II. MATERIAIS E MÉTODOS	15
II.1. Mapeamento e Foto-Interpretação	15
a. Documentação Cartográfica	15
b. Critérios Foto-Interpretativos	17
II.2. Trabalhos de Campo	19
a. Controle e Levantamento de Dados	19
b. Material	21
II.3. Trabalhos de Laboratório	22
a. Análises Mineralógicas	22
a.1. Difração de Raios X	22
a.2. Análise Térmica Diferencial	25
a.3. Análise Termo-Gravimétrica	26
a.4. Microscopia Eletrônica	27
a.5. Microscopia Óptica	27
b. Análises Químicas	28
b.1. Caracterização Química do Complexo Absorvente	28
b.2. Análises Químicas Totais	30
c. Análises Sedimentológicas	32
c.1. Granulometria	32

c.2. Estudos Morfoscópicos da Fração Areia	33
c.3. Parâmetros estatísticos	34
d. Análise Estatística (Cluster Analysis)	35
III. ASPECTOS GERAIS DO MEIO NATURAL	37
III.1. Aspectos Geológicos	38
III.2. Aspectos Morfológicos e Estruturais	44
III.3. Aspectos Climáticos	47
III.4. Aspectos da Vegetação	51
III.5. Aspectos Pedológicos	53
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
IV.1. Formações Superficiais e o Meio Natural. <u>Considera</u> ções Iniciais	67
a. Formações Superficiais Espessas	68
b. Formações Superficiais Pouco Espessas	69
c. Formações Superficiais Rasas	71
d. Formações Superficiais Endurecidas (Bancadas ou Couraças latêríticas)	72
e. Formações Superficiais Aluvionares	73
IV.2. Características Analíticas	73
a. Características Físicas	73
a.1. Análises Sedimentológicas	73
a.2. Análises Morfoscópicas	86
b. Características Mineralógicas	90
c. Características Químicas	110
d. Tratamento Estatístico dos Dados Analíticos	122

IV.3. Problemas ligados ao Concrecionamento e Encouramento das Formações Superficiais	127
IV.4. Evolução Genética das Formações Superficiais	140
a. Elementos da Paisagem e Formações Superficiais	140
b. Relação entre as Diversas Formações Superficiais	147
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS	156
BIBLIOGRAFIA	159

I. INTRODUÇÃO

I.1. Generalidades

No decurso da ação dos processos de intemperismo (químicos, físicos e biológicos) as rochas sofrem incessantes modificações decorrentes de sua alteração, transformação e remanejamento dando como produto materiais secundários, muitas vezes diferentes daqueles que lhes deu origem. São esses materiais que atestam a existência de uma cobertura superficial móvel ou secundariamente consolidada, praticamente contínua sobre os continentes e que, para Dewolf (1965), constituem as chamadas Formações Superficiais. Processos pedogenéticos diversos, agindo sobre esses materiais, dão origem a solos que também são considerados, no presente trabalho, Formações Superficiais.

Naturalmente essas formações são sempre suportadas por um substrato quer seja ele representado por uma base rochosa friável ou coerente a partir do qual elas podem ser derivadas diretamente ou então, depositadas a superfície do mesmo, por processos de remanejamento e transporte.

No primeiro caso trata-se de um substrato ativo (substrato-origem) intimamente relacionado a formações evoluídas "in situ" e por isso mesmo ditas autóctones enquanto no segundo, o substrato assume um papel passivo (substrato-suporte) servindo apenas de arcabouço básico sobre o qual fazem formações superficiais que lhe são independentes, denominadas alóctones.

A par desse relacionamento restrito existente entre formações superficiais-substrato deve-se assumir também a influência decisiva da interação conjunta de um complexo de fatores morfoclimáticos e estruturais responsáveis pela evolução e aspectos apresentados pela paisagem de um de-

terminado local. Esse mesmo complexo, estará também diretamente refletido nas Formações Superficiais através das características morfológicas, grau de alteração e tipo de evolução pedogenética por elas apresentadas. Consequentemente estabelece-se, dessa forma, correlações intrínsecas entre formações superficiais, formas do relevo e suas posições ocupadas na paisagem.

Devido a este fato os estudos mais pormenorizados de Formações Superficiais têm sido conduzidos, via de regra, sob um prisma essencialmente geomorfológico e que tentam ainda, de forma objetiva, esclarecer os efeitos e consequências de flutuações climáticas que, num passado geológico recente, afetaram a superfície terrestre. Essas oscilações, em síntese, teriam sido responsáveis pela gênese das formas atuais do relevo, por processos de erosão e sedimentação, deixando testemunhos, sob a forma de depósitos correlativos superficiais, de constituição e configuração variadas.

I.2. Objetivos

O objetivo do presente trabalho foi abordar o estudo de Formações Superficiais do ponto de vista de sua caracterização física, química e mineralógica e ressaltar a importância que diferentes formas de relevo assumem na evolução e distribuição desses materiais numa paisagem onde o substrato litológico e as condições climáticas são praticamente homogêneas e conhecidas. Ainda, através de um mapeamento geral, delimitar suas áreas de ocorrências e correlacionar suas espessuras e distribuição espacial a diferentes posições topográficas, através de uma carta de declividade.

I.3. Área de Estudo

A área escolhida para esse trabalho acha-se confinada praticamente a uma única formação geológica bem caracterizada e definida, cuja litologia serviu de base para o modelado de uma paisagem singular e de substrato para a evolução de diversas Formações Superficiais. Trata-se de uma pequena parcela (500 km², aprox.) do planalto basáltico da Bacia do Paran, localizada prxima a cidade de Ribeiro Preto no Estado de So Paulo.

Para uma abordagem de detalhe foram eleitas duas reas menores, a que denominamos reas-piloto. Nelas se localizam a cidade de Cravinhos e o distrito de Bonfim Paulista, respectivamente.(Fig.1)

Essas reas-piloto foram escolhidas por apresentarem-se representativas da regio de estudo sob todos os aspectos, destacando-se entre eles a topografia, relevo bastante esculpido e pela presena de amplas superfcies aplainadas, desenvolvidos sobre um substrato litolgico nico (rochas bsicas).

Essa homogeneidade litolgica alm das condies inerentes oferecidas pelo meio natural, imprimiram s Formes Superficiais e conseqentemente aos solos dessas reas o carter da sua rocha-me ou material original, mesmo tendo sofrido remanejamentos ou transporte, em funo principalmente da topografia oferecida pelo relevo que proporcionou uma maior ou menor proximidade do seu substrato. Desse modo um mesmo e nico substrato assumiu duplo papel, origem e suporte, na evoluo de seu material de cobertura.

Devido a essas circunstncias o estudo dessas Formes Superficiais bem como uma interpretao dos processos pedogenticos mais ou menos intensos envolvidos na

Fig.1. Mapa de Localização da Região Estudada e das Áreas - Piloto

sua evolução se reveste de características peculiares uma vez que está fundamentado num controle relativamente seguro de seu substrato e das condições naturais praticamente homogêneas atuantes sobre o mesmo.

I.4. Trabalhos Anteriores

Apesar das Formações Superficiais terem sido assinaladas desde há muito tempo (as primeiras referências foram feitas por Woodworth, 1912 in Ab'Saber, 1969), só recentemente estudos sistemáticos têm sido levados a efeito com o intuito de serem esclarecidos os aspectos de sua gênese e evolução. Desses estudos tem-se admitido, por inúmeros autores, a presença das Formações Superficiais como resultante da influência decisiva de oscilações climáticas pretéritas.

Setzer (1949) foi um dos primeiros a assinalar a presença de depósitos rudáceos sub-superficiais como indicativos de oscilação climática com chuvas torrenciais. A respeito desses depósitos, Ab'Saber (1962) referindo-se aos encontrados no Sul do Brasil conclui que tais pavimentos de tríticos foram desenvolvidos obedecendo uma topografia antecedente muito semelhante à atual sob um clima seco mas com chuvas torrenciais intermitentes.

Björnberg e outros (1964) verificaram a presença de extensas Formações Superficiais arenosas na região de Rio Claro, SP, trabalho esse ampliado posteriormente por Björnberg e Landim (1966) para grande extensão da Depressão Periférica no Estado de São Paulo. A esses sedimentos arenosos de cobertura esses últimos autores sugerem o nome de Formação Rio Claro e concluem que na sua deposição deva ter ocorrido uma sucessão de ciclos de erosão ligados às sucessivas oscilações de clima seco e úmido.

Diversos outros trabalhos (Penteado, 1968 e

1969; Christofolletti e Penteado, 1970) assinalam, especialmente no interior paulista, a existência dessas Formações Superficiais e procuram relacioná-las com níveis de erosão e acumulação pós-terciários. Christofolletti e Queiroz Neto (1966) verificaram, sobre a Serra de Santana, a ocorrência de cascalheiras basais sob sedimentos não estratificados, interpretando tais depósitos como oriundos do retrabalhamento das formações geológicas basais (Arenitos Bauru e Botucatu), em clima semi-árido, durante o Terciário ou posterior a ele.

Especialmente na área de Campinas é comum a ocorrência generalizada de Formações Superficiais, cujas características morfológicas e analíticas em muito se assemelham aquelas apresentadas em outras áreas, como é demonstrado por, Christofolletti (1965, 1968 e 1968 a), Carvalho e outros (1967) e Nakashima (1973).

Modenesi (1974) estudou a presença de Formações Superficiais na região de Itu-Salto, em área de contato Pré-Cambriano e Carbonífero. A maioria dessas formações, segundo a autora, seriam de origem coluvionar processadas posteriormente a elaboração das superfícies e níveis de aplainamento, o mais antigo de idade atribuída ao Terciário Médio.

De maneira geral, de acordo com os mais diversos autores, esses sedimentos acham-se distribuídos em superfícies de erosão e a sua fixação pode ser explicada pela baixa competência da drenagem nas regiões mais planas. Próximo ao sopé das encostas encontram-se as maiores espessuras, caracterizando, nesses casos, verdadeiros taludes que mascaram muitas vezes os níveis de terraceamento e pedimentação mais recentes.

Com muita frequência também tem sido verifi-

cada, sob essas Formações Superficiais, a existência de um ou mais horizontes superficiais de seixos - "stone- lines" ou "linhas de pedras" - de composição variável de área para área. No planalto de Franca, por exemplo, sua abundância é relativamente grande e evidencia uma contribuição apreciável de seixos da Formação Bauru (Vieira, 1973).

Ab'Saber (1962, 1969, 1969 a e b), Bigarella e Andrade (1965), Bigarella et al (1965), Mousinho e Bigarella (1965), Christofolletti e Queiroz Neto (1966), Christofolletti (1968 a), Penteado (1968, 1969), Queiroz Neto (1969, 1970), Modenesi (1971), Nakashima (1973), Queiroz Neto e Nakashima (1973), Carvalho e Rotta (1974), entre inúmeros outros, também referem-se à ocorrência de descontinuidades litológicas e erosivas representadas por linhas de seixos, cascalheiros, mudanças texturais e mesmo paleohorizontes pedológicos, ao longo de perfis dos materiais superficiais de diferentes áreas.

No plano internacional merecem destaque sobretudo os estudos de Formações Superficiais desenvolvidos por parte dos pesquisadores europeus (franceses, belgas e portugueses) em regiões do mundo tropical, especialmente em território africano, cujas características morfoclimáticas em muito se assemelham as nossas. Torna-se quase impossível uma revisão bibliográfica completa, tal o número de trabalhos já realizados.

A título de ilustração e exemplos generalizados sobre o assunto os trabalhos de Vogt (1966), Vincent (1966), Riquier (1969), Barros Aguiar e Vieira e Silva (1969), Segalen (1969), assinalam em diversas áreas africanas a presença de Formações Superficiais frequentemente associadas a linhas de seixos. Atribuem, embora com certas divergências, a variações climáticas a origem desses materiais e também a certas posições por eles ocupadas no relevo.

Mesmo entre nossos pesquisadores as interpretações das linhas de pedras são diversas mas, em geral, admitem oscilações climáticas do tipo seco para sua origem enquanto processos de coluvionamento ocorridos em clima mais úmido originariam os materiais de recobrimento.

Do ponto de vista cronológico poucas informações têm-se a respeito dos materiais de cobertura visto serem eles, na maioria, de caráter afossilífero. Sabe-se porém que a época de deposição relacionada a origem do processo deve ser enquadrada dentro do Cenozóico. Nesse sentido Ab'Saber (1962) chega a propor, depois de analisar uma série de razões, que as linhas de seixos devam ter uma idade inferior a 10.000 anos.

Penteado (1969) fornece interessantes observações a respeito da cronologia desses mesmos depósitos. A autora procura, através de estudos morfológicos do material sedimentar, das linhas de pedras e da posição de materiais arqueológicos encontrados, distinguir várias fases climáticas enquadrando-as dentro de uma cronologia relativa que vai do Holoceno atual até o limite Holoceno-Pleistoceno.

Ab'Saber (1969 a e b) refere-se às linhas de pedras de ocorrência no Estado de São Paulo e Sul do Brasil concluindo serem elas modernas e terem se estendido acima das antigas manchas de pavimentos detríticos grosseiros. Posteriormente esses pavimentos foram recobertos por materiais coluviais e o conjunto submetido a uma fase pedogênica que nos últimos milênios, criou o mosaico de solos do Estado de São Paulo estando sempre relacionada com as variações climáticas dos fins do Terciário (Plioceno ou limite Plio-Pleistoceno) e início do Quaternário (diversas fases do Pleistoceno). As linhas de pedras, juntamente com os depósitos de cobertura, indicariam então a possibilida-

de de várias fases de paleopavimentos com umidificação geral do clima no fim de cada período e "servindo de embasamento pelicular detrítico para a própria maturação dos solos paulistas".

Desse modo verifica-se que o solo se torna, ao lado das superfícies, um dos elementos mais importantes integrante da paisagem. Essa importância decorre do fato do solo refletir, de maneira bastante evidente, a interação de vários fatores de ordem morfoclimática, biológica e cronológica, tanto atuais como os que já cessaram de agir, mas que, segundo Daniels et al (1974), deixaram marcas de sua passagem através de evidências diretas, como os paleossolos e couraças lateríticas. Tais fatores foram estabelecidos por Jenny (1941) que, retomando os conceitos de Dokutchaiev em 1883, nos primórdios da ciência pedológica, estabeleceu uma fórmula em que o solo seria uma função do material original, relevo, clima, organismos e tempo

$$S=f(m.o., r., cl., o., t.)$$

Entretanto o esclarecimento e compreensão dos fenômenos que determinaram a evolução de um perfil de solo específico num determinado local, depende não só do conhecimento daqueles fatores mas também de sua posição ocupada numa paisagem e especialmente a duração de sua existência e exposição a vários ambientes.

A esse respeito, considerações de caráter teórico geral são muito bem expostas por Tricart (1968) sobre morfogênese e pedogênese. Por outro lado, Chatelin (1967), Daniels et al (1974) apresentam diversos estudos realizados em várias partes do globo, principalmente África e Austrália, ressaltando, de maneira prática, a importância que informações geomorfológicas podem trazer nas conclusões a respeito dos processos pedogenéticos presentes na formação de um solo.

Milne (1936), em seu trabalho original sobre catena, notou que os perfis de solos mudam dos topos em direção às vertentes, de acordo com a topografia e sua influência na drenagem e que, a história dos episódios da superfície terrestre tem considerável influência na evolução do solo.

Para Daniels et al (op.cit.), Milne et al (1935) estão entre os primeiros a esclarecer alguns dos múltiplos fatores envolvidos nas relações solo-paisagem, ao estudarem um complexo de solos em Tanganica.

A partir daí surgiriam estudos pedogenéticos onde as relações solo-paisagem são consideradas e onde seriam tentadas a correlação e até mesmo a cronologia da alteração de perfis, a partir de sequências de solos.

De caráter bastante específico, mas não menos importante, podemos dizer que poucos são os trabalhos de cunho pedológico, mormente aqueles que se referem ao Brasil de Sudeste (Queiroz Neto, 1969), que procuram relacionar as características morfogênéticas oferecidas pelos elementos componentes da paisagem, tais como as superfícies geomorfológicas, o substrato em que essas superfícies se desenvolveram e a evolução dos solos que as recobrem. Anteriormente, Queiroz Neto (1964) aborda esse problema em caráter amplo, num estudo sobre solos brasileiros.

Diversos autores, entre eles, Christofolletti e Queiroz Neto (1966), Melfi et al (1966), Carvalho et al (1967), Queiroz Neto (1969), procuraram estabelecer correlações entre superfícies aplainadas, Formações Superficiais e solos. De um modo geral chegaram a conclusão que as Formações Superficiais, nas áreas por eles estudadas (principalmente localizadas na Depressão Periférica), são sedimentos de origem pedimentar correlacionáveis às épocas

de elaboração das superfícies de aplainamentos e cujos solos com horizontes B latossólico estão sempre associados a Formações espessas e os com B textural a Formações menos espessas, nas vertentes.

Entretanto coube ainda a Queiroz Neto (1970) apresentar de forma bastante objetiva, para todo o Estado de São Paulo, uma primeira interpretação das relações existentes entre Formações Superficiais, solos e superfícies de erosão analisando suas posições topográficas e as características morfológicas e grau de alteração apresentados pelos materiais superficiais.

Para esse autor é em certas superfícies de erosão mais antigas e elevadas que se encontram com frequência Formações Superficiais muito extensas e espessas, provenientes do retrabalhamento das próprias rochas circunvizinhas. Não são raras também as ocorrências de "stone- lines" com restos de bancadas ferruginosas, misturadas a seixos de quartzo representando verdadeiras discordâncias erosivas com os materiais subjacentes.

Os solos evoluídos sobre essas formações são solos com B latossólico, bastante intemperizados, muitas vezes arenosos, e frequentemente encontrados em superfícies aplainadas da Depressão Periférica, Planalto Ocidental e sobre certos altos do reverso imediato da "cuesta" tal como é a região de Ribeirão Preto. Ab'Saber (1969 c) inclusive, tem apontado as áreas de reverso de cuevas em São Paulo como as mais importantes para o estudo de testemunhos de antigas superfícies de aplainamento e seu relacionamento com Formações Superficiais mais modernas.

Essas considerações foram tomadas tendo em vista também a existência de correlação entre o grau de alteração dos solos e as superfícies de erosão. Os solos mais evoluídos desenvolvendo-se em superfícies mais antigas enquan

to que os solos mais jovens estariam relacionados a locais de relevo rejuvenescido.

Outras observações de caráter semelhante são também apresentadas por Dias Ferreira e Queiroz Neto (1974) e Queiroz Neto e Castro (1974) ao estudarem Formações Superficiais de outras regiões do Estado de São Paulo, respectivamente Serra do Limoeiro e Bragança Paulista. Em ambos os casos, estudos pormenorizados desses materiais permitiram até mesmo uma interpretação em termos de cronologia de alteração, envolvendo elementos da paisagem regional e o grau de evolução das formações relacionado a processos pedogenéticos.

Uma tentativa também de correlacionar solos, agora derivados de uma única formação geológica, e sua distribuição ou posição numa paisagem com diversidade de feições geomorfológicas, foi efetuada por Moniz e Carvalho, 1973, na região NW do Estado de São Paulo.

Todas essas observações parecem ser contraditórias quando se toma a posição dos solos segundo o mapa da Comissão de Solos (1960), as interpretações e correlações propostas por Queiroz Neto (1970) para todo o Estado de São Paulo, e mesmo aquelas apresentadas num trabalho de Queiroz Neto, Carvalho, Journaux e Pellerin (1973). Esses últimos, estabeleceram, a partir do estudo de sequências de solos, na região de Marília, SP, uma cronologia dos perfis baseada principalmente na interpretação dos diferentes graus de alteração, espessura e diferenciação dos horizontes. Tais características estariam diretamente relacionadas aos elementos da paisagem dominante naquela pequena área do Planalto Ocidental, constituindo dessa forma testemunho de sua evolução. Os solos mais evoluídos e espessos, com horizontes menos distintos e mais alterados são encontrados em posição cimeira. Nas encostas e cimos de colinas mais baixas ocor-

rem solos ainda evoluídos porém menos espessos com B textural evidente. Nas escarpas, solos pouco desenvolvidos do tipo litossolos, "rankers" e "brunizens" dependendo da presença ou não de um substrato calcário.

Carvalho e Rotta (1974) estudando e cartografando a cobertura superficial do Município de Atibaia, SP, identificaram sete Formações Superficiais subdivididas em dois grandes grupos: as evoluídas "in situ" e as formações originadas por processos de remanejamento e transporte, facilmente identificado pela presença de "stone-lines" na sua base. Sob o ponto de vista pedológico essas formações estão sempre associadas a determinados grupos de solos ocupando certas superfícies atuais cuja evolução foi esquematicamente demonstrada pelos autores.

Queiroz Neto (1974, 1975), retomando importantes trabalhos sobre solos do Estado de São Paulo, focaliza as principais linhas de pesquisas pedológicas que podem levar a interpretações paleogeográficas de perfis de solos, incluindo-se a conceitualização de solos e paleossolos e a posição dos mesmos na paisagem. As especulações generalizadas apresentadas por esse autor foram, de certa forma, corroboradas por Carvalho (1976) ao apresentar, em sua tese de doutoramento, um estudo de detalhe sobre os solos da região de Marília e suas implicações pedogenéticas em relação à evolução do relevo.

Partindo dessas considerações e baseando-se em trabalhos pedogenéticos pormenorizados pode-se verificar que, mesmo em diferentes situações, a interação existente entre um substrato qualquer e os fatores físicos, químicos e biológicos que nele atuaram, devem estar sempre sob a influência de uma zonalidade climática que, juntamente com a drenagem e as migrações laterais tomam parte ativa nos processos de alteração superficial. Deve-se ainda ressaltar a importância da situação topográfica no desen-

volvimento dos diferentes tipos de solos elaborados sobre os depósitos superficiais. Além disso vemos que do estudo da formação e evolução dos relevos podemos vir a explicar e reconstruir a história das coberturas superficiais cujos representantes mais autênticos são os solos.

Face a todas essas apresentações precedentes a área enfoque de nossos estudos, localizada na região de Ribeirão Preto, tem despertado o interesse dos pesquisadores sob os mais diversos aspectos. As obras mais importantes e de maior interesse para o presente trabalho serão abordadas no transcorrer da sua apresentação, no texto a seguir.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração desse trabalho o levantamento de dados, quer seja de campo ou de laboratório, esteve sempre associado com a caracterização dos elementos integrantes da paisagem; suas feições topográficas e formas do relevo, materiais de recobrimento ou formações superficiais e solos, elementos esses que são suportados e ou evoluíram sobre um substrato litológico praticamente homogêneo.

II.1. Mapeamento e Foto-Interpretação

a - Documentação Cartográfica

No mapeamento da área estudada, que compreende parte das quadriculas de Ribeirão Preto, Serrana, Bonfim Paulista e Cravinhos, a delimitação da sua extensão total, bem como, observações preliminares de caráter geo-pedológicas foram efetuadas através de foto-interpretação e reconhecimento de campo.

Inicialmente o trabalho prendeu-se à elaboração de um mapa-base, empregando-se técnicas e métodos básicos foto-interpretativos (Ricci e Petri, 1965) combinados a um controle sistemático de campo. Para isso utilizamos fotografias aéreas na escala de 1:60.000, o que nos possibilitou uma visualização global da área. Com o desenvolver dos trabalhos pudemos contar com uma documentação cartográfica em escala maior, qual seja mapas topográficos planoaltimétricos (1:50.000), publicados pelo IBGE, além de fotografias aéreas do levantamento Aerofotogramétrico do Estado de São Paulo (1962), na escala de 1:25.000 num total de 58 fotos distribuídas em 8 faixas de voo.

O estabelecimento dos detalhes cartográficos e observações de pontos duvidosos ou que mereciam maior deta-

lhe, foram feitos em fotos 1:25.000. No entanto, resolvemos eleger e determinar dentro desse mapeamento básico geral duas áreas a que denominamos áreas-piloto nas quais concentramos nossos estudos de detalhe sob diversos aspectos, inclusive cartográficos.

Sobre as fotos foram então lançados, inicialmente, o traçado da drenagem, delineadas as formas apresentadas pelo relevo, rupturas de declive, e delimitação tanto quanto possível das unidades superficiais homólogas. Para essas delimitações baseamo-nos nas cotas altimétricas obtidas das cartas topográficas e nos 106 pontos descritos no campo.

Os dados obtidos das foto-aéreas foram transferidos, com o auxílio de Sketchmaster Zeiss, para as folhas-bases de cada área-piloto, na escala de 1:20.000. Essas folhas foram ampliadas diretamente das cartas topográficas de 1:50.000, tendo sido traçadas curvas de nível de 10 em 10 metros.

Ainda, para uma melhor delimitação das áreas ocupadas pelas unidades superficiais semelhantes em relação a uma possível correspondência de suas distribuições em determinadas posições e formas do relevo, foram construídas cartas de declividade de vertentes baseadas no método apresentado por De Biasi (1970), porém simplificado na maneira de sua aplicação. Tal método consiste na transformação de cartas topográficas, em cartas de declividade. A delimitação de regiões de igual ou de diferentes declividades é realizada lançando-se diretamente sobre as curvas de nível da carta topográfica as diferentes porcentagens de declividades contidas num ábaco. Simplificamos o método ao substituímos o ábaco por um compasso cujas diversas aberturas corresponderam a diferentes graus de declividade.

Numa primeira abordagem sobre a distribuição das Formações Superficiais, valemo-nos da Carta de Solos, na escala de 1:500.000, elaborada pela Comissão de Solos, além da classificação e descrição geopedológica apresentada pela mesma através do seu Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, 1960.

O estudo e mapeamento geológico em detalhe efetuado por Soares et al (1973), da região NE do Estado de São Paulo nos auxiliou na caracterização e reconhecimento das formações geológicas locais. O mapa geológico elaborado pelos autores na escala de 1:50.000 forneceu subsídios para o conhecimento da estratigrafia local, do padrão estrutural, a extensão ocupada pelas formações geológicas que ocorrem na área e que serviram de substrato sobre o qual evoluiu o material de recobrimento. Desse modo pudemos com certa segurança, obter um controle da relação material subjacente (formação geológica) e material sobrejacente (Formações Superficiais).

b - Critérios Foto-Interpretativos

No início dos estudos aero-fotográficos tivemos por objetivo a identificação e reconhecimento de elementos básicos e comuns às diversas abordagens propostas para o mapeamento das Formações Superficiais, quer fossem de caráter geológico, geomorfológico ou pedológico. Muito embora certos detalhes variassem, o procedimento geral no trabalho foto-interpretativo foi simples, tendo sido utilizados métodos de interpretação de Formações Superficiais em fotos aéreas citados nos trabalhos de Modenesi (1971), Nakashima, (1973) e Carvalho e Rotta (1974). Estes últimos aplicaram métodos cartográficos bastante modernos, nos moldes dos executados por Journaux (1969, 1971), porém adaptados às nossas condições tropicais.

Assim, estabeleceu-se, inicialmente, o traçado da rede de drenagem até elementos de primeira ordem, observando-se as direções, densidades e extensão dos cursos d'água bem como a distribuição e delimitação das várzeas. Ainda como elementos básicos preliminares foram analisados os grandes traços dos escarpamentos, cornijas, e rupturas de declives oferecidas pelo relevo cujas saliências topográficas são sustentadas pelas rochas básicas dominantes da área.

As fotos aéreas mostraram-se eficientes para os fins de delimitação e compartimentação da paisagem em seus aspectos topográfico-geomorfológico, no reconhecimento de detalhes do modelado dos interflúvios e espigões, e seus níveis mais aplainados, tipos de cabeceiras de drenagem e nas formas, declividades e extensão das vertentes.

Através desse procedimento pudemos cartografar superfícies aplainadas que dominam a região sob a forma generalizada de "glacis" e pequenos testemunhos de topos aplainados, superfícies essas ocupando intervalos altimétricos praticamente constantes e definidos. Também foram cartografadas as planícies aluviais que assumem maiores extensões em alguns trechos de determinados vales (Ribeirões Tamaçuã, da Onça, do Pântano e Córrego do Espirado) ou pela confluência de drenagem tomando então, uma configuração triangular.

Os critérios foto-interpretativos adotados no estudo da geologia e geomorfologia, foram levados em consideração para definir e delimitar o objeto principal da pesquisa ou seja, as Formações Superficiais. Tais critérios permitiram, juntamente com a caracterização efetuada no campo, distinguir e definir as formações espessas, pouco espessas, rasas ou pouco desenvolvidas, através da própria tonalidade e textura das fotos, observação das formas de relevo e densidade da rede de drenagem.

II.2. Trabalhos de Campo

a - Controle e Levantamento de Dados

Paralelamente às observações foto-interpretativas e de posse de um mapeamento básico geral, iniciamos nos trabalhos de campo que consistiram no controle e levantamento de dados da área estudada.

Para isso percorremos sistematicamente toda a região através das principais vias de acesso, assinalando-se no mapa os locais de observação e amostragem.

O trabalho de campo permitiu observar aspectos do quadro paisagístico local que vieram completar aqueles efetuados por foto-interpretação, dando-se ênfase especial às formas apresentadas pelo relevo, tipos de vertentes, suas declividades e extensão. A esquematização dos níveis de aplainamento, apesar de delineados nas fotos aéreas, só puderam ser definitivamente estabelecidas após os levantamentos e controle altimétricos de campo. Procurou-se definir ainda as quebras de gradientes e passagens de uma a outra superfície, estabelecidas a partir da constatação de desníveis mais significativos, em degraus ou rampas, ou suavemente, caracterizando extensos "glacis", tornando-se então, neste último caso, bastante difícil suas delimitações.

A caracterização das Formações Superficiais foi realizada a partir da descrição de um grande número de pontos (106) distribuídos em locais relacionados a determinadas posições e altitudes ocupadas no relevo.

A identificação e o estabelecimento dos diferentes tipos de Formações Superficiais no campo, foram feitas através de um conjunto de características por elas apresentadas.

Assim, dados referentes às características de ordem topográfica foram levantados a partir de medidas altimétricas de cada local visitado, sua posição topográfica (topo, vertente), suas declividade e extensão. Sempre que possível procuramos correlacioná-las a níveis aplainados.

Características de natureza morfológica foram obtidas através da descrição da textura, espessura, cor e consistência do material. A existência de descontinuidade morfológica, representada as vezes pela presença de um ou mais horizontes subsuperficiais de seixos (linhas de seixos) de diferentes constituições e profundidades, permitiram discernir o contato entre materiais alterados "in situ" (formações autóctones) dos transportados (formações alóctones). Outros indícios porventura existentes, como concentração de pequenas concreções ferruginosas no interior do material, diferenças de textura e cor entre os depósitos superficiais e o material subjacente, contatos bruscos e nítidos entre eles auxiliaram na caracterização dos materiais transportados dos evoluídos "in situ". Essa distinção, porém, nem sempre foi possível dada a grande homogeneidade e espessura muitas vezes apresentada pelo material de recobrimento, da ordem até de 10 a 15 metros ou mais (estudos geofísicos levados a efeito na região por Ellert e Chauvel - informação verbal - revelaram espessuras do manto de alteração de até 50 m).

Com relação a espessura, as observações de campo permitiram a separação de pelo menos dois tipos maiores de Formações Superficiais: as mais espessas (com mais de 2 m de profundidade) das pouco espessas que juntamente com outros critérios morfológicos utilizados (textura, cor, estrutura, consistência, etc), proporcionaram suas subdivisões.

Também mereceram destaque as formações mais

rasas localizadas sempre nas quebras de gradiente e as formações aluviais, nos vales. Esporadicamente, mas de grande interesse para o nosso estudo, foi a constatação da presença de couraças lateríticas em determinados níveis altimétricos.

Como processos pedogenéticos diversos afetaram profundamente as Formações Superficiais, tornou-se praticamente impossível dissociar-se estes dois elementos (solos e Formações Superficiais) da cobertura superficial da região. Dessa forma para sua identificação utilizamos critérios definidos pela Comissão de Solos, Instituto Agrônomo de Campinas e os constantes do Manual de Método de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1973).

Para atingir os objetivos propostos os materiais coletados foram reunidos em categorias pedológicas ao nível de sub-ordem cujas características mais marcantes do perfil são dados pelo horizonte pedológico B. Assim, foram definidos solos com horizonte B latossólico, geralmente relacionados a Formações Superficiais espessas, solos com B textural a Formações Superficiais pouco espessas, solos pouco desenvolvidos a Formações rasas, solos hidromórficos e aluviais nas planícies aluviais, além de solos com perfil mais complexo, representados pelos horizontes B de "transição".

b - Material

Com o objetivo de caracterizar as variações laterais e verticais das Formações Superficiais, dois tipos de amostragem foram efetuadas: amostragem de perfil e pontual. Porém, tendo em vista que os materiais analisados exibiam um alto grau de homogeneidade, em todas as suas características, concentramos o levantamento de dados em torno de amostras pontuais.

Todavia, mesmo no caso da amostragem pontual, sempre foi observada sua posição dentro do perfil. Desta forma, sempre que possível, a amostra representa o horizonte pedológico B ou o horizonte situado logo abaixo do A.

Para alguns perfís a presença de "linhas de seixos" obrigou-nos a estudos pormenorizados no limite da descontinuidade, com coletas de amostras, acima e abaixo de la. Resultados homogêneos permitiram que as coletas posteriores fossem feitas indiferentemente, acima ou abaixo da "linha de seixos". Como porém tais linhas, quando existentes, ocorrem preferencialmente na base do horizonte pedológico B (na nossa área) as amostras representam materiais coletados acima daquela descontinuidade.

Na Fig. 2 apresentamos a distribuição de todos os pontos descritos e/ou coletados na área bem como a localização das duas áreas-piloto escolhidas: área - piloto Cravinhos e área-piloto Bonfim Paulista.

II.3. Trabalhos de Laboratório

Para efeito de definição do material coletado no campo, as amostras foram submetidas a análises de laboratório de natureza mineralógica, química e sedimentológica.

a - Análises Mineralógicas

Sob o ponto de vista mineralógico, as amostras foram caracterizadas a partir da utilização de métodos modernos de determinação dos principais minerais presentes, especialmente aqueles que constituem sua fração argila.

a.1. Difração de Raios X

Esse método foi aplicado na caracterização da

amostra total, antes de sofrer qualquer tratamento, e largamente nas frações argilas, após separação granulométrica.

As amostras totais foram analisadas após pulverização e sem orientação preferencial, enquanto que nas frações argilas aplicamos a técnica da textura orientada, a fim de realçaram-se as intensidades das faces basais dos argilo-minerais presentes.

Para uma melhor caracterização dos argilo-minerais é recomendável trabalhar com amostras livres de seus agentes cimentantes ou outros quaisquer elementos que possam interferir na difração. Nesse particular procuramos eliminar das amostras analisadas os compostos ferruginosos associados, que interferem de forma negativa nas determinações mineralógicas.

Tal remoção apresenta sérias dificuldades, pois, tratamentos muito enérgicos, podem facilmente solubilizar os óxidos de ferro, mas ao mesmo tempo prejudicar sensivelmente outros minerais, que tenham ou não ferro em suas estruturas.

Assim, vários métodos são apresentados por diversos autores Leith, (1950), Mitchell e Mackenzie (1953), Mehra e Jackson (1960), Müller (1964), Koch e Koch -Dedic (1964), utilizando diferentes substâncias e técnicas na remoção daquele elemento.

Um antigo método indicado por Tamm (in Müller, 1964), foi modernizado por De Endredy (1963) e reestudado por Segalen (1970). Este último autor sugere, na remoção do ferro de materiais altamente ferruginosos, a aplicação da solução de Tamm (sol. de ácido oxálico e oxalato de amônia, pH 3,3) associada a irradiação sob luz solar ou lâmpada de vapor de Hg durante várias horas. Esse método tem a vanta-

gem de permitir toda uma gradação na remoção das diferentes formas de ferro. A dosagem pode ser feita colorimetricamente com ortofenantrolina.

As interpretações dos resultados obtidos, através da leitura dos diagramas roentgenográficos, foram baseadas nas medidas das distâncias interplanares como são indicadas por Brown (1961), esquematicamente por Warshall e Roy (1961) e em alguns princípios de determinação qualitativa ao Raio X apresentados por Robert (1975).

a.2. Análise Térmica Diferencial

A análise térmica diferencial (A.T.D.) foi utilizada como um método auxiliar na identificação dos componentes da fração argila. Embora ela apresente certos inconvenientes e muitas vezes seja de uso restrito (Souza Santos, 1975), em determinados casos sua utilização tem demonstrado real importância. Haja visto em relação às substâncias amorfas ou que apresentem fases amorfas e de certos constituintes minerais (gibbsita, goethita, etc) que, mesmo em diminutas proporções (da ordem de 1% ou menos) são passíveis de serem detectados por esse método, segundo Mackenzie (1957). Diversas outras possibilidades do emprego da A.T.D., principalmente na caracterização de componentes de argilo-minerais, são apresentadas por Sieffermann (1969).

Nas análises térmicas diferenciais foi adotado a seguinte metodologia: da fração argila de cada amostra, previamente seca a 50°C e moída num gral de ágata, pesou-se 1mg, sendo esta uniformemente compactada dentro da termocápsula e submetida a aquecimento até 1000°C, num aparelho da RIGAKU. O padrão termicamente inerte de referência adotado foi a alumina calcinada. Os termogramas obtidos foram registrados sobre papel numa velocidade de 2,5 mm/min e taxa de aquecimento de 10°C/min.

a.3. Análise Termo-Gravimétrica

Esse método foi empregado com o objetivo de obtermos os teores dos principais constituintes de argilo - minerais encontrados nas amostras.

O uso de uma termo-balança é o mais indicado para tal tipo de análise, pois, à medida que uma amostra é aquecida, envolvendo perdas de pesos, é registrado o ponto de início e fim de cada reação.

Entretanto, podemos, improvisar o princípio de funcionamento deste aparelho valendo-se de uma mufla e de uma balança analítica de precisão.

Na obtenção dos dados quantitativos através desse método termo ponderal baseamo-nos na tabela e gráfico apresentados por Jackson (1965), correspondentes a temperaturas das reações de desidratação ou desidroxilação e a quantidade de perda de peso dos minerais pesquisados.

Em função desses dados o procedimento efetuado para essa análise foi o seguinte: colocou-se uma quantidade conhecida da amostra em um cadinho, a peso constante, de porcelana calcinada e levado a aquecimento até 220°C em uma mufla, durante 2h e 30' no mínimo. Após esse aquecimento o material é retirado da mufla, colocado num dessecador para resfriamento natural durante 30' e em seguida pesado. Essa mesma operação é realizada nos intervalos de 220-350°C e 350-650°C. Essas temperaturas correspondem às perdas de peso em amostras que contenham gibbsita e caolinita, sendo que suas respectivas curvas padrões de porcentagem de água perdida àquelas determinadas temperaturas, encontram-se representadas no gráfico de Jackson (1965).

As amostras usadas nessa análise correspondem somente a fração argila deferrificada pelo método de Se

galen (1970), pois, a presença de hidróxidos e outros componentes amorfos de ferro poderiam interferir na perda em peso, dentro dos mesmos limites dos argilo-minerais pesquisados.

a.4. Microscopia Eletrônica

A fim de completar os estudos realizados com as técnicas de difração de raios X e A.T.D. foram efetuadas, sob microscópio eletrônico, observações de caráter morfológico (tamanho e grau de cristalinidade) e mineralógico dos argilo-minerais presentes nas amostras que melhor caracterizam as diversas Formações Superficiais.

Após inúmeras tentativas de preparação das amostras para esse exame de detalhe, optamos por aquela apresentada por Sieffermann (1969) e posteriormente por uma técnica improvisada nos laboratórios do CENA, em Piracicaba, onde realizamos esse tipo de análise. A técnica consiste em obter-se suspensões muito diluídas do material argiloso de ferrificado numa solução de colódio e isoacetato de amila (1:1,5).

Após secagem total ao ar ou em estufa a 36°C, efetuamos um finíssimo recobrimento do preparado com um filme de carbono.

As observações de reconhecimento ao microscópio eletrônico, basearam-se nas descrições e ilustrações fotográficas apresentadas por Beutelspacher e Van der Marel (1968) no Atlas de Microscopia eletrônica de minerais de argilas e suas misturas, e naquelas dos resultados obtidos por Sieffermann (1969).

a.5. Microscopia Óptica

Sob microscopia óptica de luz transmitida fo

ram estudadas secções delgadas da rocha básica aflorante e das couraças lateríticas, estas últimas amostradas em determinados níveis altimétricos. As observações microscópicas visaram ao estudo da composição mineralógica e caracterização textural dos materiais.

b - Análises Químicas

As características químicas totais e do complexo absorvente foram determinadas, por via úmida, segundo métodos e procedimentos analíticos empregados pela Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas, em cujos laboratórios realizamos esse tipo de análise.

As principais marchas analíticas adotadas pela Seção para análises de rochas, argilas e solos, foram atualizadas por Van Raij e Valadares (1974).

b.1. Caracterização Química do Complexo Absorvente

- pH em água - foi determinado potenciometricamente em suspensão do material com água destilada na proporção de 1:2,5.

- Carbono - foi determinado por oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de K 0,4N e titulação por iodometria.

- Cátions trocáveis (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ e Al^{+++}) dosados individualmente:

- Potássio - a extração foi feita com ácido nítrico 0,05N e dosagem por fotometria de chama. O aparelho utilizado foi um Coleman modelo 21 que trabalhou com chama de oxigênio e propano-butano.

- Cálcio - extração com HNO_3 0,05N e determinação por absorção atômica com chama de ar-acetileno ligeiramente redutor.

- Magnésio - extração com HNO_3 0,05N e determinação através de absorção atômica com chama de ar-acetileno oxidante.

Nas determinações por absorção atômica dos cátions Ca^{++} e Mg^{++} as interferências de outros elementos indesejáveis (Si, Al, fosfato, etc.) foram eliminadas com o emprego de 1ml da solução de óxido de lantânio a 5,5%, para cada extrato a ser analisado.

- Hidrogênio + Alumínio - o extrator usado nesta determinação foi o acetato de cálcio 1N, sob pH 7,1 mantido pelo emprego do ácido acético 1N como tampão. A titulação foi feita com solução 0,1N de NaOH.

- Alumínio - foi utilizado o processo clássico de extração com KCl 1N, seguindo-se decantação, filtração e titulação com NaOH 0,1N em presença de gotas de fenolftaleína no filtrado.

- Hidrogênio - calculado pela diferença entre os valores ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) e Al^{3+} , supra indicados.

- Soma de bases (S) - representa a soma desses cátions trocáveis (ions H^+ e Al^{3+} , não inclusos) dosados e expressos em m.e./100g do material analisado.

- Capacidade de Troca Catiônica (T) - sua determinação representa a soma de todos os cátions trocáveis que o material fixou através de suas partículas minerais e orgânicas. É também expressa em equivalentes miligramas dos cátions absorvidos por 100 g do material. Portanto (T) foi calculada somando-se $(S) + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$

- Saturação de Bases (V)% - representa o grau de saturação da capacidade de troca de cátions de um material, sendo obtida pela equação: $V = \frac{S \times 100}{T}$

b.2. Análises Químicas Totais

Pela análise química total das amostras dosamos, por via úmida, seus principais elementos (Si, Al, Fe e Ti) na forma de óxidos.

Os métodos e reagentes analíticos empregados foram inteiramente baseados nos procedimentos indicados por Van Raij e Valadares (1974) na determinação daqueles óxidos a partir do ataque com H_2SO_4 1:1.

Após digestão inicial realizada pelo ataque sulfúrico, as dosagens foram feitas colorimetricamente, no extrato do filtrado, com aluminon, ortofenantrolina e $KMnO_4$, respectivamente para o Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2 .

A determinação do SiO_2 foi efetuada no resíduo não digerido pelo ataque sulfúrico, através de fusão alcalina com NaOH a 30% e posterior dosagem, por colorimetria, com solução sulfomolibdica.

Esses mesmos elementos foram também dosados, por via seca, através da técnica de análise por fluorescência de raios X aplicados somente em determinadas amostras coletadas a diferentes profundidades de um mesmo afloramento.

Na preparação das amostras para essa análise quantitativa obedecemos um procedimento utilizado no Instituto de Mineralogia e Petrografia da Universidade de Colônia, Alemanha Ocidental.

Em uma estufa a $110^\circ C$, as amostras e as subs-

tâncias químicas usadas foram submetidas à perda da sua água higroscópica durante 24 horas.

Para calibração do aparelho analisador e posterior comparação e correção dos impulsos emitidos pelos elementos em análise usamos um padrão interno constituído de uma mistura de SrCO_3 , para análise de Si e Al, Sm_2O_3 para o Fe e Sc_2O_3 para o Ti, misturados, num gral de ágata, durante meia hora, para perfeita homogeneização.

As retas padrões foram obtidas a partir de sete amostras artificialmente preparadas, abrangendo limites percentuais de cada elemento, extraídos de análises apresentadas por Valeton (1967) e Moniz (1967), para materiais semelhantes ao nosso.

A seguir tomamos 250 mg da amostra (padrão ou do material), 150 mg do padrão interno e 600 mg de Tetra borato de Li ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$), totalizando 1g, da amostra a ser analisada.

A homogeneização primeiramente foi feita durante 1/2 hora num gral de ágata, transferida cuidadosamente para um recipiente metálico de Pt-Au e levado à mufla, sob temperatura de 1040°C, durante 8-10 minutos, até obtenção de uma pérola. Essa pérola foi em seguida pulverizada num moinho automático especial durante 5 minutos.

Para análise do Si e Al o finíssimo pó obtido de cada preparado foi colocado em cubetas de aço sob pressão de 1,5 ton/cm² obtendo-se uma pastilha, cujas partículas e superfícies ficaram uniformemente distribuídas. Essa técnica é recomendada por Savelli (1967) para análises de Si e Al sob fluorescência de raios X.

Para o Fe e Ti o pó foi colocado e levemente pressionado sob um êmbolo metálico, em cubetas de alumínio

em cujo fundo ôco distendemos uma folha transparente Mylar.

Os dados obtidos a partir das análises químicas totais, permitiram também os cálculos das relações moleculares K_i e K_r .

Tanto K_i como K_r representam valores que admitem, uma comparação geoquímica mais objetiva entre e dentro de duas ou mais amostras entre si.

K_i e K_r são deduzidos das seguintes relações moleculares:

$$K_i = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad \text{e} \quad K_r = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Através de K_i podemos deduzir quais os principais grupos de argilo-minerais presentes no material e seu relacionamento aos grandes processos geoquímicos envolvidos nas suas evoluções, como é demonstrado experimentalmente por Pedro (1969).

Assim, valores de K_i abaixo de 1,8 indicam a presença de hidróxidos de Al livre (processo da alitização), valores entre 1,8 e 2,0 indicam presença de argilo-minerais 1:1 pertencentes ao grupo da caulinita (processo da monossilicificação). Valores de K_i acima de 2 relacionam-se ao processo de bissilicificação atuante na formação de argilo-minerais do grupo 2:1.

c - Análises Sedimentológicas

c.1. Granulometria

Para essa análise separou-se cerca de 200 gramas de cada amostra, previamente secas ao ar, desagregados mecanicamente em um almofariz com pistilo de borracha e

em seguida passadas por peneira com 2mm de abertura para se paração da fração cascalho. Tal fração é praticamente ine- xistente em nosso material.

As frações inferiores recolhidas desse penei-
ramento constituem a chamada terra fina seca ao ar (T.F.S.A.)
sobre a qual processamos o fracionamento granulométrico.

Foram tomados 50g dessa T.F.S.A. tratadas com
água oxigenada para destruição da matéria orgânica. Poste-
riormente foram agitadas com uma solução 0,04N de pirofosfa-
to de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), durante 24 horas, para a disper-
são e defloculação das frações finas presentes, como é reco-
mendado por Mückenhausen (1968).

Em seguida foi feita a separação das partícu-
las $> 63\mu$ (fração areia) através de uma bateria de peneiras
com intervalos sucessivos da ordem de 10. Esse peneiramento
foi processado a úmido.

Para as frações inferiores a 63μ usamos o co-
nhecido método da pipetagem. A escala adotada foi a de Went-
Worth transformada em escala ϕ .

Essa análise granulométrica foi de muita im-
portância na caracterização textural do material, tendo-se
adotado os diagramas triangulares de classificação da Soil
Survey Staff (1967) e a de Campinas, Medina (1967). Esta úl-
tima só pode ser empregada após o cálculo das frações inter-
mediárias (areia fina + silte).

c.2. Estudos Morfoscópicos da Fração Areia

O exame morfoscópico das amostras visou defi-
nir o grau de arredondamento e textura superficial apresen-
tadas pelas partículas da fração areia. A esfericidade não

foi considerada, pois além de ser um fator de menor importância, os grãos apresentaram-se relativamente uniformes em relação a esse caráter, com esfericidades sempre acima de 0,7.

Foram analisados entre 50 a 100 grãos, escolhidos ao acaso, para cada intervalo da fração areia até 30 (0,125 mm) de diâmetro. Os grãos de valores abaixo dessa granulação mínima estabelecida, quando transportados pela água, geralmente não se apresentam arredondados. O arredondamento foi determinado pelo processo "visual comparativo" segundo tabela padrão Krumbein (1941), reunindo 9 classes de arredondamento.

A textura superficial foi verificada nos mesmos grãos computados para o arredondamento e reunindo as 4 classes definidas por Krumbein e Pettijohn (1938); liso-fosco (LF), liso-polido (LP), rugoso-fosco (RF), rugoso-polido (RP), tendo sido acrescentado o termo intermediário para os grãos exibindo características transitórias de classes.

As determinações, tanto do arredondamento como da textura superficial, foram realizadas sob lupa binocular.

c.3. Parâmetros estatísticos

Os resultados fornecidos pela análise granulométrica foram transcritos em tabelas e representados graficamente por histogramas, tendo sido as respectivas curvas acumulativas plotadas em papel de probabilidade normal. Dessas curvas foram extraídos os valores de diâmetro, em escala ϕ , correspondentes a 5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84% e 95% da distribuição. Esses valores foram utilizados na determinação dos parâmetros estatísticos propostos por Folk e Ward (1957), ou seja: diâmetro médio (M_z), grau de seleção, atra

vês do cálculo do Desvio Padrão (σ_1), grau de assimetria (Sk_1) e a curtose (K_g).

d - Análise Estatística (Cluster Analysis)

Com o objetivo de se estimar o grau de similaridade ou de afinidade dos diferentes materiais estudados e representados por 38 amostras analisadas, aplicamos o método da análise de agrupamento (cluster analysis). Este método permite, através de um dendograma, uma representação gráfica na qual é possível o agrupamento de amostras (ou de variáveis) hierarquicamente de acordo com a maior ou menor similaridade entre elas. As 11 variáveis selecionadas para essa análise abrangeram dados mineralógicos, químicos e sedimentológicos do material.

Várias medidas podem ser empregadas na análise de agrupamento, conforme é apresentado por Sokal e Sneath (1963) e Parks (1966). No presente trabalho foi usada uma função de distância "D". Ela expressa o grau de similaridade como distâncias em um espaço n-dimensional, entre dois objetos (amostras) e cujas medidas das variáveis foram previamente padronizadas (transformadas no sentido de variarem de 0 a 1).

O processamento dos dados desse trabalho foi realizado no "Centro de Cálculo Numérico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo", tendo sido utilizado o programa "200-RGM Cluster" da IBM, linguagem Fortran.

No desenvolvimento do método constrói-se inicialmente uma matriz dos dados já transformados. Essa matriz foi padronizada coluna por coluna de modo a fornecer igual peso para cada uma das variáveis.

A seguir foi obtida uma matriz de similarida-

de, simétrica, com base na função de distância e finalmente obteve-se o nível de similaridade das amostras que são agrupadas de acordo com uma maior ou menor similaridade entre elas, o que é representado graficamente no dendograma. No caso, o valor zero significa grau máximo de similaridade, i. e., quanto menor a distância maior será a similaridade entre as amostras analisadas.

III. ASPECTOS GERAIS DO MEIO NATURAL

A região em estudo situa-se na parte NNE do Estado de São Paulo, abrangendo parcialmente os municípios de Ribeirão Preto, Cravinhos e Serrana.

Estendendo-se por uma área que perfaz aproximadamente 500 km² entre os paralelos 21º00' e 21º30' de latitude S e os meridianos 47º30' e 48º00' de longitude W.G., dela fazem parte o distrito de Bonfim Paulista, localizado na porção centro este do Município de Ribeirão Preto e a cidade de Cravinhos, sobreelevada na parte central de seu Município.

Essa pequena parcela do território paulista caracteriza-se por pertencer a província geomorfológica das Cuestas Basálticas de Almeida (1964) equivalente, grosso modo, a sub-região Alto Planalto de Monbeig (1954). Esta, por sua vez, do ponto de vista geográfico, é parte integrante e representa o rebordo de um extenso planalto que, em suave inclinação, se estende para oeste em direção a calha do rio Paranã, constituindo a grande unidade morfológica do Planalto Ocidental Paulista. Além disso, a sub-região Alto Planalto, constitui a porção oriental e também a mais elevada daquele Planalto arenito-basáltico representada que é, pelo relevo de cuestas do Estado de São Paulo cujas maiores altitudes alcançam 800 a 1.000 metros. Esses escarpamentos de "cuestas" constituem um elemento morfológico importante separador de duas províncias morfológicas pois, o seu frontal, situa-se no contato das camadas mesozóicas (Planalto Ocidental) com as paleozóicas deprimidas (Depressão Periférica). Fig.3.

A apresentação dos principais aspectos geológicos e morfológicos, climáticos, pedológicos e fitológicos da região, esboça o quadro do meio natural em que se desenvolveu este trabalho.

Fig.3 - Posição da área de estudo em relação às províncias geomorfológicas do Estado de São Paulo

III.I. Aspectos Geológicos

Geologicamente, a posição da região NNE do Estado de São Paulo, em relação à Bacia Sedimentar do Paranã, confere à sua estratigrafia certas peculiaridades. Ela constitui pequena porção da parte marginal da Bacia em que a subsidência foi muito lenta em relação aos processos erosivos muito mais intensos durante os episódios de soerguimento e que, conseqüentemente, determinaram um registro sedimentar muito incompleto do tempo geológico. (Soares et al, 1973).

Entretanto, os ciclos seguramente continentais são bem representados por clásticos arenosos e estratigraficamente as formações que ocorrem na área escolhida constituem unidades litológicas bastante definidas. Dessas unidades, a que predomina na área é composta por rochas básicas, aparecendo subordinadamente as sedimentares, todas elas, porém, pertencentes às formações geológicas incluídas no Grupo São Bento.

O Mesozóico, portanto, apresenta-se mais desenvolvido sendo representado pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral respectivamente em ordem cronológica decrescente de apresentação. Sedimentos mais recentes representam a cobertura sedimentar dessas formações e distribuem-se extensivamente por toda a região, tendo espessuras variáveis e capeando superfícies marcadamente aplainadas em determinados níveis topográficos.

Formação Serra Geral - Rochas Básicas

A mais importante das formações supra citadas, e sobre a qual recai particularmente o trabalho proposto, é a formação Serra Geral. Só no Município de Ribeirão Preto ela ocupa uma área uniforme de aproximadamente 87% (Oliveira e Carvalho, 1966), apresentando uma espessura média de 100 metros (Sinelli, 1970).

Essa formação é representada pelos derrames basálticos, enorme massa de rochas básicas originada pela atividade magmática efusiva fissural que se estendeu pelo Brasil meridional concomitante a processos magmáticos subterráneos que deram origem aos sills e diques de diabásios. Intercaladas nessas camadas ou mesmo recobrando-as podem ocorrer camadas sedimentares arenosas, pertencentes à Formação Botucatu.

A Formação Serra Geral tem sido bastante estudada e amplamente descrita em inúmeros trabalhos de diversas naturezas científicas destacando-se entre eles os de Leinz (1949), Franco (1952), Almeida e Barbosa (1953), Ab' Saber (1954, 1959), Almeida (1956, 1964), Barbosa (1957) e mais recentemente Amaral et al (1966), Leinz et al (1966), Cordani e Vandomos (1967), Guidicini e Campos (1968), Soares (1973). Sobre a região de Ribeirão Preto, a geologia foi principalmente abordada por Almeida (1964) e Sinelli (1970) sendo que o mais recente mapeamento geológico do NE do Estado de São Paulo, e que abrange a área pesquisada, deve-se a Soares et al (1973).

A composição média de 31 análises químicas apresentadas por Cordani e Vandomos, (1967) para toda a Bacia do Paraná, não difere daquelas extraídas de 8 análises feitas por Ruegg e Dutra, (1965), específicas para amostras da região de Ribeirão Preto e arredores, fato que evidencia, em parte, a homogeneidade da composição química das rochas

básicas do Grupo S.Bento.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
A)	49,65	3.01	13.60	6.25	8.70	-	4.53	8.06	2.41	1.31	-	2.16
B)	49.11	3.44	14.09	4.39	9.85	0.23	4.03	8.54	2.93	1.24	0.46	2.02

A) Cordani e Vandomos (1967) - Média de 31 análises

B) Ruegg e Dutra (1965) - Média de 8 análises

Estudos geocronológicos foram realizados por Amaral et al (1966) e Melfi (1967) para um grande número de amostras abrangendo toda extensão das rochas basálticas da Bacia do Paraná. Tais determinações de idades radiométricas, utilizando-se o método K-Ar, evidenciaram idades pertencentes ao Mesozóico superior (J-K).

Os basaltos, petrograficamente, possuem grande quantidade de material amorfo (teor em vidro vulcânico variando entre 10-60% e que constitui um dos métodos usados por Leinz et al (1966) para demonstrar heterogeneidade de lavas basálticas), sendo ricos em plagioclásios cálcicos (andesina e labradorita) e clinopiroxênios (pigeonita e augita, com predominância desta última) como minerais essenciais. Associados a estes ressaltam-se quantidades apreciáveis de minerais opacos (magnetita, ilmenita e titano-magnetita), além de ocasional olivina, hornblenda, apatita e quartzo, como acessórios. Preenchendo vesículas e amígdalas encontram-se minerais secundários principalmente do grupo das zeólitas, em menor proporção quartzo, calcedônia, celadonita e raramente calcita.

Quando intemperizadas, a presença de crostas castanho-amareladas (aspecto ferruginoso) envolvendo um núcleo de rocha sã, (fenômeno de esfoliação esferoidal), ca-

racterizam as primeiras fases de alteração dos minerais primários componentes dessas rochas. Relativamente pouca atenção vinha sendo dada a essas crostas, até que Melfi e Levi (1971) e Levi e Melfi (1972), em trabalhos pioneiros desse gênero, estudaram os estádios iniciais de intemperismo atuantes sobre diversas rochas básicas ígneas e metamórficas representativas do Estado de São Paulo. Estudos de estádios de alteração mais avançados sobre rochas básicas deve-se também a Paiva Neto e Nascimento (1957), Setzer, (1960) e Melfi (1967a) relacionados a caracterização de cunho pedológico.

Na formação Serra Geral incluem-se não só os derrames e intrusivas básicas como também arenitos eólicos interderrames cujas disposições no tempo e no espaço levam a implicações de ordem estratigráfica muito controvertidas dentro da geologia desta formação e do próprio mesozóico, (Soares, 1973). Os diques não apresentam maior significado estratigráfico por constituírem corpos de intrusão discordante.

A presença tanto de intrusivas como de extrusivas básicas (com predominância destas últimas) além de raros e pequenos diques, é constatada na área escolhida. Todas essas formas porém, independente de suas posições de ordem estratigráfica, serviram de base litológica praticamente única e homogênea sobre a qual evoluiu um material de recobrimento, enfoque principal do presente trabalho.

Formações Botucatu e Pirambóia - Rochas Sedimentares

Estas Formações serão abordadas sucintamente com o intuito de completar os aspectos geológicos da região. Elas não mereceram estudos mais pormenorizados por não fazerem parte do escopo principal deste trabalho.

A Formação Botucatu restringe-se a porção NNE da área geral, em contato não muito bem definido, ora com rochas básicas, ora recoberta por sedimentos mais recentes. Uma das melhores exposições evidenciando conjuntamente esses dois tipos de contato encontra-se num corte da rodovia Ribeirão Preto-Serrana, a 6 km de Ribeirão Preto.

Na porção SSE, a Formação Botucatu se apresenta, entremeada a rochas básicas, formando belas escarpas acompanhando a margem esquerda do Ribeirão do Pântano, e seus tributários os Córregos Esperança e Grande.

A formação Botucatu é aqui tomada como uma unidade constituída maciçamente por sedimentos arenosos que tem na estratificação cruzada de grande porte a sua estrutura mais evidente e característica. Não são raros, porém, corpos homogêneos sem laminação. Tal homogeneidade litológica corresponde à dominante fácies eólica dessa formação, tendo sido a única constatada na área.

Sua granulação é de fina a média e, por possuírem pouca matriz, são friáveis. Grãos grosseiros ocorrem em níveis descontínuos, salientando a laminação. O teor das frações finas, silte + argila, geralmente é baixo, menor que 10%. Essas baixas porcentagens de material fino constituem uma das diferenças significativas com a formação subjacente, a Pirambóia, mais argilosa.

A composição mineralógica das frações grosseiras apresenta predominância exclusiva de quartzo (mais de 90%), cujos grãos são bastante arredondados e caracteristicamente foscos na sua grande maioria. O restante dos minerais acha-se distribuído entre feldspatos, sílex, mica e pesados (destaca-se a presença de turmalinas, estaurolita, cianita, zircão, rutilo. Dentre os opacos, a magnetita).

A Formação Pirambóia é constatada apenas em

certas porções do limite norte oriental da área. A NE, dentro do Município de Serrana, e no extremo E, ela tem sua presença revelada em alguns locais, pelo entalhe do Ribeirão Tamanduá e seu pequeno afluente, o Córrego do Espraiado. As melhores exposições, entretanto, situam-se ao longo da estrada Ribeirão Preto-Serrana-Cajuru a qual atravessa e delimita o extremo NNE da área.

O significado da Formação Pirambôia será aqui utilizado como constituindo a parte inferior da sequência mezozóica, caracterizada sucintamente, por arenitos argilosos com intercalação de camadas de siltito e folhelho, de origem aquosa fluvial como é definido por Soares (1973) e reafirmado por Franzinelli (1973), ao estudar estruturas sedimentares e o ambiente de sedimentação dessa formação no Estado de São Paulo.

Dos aspectos texturais ressalta-se a predominância total de clásticos de tamanho inferior a 0,5 mm (1ϕ), característica de granulação média a fina, coesos por uma matriz silto-argilosa que participa em torno de 15 a 20% na composição média litológica dessa Formação, e que é a mais significativa diferença, com os arenitos da Formação Botucatu.

Mineralogicamente, a simplicidade desta litologia é comparável, em parte, com a Formação Botucatu, que lhe é sobrejacente. O quartzo, apresentando-se como componente dominante, sub-arredondado a francamente arredondado, de aspecto mais brilhante e polido quando não revestido por películas avermelhadas, ferruginosas. Estas últimas características, de certa forma, podem constituir diferenças na distinção com o quartzo do arenito Botucatu. Os demais minerais da fração grosseira são representados pelas baixas porcentagens em minerais acessórios e pesados, qualitativamente idênticos aos da Formação Botucatu. Constituem diferenças mais marcantes entre as duas formações a presença de sillimanita entre

os pesados, uma menor presença de magnetita entre os opacos e de feldspatos bastante alterados, entre os transparentes, em se tratando da Formação Pirambóia.

Sedimentos Modernos - Cenozóico

Completando o quadro geológico local aparecem reduzidos afloramentos de sedimentos modernos.

De uma maneira geral esses sedimentos apresentam-se mal selecionados e pouco coerentes, praticamente não estruturados, verificando-se também, com certa frequência, a existência de um horizonte subsuperficial de seixos (linhas de pedra) a diferentes profundidades e composição variável. Sua caracterização sedimentológica sob o ponto de vista granulométrico e mineralógico não mostra grandes discrepâncias quando comparada à das formações Pirambóia e Botucatu. No entanto, a presença marcante de magnetita é bom fator na distinção com essas formações.

Eles distribuem-se extensivamente capeando um tipo de relevo caracterizado por amplas superfícies marcadamente aplainadas, como nos arredores de Ribeirão Preto, no extremo norte da área geral de estudo, onde ocupam níveis topográficos que correspondem a topos de interflúvios do Rio Pardo, e seus afluentes.

Os depósitos de várzea, por outro lado, são pouco expressivos destacando-se os mais desenvolvidos ao longo dos Ribeirões do Tamanduá e da Onça e seus afluentes, que respectivamente delimitam a área a leste e ao sul.

III.2. Aspectos Morfológicos e Estruturais

Os grandes traços estruturais de toda região NE do Estado de São Paulo são caracterizados por falhas e

fraturas, descritas nos trabalhos de mapeamento geológico e fetuados por Sinelli (1970), Soares et al (1973) e especificamente sob o aspecto geomorfológico estrutural por Wernick e Sinelli (1970). Um estudo sobre a tectônica no município de Ribeirão Preto foi realizado por Sinelli (1971), estendendo-se para todo o NE do Estado de São Paulo com o trabalho de Wernick (1972).

Observando-se os alinhamentos no mapeamento geológico estrutural de toda a região verifica-se que são orientados com maior frequência para NNE e os de maior importância para NW, e que não tem distribuição homogênea; certas áreas exibem maior densidade deles, como é o caso das situadas a leste, mais próximos ao contacto com o embasamento.

Especificamente dentro do Município de Ribeirão Preto e abrangendo grande parte do de Cravinhos considerações tectônicas levadas a efeito por Sinelli (1971) e depois Wernick (1972) apontam uma série de evidências de falhamentos para essa área.

Examinando-se as folhas topográficas do I.G.G. e acompanhando o mapeamento geológico estrutural (1:50.000) verifica-se que a cidade de Ribeirão Preto e parte de seu município se localizam numa "Depressão" onde as altitudes variam de 500 a 650m. No lado sudeste, abrangendo inclusive o distrito de Bonfim Paulista, e dirigindo-se para o município de Cravinhos, as altitudes aumentam rapidamente atingindo um máximo em torno de 900 m nos arredores da cidade de Cravinhos, refletindo problemas de ordem tectônica.

Além disso, quando nos detemos na observação do mapa da rede de drenagem dessa região, organizado por Sinelli (1970), chama-nos realmente a atenção o paralelismo e exibido pelos seus principais cursos d'água: rios Mogi, Pardo e Sapucaí e bem ao norte o do Carmo, e a retilinearidade e-

xibida por longos segmentos de seus percursos, revelando a existência de marcante controle estrutural na fixação da rede de drenagem.

Desse modo, por estar situada entre as redes hidrográficas formadoras do médio rio Pardo, pelo lado setentrional, e do Ribeirão da Onça e rio Mogi-Guaçu, pelo meridional, o relevo da área escolhida está condicionado ao entalhamento realizado por esses três cursos principais consequentes para os quais correm, quase perpendicularmente, seus afluentes. A semelhança do que ocorre em toda região, a feição dominante desse relevo é a existência de grandes testemunhos tabuliformes sobressaindo em meio a uma superfície ondulada suave. Esses testemunhos se distribuem em forma de elevações isoladas ou em forma de plataformas interfluviais, amplas e contínuas.

As formas isoladas são mais frequentes ao norte da área enquanto as plataformas interfluviais orientadas na direção NW separam as três bacias hidrográficas anteriormente citadas.

A plataforma interfluvial mais ampla, contínua, elevada e dissecada, com relevo mais acidentado, passa por Bonfim Paulista e Cravinhos. Particularmente ela constitui a parte central destacada da área geral, e abrange as duas áreas-piloto sobre as quais recaíram as observações de detalhe do presente trabalho.

Para essa plataforma os níveis altimétricos estão acima de 700 metros decrescendo em ambos os lados para cotas mais frequentes que oscilam entre 600 e 650 metros. Próximo aos vales os níveis decrescem até 500 metros.

Quanto ao aspecto hidrográfico podemos situar essa plataforma como um amplo espigão divisor de direção NW em cujas vertentes mais acidentadas, pelo lado setentrional,

localizam-se as cabeceiras dos afluentes que vão formar a bacia do rio Pardo. A rede de drenagem, pelo menos nesse lado e em sua porção inicial é mais densa, com cabeceiras em encostas mais abruptas dando uma feição mais recortada e acidentada ao relevo, feições essas sem demarcadas na área-piloto de Bonfim Paulista. Pelo lado meridional o relevo é caracterizado pelas vertentes mais suavizadas cuja rede de drenagem é pouco densa, de padrão mais ou menos retangular e cursos longos com cabeceiras de erosão em encostas dos formadores do Ribeirão da Onça. Esse ribeirão que limita nossa área, a SW, se apresenta bastante meândrico demarcando os contornos em cotovelo oferecidos pelas diáclases, quando em contato direto com o basalto, além de planícies de inundação amplas e contínuas em alguns de seus trechos.

Certos cursos menores, indiferentemente pertencentes às bacias do Pardo ou Onça, apresentam planícies de inundação relativamente amplas. Esses cursos se localizam na porção leste da área.

Toda essa rede hidrográfica, entalhando camadas arenito-basálticas por erosão diferencial esculpiram as formas de relevo aqui mencionadas em seus traços mais marcantes.

Tanto o exame de fotografias aéreas como o reconhecimento de campo permitiram reconhecer as características gerais desse relevo, além de certos níveis escalonados que partem do espigão mais alto e amplo da área (plataforma interfluvial Bonfim-Cravinhos) e que se estendem lateralmente, para ambos os lados, dando aspectos de superfícies mais aplainadas reveladas também no mapa de declividades.

III.3. Aspectos Climáticos

Do conjunto complexo de fenômenos meteorológicos

cos que compõem o clima de um determinado local são os elementos térmico (temperatura) e hídricos (precipitação, umidade, evaporação) que exercem maior influência nos processos de intemperismo e pedogênese.

Os dados referentes a esses elementos climáticos, para a região de Ribeirão Preto, foram extraídos do levantamento sobre o clima do Estado de São Paulo levado a efeito pela Seção de Climatologia Agrícola (I.A.C.) em 1974, como parte do recente programa de pesquisas sobre Zoneamento Agrícola do Estado.

O quadro I e a figura 4 apresentam numérica e graficamente as médias mensais da temperatura, precipitação pluvial e os resultados dos balanços hídricos calculados segundo Thornthwaite, 1948 e Thornthwaite & Mather, 1955, contidos naquele levantamento.

Segundo o sistema internacional de Köppen os dados mensais pluviométricos e termométricos e seus efeitos na disponibilidade de umidade no solo, acima apresentados, permitem identificar o clima da região de Ribeirão Preto como sendo do tipo A_w , definido como:- Clima Tropical úmido, bem demarcado sazonalmente por uma estação de verão quente e chuvosa (temperatura superior a 23°C e mais de 250mm de chuva no mes mais quente) e uma estação de inverno seca e amena (temperatura nunca inferior a 18°C e precipitação menor que 30mm no mes mais frio). O índice pluviométrico anual deste tipo climático apresenta uma amplitude de 1.100 a 1.400 mm subdividido em 3 isoietas que passam pela região (Mapa de Chuvas do Estado de São Paulo, Schröder, 1956). A maior parte da região, todavia, acha-se compreendida nas isoietas de 1.100 a 1.300mm anuais.

Este tipo climático, porém, fica bem definido para as áreas mais baixas da região, incluindo-se aquela onde está instalada a Estação Experimental de Ribeirão

M E S E S	Ribeirão Preto - SP		
	Lat. 21°11'S		
	Long. 47°43'W		
	Temperatura Média	Precipitação Pluviométrica	Balanco hídrico
	°C	mm	mm
Janeiro	23,3	283	+166
Fevereiro	23,3	216	+114
Março	22,9	169	+ 65
Abril	21,3	61	-1
Maio	19,2	45	-3
Junho	18,2	24	-7
Julho	18,3	17	-17
Agosto	20,5	15	-37
Setembro	22,6	40	-43
Outubro	23,0	130	0
Novembro	23,2	162	0
Dezembro	23,2	254	+114
Ano	21,6	1.416	+459
			-108

Quadro 1 - Dados mensais da temperatura média do ar, da precipitação pluviométrica e dos balanços hídricos em 125mm de profundidade do solo- Região de Ribeirão Preto,SP. Os dados do balanço hídrico com sinal positivo indicam os excedentes de água no solo e os com sinal negativo, as deficiências hídricas ou a intensidade da seca no mês.

Fig.4. Curso anual da precipitação e da evapotranspiração potencial mensais, e disponibilidades normais de água no solo da Região de Ribeirão Preto,SP.-Cálculo seg. Thornthwaite e Mather,1955.

Preto (na cota dos 600m) e onde são registrados os dados meteorológicos.

As áreas mais elevadas do Município de Ribeirão Preto, ocupando cotas acima de 700 metros e localizadas na ampla plataforma interfluvial que abrange a área-piloto de Bonfim Paulista apresentam um maior índice pluviométrico e uma, ainda que ligeira, diminuição das médias térmicas mensais de inverno, segundo Blanco e Godoy (in Oliveira e Carvalho, 1966); em consequência o tipo climático transiciona entre os tipos A_W e o C_{Wa} de Köppen.

Essa observação é extensiva para a área-piloto de Cravinhos em que, na cota em torno dos 900 metros e na continuação da plataforma de Bonfim, os totais pluviométricos anuais são suficientemente elevados (1.700mm) e as temperaturas na estação de inverno inferiores a 18°C para definir seu tipo climático como C_{Wa} ou clima tropical úmido de altitude.

Verifica-se, pelo confronto dos dados climáticos médios entre Ribeirão Preto e Cravinhos, a íntima relação entre relevo e clima, mesmo numa área restrita como a nossa.

Estação Experimental Localidade	Classif. seg. Köppen	Altitude (m)	Média das máximas (°C)	Média das mínimas (°C)	Mês mais quente (°C)	Mês mais frio (°C)	Precipitação anual (mm)	Mês mais chuvoso (mm)	Mês mais seco (°C)	Geadas dias/ano
Ribeirão Preto	A_W	600	23,0	18,6	Jan-Fev. 23,3	Junho 18,2	1.416	Jan. 283	Agosto 15,0	5
Cravinhos	C_{Wa}	850	22,1	17,9	Jan. 22,8	Junho 16,0	1.745	Dez. 349	Julho 8,0	-

Embora a caracterização climática de nossa área defina a ocorrência de dois tipos climáticos, A_w e C_{wa} , ambos são climas tropicais úmidos, que observam, praticamente, as mesmas influências pedogenéticas e intempéricas.

As variações de temperatura, precipitação e balanço hídrico entre esses climas não impedem que eles exerçam o mesmo tipo de ação na evolução dos materiais superficiais, a qual se resume no seguinte:

- a- Transformação rápida da matéria orgânica, facilmente decomposta por mineralização,
- b- desenvolvimento de solos tipicamente minerais,
- c- alteração dos constituintes primários das rochas que se faz sentir exclusivamente pela ação hidrolítica de soluções muito diluídas e ligeiramente ácidas.

III.4. Aspectos da Vegetação

A vegetação original que recobria o Alto Planalto Paulista já se acha inteiramente devastada. Por isso a paisagem que hoje nos oferece sua cobertura vegetal é bem diversa daquela que deveria ter-nos proporcionado sua vegetação nativa. A derrubada, praticada no intuito de aumentar as áreas cultivadas ou de pastagem, assim como o desmatamento parcial condicionando o aparecimento de uma vegetação secundária com a retirada das essências mais preciosas levaram, em consequência, a mudança do panorama da região outra cobertura pela mata exuberante da floresta latifoliada tropical.

Hoje, são através da preservação oficial (Horto Florestal e Bosque Municipal), em raríssimas propriedades particulares como as da Fazenda Santa Maria no Mun. de Cravinhos e a da Fazenda São José (cortada pela estrada em

direção a Guataparā) no Mun.de Ribeirão Preto ou onde o desmate ainda não favoreceu o aproveitamento agrícola é que se encontram acanhadas reservas daquela floresta.

Por outro lado é inexistente, na área, a prática generalizada de reflorestamento e, quando é feito, trata-se do plantio de uma monocultura de eucalipto.

Um outro tipo de vegetação original, invariavelmente localizada em solos de menor fertilidade (Oliveira e Carvalho, 1966), é a do campo cerrado representado, na área, pelos sub-tipos cerrado e cerradão.

Trata-se de uma formação vegetal cuja fisionomia é caracterizada pela grande uniformidade de seus componentes arbóreos-arbustivos de plantas relativamente pequenas (5 a 8 metros de altura) de caules tortuosos recobertos por uma casca espessa e suberosa, folhas grandes, grossas, muitas vezes coriáceas e copas irregulares formadas por galhos retorcidos. Sua vegetação rasteira é constituída principalmente por gramíneas do tipo capim barba de bode, algumas espécies herbáceas e sub-arbustivas.

No mais, a maior extensão da área já foi transformada pela atividade agro-pastoril intensiva, em campos cultivados ou de pastagem. Os primeiros tiveram na expansão cafeeira, até meados do fim do século passado, o motivo do rápido crescimento populacional e econômico de toda a região.

Assim como foi extraordinária sua expansão, rápido também foi o esgotamento dos solos, por ter sido o café (*Coffea arabica*-Fam.Rubiaceae), cultivado de maneira irracional. (Keller, 1954)

De maior importância, pelo impulso tomado nos últimos 25 anos, devemos salientar a cultura da cana-de-acú

car além da cultura da soja que, na década atual, tem sido bastante incrementada.

As formações pastoris são áreas com cobertura essencialmente graminóide (capins gordura, jaraguã, colônião, grama-batatais) e esporádicas plantas arbustivas e arbóreas, remanescentes ou espontâneas.

III.5. Aspectos Pedológicos

Pelo fato de processos pedogenéticos terem atuado praticamente em toda a espessura das F.S. da área estudada cabe aqui, com a finalidade de completar o quadro do meio natural, uma apresentação das características mais importantes dos principais tipos de solos descritos na região.

A classificação apresentada pela Comissão Nacional de Solos-C.N.S.-(1960) adota para os solos derivados de rochas básicas da Região de Ribeirão Preto duas unidades principais: solos com B "latossólico" (Terra Roxa Legítima) e solos com B "textural" (Terra Roxa Estruturada).

O termo latossol, primeiramente apresentado por Kellog (1950) e usado por Bennema et al (1959) in Moniz (1972) para latossolos do Brasil, incluindo a Terra Roxa Legítima, corresponde aos típicos solos ferralíticos de Aubert e Segalen (1966) adotados pela Classificação Francesa (1967). Segundo a classificação pedológica norte-americana, esses solos se caracterizam por um horizonte B "óxico" (USDA 7a. Aproximação - 1960-1967) ou simplesmente oxissolos.

As terras roxas estruturadas, porém, são mais difíceis de serem situadas nos diversos esquemas de classificação. Elas correspondem, todavia, aos solos com B "argílico" de Bennema et al (1970) in Moniz (1972), enquadrando-se melhor na categoria de solos ferralíticos da Classificação

Francesa (1967) e na dos alfisolos da Americana (1960-1967).

São ainda apresentados e mapeados pela C.N.S. (1960) duas outras categorias de solos, de distribuição mais restrita: solos pouco desenvolvidos e os hidromórficos.

Todas essas 4 categorias maiores de solos tem, em maior ou menor escala, representação na área de estudo. Suas características gerais são aqui sumarizadas, baseados que fomos na bibliografia consultada e nos nossos próprios dados. Destacamos os trabalhos da C.N.S. (1960), Melfi (1968), Moniz (1967,1972), Carvalho (1970), Chatelin (1972, 1974), Pedro et al (1976) e Melfi e Pedro (1977, 1978).

Solos com B Latossólico

Dos tipos de solos, enquadrados pela C.N.S. (1960) nessa categoria superior, são as Terras Roxas Legítimas ou Latossolos Roxo (L.R.) - como adotaremos aqui - a unidade taxonômica mais importante e representativa. Ela comparece na Carta Pedológica do Estado de São Paulo como a única cartografada pela Comissão, dentro da área.

Esses solos se caracterizam pelo desenvolvimento de um perfil pedológico muito espesso, bem drenado, textura argilosa, e com uma sucessão de horizontes A, B, e C, geralmente mal definida, resultado da conjunção dos seguintes fatos:

- uma alteração muito profunda dos minerais primários de seu material de origem, acompanhada de eliminação de produtos em solução e,
- síntese de novos produtos que condicionam o desenvolvimento de uma morfologia particular ao mesmo tempo variada, de propriedades físico-químicas especiais.

Trata-se ainda de solos cuja porcentagem em matéria orgânica é muito fraca ao longo do perfil. Raramente, no horizonte A (o mais rico), o teor em carbono atinge valores superiores a 3% o que indica uma decomposição extrema da matéria orgânica muito ligada a matéria mineral.

A estrutura fundamental destes solos é granular fina a prismática, moderadamente desenvolvida. A estabilidade estrutural é melhor no horizonte A, dada pela melhor coesão entre os agregados granulares.

O horizonte B, porém, constitui-se como o mais importante na definição e caracterização desses solos, e é nele que recaem nossas observações generalizadas referente a dados analíticos, morfológicos e mineralógicos.

É um horizonte frequentemente espesso (mais de 2,00 m, chegando mesmo a atingir 10-15 metros de espessura), onde os minerais primários são raros ou ausentes, e os secundários se acumulam nas frações mais finas, conferindo-lhe textura predominantemente argilosa (fração argila entre 40-60%). Nas frações grosseiras reside a maior possibilidade da presença de minerais remanescentes como a ilmenita, magnetita, zircão e certa abundância de quartzo residual. A presença de concreções ferruginosas com incrustação de manganês, nessas frações, é fato comum.

A estrutura maciça porosa a granular fina é instável, graças à fraca coesão que une os pequenos agregados nesse horizonte permitindo que as partículas, quando secas, esboroem facilmente. O material pulvulento resultante é vulgarmente conhecido como "pó de café". Quando úmidas conferem um grau de consistência friável a muito friável, e quando molhadas, ligeiramente plástico ou pegajoso. Entretanto é a alteração intensa que marca sua evolução.

Essa alteração é caracterizada pela elimina

ção da maior parte das bases alcalinas e alcalino-terrosas e pela forte dessilificação que repercute na relação K_i sempre inferior a 2, paralela a presença marcante de hidróxidos de Al sintetizados principalmente como gibbsita (raramente como produtos amorfos), que pode atingir valores até da ordem de 30% do solo total. Silicatos de Al da família da caulinita (argilas 1:1) são também constituintes importantes, cujos valores mais elevados alcançam 40%, sendo entretanto comuns valores de 20%. Dos constituintes ferruginosos destacam-se os óxidos (hematita) e produtos amorfos, muito raramente os hidróxidos de Fe (goethita). Esta hematita é comumente aluminosa com substituição em Al até da ordem de 11% (Melfi, 1975). O teor de Fe total gira em torno de 25% em grande parte responsável pela gama de variação da cor situada entre vermelho e bruno escuro (10R 4/6 a 2,5 YR 3/6) extraídas da Tabela de cores de Munsell (1967). Este fato é claramente demonstrado por Eswaran (1970) ao relacionar cor de solo, quantidade de Fe livre e os tipos de minerais de ferro encontrados em solos derivados de basalto, em regiões tropicais. Com relação aos dados analíticos esta unidade de solos não é homogênea, pois apresenta certas discrepâncias nos valores da capacidade de troca de cátions (T), soma de bases permutáveis (S) e saturação de bases (V) e mesmo no pH, embora este permaneça quase sempre ácido entre 4.0 e 6.0, aumentando com a profundidade.

A amplitude dessas variações é relativamente elevada em razão principalmente da maior ou menor presença dos constituintes cauliniticos e dos sexquióxidos, tanto na fração argila como no solo total. Os resultados analíticos observados em diversos trabalhos efetuados no Estado de São Paulo mostram que a capacidade de troca de cátions (T) é baixa, atingindo no horizonte B um valor máximo de 7,3 m.e./100g de solo total e 8.0 m.e./100g para a fração argila. A soma de bases permutáveis (S) oscila entre valores de 0,5 m.e. a 7.0 m.e./100g de solo.

Essas variações de (S) e (T) repercutem diretamente na grande amplitude dos valores do grau de saturação de bases (V) compreendida desde 20 a 85%. Em decorrência a fertilidade desses solos torna-se bastante variável também, já que ela é sobremaneira dependente de (V).

Enfim, a relação molecular de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) é baixa, sempre inferior a 2,0 podendo mesmo diminuir até 0,2. Os valores de Kr ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$) são também baixos variando entre 0,8 a 0,1.

Além dessas características apresentadas, um certo número de processos suplementares esporádicos podem intervir em diversos graus na formação desses solos, refletindo numa modificação de certos caracteres e propriedades deles. Assim, processos essencialmente físico-químicos, juntamente com outros de natureza mecânica (remanejamentos e retrabalhamentos), sob influência de vários fatores principalmente os climáticos e topográficos, podem provocar variações na sua textura e composição mineralógica, empobrecimento ou lixiviação de argila e em casos não muito raros, pode-se verificar níveis fortemente concrecionários e até mesmo endurecidos ou encouraçados. Tais modificações são localizadas, mas condicionam a inclusão dentro dessa unidade de certas variedades de solos com B latossólico, como os L.R. misturados e L.R. concrecionários.

O grupo de solos aqui definido como L.R. ocupa partes altas e baixas de um relevo menos acidentado, ondulado a suavemente ondulado, onde a topografia em geral é muito monótona, caracterizada por aplainamentos que se estendem em declives suaves e longos, apropriados à mecanização agrícola.

Todas as características principais, acima referidas, podem ser melhor visualizadas quando resumidas na descrição de um perfil típico de Latossolo Roxo locali-

zado na parte mais elevada e plana de uma toposequência, coletada e analisada por Carvalho (1970), na região de Ribeirão Preto. Ela corresponde ao ponto 103, no mapa de localização dos pontos estudados da área. (Fig.2)

Horizonte Profundidade

a. Ap	0 - 33	cm - cor vermelho acinzentada escura (2,5YR 3/3 úmido); bruno-avermelhada escura (2,5YR 3/4, seco); textura argilosa, estrutura medianamente granular; poros intersticiais abundantes e muito finos; macio, muito friável, plástico e pegajoso, transição gradual plana; raízes abundantes.
b. B ₁	33 - 62	cm - cor bruno-avermelhada escura (2,5YR 3/4 , úmido); vermelho escura (2,5YR 3/5, seco); textura argilosa; aparência maciça porosa; estrutura granular muito fina, ligeiramente sub-angular, poros intersticiais finos e abundantes; macio a ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana, raízes abundantes.
c. B ₂	62 -300	cm - cor bruno-avermelhada escura (2,5YR 3/4, úmido); vermelho escuro (2,5YR 3/5 a 3/6, seco); textura argilosa; aparência maciça porosa, estrutura finamente granular, ligeiramente sub-angular; ligeiramente duro, friável; plástico; transição difusa e plana; raízes escassas.

Horizonte Profundidade

d. C 300 cm - bruno forte (7,5YR 5/8); rocha em vias de alteração, raízes ausentes.

Horizonte	pH H ₂ O	(S) m.e./100g	(T) %	(V) %	Teor em argila	Caulinita %	Gibbsita %	Kf	Matéria orgânica
Ap	5,2	7,18	14,1	51,0	64,4	28,0	43,0	0,4	3,6
B1	5,3	4,27	7,0	61,3	64,5	22,0	47,5	0,4	1,6
B2	5,8	1,71	3,6	47,4	60,7	23,5	52,5	0,3	1,0
C	5,9	1,57	7,5	21,2	38,4	41,5	31,5	0,7	1,0

Solos com B Textural

Da categoria de solos com B textural reunidos pela C.N.S. (1960) são as chamadas "Terra Roxa Estruturada" (T.R.E.) a unidade de solos bem caracterizada, que, ao lado dos "Latosolo Roxo" (L.R.) partilham da cobertura basáltica do sul do Brasil.

As T.R.E. constituem solos menos espessos e desenvolvidos que os L.R., apresentando um horizonte B típico, designado B_t ou B argílico pelo fato de possuir revestimento brilhante de argila. Eles se caracterizam por apresentarem:

- uma alteração profunda dos minerais primários que compõem o material original, porém, com eliminação menos intensa dos produtos dessa alteração, acompanhada de síntese de novos produtos que se acumulam principalmente nas frações mais finas.
- uma espessura não muito profunda do perfil e o desenvolvi

mento de uma morfologia que lhe é muito peculiar, caracterizada principalmente pela sua textura, estrutura e cerosidade.

- possibilidade de permanência de minerais remanescentes e de quartzo residual nas frações grosseiras, não se excluindo a presença de concreções argilosas e ferruginosas.

As T.R.E. são solos geralmente bem drenados, férteis, com espessuras em torno de 2 metros e sequência dos horizontes pedológicos A, B e C definida.

O horizonte A, com matéria orgânica bem evoluída, pode se constituir num A_p pelo intenso uso agrícola. O horizonte B, que define a unidade, apresenta geralmente as seguintes características, físicas e químicas:

É subdividido em sub-horizontes B₁, B₂ e B₃ por apresentar acúmulos de argila em diferentes níveis do horizonte total. Sob esse aspecto a maior concentração verifica-se ao nível do B₂, mais espesso também. A textura se apresenta francamente argilosa, com mais de 40% de argila e sua cor predominante em amostras úmidas, tem matiz variando entre 10R (Vermelho acinzentado) e 2,5YR (bruno-avermelhado) com valor e croma 3/4 (escuro) predominante. A consistência geralmente é friável e firme.

Do ponto de vista mineralógico, os produtos de síntese, evoluídos sob eliminação menos intensa de sílica, resultam na formação de silicatos argilosos essencialmente cauliníticos, que podem atingir valores da ordem de 60% e esporadicamente até 70%. Numa T.R.E. a gibbsita também pode aparecer, todavia em taxas raramente superiores a 10%.

A presença dos produtos derivados de síntese envolvendo Fe assume um papel de destaque neste tipo de so

los, não sō pela sua quantidade muito elevada (Fe_2O_3 da ordem de 20%) como pela prōpria diversidade mineralōgica que apresentam: dos ōxidos, a hematita ē o ũnico e raro representante; os hidrōxidos tem na goethita a sua presença confirmada embora em porcentagens nāo muito elevadas (inferiores a 10%). É pois nos hidratos amorfos de Fe que reside os teores mais elevados desse elemento. Os dados apresentados por Pedro et al (1976), obtidos atravēs do mētodo de dissolução seletiva proposto por Segalen (1968), mostram que 50% ou mais do ferro total encontra-se representado por essa fase amorfa.

A composiçāo mineralōgica dos produtos de sīntese coloca em evidēncia o papel de suma importāncia que ela representa no desenvolvimento morfolōgico do horizonte B_t , caracterīstico das T.R.E..

Esse desenvolvimento morfolōgico tem na estrutura uma das mais tīpicas diferenças com os L.R.. Os elementos sāo do tipo poliēdrico a cūbico, de tamanho mēdio. A estrutura em blocos, de aspecto prismātico, angulares a sub-angulares, moderada ou fortemente desenvolvida, parecem resultar da presença de filmes de argila ("cutans") de aspecto ceroso recobrando os agregados (C.N.S., 1960). Entretanto, Pedro, et al (1976) contestam essa observaçāo apontando a existēncia de hidratos amorfos de ferro como responsāvel por toda uma tīpica organizaçāo estrutural do solo. De qualquer forma essas pelīculas de revestimento constituem uma propriedade bastante peculiar das T.R.E. e podem estar relacionadas a ambos produtos (argilosos e ferruginosos) numa associaçāo caulinita - compostos amorfos de ferro. O estudo micromorfolōgico, embora preliminar, levado a efeito por Eswaran e Sys (1970), sugere a possibilidade dessa associaçāo.

Os dados analīticos observados nos diversos trabalhos consultados mostram, de um modo geral, valores

maiores e mais homogêneos em relação aos do L.R.. O pH é ligeiramente ácido, tendendo a neutro, e o valor da soma de bases trocáveis (S) oscila entre 3 a 10 m.e./100g de solo. A capacidade de troca de cátions (T) varia entre 4,7 a 13 m.e./10g, e o grau de saturação de bases (V), apesar de apresentar uma certa amplitude de variação, é medio a alto, com valores oscilando entre 50 a 90%.

As relações moleculares de Ki tem seus limites em torno de 2,0 (1,8 a 2,1) e as de Kr entre 1,0 e 1,5, visivelmente mais elevadas do que para os L.R., em consequência da presença mais marcante dos silicatos argilosos.

Assim como os L.R., a unidade de solos com B_t, evoluída sobre rochas básicas, pode apresentar certas modificações internas do perfil, relacionadas principalmente aos fatores clima e relevo. São os solos "de transição" entre T.R.E. e L.R. que representam os casos mais interessantes de variabilidade dentro do grupo das T.R.E..

Sob o ponto de vista agrícola as T.R.E. constituem solos muito importantes, ocupando partes onde o relevo é mais ondulado, de declives mais acentuados, e em altitudes menos elevadas que os L.R..

Os principais dados gerais representativos dessa unidade correspondem a um perfil situado a meia encosta da toposequência de Ribeirão Preto, estudada por Carvalho (1970). (Ponto 105, Fig.2)

Horizontes	Profundidades	
a. A _p	0 - 30	cm - cor bruno-avermelhada escura (2,5YR 3/4, úmido e seco); textura argilosa; estrutura granular média passando a estrutura em blocos sub-angulares em pro-

fundidade; pouca e fraca cerosi-
dade; poros intersticiais abun-
dantes finos; duro, muito friã-
vel, plástico e pegajoso; tran-
sição clara e plana; raízes a-
bundantes.

b. B₂ 30 - 107 cm - cor bruno-avermelhada escu-
ra (2,5YR 3/4, úmido); vermelho
escuro (2,5YR 3/5, seco); textu-
ra argilosa; estrutura prismati-
ca fraca, média e forte, compos-
ta de blocos sub-angulares; ce-
rosidade moderada a forte; poros
intersticiais finos a muito fi-
nos; duro a muito duro; firme;
muito plástico e pegajoso; tran-
sição clara e quase plana; raí-
zes escassas.

c. B₃ 107 - 200 cm - cor bruno-avermelhada escu-
ra a vermelho escura (2,5YR 3/4
a 3/5, úmido); vermelho escuro
(2,5YR 3/6, seco); textura argi-
losa; estrutura prismática fra-
ca em blocos sub-angulares pas-
sando a estrutura granular de
aparência maciça porosa em pro-
fundidade; pouca e fraca cerosi-
dade; poros intersticiais finos,
macio a ligeiramente duro, mui-
to friável, muito plástico e pe-
gajoso; transição difusa e pla-
na; raízes ausentes.

d. C 200 - 350 cm - vermelho escuro (2,5YR, úmi

do) e bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, sêco), mosqueado amarelo-avermelhado (5YR 6/8) mais próximo a rocha alterada ; textura silte-argilosa, plástico e pegajoso.

e. C 350 - 400 cm - vermelho variegado (2,5YR 4/8) com amarelo- avermelhado (5YR 6/8); rocha alterada.

Horizonte	pH H ₂ O	(S) m.e./100g	(T)	(V) %	Teor em argila	Caulinita %	Gibbsita %	KI	Matéria orgânica
Ap	6,1	9,74	15,5	62,7	57,1	63,5	5,5	1,4	3,7
B ₂	6,0	6,52	9,9	65,7	67,9	69,5	7,0	1,4	2,1
B ₃	5,3	4,45	6,7	66,9	67,3	62,5	10,0	1,3	0,9
C	5,2	3,37	5,6	66,9	66,9	60,0	16,0	-	0,3

Solos pouco Desenvolvidos

Este grupamento reúne unidades de solos cuja evolução não conseguiu atingir ainda o desenvolvimento de um perfil completo. São solos rasos, geralmente muito semelhantes ao material que lhes deu origem e classificados pela C.N.S. (1960) como Litossolos.

Constituem solos muito ricos, cujo horizonte superficial é logo seguido pela rocha básica subjacente, pouco alterada. A transição entre o horizonte A e o substrato rochoso é clara e abrupta. Sua formação está diretamente relacionada ao fator relevo, que se destaca sobre os demais, ocupando áreas onde as quebras de gradientes são

mais severas e os declives portanto mais abruptos.

Todavia, alguns perfis podem apresentar-se um tanto mais evoluídos, onde a presença de um B, ainda que modesto, é constatada, com estrutura em blocos subangulares média a bem desenvolvida. Neste caso trata-se de um solo Bruno eutrófico tropical, cujas características físico-químicas e mineralógicas não diferem muito das de um litossol propriamente dito.

Esses dois tipos de solos são bem caracterizados pelos valores elevados do complexo absorvente que tem, na alta porcentagem em saturação de bases (V), uma propriedade bem definida. A elevada capacidade de troca de cátions (T) (ao redor de 40 m.e./100g de solo), assim como a soma de bases permutáveis (S) (35 m.e./100g), indicam a permanência de elementos originais da rocha no solo refletida também nos elevados valores de K_1 (sempre superior a 2,0) e de K_r (maior que 1,5).

Pelo fato de ocuparem um relevo muito acidentado onde afloram grande quantidade de fragmentos rochosos, e por serem muito rasos, esses solos são pouco cultivados, servindo apenas como pastagens.

As seguintes características foram extraídas de um perfil coletado por Carvalho (1970), localizado junto a quebra de gradiente da toposequência de Ribeirão Preto. (Ponto 104 da Fig.2)

Horizontes	Profundidades	
A	0 - 13	cm - bruno avermelhado escuro (5YR 3/2, úmido e seco); textura argilosa gravelly, estrutura fraca a média em blocos subangulares, duro, firme, plástico e pe

gajoso, transição clara e ondula
da.

B (AC) 13 - 25 cm - bruno-avermelhado escuro
(5YR 3/2, úmido e seco), mosquea
do proeminente, muito fino, ama-
relo-avermelhado (7,5YR 6/6) e
ligeiramente verde; estrutura em
blocos subangulares duro, firme.

(C/R) 25 - 80⁺ cm - marrom-oliva (2,5Y 4/3); ro
cha alterada.

Horizonte	pH H ₂ O	(T) m.e./100g	(V)	Teor (%) argila	Caulinita	Ki
B	6,4	34,6	saturado	25	30%	4,17

Solos Aluviais: - são solos jovens formados a partir de sedimentos de deposição recente, não apresentando o desenvolvimento de um perfil pedológico propriamente dito; somente estratificações inconsolidadas de diversas naturezas litológicas dependentes da ação da drenagem.

Eles estão situados nas várzeas, geralmente em íntima associação com a unidade de solos hidromórficos, como aparecem cartografados ao nível de sub-ordem pela C.N. S. (1960).

Constituem pois solos cuja influência da água, condicionada quase totalmente pelo fator relevo, é tão intensa na sua evolução, que pode chegar a impedir a ação de outros fatores externos. Eles ocupam as cotas mais baixas da área, nos planos de origem aluvial.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

IV.1. Formações Superficiais e o Meio Natural. Considerações Iniciais.

No presente trabalho a área abordada acha-se confinada praticamente a uma única formação geológica bem caracterizada e definida, cuja litologia serviu de base para o modelado de uma paisagem singular e de substrato para a evolução de diversas Formações Superficiais.*

Essa homogeneidade litológica, além das condições inerentes oferecidas pelo meio natural (capítulo anterior), imprimiu às F.S. da área, características marcantes e identificáveis, mesmo tendo elas sofrido remanejamentos ou transporte. Desse modo um mesmo e único substrato assumiu duplo papel, origem e suporte, na evolução de seu material de cobertura.

Assim, o estudo dessas F.S., bem como uma interpretação dos processos pedogenéticos envolvidos na sua evolução, se reveste de características peculiares, uma vez que está fundamentado num controle seguro do substrato e das condições naturais, praticamente homogêneas, atuantes sobre ele.

Em toda a área há ocorrência generalizada de Formações Superficiais. Os trabalhos de reconhecimento de campo efetuados concomitantemente a observações foto-interpretativas permitiram a identificação e posterior delimitação de quatro unidades maiores de F.S., bem compartimentadas dentro da paisagem no que tange principalmente às suas feições topográficas, ocupando níveis de altitude mais ou menos definidas e que admitem uma certa correlação altimétrica.

* Por facilidades datilográficas, em certos casos, abreviaremos Formações Superficiais para F.S.

A espessura, ao lado da textura, coloração, presença ou não de descontinuidades e, especialmente, a natureza pedológica dessas formações, consistiram nos principais critérios que de início permitiram as suas identificações. Variações dentro das unidades só puderam ser reconhecidas com observações mais acuradas de campo ou após análises mais detalhadas de laboratório.

Assim, os critérios empregados possibilitaram definir a ocorrência dos seguintes tipos de F.S., em se tratando independentemente de formações autóctones ou alóctones. A definição dessas formações são aqui apresentadas de forma bastante generalizada, a título de uma caracterização sucinta e inicial delas.

a. Formações Superficiais Espessas

Caracterizam-se por apresentar espessuras frequentes acima de 5 metros, podendo atingir 15m ou mais. Paiva Neto et al (1949) em levantamentos realizados próximos a Estação Experimental de Ribeirão Preto, dão exemplos de materiais superficiais alterados cujo substrato rochoso está a 30 e até 40m de profundidade. Nessas circunstâncias torna-se difícil precisar as relações genéticas entre F.S. espessas e o substrato rochoso.

As F.S. espessas cobrem cerca de 2/3 da área em estudo, ocupando um relevo de topografia bastante suave, representado pelos testemunhos tabuliformes, de altitudes elevadas compreendidas entre 700-900m que se distribuem na forma de elevações isoladas ou na forma de plataformas interfluviais, amplas e contínuas, demarcando superfícies aplainadas que correspondem às superfícies cimeiras regionais. Com menor expressividade elas comparecem, também, no sopé das vertentes, em altitudes inferiores, ao redor de 550 a 650m, no contato direto com os níveis ocupados por formações recen

tes aluvionares. Para facilidade de abordagem as denominamos, respectivamente, Formações Superficiais espessas de topo e de baixada.

Em ambas as formas de ocorrência, porém, essas formações recobrem sempre um relevo de topografia praticamente plana, de vertentes bastante longas e suaves cujo grau de declividade é sempre inferior a 60, evidenciado, cartograficamente (Fig.5 e 7), pelas áreas contidas numa variação de 0 a 5 ou 5 a 10% de declividade. As figuras 6 e 8 ilustram, respectivamente, a extensão e a distribuição dessas formações na área.

Do ponto de vista textural as formações espessas podem apresentar-se muito argilosas (mais difundida na área), concrecionadas, argilo-arenosas ou francamente arenosas, constituindo-se cada uma em sub-tipos ou variedades de materiais que compõem a unidade. Esses diversos sub-tipos permitem ainda revelar diferentes aspectos que as etapas mais avançadas de alteração e processos pedogenéticos podem imprimir num mesmo material superficial.

Sob o aspecto da evolução pedológica, as Formações Superficiais espessas correspondem, com amplo predomínio, a solos com B latossólico (B_l). No caso das formações espessas muito arenosas, seus horizontes pedogenéticos identificam solos profundos, porém pouco desenvolvidos.

b. Formações Superficiais Pouco Espessas

São formações cuja espessura raramente ultrapassa 4 a 5 metros; mais comumente apresentam espessuras em torno de 2 a 3 metros.

Elas são assinaladas ocupando as vertentes de declividades acentuadas, que correspondem as encostas das

Fig. 5 - CARTA DE DECLIVIDADES

0 500 2000 m

Fig. 6 - MAPA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

0 500 2000 m

Fig. 7 - CARTA DE DECLIVIDADES

0 500 2000 m

Fig. 8 - MAPA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

0 500 2000 m

colinas ou dos espigões interfluviais da área cujos topos são recobertos por formações espessas.

A topografia desse relevo apresenta declividades da ordem de 10-20%, associada parcialmente às áreas com 20 até 30% (essa amplitude de variação corresponde de 6 a 179 graus de declividade no terreno). Os níveis altimétricos ocupados estão mais comumente situados entre 600-700 m. (Fig. 5 e 7).

Na paisagem, a posição ocupada por esse relevo mais acentuado corresponde frequentemente as partes de meia-encosta, das vertentes levemente côncavas situadas em ligeira quebra de gradiente, próximo aos vales. O contato superior dessas formações é feito gradualmente tanto com as Formações Superficiais espessas cimeiras ou mais comumente com as formações rasas que recobrem o relevo mais escarpado da área. O contato inferior é demarcado de uma maneira transicional com as formações espessas de baixada ou diretamente com as formações aluvionares. Interessante assinalar que a maioria das cabeceiras de drenagem acham-se instaladas nas adjacências das superfícies ocupadas pelas Formações Superficiais pouco espessas com as do relevo mais declivoso, situado logo acima delas.

Texturalmente, as formações pouco espessas são argilosas, podendo ou não apresentar no seu interior, com distribuição caótica, concreções ferruginosas, o que de certa forma implica em suposições a respeito do seu estado de evolução. Além disso, essas formações são bem evidenciadas no campo por apresentarem um horizonte pedológico morfologicamente muito característico denominado B textural ou simplesmente B_t . Como variação pedogenética bastante interessante encontramos horizontes B_t transicionando para B_{cl} o que nos levou à separação de um sub-tipo de formações pouco espessas denominado de "transição" ou "intermediário".

Devido a sua pequena espessura, tornou-se frequente verificar, no campo, o relacionamento direto substrato rochoso-formação superficial. Tal relacionamento, no entanto, é truncado esporadicamente pela presença de pequenas linhas de seixos no interior de horizontes B_t , fato que supõe a movimentação sofrida pelos materiais componentes dessas formações.

c. Formações Superficiais Rasas

Como a própria denominação está a indicar, trata-se de formações com espessuras muito reduzidas, frequentemente inferiores a 1m. Elas encontram-se, quase sempre, diretamente assentadas sobre um substrato de rochas, constituindo F.S. em geral de natureza autóctone. Podem ser mais facilmente delimitadas por estarem situadas em rampas muito inclinadas, locais de vertentes abruptas que topograficamente delineiam o relevo mais íngreme da área.

A projeção cartográfica desse relevo, nas cartas de declividade, relaciona-se às áreas de 25 a até mais de 50% de declividade. Essas áreas são claramente ressaltadas nas cartas por uma maior condensação das linhas de níveis, reflexo dos elevados graus de declividade do terreno, da ordem de 20 a 25º ou mais. (Fig. 5 e 7).

No quadro paisagístico local, o relevo ocupado pelas F.S. rasas é bem demarcado pelas rupturas mais bruscas de gradiente ocasionadas pelas escarpas basálticas aflorantes. Não são raros perfis topográficos mais complexos apresentando duas ou mais dessas rupturas, muito provavelmente relacionadas a estruturas de diversos derrames. Nesses casos as F.S. rasas foram registradas recobrando mais de um nível topográfico numa mesma sequência, porém sempre em contato, tanto superior como inferior, com formações mais desenvolvidas. De um modo geral elas abrangem níveis altimétricos sempre inferiores às das formações espessas ci

meiras, mais frequente entre 600-700 m; raramente acima de 750m.

A textura das F.S. rasas, como consequência da pequena profundidade atingida pela alteração de seu substrato rochoso confere-lhe caráter um tanto grosseiro, cascalhento. As frações mais finas, subordinadas, comumente são de textura argilo-siltosa.

Sua evolução pedológica reflete a natureza da alteração ao caracterizar solos pouco desenvolvidos, cujo horizonte B pode se tornar bastante incipiente e até mesmo ausente dada a pequena espessura do material em vias de alteração.

d. Formações Superficiais Endurecidas (Bancadas ou Couraças lateríticas)

Trata-se de formações muito peculiares na paisagem, que atingem desde alguns centímetros a pouco mais de 1 m de espessura, sendo encontradas frequentemente no sopê de determinadas vertentes, ocupando fundos de vales e margeando alguns rios, em altitudes baixas, entre 500-550m. Muito mais raro encontrá-las ocupando níveis mais elevados e, nestes casos, na forma de blocos desmoronados e grande quantidade de fragmentos miúdos de couraça aureolando os bordos mais ou menos abruptos de superfícies aplainadas.

De qualquer forma ocupam, sempre, superfícies planas, relacionadas a uma topografia horizontal a sub-horizontal.

De suas características físicas ressalta-se a cor vermelho-escura de um material muito endurecido que não pode ser quebrado senão com golpes fortes de martelo.

Externamente o aspecto é variável, desde compacto, pisolítico a espanjoso-vacuolar.

e. Formações Superficiais Aluvionares

Constituem formações recentes de restrita distribuição, ocupando pequenas várzeas e planícies de inundação. Exceção ao amplo vale aluvial formado pelo Ribeirão Tamanduá, no limite oeste da área estudada.

Essas formações não foram objeto de estudos detalhados dada sua pouca expressão na área.

IV.2. Características Analíticas

a. Características Físicas

a.1. Análises Sedimentológicas

A análise granulométrica de cada amostra, utilizando-se os métodos anteriormente indicados, permitiram distribuir suas partículas em diferentes classes de acordo com seu tamanho, e consequentemente, determinar os teores de areia, silte e argila que caracterizam os diferentes materiais superficiais.

Os resultados dessa análise encontram-se no Quadro 2, bem como, as respectivas altitude e grau de declividade do local de procedência e a profundidade de retirada de cada amostra. Esses mesmos dados granulométricos foram expressos em histogramas de frequência simples e respectivas curvas de frequência acumulada (Figs. 9 a 12) que auxiliaram na discriminação e classificação textural das Formações Superficiais.