

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

CLAUDETE APARECIDA DALLEVEDOVE BACCARO

ESTUDO DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS  
DE ESCOAMENTO PLUVIAL EM ÁREA DE  
CERRADO - UBERLÂNDIA - MG

Trabalho realizado sob a orientação da Profa. Doutora Olga Cruz e apresentado para obter o grau de Doutor em Geografia Física no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

SÃO PAULO - 1990

Ao Naylor e  
aos meus filhos,  
Renata, Leonardo e  
Augusto.

## AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Olga Cruz, pela amizade, compreensão, atenção e apoio que sempre imprimiu à sua orientação.

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, pela infra-estrutura oferecida.

À CAPES, pelo apoio concedido a esta pesquisa.

Aos professores e técnicos dos laboratórios de Geologia e Geomorfologia e Geotécnica da UFU e aos do Laboratório do Instituto de Física e Química de São Carlos - USP.

Ao Prof. Dr. Jean De Ploey, pelas sugestões valiosas sobre os métodos e técnicas aplicados aos estudos dos processos geomorfológicos.

À Profa. Beatriz Ribeiro Soares, pelo apoio e consentimento da realização dos estudos em sua propriedade.

À Profa. Ione Mercedes Miranda Vieira, pela revisão dos originais, a Vânia Pessalácia e Mariza Diniz, que nos auxiliaram nos trabalhos de campo, ao aluno Silvio Wigman pelos trabalhos de desenho, e a Sra. Noely Petri Tucci, pela datilografia.

## RELAÇÃO DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIMINAÇÃO	PÁGINA
1	Localização no Brasil e no Triângulo Mineiro ...	11
2	Distribuição dos cerrados no Brasil .....	12
3	Mapa Geomorfológico da Bacia do rio Douradinho .....	13
4	Mapa Geológico do Triângulo Mineiro .....	15
5	Solos do Município de Uberlândia .....	16
6	Diagrama metodológico da investigação .....	36
7	Técnicas e materiais utilizados na pesquisa ...	37
8	Calha Gerlach .....	38
9	Unidades Geomorfológicas do Município de Uberlândia .....	50
10	Geologia do Município de Uberlândia .....	52
11	Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro ..	67
12	Precipitação anual .....	77
13	Carta de declividade do Ribeirão Panga .....	80
14	Carta Geomorfológica da área de amostragem ....	81
15	Perfil Topomorfológico .....	85
16	Perfil Topomorfológico .....	86
17	Canal de escoamento difuso .....	126
18	Planta esquemática dos canais de escoamento concentrados .....	127
19	Precipitação diária ao longo de todo o período .	128
20	EP diário - calha 1 .....	129
21	EP diário - calha 3 .....	130
22	EP diário - calha 8 .....	131
23	EP diário - calha 4 .....	132

24	EP diário - calha 5 .....	133
25	EP diário - calha 6 .....	134
26	EP diário - calha 7 .....	135
27	MS diário - calha 1 .....	136
28	MS diário - calha 3 .....	137
29	MS diário - calha 8 .....	138
30	MS diário - calha 4 .....	139
31	MS diário - calha 5 .....	140
32	MS diário - calha 6 .....	141
33	MS diário - calha 7 .....	142

## RELAÇÃO DAS TABELAS

Tab. 1 - Precipitação mensal em Uberlândia - MG (mm) - 1981/1987 .....	78
Tab. 2 - Total de EP e de MS em cada calha durante os dois anos de pesquisa .....	111
Tab. 3 - Total de P, EP e MS em cada calha no período de 03/04/84 a 17/05/84 .....	112
Tab. 4 - Total e média de EP e de MS verificado no período de 07/09/84 a 21/05/85 (pluviosidade total de 1744 mm) .....	113
Tab. 5 - Total e média de EP e de MS verificado no período de 01/09/85 a 13/03/86 (pluviosidade total de 926 mm) .....	113
Tab. 6 - Maior volume de EP verificado em cada calha ..	114
Tab. 7 - Maior quantidade de MS verificado em cada calha .....	114
Tab. 8 - Alturas pluviométricas mensais (mm) registra- das na Fazenda Campo Alegre (Uberlândia - MG) 1984/1986 .....	115
Tab. 9 - Resultado das análises granulométricas na área de amostragem .....	116
Tab. 10 - Ocorrência de EP a partir de uma quantidade mínima de chuva diária .....	117

## RELAÇÃO DAS FOTOS

- Foto 1 - Calha 3 - Situada na rampa côncava coluvial em cerrado degradado revestido por gramíneas ..... 42
- Foto 2 - Setor nº 1 - Topo a 800 m de altitude com cobertura de brachiária ..... 83
- Foto 3 - Setor nº 2 - Vertente levemente convexa no início da bacia de recepção em direção ao Ribeirão Panga, revestida pela brachiária, com afloramento descontínuo do solo e presença de alguns arbustos e árvores. Local de instalação das calhas 4, 5, 6 e 7 ..... 84
- Foto 4 - Ponto 5 - Fig. 14 - Local de coleta da amostra nº 5.1 e 5.2, na barranca do canal pluvial, bacia de recepção de um pequeno afluente do Ribeirão Panga. O solo acha-se mal protegido com a descontinuidade da brachiária. .... 92
- Foto 5 - Afloramento do arenito da Formação Adamantina, na ruptura de declive com exposição da laterita. Presença de ravina seccionando a vertente e árvores do cerrado com herbáceas ..... 95
- Foto 6 - Calha 3 - situada no setor 3 (rampa côncava coluvial) sob cerrado degradado ..... 100
- Foto 7 - Calha 8 - situada no setor 3 (rampa côncava coluvial) sob cerrado degradado ..... 100

Foto 8 - Rampa côncava coluvial em direção ao ribei- rão Panga .....	101
Fotos 9a, b - Fendas no solo hidromórfico em intenso processo de ressecamento nas cabeceiras da voçoroca da Fazenda Campo Alegre .....	121

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. A importância do tema .....	1
1.2. Apresentação da área .....	7
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE TRABALHO .....	17
3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS .....	21
3.1. A pesquisa e o método científico .....	21
3.2. Recursos técnicos .....	33
4. REVISÃO DA LITERATURA .....	43
4.1. Geomorfologia dos Chapadões Sedimentares do Brasil Central revestidos pelo Cerrado, com ênfase na Região do Triângulo Mineiro .....	43
4.2. Estudos sobre os Processos de Escoamento Superficial Pluvial .....	51
5. COMPARTIMENTAÇÃO TOPOMORFOLÓGICA E ESTRUTURA SUPER- FICIAL REGIONAL E DA ÁREA DE AMOSTRAGEM .....	64
5.1. Compartimentação topomorfológica e estrutura superficial regional .....	64
5.2. Compartimentação topomorfológica da área de amostragem e sua estrutura superficial .....	82
6. A MORFODINÂMICA PLUVIAL NA ÁREA DE AMOSTRAGEM .....	102
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....	143
8. BIBLIOGRAFIA E MATERIAL CARTOGRÁFICO .....	154
8.1. Bibliografia .....	154
8.2. Material Cartográfico .....	163

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. A importância do tema

A proposição da pesquisa prende-se ao nosso interesse maior ligado à Geomorfologia, e, dentre os seus diferentes enfoques, à compreensão da "Dinâmica Atual das Vertentes". Tal interesse vem nos acompanhando desde os trabalhos em área tropical permanentemente úmida, realizado de 1976 a 1983 para a dissertação de mestrado sobre "Os Processos de movimentos de massa e a Evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão - SP". (BACCARRO, 1983). Desta vez, estamos procurando compreender o procedimento processual em área tropical, com estação seca bem definida, numa porção dos chapadões sedimentares do Triângulo Mineiro, ora revestidos pelo cerrado, ora com práticas agro-pastoris, nos arredores de Uberlândia.

Como foi muito bem escrito por CRUZ (1982)

*"num estudo geográfico, o estudo geomorfológico da evolução atual das vertentes é extremamente importante quanto ao entendimento espacial-temporal dos mecanismos morfodinâmicos atuais e passados. Os estudos morfodinâmicos atuais levam ao cerne do estudo geomorfológico por excelência, ajudando o entendimento das paisagens geográficas. São eles que mostram os mecanismos dessa evolução e levam à melhor compreensão dos estudos morfogenéticos de épocas passadas".*

Dentre os processos geomorfológicos, o de escoamento superficial pluvial é um dos principais responsáveis pela mobilização dos materiais ao longo das vertentes, no domínio dos chapadões do Brasil Central. Este fato é explicado, em parte, pela pluviosidade concentrada em um certo período (novembro a março),

com momentos de alta intensidade (chuvada) e uma cobertura vegetal de base pouco expressiva, como é o caso do cerrado degradado ou da ocupação recente das culturas de soja, milho, arroz e pastagens, que, na maior parte das vezes, foram implantadas, sem serem levadas em conta as práticas conservacionistas do solo.

A preocupação dos estudos, para entender a evolução atual das vertentes por meio da dinâmica dos processos geomorfológicos, tem aumentado muito nas duas últimas décadas e tem sido fartamente enfocada na literatura internacional por muitos autores, dentre os quais destacamos: CARSON e KIRKBY (1972), YOUNG (1974), DE PLOEY (1973, 1976, 1980), DERBYSHIRE (1979), KIRKBY E MORGAN (1980), MORGAN (1986), dentre outros.

Hã, na literatura geomorfológica, muitos estudos que tratam do escoamento superficial pluvial, mas, especificamente em áreas de cerrado, eles são mais restritos. De maneira geral, podemos citar as publicações das revistas internacionais "Catena" e "Earth Surface Process and Landforms", especializadas nesse assunto. Poderíamos também citar alguns centros de estudos que têm trabalhado e publicado a respeito, como, por exemplo, o grupo Belga, coordenado pelo Prof. Jean de Ploey em Leuven. O professor De Ploey tem mantido um contato constante com grupos de trabalho no Brasil, onde foram incrementados estudos experimentais sobre os diversos processos geomorfológicos (movimentos de massa, escoamento superficial pluvial e fluvial e/ou intemperismo). Estes grupos de estudo foram iniciados em São Paulo, coordenados por Olga Cruz e, no Rio de Janeiro, por Maria Regina Meiss e Ana Luiza Coelho Neto. Atualmente, estão se expandindo para diferentes áreas do território brasileiro, incluindo a nossa de Uberlândia, relacionada aos estudos experimentais sobre os processos geomorfológicos, bem como à sua quantificação e ao seu

detalhamento. Ainda mais, ao estudarmos a evolução das vertentes, vinculamo-nos especialmente ao estudo da paisagem, a partir da ocupação dos solos e da necessidade, cada vez mais urgente, da previsão dos impactos ambientais, sobretudo nos países do Terceiro Mundo, onde a Natureza está rapidamente sendo delapidada.

Desta maneira, torna-se claro que o estudo da dinâmica das vertentes é essencial, não somente para uma compreensão da evolução das paisagens geográficas, mas também como um meio para estabelecer o controle dos processos acelerados de erosão e de sedimentação, resultantes das alterações feitas pelo homem na paisagem natural.

Uma das questões que se coloca, ao se tratar dos estudos sobre processos de erosão do solo e, numa abordagem mais ampla, ao se tratar da dinâmica de vertente, é a importação de conhecimentos e técnicas de áreas temperadas. Segundo GRAZIANO NETO (1986), não só as diferenças ambientais são enormes — clima, regime de chuvas, etc., como também os próprios solos apresentam características distintas nas regiões tropicais e temperadas. Ainda mais, o errôneo manejo dos solos em condições de agricultura tropical, com vistas à produção-lucro, tem levado os solos a perderem fertilidade (pela destruição da matéria orgânica, pela eliminação da microvida, pela lixiviação dos nutrientes) e sua estabilidade física, ficando sujeitos à compactação e à erosão. De complexos sistemas vivos, transformam-se em matéria estéril e inerte, alterando profundamente as condições de reprodução das plantas, chegando ao estágio final de degeneração dos solos, a desertificação.

Dentre os processos geomorfológicos, como já destacamos anteriormente, optamos pelos do escoamento pluvial, por serem muito ativos em vertentes de áreas tropicais úmidas, sobretudo as

com estação seca definida, como é o caso de nossa área de pesquisa. Alguns estudos muito interessantes mostram o mecanismo de tais processos, como os de KIRKBY e CHORLEY (1967), DE PLOEY (1973, 1976), EMMET (1978), MORGAN (1979), KIRKBY e MORGAN (1980), SALA (1982), SEILLER (1982), MORGAN (1986), dentre outros.

No Brasil, são raros os estudos geomorfológicos que tratam de um tema tão interessante, principalmente para áreas tropicais úmidas. O trabalho de CRUZ (1982) sobre "O Estudo dos Processos Geomorfológicos do Escoamento Pluvial na Área de Caratutuba - SP" foi efetuado num setor da Serra do Mar, em áreas costeiras do Sudeste Brasileiro com clima quente e permanentemente úmido. Para a autora, só com a interação do sistema processual geomorfológico com o sistema do uso do solo podem ser identificados os riscos, como uma base para o manejo, reduzindo custos e minimizando os grandes impactos da paisagem.

Os trabalhos desenvolvidos em áreas interiores do Brasil Central, com clima úmido e estações secas e úmidas bem definidas, como é o caso de Uberlândia - MG, são raros. O trabalho de CASSETI (1983), por enquanto, tem sido um dos poucos nessas áreas de cerrado do Centro oeste brasileiro, tratando dos "Efeitos morfodinâmicos pluviais no Planalto de Goiânia - GO". Anteriormente, RUELLAN (1953), num trabalho descritivo pioneiro, havia estudado "O papel das enxurradas no modelado do relevo brasileiro", enquanto no estado de São Paulo, QUEIROZ NETO e CHRISTOFOLETTI (1963) discorreram sobre "A ação do escoamento superficial das águas pluviais na Serra de Santana - SP".

Além disso, estudiosos de outras áreas têm desenvolvido trabalhos sobre o escoamento pluvial com objetivos agronômicos, dentre eles, MARQUES e BERTONI (1975), LOMBARDI (1975, 1979) do

Instituto Agronômico de Campinas. Desde 1943, eles vêm medindo as perdas de solo por erosão no Estado de São Paulo. Os métodos utilizados são diretos (baseiam-se na coleta, na medição e na análise do material erodido) e indiretos (baseados nos vestígios deixados no solo ou nas diferenças apresentadas em relação ao solo não erodido). Outros estudos vêm sendo desenvolvidos no Instituto Agronômico do Paraná, na EMBRAPA e em diversas Faculdades de Agronomia, CATANEO (1982), OLIVEIRA e SILVA (1982), CASSOL (1984), ANGULO (1984), dentre outros.

Merece ser mencionado o estudo feito por COELHO NETO (1979) sobre "O processo erosivo nas encostas do Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro", em que compara a composição mineralógica dos depósitos de encosta e a carga de fundo de alguns canais fluviais. A autora realça a importância dos estudos integrados do meio e do geomorfólogo, ao buscar subsídios da experimentação e se preparar para uma pesquisa interdisciplinar.

Além de nosso interesse científico, dentro da Geomorfologia, dirigir-se, sobretudo, para os estudos dos mecanismos dos processos geomorfológicos, responsáveis pela evolução atual das vertentes e conseqüentemente, para uma melhor aplicação desses conhecimentos no uso racional do solo, visamos, a partir da orientação que estamos recebendo, à "preparação de um nível metodológico e técnico no estudo dos processos", (CRUZ, 1982), isto é, a procurar aplicar e adaptar técnicas e métodos de trabalho em campo ou em laboratório, para um melhor entendimento da dinâmica processual, de áreas tropicais úmidas.

A mensuração dos processos geomorfológicos, relacionada à obtenção de dados e respectiva quantificação, está vinculada ao aprimoramento de técnicas, e será dirigida em função do

seu estudo nas áreas tropicais úmidas, onde é pequeno o acervo bibliográfico e as pesquisas sobre tais estudos. Uma das características básicas, no estudo dos processos geomorfológicos (DERBYSHIRE, GREGORY e HAILS, 1979, apud CRUZ, 1982), é obter um conhecimento das suas taxas, isto é, do produto quantitativo da sua ação. É um estudo necessário para o refinamento da compreensão dos sistemas geomorfológicos e fornece informação básica pertinente ao entendimento da evolução das paisagens. Assim, uma das proposições desta pesquisa está amarrada à tentativa de medidas e estudos, cujos dados quantitativos serão levantados em escala pontual na área de amostragem, por meio de instrumentos, montados em vertentes com vegetação de cerrado degradado, de mata e de pastagem.

A nossa intenção é dar uma pequena contribuição através das observações e dos dados obtidos, tendo consciência das nossas limitações e da deficiência de uma infra-estrutura exigida, mas não a nosso alcance neste momento. Por outro lado, achamos imprescindível uma maior compreensão e participação crítica e efetiva do geomorfólogo nos estudos ambientais, ao referendar a citação de PENTEADO ORELLANA (1981):

*"o conhecimento geomorfológico pode ser usado para reabilitar a paisagem danificada. Em todas as áreas de deteriorização potencial ou nas áreas onde o impacto da ocupação se está iniciando, portanto, carentes de planejamento, o geomorfólogo pode desempenhar o papel de profissional ou de cidadão, ou ambos. Para atuar ele precisa estar preparado, consciente dos problemas e das atitudes a tomar. Precisa estar preparado para convencer outros especialistas e os poderes de decisão de que a geomorfologia pode oferecer elementos para resolver problemas".*

Estamos de acordo com BERGSON, apud DUBOS (1981), quando afirma ser "a pesquisa científica um diálogo entre a inteligência e a natureza". O verdadeiro cientista não se conside-

ra dono da natureza, mas parte dela. Para ser cientista é preciso, antes de mais nada, amar a natureza, em vez de tão somente explorá-la. O diálogo entre a inteligência e a natureza a que se refere BERGSON deve ser necessariamente de caráter filosófico, sob pena de ficar muito aquém da dignidade dos interlocutores. Somente, assim, será possível estabelecer aquela "simbiose" entre a Humanidade e a Terra", tão preconizada por DUBOS (1981).

## 1.2. Apresentação da Área

A área em estudo faz parte dos chapadões da Bacia Sedimentar do Paranã, no Município de Uberlândia - MG. Conforme AB'SABER (1971), insere-se no Domínio dos Chapadões tropicais do Brasil Central coberto pelo cerrado (figs. 1 e 2). É uma área com pouquíssimos estudos geográficos e geomorfológicos e os existentes consultados versam sobre a agricultura (SALAZAR PESSÔA, 1982), fauna urbana (SIEGLER, 1981), vegetação (SCHNEIDER, 1983); geologia (NISHIYAMA, 1989) e geomorfologia (BACCARO, 1989). Encontramos, porém, algumas referências geomorfológicas em outros estudos gerais da Região Sudeste e dos grandes compartimentos geomorfológicos do Brasil Central, tais como KING (1956), AZEVEDO (1968), AB'SABER (1968, 1971), RESENDE (1976), ALONSO (1977).

Para se compreender a dinâmica dos processos geomorfológicos atuais, é importante uma volta à formação econômica da região do Triângulo Mineiro. As sucessivas bandeiras, à procura de metais e pedras preciosas, levaram à formação de pequenos núcleos povoados e a contribuir para a colonização da área chamada de Sertão da Farinha Podre, posteriormente, denominada de Triângulo Mineiro. As atividades mineradoras foram seguidas pelas da agropecuária. Este é um fato a transparecer nos escritos mais antigos, como PEZZUTI (1922), CAPRI (1916), os quais chamam aten-

ção sobre as terras férteis e ótimas para a agricultura.

*"As terras do Município geralmente conhecidas por terras vermelhas, massapê, na sua maior parte, são de uma fertilidade espantosa. Os cereais germinam com uma exuberância fantástica e em pouco tempo desabotam em lindos cachos amadurecidos. O milho e a cana, sobretudo em terrenos arados, tomam proporções admiráveis, muitas vezes colossais. A indústria pastoril representa, no município, como em todo o Triângulo Mineiro, o seu principal elemento. São vastas e importantes as fazendas de criar. Os campos distendem-se a perder de vista, numa verdura luxuriante".*

Conforme as citações de CAVALINI e SALAZAR PESSÔA (1987), "durante o período de 1930/1960, predominou a formação combinada da lavoura e pecuária, permitindo ao Triângulo um elevado nível de expansão agropecuária, superior às outras zonas do Estado".

Estas foram as principais atividades rurais do Triângulo Mineiro, sobretudo no Município de Uberlândia, perdurando até duas décadas atrás. A partir de 1975, foi criado o POLOCENTRO (Programa Nacional do Alcool), levando as forças produtivas a mudanças. Segundo CAVALINI e SALAZAR PESSÔA (op. cit.), estas políticas agrícolas, propostas pelo II Plano Nacional do Desenvolvimento (II PND), desempenharam um papel importante na reorganização do espaço rural do Triângulo Mineiro, que, com o avanço do capital, sob a égide do Estado, gerou profundas contradições expressas no êxodo rural, nos conflitos sociais pela posse da terra e na expropriação do trabalhador rural.

Esta região dos cerrados passou a contar com mecanismos de uma agricultura moderna, com a adoção, cada vez mais intensa, da mecanização, adubação, agrotóxicos, etc. Esta "modernização" nem sempre tem sido benéfica ao meio que mostra sinais de compactação do solo, contaminação de mananciais, diminuição microbiana do solo, pela pastagem ou agricultura. Na ocupação da

área, as valas para divisão de propriedades, o carro de boi utilizado como meio de circulação, o pisoteio do gado contribuíram para provocar problemas atuais de ravinamentos, voçorocamentos, agravando-se os de assoreamento de represas, de solos empobrecidos e de diminuição da vazão dos mananciais. Assim, ao estudarmos a evolução das vertentes dessa área, temos de levar em conta as ações antropogênicas do passado e do presente e acreditar que as alterações são bruscas e rápidas, se comparadas às do tempo geológico.

Uma característica importante deste Domínio Tropical Úmido é a existência do clima tropical com épocas sazonais bem definidas, chuvosa no verão (novembro a março), quando então ocorrem fortes aguaceiros, e seca no outono-inverno (maio a setembro). As chuvas provocam um carreamento muito forte dos materiais superficiais, predominantemente arenosos, muito friáveis, resultando em intensos processos de escoamento pluvial, com formação de sulcos, ravinas, voçorocas e o arrasto laminar do horizonte superficial dos solos. Tais processos estão sendo ainda mais ativados pela substituição do cerrado por atividades agropastoris. Conforme SCHNEIDER (1982), as formações vegetais naturais das áreas do município de Uberlândia passaram, de 1964 até 1979, de 75,75% para 43,59%. Desta maneira, os solos da região de Uberlândia estão submetidos à intensa lavagem, lixiviação e laterização, o que pode ser demonstrado pelas baixas percentagens de saturação de bases, conforme as observações de FREITAS & SILVEIRA (1977).

A área em que nossos estudos quantitativos estão sendo desenvolvidos situa-se na Chapada de Uberlândia-Araguari, aos 800 m de altitude, nas vertentes interfluviais de dois córregos, afluentes da margem esquerda do Ribeirão Panga, na média bacia

do rio Paranaíba, entre o meridiano de  $48^{\circ}30'$  e  $48^{\circ}20'$  de longitude oeste e entre os paralelos de  $19^{\circ}00'$  e  $19^{\circ}11'$  de latitude sul (fig. 1). As nascentes do rio Panga instalam-se em altitudes médias de 800 a 900 m, onde se concentram nossas atividades, e sua confluência com o rio Douradinho à 650 m aproximadamente (fig. 3). Os topos interfluviais apresentam-se suavemente ondulados, enquanto os vales são amplos e as vertentes com baixas declividades de 2 a  $7^{\circ}$ , podendo chegar a  $15^{\circ}$  nas rupturas de declives mantidas pelas formações lateríticas (fig. 3). Estas possuem aproximadamente 0,50 m e estão sobrepostas a uma camada argilo-siltosa mais coerente e compacta do arenito Bauru (fig. 3).

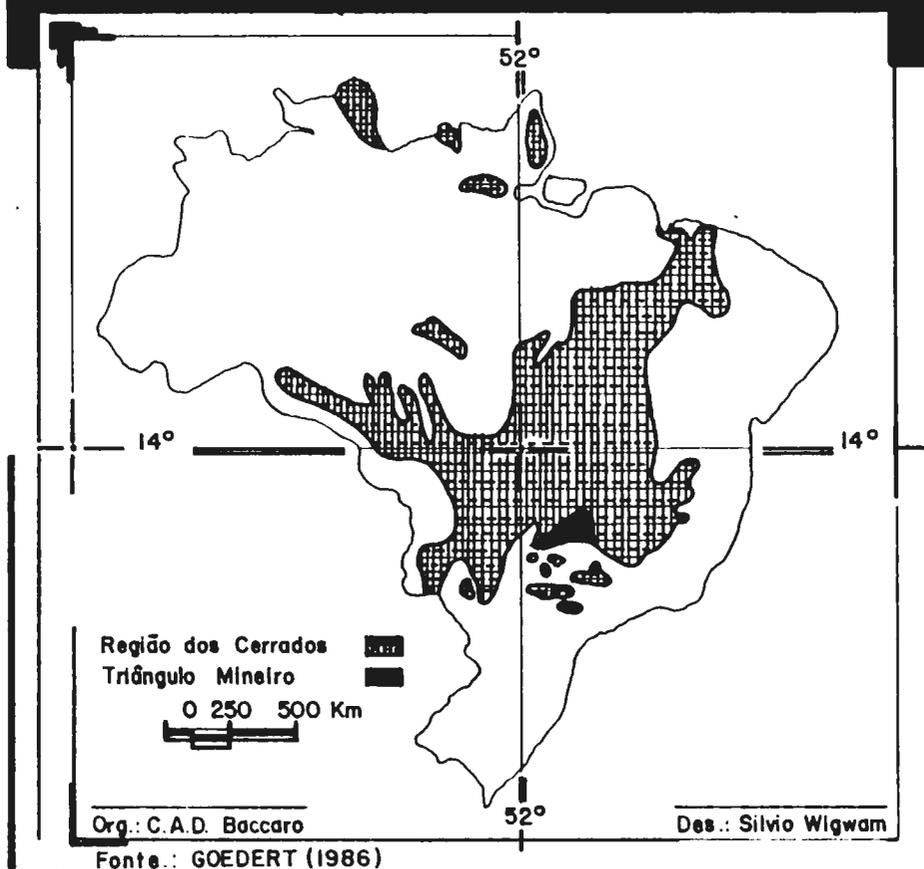
Em muitos locais, há, entre esta ruptura e uma rampa mais suave a se estender em direção ao canal fluvial, um recobrimento de solo orgânico, glei húmico, constantemente úmido no verão, sujeito a ressecamentos no inverno e formação de grandes gretas de dissecação, às vezes de 50 cm de profundidade e 30 cm de largura. Observamos, no topo do interflúvio e nas vertentes, a ocorrência de latossolo vermelho-escuro álico associado a manchas de latossolo vermelho-amarelo. (EMBRAPA, 1982), (fig. 5). O revestimento vegetal original é o cerrado e o cerradão, sobreviventes apenas em alguns capões. Nas proximidades dos canais fluviais, ainda existe a mata mesofítica, sobretudo nas margens do rio Panga, já devastada em grande parte dos seus afluentes.

A escolha e localização desta área foram efetuadas através de exame de fotografias aéreas, cartas topográficas e geológicas e de trabalhos de campo do conjunto da chapada Uberlândia-Araguari, a fim de que pudessemos detectar incidências e intensidade dos processos de ravinamento e voçorocamento mais

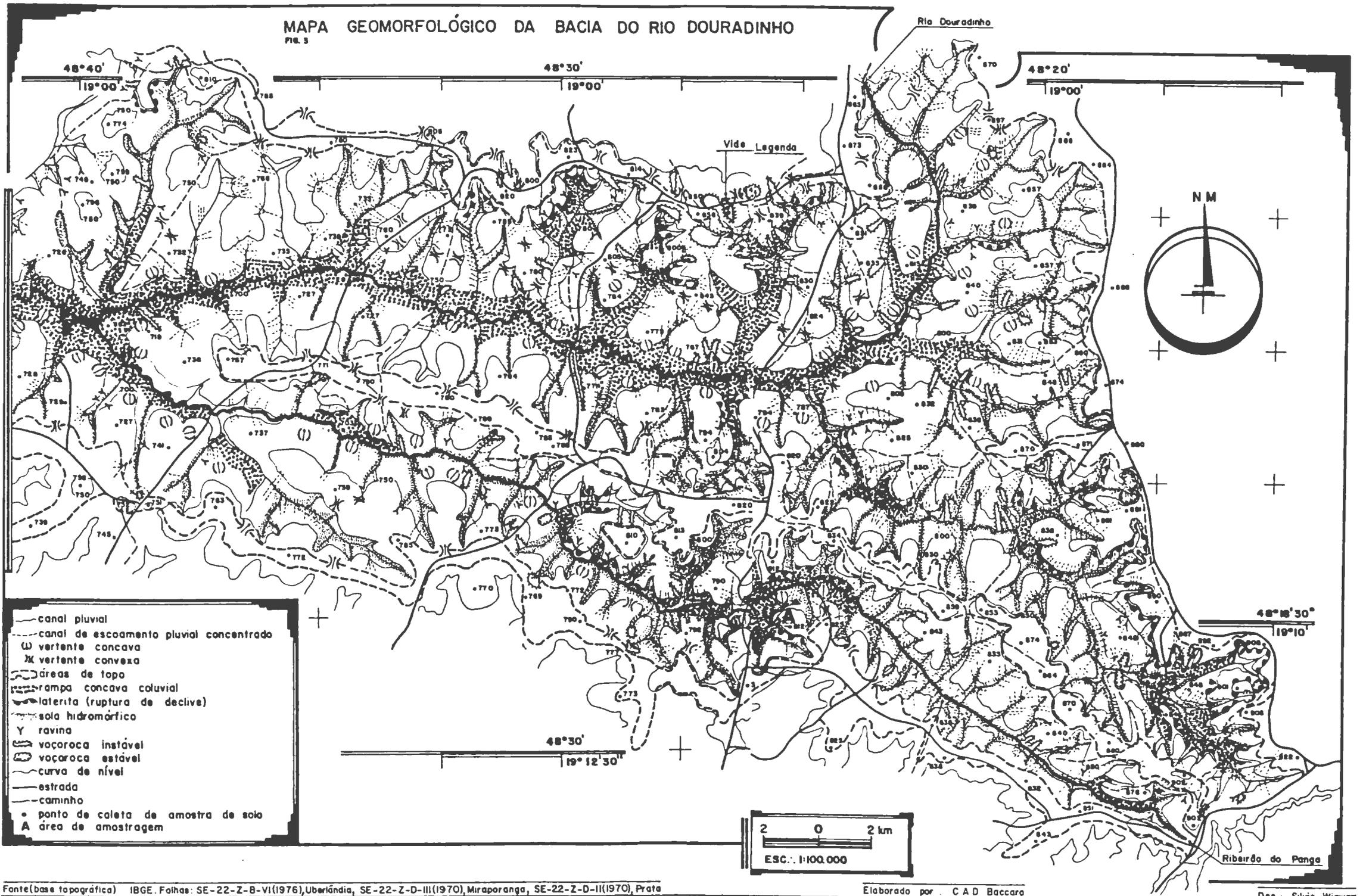


# DISTRIBUIÇÃO DOS CERRADOS NO BRASIL

FIG. 2



MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO DOURADINHO  
FIG. 3



- canal pluvial
- canal de escoamento pluvial concentrado
- W vertente concava
- X vertente convexa
- áreas de topo
- ▒ rampa concava coluvial
- ⊖ laterita (ruptura de declive)
- ▒ sola hidromórfica
- Y ravina
- ⊖ voçoroca instável
- ⊖ voçoroca estável
- curva de nível
- estrada
- caminho
- ponto de coleta de amostra de solo
- A área de amostragem

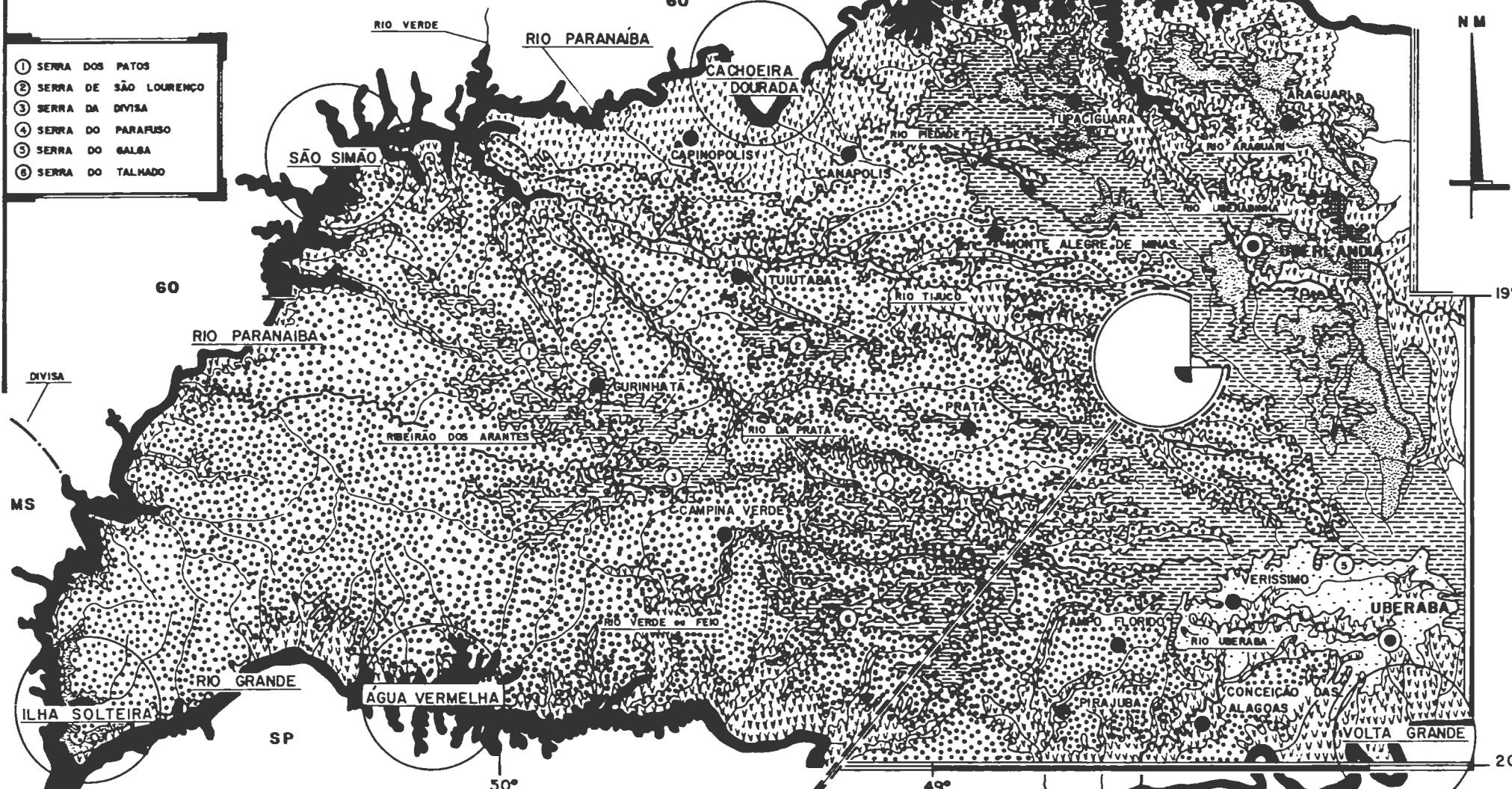
2 0 2 km  
ESC.: 1:100.000

fortes. Constatamos que a bacia do rio Tijuco era a mais afetada e, nesta, as áreas da bacia do ribeirão Douradinho e seus afluentes (fig. 3). Como nossos estudos implicavam medidas, foram preliminarmente selecionadas algumas áreas-problema. As idas ao campo nos deram a escolha final e a viabilidade para a instalação dos instrumentos. A partir de muitas constatações, acabamos por definir a área em que efetuaríamos nossas atividades de pesquisa.

# MAPA GEOLÓGICO DO TRIÂNGULO MINEIRO

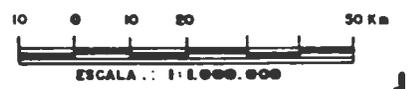
FIG. 4

- ① SERRA DOS PATOS
- ② SERRA DE SÃO LOURENÇO
- ③ SERRA DA DIVISA
- ④ SERRA DO PARAFUSO
- ⑤ SERRA DO GALBA
- ⑥ SERRA DO TALHADO



	Coberturas detrito-lateríticas (Terciárias e Quaternárias indiferenciadas)
	Formação Marília
	Formação Adamantina
	Formação Uberaba
	Formação Serra Geral
	Complexo Goiano

**ÁREA DE AMOSTRAGEM**



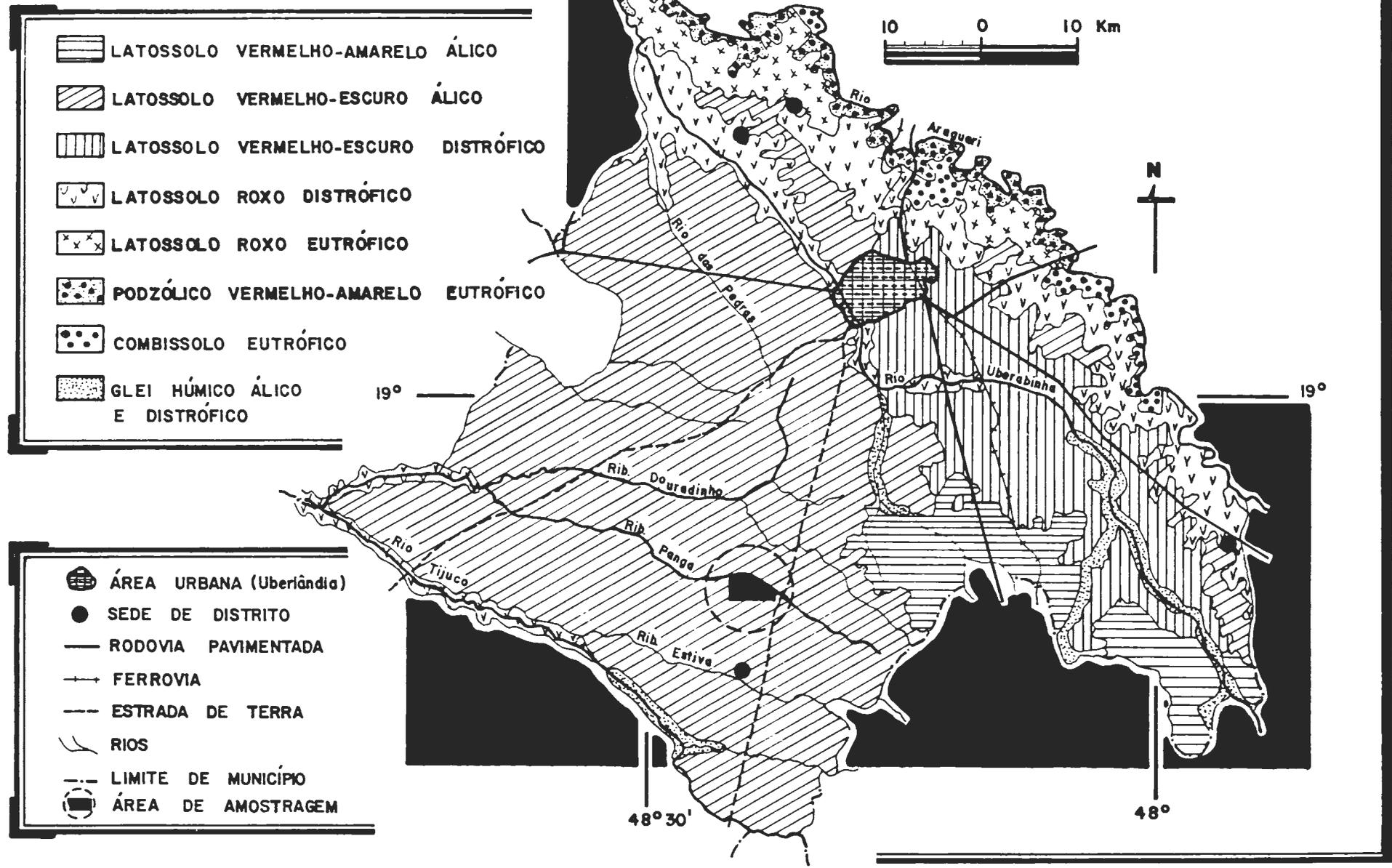
Fonte: Projeto RADAMBRASIL, Folha GOIÂNIA, SE-22, (1983)

Org. e Adap. C.A.D. Baccaro

Des.: Sílvia Wigman

# SOLOS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

FIG. 5



## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESES DE TRABALHO

O estudo partiu da hipótese de que a dinâmica do escoamento pluvial nas vertentes está na dependência da integração das características das formas e substrato rochoso, das declividades, da pluviosidade e outras características climáticas, do lençol freático, dos materiais superficiais e solo, vegetação-raízes e da ação antropogênica na ocupação da terra. É dentro desta perspectiva de integração dos elementos a compor este meio, que definiremos a nossa posição metodológica e os nossos objetivos, levando em conta o ambiente natural, conforme enfatiza PLATT (1948), apud MONTEIRO (1984): não é para ser entendido como um fator causal, mas antes como um todo-permeante e todo-abrangente condição da vida humana". Demonstraremos as relações entre a pluviosidade, o montante do escoamento superficial pluvial e os materiais em suspensão de vertentes, com uma fisiologia de paisagens agrícolas e uma dinâmica geomorfológica típica dos chapadões sedimentares de cerrado do Planalto Setentrional da Bacia do Paranã, tal como foi chamado pelo Radam (1983).

Outra hipótese de grande interesse para o nosso trabalho é a verificação da importância do escoamento pluvial, como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela mobilização de sedimentos e evolução das vertentes de áreas do Domínio dos chapadões sedimentares, revestidos pelo cerrado e/ou pelo cultivo de culturas, sob a ação do clima tropical úmido, com duas estações bem definidas. Para isto, as averiguações

foram feitas em escala temporal de aproximadamente dois anos, de abril de 1984 a março de 1986, por meio de coleta de amostras da água do escoamento pluvial e quantificação dos dados.

O levantamento de dados quantitativos sobre os fenômenos supracitados constitui uma preocupação que não se limitará a esta pesquisa e que de forma alguma irá resolver definitivamente as hipóteses levantadas. Este é o início de uma série de estudos a serem por nós implementados em diversos setores dos chapadões, focalizando os diversos processos geomorfológicos (escoamento superficial pluvial, ravinamento, voçorocamento, movimentos de massa) e estudando suas influências marcantes na dinâmica atual de tais vertentes.

Há uma necessidade premente de dados detalhados sobre o mecanismo dos sistemas morfogenéticos desses chapadões. Paralelamente, gostaríamos de optar, adotar e mesmo criar instrumentos e técnicas quantitativas que levem a um entendimento apurado da dinâmica geomorfológica numa escala vertical. Esta verticalização não implica deixar as valiosas observações obtidas nos trabalhos de campo, em fotografias aéreas, imagens de satélite, instrumentos significantes.

Como bem citou CRUZ (1982)

*"há necessidade premente de muitos trabalhos de controle e de experimentação de campo que levem a um melhor conhecimento da natureza brasileira. A natureza é harmoniosa, flexível, bela e apresenta sistemas de maravilhoso funcionamento. É preciso conhecê-los para melhor aproveitá-los em benefício da sociedade".*

Alguns objetivos para a resolução dos problemas mais específicos, detectados pelo conhecimento empírico e científico, que também fazem parte de nossas preocupações interpretativas, são destacados em nossa pesquisa. Nos objetivos abaixo relacio-

nados, foram utilizados coletores do tipo GERLACH (1967) e pluviômetro (fig. 8):

- Estabeleceremos relações de sazonalidade entre a quantidade de água do escoamento superficial pluvial e da pluviosidade no início e no final da estação chuvosa, em cada setor das vertentes estudadas.

- Salientaremos a atuação antropogênica em áreas do cerrado, de culturas e de pastagem. Estas relações entre a ocupação do solo, a quantidade de detritos e o escoamento pluvial serão analisados em cada ponto de amostragem.

- Estabeleceremos uma relação entre o volume do escoamento pluvial e a quantidade de chuva.

- Procuraremos verificar qual a quantidade de chuva em milímetros necessária para que se inicie o escoamento pluvial em cerrado e em pastagem, por meio da correlação dos dados do pluviômetro e das calhas.

- Teceremos uma rede de correlações através dos dados geológicos, granulométricos, da mineralogia das argilas, do mapeamento dos canais de escoamento superficial pluvial (rill wash), que deverá indicar a susceptibilidade erosiva desses solos em diferentes pontos da vertente.

- Mapearemos os canais concentrados do escoamento superficial pluvial (rill wash), relacionando-os às declividades das vertentes o que nos dará informações da intensidade destes em diferentes porções e secções das encostas e permitirá correlações com as características físicas dos materiais superficiais e coberturas vegetais. É a partir destes canais que se iniciam os fenômenos de ravinamento-voçorocamento; daí a importância fundamental de seu mapeamento.

- Confeccionaremos a carta geomorfológica da Bacia do Ribeirão Douradinho com seu afluente principal, o ribeirão Pan-ga, visando a obter as áreas mais afetadas pelos processos de ravinamento-voçorocamento, sendo possível fornecer diagnósticos sobre os processos de erosão acelerada e criar condições para alguns prognósticos, os mais importantes em áreas de grande desgaste erosivo, como é o caso das voçorocas de Uberlândia.

### 3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. A Pesquisa e o Método Científico

Ao propormos a verificação de certas hipóteses, a fim de atingirmos uma verdade, devemos ter consciência de que o conhecimento não é permanente. Como citou Popper, in MAGEE (1973),

*"em nenhum momento há condições para demonstrar que aquilo que sabemos é verdadeiro e é sempre possível que o sabido se revele falso. Em verdade, a ciência está claramente em constante modificação — e esta modificação não se processa por simples acréscimo de novas certezas".*

Popper salienta o crescimento da nossa ignorância com o do nosso saber e, por conseguinte, o número de questões será sempre maior do que o número de respostas.

A busca da verdade, dentro de um procedimento científico, está vinculada a certos caminhos e etapas, que poderíamos denominar de método científico. Essa metodologia, tanto teórica como operacional, vai direcionar e sistematizar a pesquisa. Para tal perspectiva, é imprescindível que o pesquisador tenha estruturado e amadurecido suficientemente sua busca científica, a fim de optar pela metodologia(as) mais adequada para os estudos a que ele se propõe realizar.

MONTEIRO (1978) afirma serem os métodos científicos uma via normativa, uma lógica de solução de problemas, com vistas a um conhecimento de natureza provisória e conjectural, aceitando a crítica como força impulsionadora, capaz de propor mudanças e assegurar o progresso do conhecimento.

Segundo RUDIO (1978), o método científico seria o caminho a ser percorrido, demarcado por fases e etapas, servindo de guia para o estudo sistemático do enunciado, compreensão e busca de solução do problema. Para o autor (op. cit.), a busca das causas cria uma situação onde um fenômeno é capaz de manifestar-se, podendo ser feita pelas operações mentais da "indução", a partir de fatos observados na realidade empírica a uma proposição geral e/ou da "dedução", partindo dos princípios gerais para as conseqüências lógicas do particular, tanto numa pesquisa descritiva como numa experimental.

Conforme KUHN (1970), o método científico forma e não informa. É uma atitude, mais que um conjunto de regras para resolver problemas. VILLORO (1980), discutindo sobre o método científico, salientou:

*"não existem receitas populares para investigar, o que existe é uma estratégia de investigação científica, é uma maneira de fazer boa ciência, natural ou social, pura ou aplicada, formal ou factual. Posto que o método científico é a maneira de conduzir as investigações científicas, não pode ser apreendido separadamente destas últimas. Vai se dominando o método - e talvez também modificando-o à medida que se faz investigação original. Há um cem número de táticas ou métodos especiais característicos das diversas ciências e tecnologias particulares. Nenhuma dessas táticas é exaustiva e infalível. É preciso vivê-las para compreendê-las. Seu êxito depende não só da tática ou método mas também da escolha do problema, dos meios (conceituais e empíricos) disponíveis e, em medida não menor, do talento do investigador. O método não supre o talento, apenas o ajuda".*

Os novos conhecimentos a respeito da natureza, acumulados até o final do século passado, demonstraram a dinamicidade e a integração dos seus componentes, demandando a adoção de novas metodologias. ENGELS (1978) foi um dos estudiosos que reuniu, em seus escritos, a percepção dialética e integrada da funcionalidade da natureza. Referiu-se à Geografia Física comparada a qual, a partir dos meados do século passado, estabelecia as

condições de vida das diferentes floras e faunas. Quanto mais profundas e precisas eram estas investigações, mais se desmoronava o sistema rígido de um natureza orgânica imutavelmente fixa. A nova concepção da natureza estava delineada nos seus traços fundamentais: o que era rígido, dissolvia-se; o que era fixo volatilizava-se, o que era considerado eterno tornava-se transitório; estava demonstrado que a natureza se move num fluxo e num ciclo perpétuos. O mesmo autor afirma:

*"nada na natureza ocorre isoladamente. Cada fenômeno atua sobre outro fenômeno e inversamente, e é quase sempre porque esquecem este movimento e esta ação recíproca universais que os nossos cientistas são impedidos de ver claramente as coisas mais simples. O homem transforma a natureza, para que ela sirva aos seus fins; domina-a. No entanto, não nos lisonjeamos demasiado com as nossas vitórias sobre a natureza. A cada uma delas, ela vingá-se. De fato aprendemos todos os dias a compreender estas leis de uma forma mais correta e a medir as conseqüências mais ou menos longíquas das nossas intervenções no curso normal das coisas da natureza".*

As relações estabelecidas entre o homem e a natureza vêm-se ampliando e tornando-se, na história dos tempos, necessárias à criação de técnicas cada vez mais sofisticadas e complexas. Estas relações estão intimamente ligadas às necessidades da sociedade de produção de bens de consumo materiais e desenvolvimento cultural, o que, na maioria dos casos, tem levado a constantes crises entre sociedade e natureza, sendo que esta última, muitas vezes, responde de forma catastrófica, quando o homem atinge o seu limiar de equilíbrio dinâmico.

BIOLAT (1977) salientou que a sociedade se encontra em relação direta com a natureza por todo um processo de produção de bens materiais e de desenvolvimento cultural dos homens, destinados a satisfazer as suas necessidades. Todas estas relações se complicam em função da própria evolução destas necessidades, tornando a produção cada vez mais complexa e social. A investi-

gação científica e a aplicação das suas descobertas pela técnica constituem a base sobre a qual o Homem se apóia para resolver os problemas levantados pela utilização da Natureza. O mesmo autor coloca muito bem a íntima correlação existente entre o homem e a natureza, ao escrever:

*"o pensamento humano não é independente da Natureza. O Homem, ao atuar para modificar a Natureza, provoca, por sua vez, efeitos sobre o seu pensamento, o que acarreta a necessidade de novas relações entre os homens para melhor dominar a Natureza. Assim, a ação do Homem sobre a Natureza, com todas as implicações que daí derivam, não é uma questão isolada. A prática do Homem está diretamente ligada à sua história. É o tipo de organização a que os homens se submetem que os faz agir desta ou daquela maneira".*

Dentre os estudos que abordam esta interface Natureza/Sociedade, destacam-se os relacionados com a Geomorfologia, uma vez que as formas de relevo e os processos geomorfológicos, em seu estado natural, vêm sofrendo uma ação antrópica cada vez mais acelerada e é substancial conhecer profundamente as reações da natureza frente às modificações impostas pelo homem. POPOLIZIO (1983) esclarece, em seus escritos, a necessidade de ser conhecido como vão se comportar as formas de relevo em estado natural, sob pressão antrópica, a qual cresce dia a dia, e em que direção se deslocará o sistema, a fim de serem tomadas medidas pertinentes.

A compreensão do sistema geomorfológico como um corpo onde os seus elementos são integrados em relações, respondendo pela evolução das vertentes condicionadas nos processos passados e atuais, bem como à estrutura geológica e pedológica tem sido tratada por estudiosos do meio-ambiente de maneira geral. Faremos deles uma análise sucinta, destacando escritos mais importantes para o nosso trabalho. Nosso estudo coloca-se no âmbito da geomorfologia, mas se inclui num enfoque para a compreensão mais apurada da dinâmica ambiental.

Gostaríamos de iniciar tal análise com a Teoria Geral dos Sistemas, desenvolvida nos Estados Unidos, por DE FLAY (1929) e VON BERTALANFFY (1933), aplicada à termodinâmica e à biologia. Na geomorfologia, foi introduzida por STRAHLER (1950), ao escrever que "um sistema de drenagem ajustado talvez seja melhor descrito como sistema aberto em estado constante". Em 1957, COLLING escreveu "a teoria dos rios equilibrados (graded)". HACK (1960), ao expor as bases da teoria de equilíbrio dinâmico, também usou a idéia dos sistemas abertos, mas foi CHORLEY (1962) que sistematizou e mostrou as necessidades da abordagem sistêmica em geomorfologia. Coube também à HOWARD (1965) a tentativa de analisar a dinâmica e o estudo do equilíbrio dos sistemas geomorfológicos.

Dentro da Geografia Física, uma grande contribuição ressaltando a aplicação da T.G.S. foi, sem dúvida, a obra de CHORLEY e KENNEDY (1971). Estes autores salientam a complexidade do mundo real, e a subjetividade, ao se decompor em estruturas simplificadas o todo complexo. Estas estruturas são denominadas de sistemas, assim definidas pelos autores: "um sistema é um conjunto complexo de objetos e ou atributos". O mundo real deve ser visto, então, como sendo composto de sistemas interligados em escalas e complexidades variadas, que agrupados um ao outro formam uma hierarquia de sistemas (subsistemas, sistemas, supersistemas, etc). Em seguida, apresenta quatro tipologias de sistemas na Geografia Física: sistemas morfológicos, sistemas em seqüência, sistemas processo-respostas e sistemas controlados.

Outra publicação de grande valia foi a de CHORLEY e HAGGET (1975), dando ênfase à organização e operação do sistema geomorfológico como um todo, numa concepção ampla, originada das experiências ou da intuição.

THORNES e BRUNSDEN (1977) destacaram a importância do emprego da abordagem sistêmica nos estudos dos processos geomorfológicos, sobretudo na busca das respostas destes processos.

TRICART (1977) também referiu-se ao valor da abordagem da teoria dos sistemas como instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio, porque dá condições de uma visão do conjunto do aspecto dinâmico.

A Teoria dos Sistemas Gerais também tem sido aplicada nos estudos dos Geossistemas. Dentre as obras de maior significância, destacaríamos BERTRAND (1968, 1972, 1978), ao considerar a "paisagem" o resultado, numa porção do espaço, da combinação dinâmica e dialética, portanto instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Ao considerar a noção de escala inseparável do estudo da paisagem, classifica-a em seis níveis têmporo-espaciais: a zona, o domínio, a região, o geossistema, o geofácies e o geótopo. O autor salienta estar, no nível do geossistema, situada a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e das combinações dialéticas, as mais interessantes para o geógrafo. Mas foi a partir da década de sessenta, que estudiosos da URSS, após vários anos de pesquisas, apontaram um método de pesquisa denominado de "Ciência do Geossistema". SOTCHAVA (1977), ao expor durante a III Conferência Geral da União Soviética sobre a Geografia Aplicada, evidenciou o desempenho do estudo de Geossistema, no principal papel para a solução de numerosas questões onde a participação de geógrafos é necessária. O autor ressaltou a necessidade de se estudar as conexões entre os componen -

tes da natureza, não se restringindo à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas projetando-se para o estudo da dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc. Considera os geossistemas como fenômenos naturais, mas leva em conta todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, tomados em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas. Os geossistemas abrangem complexos biológicos, possuem uma organização de sistemas mais complicada e, em comparação com os ecossistemas, tem capacidade vertical mais ampla.

Consideramos que um estudo, ao envolver medidas, como é o nosso caso, para avaliar um ou mais processos geomorfológicos atuais, deve ser feito se focalizado dentro do quadro regional do geossistema em que está inserido. DE PLOEY (1980) também se referiu a este assunto, fazendo as seguintes considerações:

*"as medidas e os experimentos são feitos no campo, ou para resolver um problema regional de erosão, ou para conduzir a análises puras de processo em uma área que parece ser particularmente representativa de um mecanismo específico de erosão. Um estudo preliminar regional deve contar com a interpretação de fotografias aéreas e mapeamentos geomorfológicos adequados".*

A Teoria dos Sistemas Gerais foi estudada e aplicada por alguns estudiosos da geomorfologia no território brasileiro. Dentre eles, destacamos os trabalhos desenvolvidos por CRISTOFOLETTI (1971, 1978, 1979, 1981); OLIVEIRA (1978), CRUZ (1982), BACCARO (1983), DOMINGUES (1983), dentre outros. Estes trabalhos adotaram o T.G.S. para desenvolverem pesquisas relacionadas principalmente com processos naturais em bacias hidrográficas, escoamento pluvial e movimentos de massa.

Segundo as citações de DE PLOEY e GABRIELS (1980), a evolução recente das pesquisas tem sido convergente e as Ciências da Terra estão focalizando, mais e mais, a investigação dos mecanismos de erosão. A partir de uma multiplicidade de observações, descritas qualitativamente e quantitativamente, em estágio de generalização empírica, tem havido ultimamente, tendência à formação de teorias e construção de modelos.

Ao se estudar a erosão do solo sob algum aspecto, notamos, pela bibliografia consultada, a preocupação do uso de modelos empíricos. Eles geralmente definem os fatores mais importantes, e, por meio da observação, de medidas, experimentos e estatística, relacionam a perda de solo com outros elementos, como intensidade da chuva, solo, cobertura vegetal.

Outra questão a se levantar é o período de tempo para se ter dados suficientes e confiáveis realmente representativos. MORGAN (1986) chama atenção para o fato de que os modelos de predição de erosão requerem períodos de 20 a 30 anos. A maior parte dos modelos por equações trata da perda relacionada com a bacia de drenagem. Um dos modelos mais conhecidos é a Equação de Perda Universal de Solo de WISCHMEIER e SMITH (1962), aplicável a pequenas parcelas no terreno. MORGAN (op. cit.) explica a Equação de Perda Universal do Solo, por meio das variáveis:  $E = R.K.L.S.P.C.$ ; E = Perda média anual de solo; R = Índice de erosividade; K = Índice de erodibilidade; L = Comprimento da vertente; S = Declividade da vertente; C = Cobertura do solo; P = Práticas de Conservação do solo.

CARSON e KIRKBY (1972), ao tratar do escoamento superficial pluvial colocam que este deve ser calculado em função da equação de fluxo, o qual depende do tipo de fluxo, da rugosi -

dade da superfície e da quantidade de excesso de chuva acima da necessária à infiltração e do armazenamento nas depressões, etc. Os autores traduzem a equação da seguinte forma: Excesso de chuva = aumento na profundidade do fluxo + aumento da descarga de escoamento superficial ou  $i = \frac{dr}{dt} + \frac{dq_s}{dx}$

Onde  $i$  é a intensidade do excesso de chuva;  $r$  é a profundidade do canal;  $q_s$  é a descarga do escoamento superficial por unidade de largura; e  $x$  é o comprimento da vertente (medida horizontalmente). Assim sendo, a equação do fluxo será a seguinte:  $q_s = K \cdot r^m \cdot s^n$ ;  $s$  = declividade da vertente;  $K$ ,  $m$ ,  $n$  = são constantes na superfície do solo. O autor salienta a dificuldade desta equação ser aplicada de maneira generalizada.

MORGAN (1986) tem comentado a equação de Wischmeir e Smith (1962), descrita como universal, tendo como base o leste das Montanhas Rochosas dos Estados Unidos, a partir de vertentes, normalmente entre 0 e 7°, em solos com baixo conteúdo de montmorilonita. Várias tentativas têm sido feitas para que a equação possa ser mais amplamente aplicada. HUDSON (1961), porém, modificou-a para aplicá-la em Zimbábue, e ROOSE (1977), na Costa do Marfim, teve necessidade de redefinir os valores de solo diferentes daqueles propostos para os Estados Unidos. A equação, segundo o mesmo autor, também encerra problemas teóricos, como, por exemplo, a considerável interdependência entre as variáveis e fatores. Ela foi desenvolvida para estudos de erosão nas vertentes entre canais pluviais e fluviais, não deveria, pois, ser utilizada para estimar sedimentos em bacias de drenagem ou para erosão em ravinas. Foi desenvolvida para avaliar, durante um longo período de tempo, a média anual de perda de solo, não devendo ser utilizada, pois, para predizer taxas erosivas de apenas um episódio de chuva.

Outra linha de trabalho foi elaborada por MORGAN e FINNEY (1984) para o cálculo de perda anual de solo, em áreas de tamanho específico em vertentes colinosas. Englobando alguns avanços recentes no entendimento dos processos de erosão, o modelo foi organizado, de modo a juntar os resultados de pesquisas de geomorfólogos e engenheiros agrônomos e a separar o processo de erosão do solo em duas fases: a da água e a do sedimento. Necessita de 15 parâmetros de "input" e seis operações de funções para o cálculo da Perda Médial Anual de Solo (D.G.P.S.L.O.): D = Fator climático (intensidade da precipitação); G = Fator petrológico (permeabilidade da rocha e granulometria); P = Erodibilidade do solo (% das partículas menores que 0,1 mm e da matéria orgânica); S = Declividade da vertente; L = Comprimento da vertente; O = Vegetação (% da cobertura).

Os métodos operacionais envolvendo as experimentações, medidas, equações e modelos teóricos têm levado a uma compreensão mais apurada da dinâmica processual e da evolução atual das vertentes nos diferentes Domínios Geomorfológicos do Mundo.

De acordo com HEMPEL (1970), a pesquisa científica, em seus vários quadros, procura não somente registrar ocorrências particulares no mundo das experiências, mas tenta descobrir regularidades nos fluxos dos eventos e estabelecer leis gerais usadas para predição. Esta definição aplicada à dinâmica processual geomorfológica e, mais especificamente aos estudos de conservação do solo, oferece um ponto de partida para examinar o objetivo das medidas e experimentos e isto é metodologicamente importante.

Em nossa pesquisa, a dinâmica processual geomorfológica é enfocada através de algumas medidas para demonstrar e comprovar algumas hipóteses relacionadas à pluviosidade, ao montante do escoamento superficial pluvial, aos detritos, em diferentes coberturas vegetais de solo e sua influência na evolução atual de vertentes em áreas dos chapadões sedimentares tropicais.

Fomos impossibilitados de adotar estudos experimentais e equações em nossos estudos, por não possuímos alguns dados mais detalhados referentes à intensidade das chuvas e do escoamento pluvial. No entanto, tentamos, por meio de uma compreensão dos diversos compartimentos morfológicos, com seus materiais superficiais e sua dinâmica geomorfológica, buscar conhecimentos mais apurados sobre o escoamento pluvial numa escala local-pontual. Para isso, utilizamos instrumentos e técnicas quantitativas adaptados às nossas situações e deficiências, recomendados pessoalmente por J. De Ploey, por ocasião de suas vindas ao Estado de São Paulo.

Nosso encaminhamento metodológico operacional foi adotado após uma análise das diversas metodologias já abordadas anteriormente, as quais foram aplicadas recentemente nos estudos geomorfológicos que versam sobre os processos de escoamento pluvial, consideradas as dificuldades de ordem técnica neste tipo de trabalho. Ao adotarmos a proposta metodológica de AB'SABER (1969), a partir do seu último nível de tratamento, o da fisiologia das paisagens, numa escala local-pontual, dentro de um espaço geossistêmico-regional, procuramos adaptar e utilizar estudos por meio de medidas, levando em consideração algumas das variáveis passíveis de mensuração e outras passíveis de observações constantes.

Após fazer uma análise crítica de muitos autores da escola alemã e anglo-americana, ABREU (1983) referiu-se à proposta de Ab'Saber, a qual ofereceu um avanço conceitual mais adaptado às nossas circunstâncias e mais significativo para os estudos geomorfológicos brasileiros. Porém, no nível de tratamento fisiológico, há necessidade de procurar, de maneira simples, obter, por mensuração, dados quantitativos para uma melhor comprovação das observações no terreno.

Assim, num primeiro nível de considerações, efetuamos a compartimentação da topo-morfologia e sua caracterização e descrição na região do Triângulo Mineiro. Num segundo nível, a partir dessa compartimentação, obtivemos informações sistemáticas sobre "a estrutura superficial" dos seus solos e sua ocupação, referentes a todos os compartimentos observados. Estes dois níveis foram desenvolvidos com o auxílio da análise de cartas topográficas do IBGE (1976), cartas geomorfológica, geológica e de conservação do solo do RADAM (1983), consultas bibliográficas e de observações e trabalhos de campo com perfis em toposequência.

Dentro do terceiro nível, aquele que procura compreender globalmente a "fisiologia da paisagem", através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob o controle de instrumentos de precisão, colocamos mais ênfase na dinâmica geomorfológica atual da área, relacionada aos processos do escoamento superficial pluvial em encosta pertencente ao sistema dos chapadões sedimentares do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná. Para tal, foi imprescindível uma compreensão da estrutura superficial dos diversos compartimentos que integram o sistema morfogenético regional. Isto se traduz em mais uma contribuição da pesquisa, uma vez que a área é muito carente em

estudos dessa natureza. Tais reconhecimentos auxiliaram-nos na determinação da área de amostragem onde foram instaladas calhas Gerlach e pluviômetro para se fazer o estudo por meio de medidas a nível local e pontual.

Numa escala temporal, realizamos um controle de campo durante dois anos aproximadamente (janeiro de 1984 a março de 1986), concentrando as observações e medidas nos dois verões. Nosso estudo foi feito com o objetivo de mostrar a variabilidade da ação dos processos de escoamento pluvial através de um tempo muito curto (dois anos), se comparado ao tempo geológico. Se este tempo foi suficiente e estatisticamente satisfizesse aos objetivos da pesquisa, foi respondido e questionado neste trabalho, que poderá servir de referência para outras pesquisas dentro desta linha metodológica.

### 3.2. Recursos Técnicos

A busca de técnicas a serem empregadas está na dependência da metodologia, da escala espacial-temporal e dos objetivos a serem perseguidos, de acordo com THORNES e BRUNSDENS (1977). Dentro deste enfoque, buscamos, então, técnicas que fornecessem dados para a avaliação no tempo (1984-1986) e no espaço, a partir da observação e medidas dos processos de escoamento pluvial.

A metodologia operacional foi guiada, em quatro etapas, de acordo com a seqüência lógica dentro do nosso plano de investigação e com as escalas regional, local e pontual (fig. 6 e 7).

#### Primeira etapa

Foi feito um levantamento, em escala regional, através

de observações e por percursos mais significativos e de acordo com as informações fotointerpretativas. Foi desenvolvido com dois objetivos básicos: o primeiro para compreendermos e familiarizarmos-nos com a dinâmica deste conjunto de paisagens do Triângulo Mineiro e, assim, poder selecionar a área de amostragem. O outro objetivo compreendeu a observação das formas, topografia, declividades, formações superficiais, litologias, sinais dos processos de escoamento pluvial nas (canais e ravinas), nascentes em cabeceiras, voçorocas, vegetação natural e uso do solo atual. Estes dados foram utilizados para a confecção da carta geomorfológica da Bacia do rio Douradinho e Panga (fig. 3).

**Fotointerpretação:** efetuamos a interpretação de pares estereoscópicos que cobrem a área em estudo na escala de 1:25000 (IBC, 1979), compreendendo as seguintes faixas e fotos:

Faixa 22 A - Fotos 100218 a 100235

Faixa 23 A - Fotos 100265 a 100280

Faixa 23 B - Fotos 100531 a 100543

Faixa 24 A - Fotos 100415 a 100448

Faixa 25 A - Fotos 100474 a 100494

Faixa 25 I - Fotos 107862 a 107864

Faixa 26 A - Fotos 101590 a 101613

Faixa 27 A - Fotos 101855 a 101876

Faixa 27 C - Fotos 108341 a 108354

Na confecção dos "overlays", foi imprescindível o reconhecimento dos elementos: 1) drenagem - visualização da rede de canais fluviais e pluviais, demonstrando os padrões típicos de canais contornados pelas "veredas"; 2) unidades litológicas - identificação dos contatos litológicos entre o arenito Bauru

e os derrames basálticos, que, neste setor, afloram no fundo do vale, destacados pelas corredeiras e pequenas cachoeiras; 3) tôpomorfologia - reconhecimento das características típicas como topos aplainados e amplos, levemente convexizados, rupturas quando bem marcadas e identificadas no campo, estas na dependência das formações lateríticas; vales com entalhamento mais acentuado e afloramento do basalto; rampas suaves a jusante das rupturas mantidas pela laterita; canais concentrados em sulcos, ravinas e voçorocas, de alta densidade na bacia do rio Douradinho e Panga (fig. 3), muito importantes para comprovação da agressividade dos processos geomorfológicos erosivos; 4) materiais superficiais - associados a topos, vertentes, patamares e rampas, relacionados quando possível, à formação geológica e à vegetação; 5) vegetação e o uso do solo, interpretados somente na área de amostragem na bacia do ribeirão Panga, para auxiliar na determinação dos pontos de amostragem onde seriam fixadas as calhas.

**Levantamento e análise bibliográfica regional** - Foi efetuado um levantamento, tanto no âmbito regional, quanto local, da bibliografia geológica, geomorfológica, climatológica, pedológica, hidrológica, biogeográfica, estrutura do uso do solo e econômica. Ela foi, ao lado das fotografias aéreas, fundamental para os conhecimentos sobre a dinâmica da Paisagem, bem como para comprovar a falta de estudos mais minuciosos e aprofundados na área pesquisada.

**Escolha da instrumentação para o campo** - Procuramos também os instrumentos mais acessíveis, de fácil manuseio: a opção pelas calhas GERLACH (1967) (fig. 8) foi fundamentada nos resultados satisfatórios já obtidos por CRUZ ((1982). Tal trabalho foi desenvolvido em condições ambientais diversas da

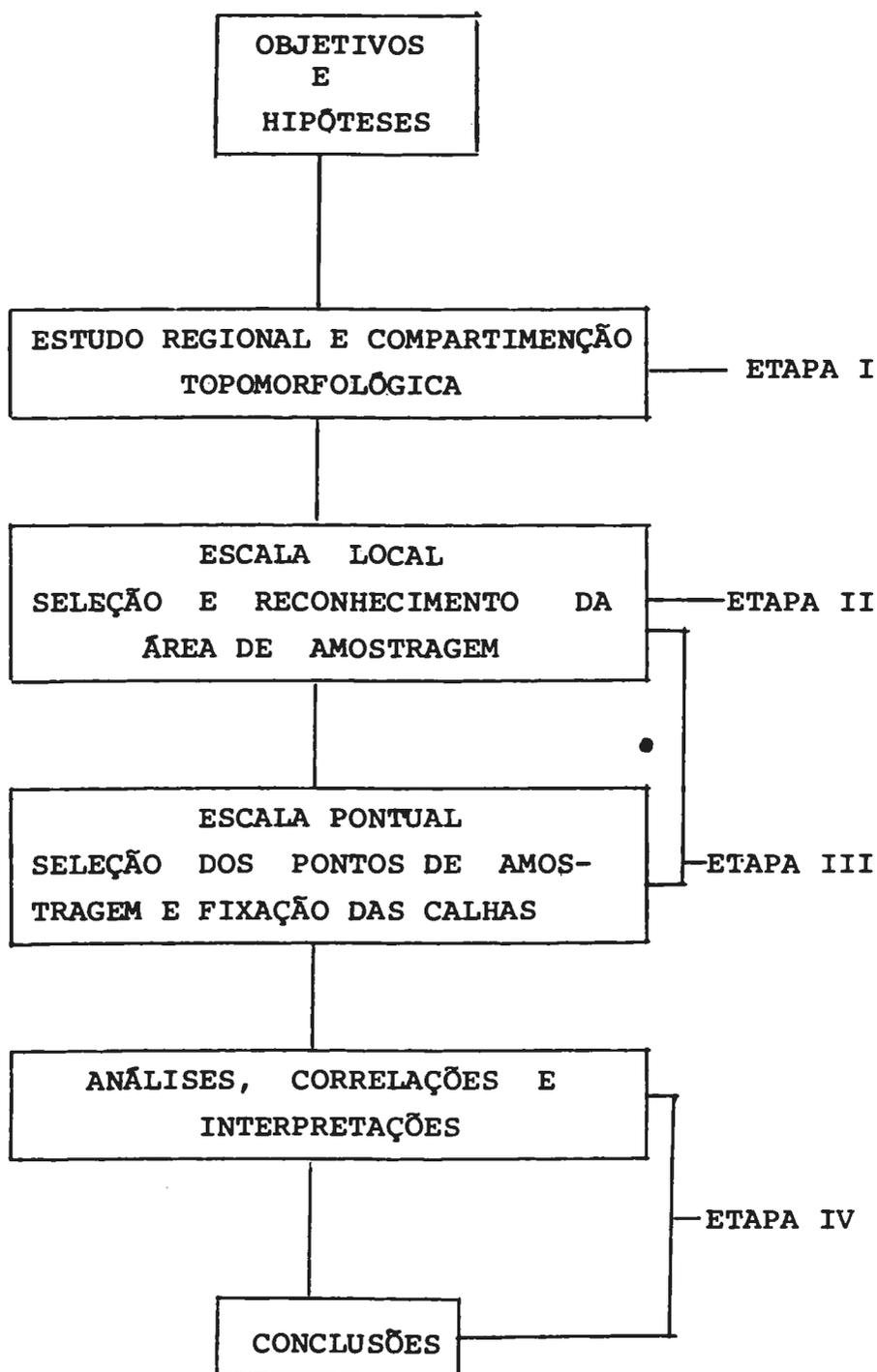
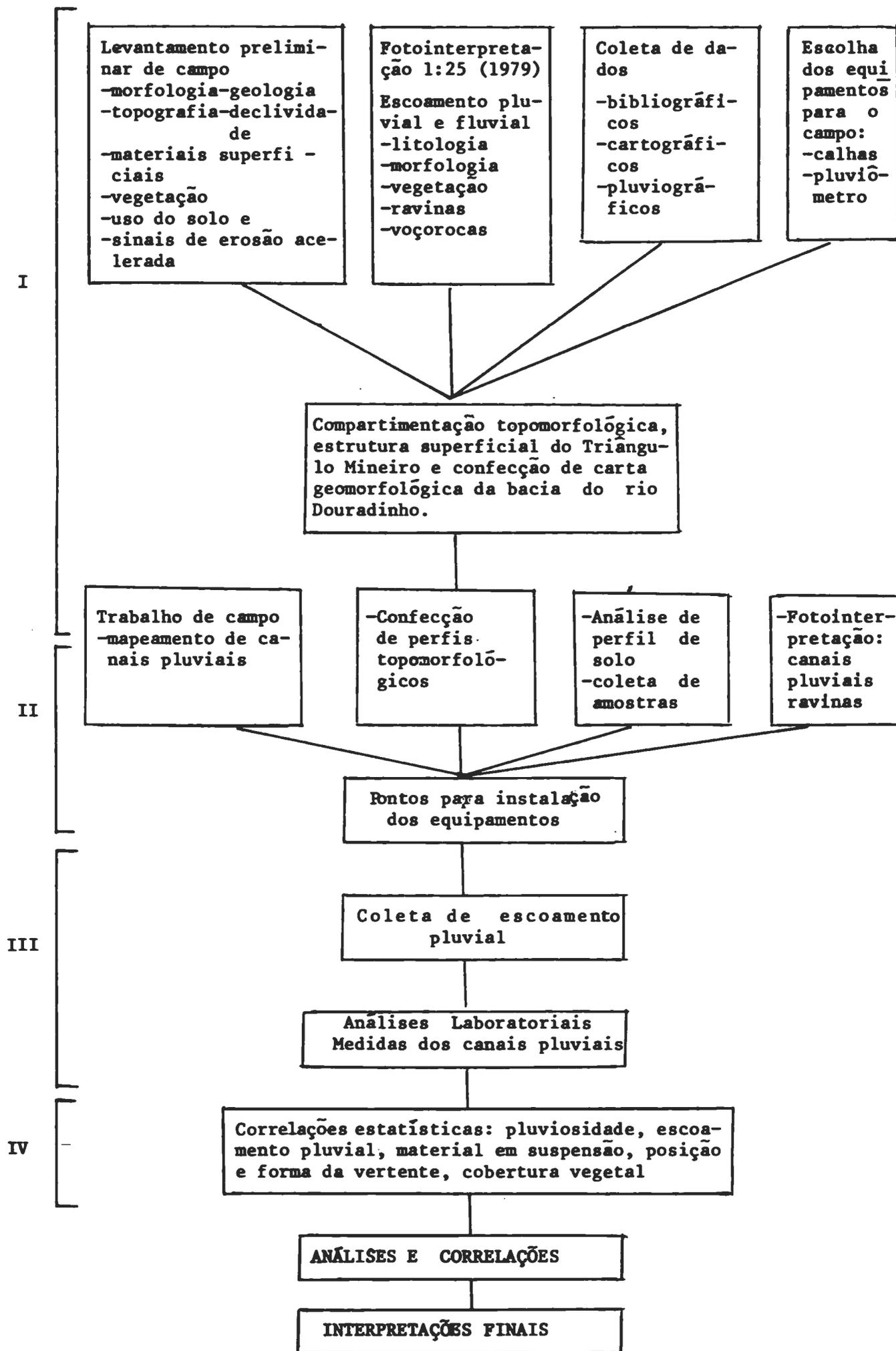
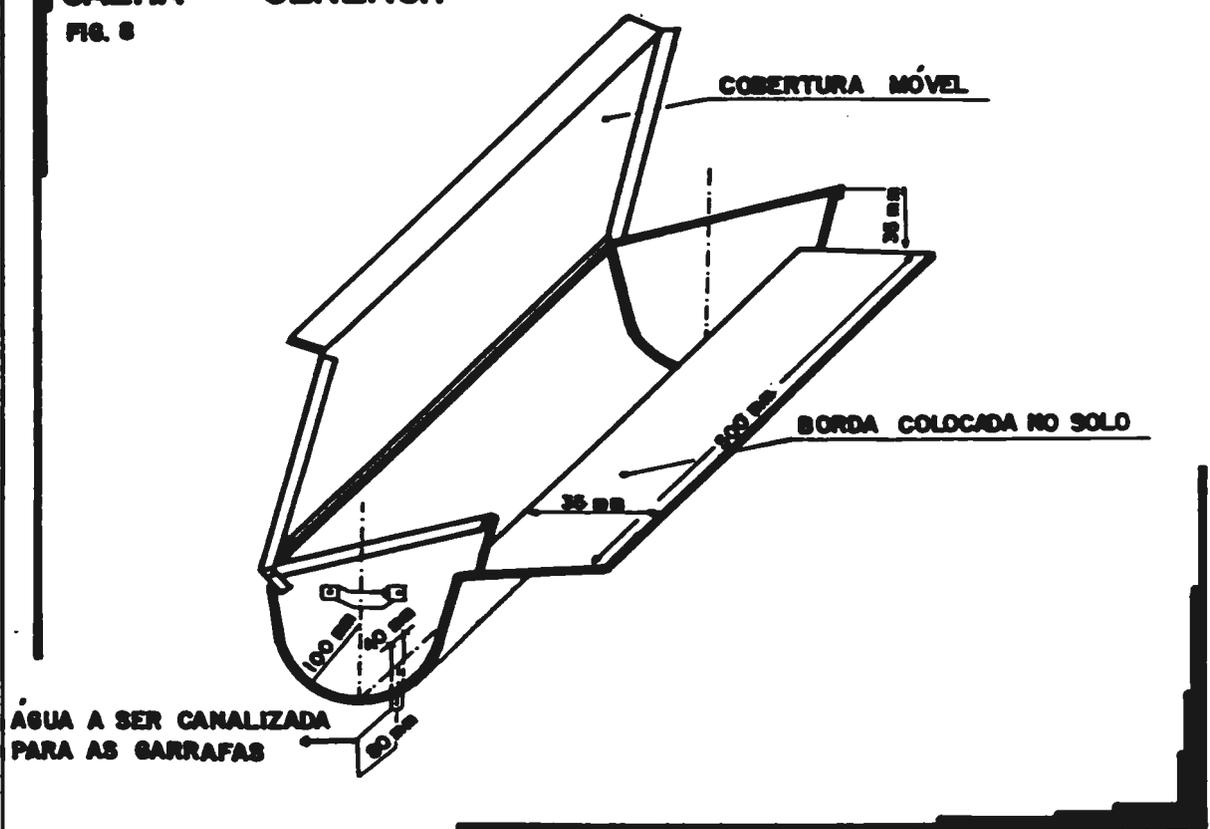
Figura 6 - DIAGRAMA METODOLÓGICO DA INVESTIGAÇÃO

FIGURA 7 - TÉCNICAS E MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA



**CALHA GERLACH**  
**FIG. 6**



ÁGUA A SER CANALIZADA  
PARA AS GARRAFAS

Fonte.: De Playand Gabriel, 1980

Des.: Silvio Wigram

nossa, na Serra do Mar, em Caraguatatuba - SP, sob a mata tropical Atlântica. Inicialmente, fizemos um período de teste das calhas, janeiro e fevereiro de 1984, com as mesmas dimensões utilizadas por CRUZ (op. cit.) e GERLACH (op. cit.). Elas não comportaram o grande volume de escoamento pluvial e assim ampliamos a largura e a profundidade da calha, conforme podemos observar na figura 8. A partir desse redimensionamento, as calhas serviram aos objetivos propostos de coletar a água do escoamento pluvial.

### **Segunda Etapa**

A seleção da área de amostragem em escala local, onde foram instaladas as calhas e concentradas as observações e medidas, somente foi efetuada após o cumprimento das atividades em escala regional relacionadas na primeira etapa. A seleção dos pontos na vertente para a instalação das calhas GERLACH e o pluviômetro levou em conta, sobretudo, a posição da vertente, o tipo de cobertura vegetal do solo, e a rede dos micro-interflúvios dos canais de escoamento pluvial concentrado "rillwash". A água e o material em suspensão eram recolhidos em galões plásticos de cinco litros, durante os dias de chuva, às oito horas, quando então um novo galão era instalado (foto 1), assim como também era feita a leitura do pluviômetro (Bender) a uma distância aproximada de 800 metros das calhas (figura 14 e foto 1). Quatro calhas foram instaladas em solo revestido pela brachiara (calhas 4, 5, 6 e 7) na alta encosta da vertente convexa, apenas duas calhas no cerrado (calhas 3 e 8), na porção côncava da vertente, uma rampa coluvial e outra calha (calha 1) sob a mata galeria, na planície aluvial do córrego do Panga (fig. 14, 15 e 16). O pluviômetro encontrava-se próximo a uma estrada no setor côncavo da vertente (fig. 9). A definição dos diversos com-

partimentos e do estudo da estrutura superficial na área de amostragem, foi estabelecida com base nos seguintes subsídios: **fotointerpretação** - retomada dos "overlays" elaboradas na primeira etapa, com detalhamento das formas deixadas pelos processos geomorfológicos do escoamento pluvial e escolha dos locais das calhas e do pluviômetro; **trabalho de campo** - elaborados os perfis longitudinais e transversais topomorfológicos nas vertentes com perfis de solo, coletas de amostra de materiais trabalhadas no laboratório; **confecção de perfis** topomorfológicos com clinômetro, bússola e estacas, dados de análise de solos, declividades e de litologia (fig. 15 e 16); **coleta de amostras** - foi efetuada próxima aos pontos de amostragem, no topo, na média encosta e na rampa coluvial, em formações diferenciadas de solo, com vistas à obtenção de relações entre o material carregado pelo escoamento pluvial e os respectivos compartimentos (fig. 14 e tab. 9).

#### **Medidas nos canais de escoamento pluvial concentrado**

(rill wash): foram efetuadas medidas nas proximidades dos pontos de amostragem onde foram instaladas as calhas, com uma rede de canais difusos e coletados dados durante e após o período chuvoso, com a finalidade de analisá-los em função das duas estações, a chuvosa de outubro à março e a seca de abril à setembro (fig. 17 e 18).

#### **Terceira Etapa**

A coleta da água do escoamento superficial pluvial e do pluviômetro foram feitas diariamente às 8 horas. Os galões d'água eram vedados e numerados, segundo o número da calha e do dia da coleta.

**Análises Laboratoriais** - a água do escoamento pluvial (EP) e o material em suspensão (MS) foram separados por fil-

tragem a fim de ser o MS pesado depois de seco. As 21 amostras de materiais superficiais passaram pela análise granulométrica (Suguio, 1973), seguindo a orientação do Laboratório de Geologia e Geomorfologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doze amostras foram analisadas para a determinação mineralógica das argilas no Laboratório do Instituto de Física e Química de São Carlos - USP, utilizando-se o aparelho Goniômetro Horizontal modelo PW 1380/01 PHILIPS.

#### **Quarta Etapa**

**Tratamento estatístico e computação** - Gráficos foram organizados e correlações efetuadas a partir de pluviosidade, (P), escoamento pluvial (EP) e materiais em suspensão (MS), por computador do Núcleo de Processamento de Dados da Universidade Federal de Uberlândia (fig. 19 e 33).



Foto 1

Calha 3 - situada na rampa côncava coluvial  
em cerrado degradado revestido por gramíneas.

#### 4. REVISÃO DA LITERATURA

##### 4.1. Geomorfologia dos Chapadões Sedimentares do Brasil Central revestidos pelo Cerrado, com ênfase na Região do Triângulo Mineiro.

Ao iniciarmos este capítulo, achamos relevante esclarecer a importância e o porquê de sua elaboração neste trabalho. É que as áreas dos chapadões sedimentares revestidos pelo cerrado do Brasil Central possuem estudos no âmbito da geomorfologia estrutural e no das questões da evolução das vertentes do Terciário e Quaternário, sendo poucos os que se referem às questões da dinâmica geomorfológica do Triângulo Mineiro. Grande parte desses estudos referem-se à geologia, pela importância dos recursos minerais.

Após um intenso levantamento bibliográfico, achamos que algumas considerações deveriam ser feitas, levando-se em conta a necessidade de uma ordenação destes trabalhos, no tocante aos diversos aspectos geomorfológicos do Triângulo Mineiro. WAIBEL (1979) é um dos autores clássicos a fazer algumas referências sobre o Planalto Central. Conforme este autor, "a região apresenta dois níveis topográficos com topos achatados: um mais alto, de 1000 a 1100 metros, os 'chapadões' nos divisores maiores, muitas vezes quase horizontais, sem sinal de dissecação da drenagem. O autor denominou de 'chapada' os espigões entre rios menores e, entre os rios principais, chamou-os de 'chapadões'. Chapadas e chapadões são separados uns dos outros por vales largos, achatados, com altitudes entre 700 e 900 metros, formando o segundo nível da paisagem do planalto". Estas superfícies repre-

sentariam uma velha peneplanície coberta por acumulações superficiais, tais como massas de areia, camadas de cascalhos, seixos e concreções ferruginosas, formando uma crosta laterítica, denominada "canga". É muito interessante a afirmação do autor de que estas "acumulações superficiais são permeáveis e realmente absorvem toda a chuva que cai". Disso resultaria a proteção da antiga peneplanície contra a desnudação, a erosão e a acumulação da água de infiltração, formando um lençol subterrâneo a uma profundidade de 10 a 20 metros. Nos topos achatados dessas chapadas, afloram muitos lagos pequenos e rasos, enquanto inúmeras fontes ocorrem nas vertentes em direção aos fundos dos vales. Admite o autor que a canga é, muitas vezes, um solo antigo, fóssil, que, atualmente, está sendo destruído pela erosão e desnudação. Afirma, porém, que em alguns locais a sua formação é recente.

ALMEIDA (1951), referindo-se ao Triângulo Mineiro, observou estarem os chapadões crestácicos por volta de 950 m. de altitude. Levanta a hipótese de corresponderem a plataformas estruturais, sustentadas por camadas de calcário e arenito calcífero, às vezes silicificados. Em 1959, ALMEIDA constatou ao norte de Uberaba, uma cobertura arenosa cretácica, que se estende pelos principais divisores, formando um relevo levemente ondulado com chapadas de topos planos e horizontais. Sobram poucos testemunhos residuais de erosão, como "mesas", "balizas" e "baús" de arenitos fortemente cimentados por carbonato de cálcio ou até por bancos de calcário.

BARBOSA (1955) afirma serem os planaltos arenito-basálticos da Bacia do Paraná e os chapadões da margem ocidental do São Francisco expressões topográficas de duas grandes províncias estruturais de sedimentação. Segundo o autor, durante o Rêti-

co, a bacia de sedimentação do Paraná foi atingida por um dos maiores derrames basálticos já conhecidos. Esse derrame recobriu o extenso deserto de Botucatu e reforçou e recozeu alguns dos mais conspícuos pacotes sedimentares. No Triângulo Mineiro, essas camadas de basaltos ainda estão profundamente recobertas por sedimentos, expostas localmente ou ao longo dos grandes cursos que formam a bacia do rio Paraná. Isto dá às superfícies estruturais do Triângulo Mineiro uma continuidade muito grande. Pouco a leste, tais condições já não são mais encontradas, como na área do município de Coromandel, onde o nível de alguns derrames já foi ultrapassado pela erosão, dando uma topografia de mesas, às vezes bem caracterizadas. Barbosa afirma ser, no Triângulo Mineiro, a denominação de chapada quase essencialmente topo-morfológica, sem implicações sobre a fertilidade dos solos. Elas são geralmente pouco aproveitadas e sua atividade pioneira ainda é a pecuária extensiva. Todavia, as "veredas" com buritizais têm importância para o povoamento, por serem áreas de concentração de água.

AB'SABER (1968) faz algumas considerações a respeito do chapadão e chapada. Para o autor, "chapadão" significa algo menos preciso e de perfil menos esquemático do que o termo chapada: "chapadão" só pode ser considerado um aumentativo real do termo chapada, apenas no sentido de indicar extensões maiores e mais contínuas de formas maciças e onduladas de relevos tabuliformes. Em São Paulo e no Centro-Oeste, observa o autor, os chapadões nada mais são do que alongados interflúvios de planaltos sedimentares situados em altos e suaves espigões divisores de cursos d'água semi-paralelos.

HASUI (1969) também se refere à geomorfologia da área ocupada pelo Cretáceo do Oeste Mineiro. Destaca as elevações

de extensões variáveis, com topos aplainados, com bordas escarpadas, cobertos por areiões e cascalheiras, constituindo formas denominadas chapadões, mesas, piões e outros nomes locais. As vertentes formam degraus relacionados à erosão diferencial. Esta, por sua vez, atingiu profundamente as formações do Grupo Bauru, exumou os basaltos e formou cachoeiras, saltos e corredeiras. Formaram-se extensas planícies aluviais nos vales dos grandes rios e nos baixos cursos de seus afluentes maiores.

BARBOSA (1970) faz novamente referências à geomorfologia da área do Triângulo Mineiro, incluindo a região do Alto Paranaíba. Observou o autor haver várias superfícies de aplainamento, uma delas nivelada entre 1000 e 1400 m em Sacramento e Coromandel, relacionada à superfície pós "Gondwana", fim do Paleozóico, de KING (1956) e à "Pratinha" de ALMEIDA (1956). A partir dessa superfície, deu-se a dissecação da região e, durante o Terciário, moldaram-se outras superfícies aplainadas rebaixadas. Dentre essas, salienta, então, uma segunda superfície entre 1100 e 1200 m, correspondendo à "superfície Sul Americana" de KING. Uma terceira superfície, entre a Serra de Araxá e o rio Paranaíba, nivelando os topos dos interflúvios entre 850 e 1000 m., seria a superfície "Araxá" de BARBOSA (1955). Uma outra superfície da ordem de 600 - 700 metros corresponde - ria ao que KING chamou de "superfície Velhas".

AB'SABER (1971) refere-se, de uma maneira generalizada, à geomorfologia das áreas de cerrado. Fazendo uma correlação entre morfologia, solos e vegetação, salienta predominar, nos interflúvios elevados dos "chapadões", formas topográficas planas e maciças e solos pobres (latossolos e lateritas), onde ocorrem cerrados, cerradões e campo. Destaca ser ainda a drenagem superficial destas áreas composta de duas nervuras hidro-

gráficas, com uma drenagem perene, no fundo dos vales, e uma trama fina e mal definida de caminhos d'água intermitentes nos interflúvios largos. Muito interessante é a relação estabelecida entre as variações sazonais e a drenagem:

*"na estação seca, o lençol d'água permanece abaixo dos talvegues desses pequenos vales de enxurrada, somente tangenciando as cabeceiras em anfiteatro raso e pantanoso, onde meandram os buritizais em 'dales'. Em compensação, no fundo dos vales, o lençol d'água subterrâneo alimenta permanentemente a correnteza, independentemente das estações, daí a perenidade dos grandes, médios e pequenos rios da região".*

REZENDE (1976) informa não haver muitas informações sobre a evolução geomorfológica da área do Triângulo Mineiro. Divide-a em três unidades geomórficas de solo: 1) (chapadões) tabuleiro superior de argila, de pouca permeabilidade, situado em altitudes superiores a 850 m, com a presença dos oxissolos vermelho-amarelos e vermelho-escuros. Neles, rios são circundados por um revestimento de gramíneas, em forma de depressões circulares abertas, com solos pobremente drenados. A densidade da drenagem é baixa pelo escoamento superficial reduzido, pela permeabilidade muito rápida a partir dos oxissolos argilosos extremamente bem estruturados, levando a estabilizar a paisagem. 2) Oxissolos fino-argilosos vermelho-escuros, mais amarelados ao longo dos rios, desenvolvem-se em função dos arenitos, cujo contato com a chapada argilosa é topograficamente muito tênue. Suas formas de relevo são mais tipicamente onduladas do que no chapadão, ocorrendo, em direção à oeste, formas como "mesas". A densidade da drenagem é bem maior do que na unidade anterior. 3) Os oxissolos de rochas máficas contêm concreções e bandas de ferro.

A EMBRAPA (1982) faz referências à existência de três superfícies de erosão no Triângulo Mineiro. A primeira, denominada de superfície Araxá por BARBOSA (1955), em altitudes de 850

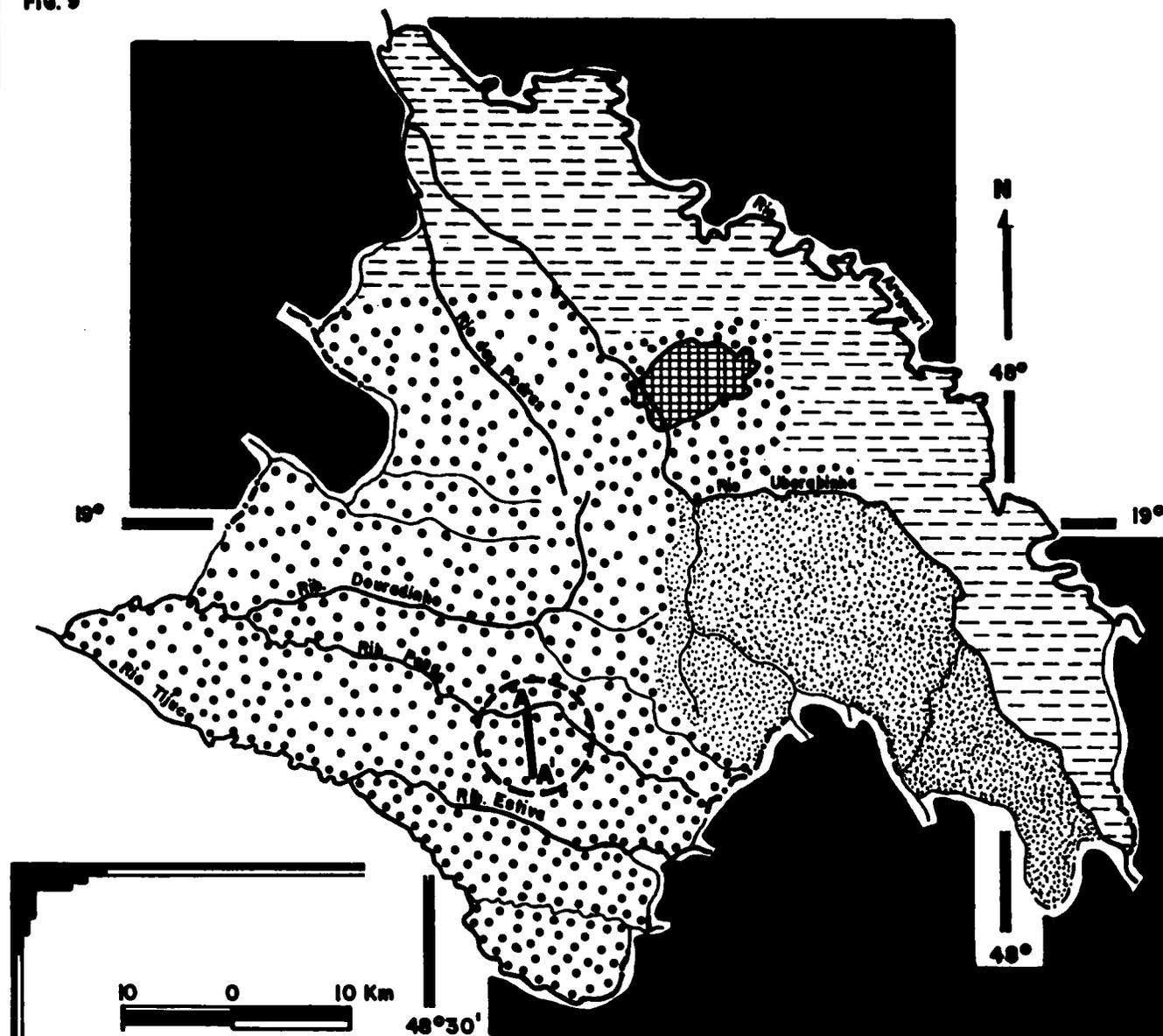
a 1000 metros, pertence ao ciclo de erosão "Velhas" do Plio-Pleistoceno. Ela forma uma chapada que ocupa o teto da região. Em Araguari e Uberlândia, a chapada é sustentada pelos basaltos da Formação Serra Geral; porém, em áreas próximas a Uberaba, em Almeida Campos e Tupaciguara, ela é sustentada pela Formação Bauru. Seu relevo é predominantemente plano e suave-ondulado com declives de 1 a 8%. A segunda superfície apresenta altitudes de 500 a 950 m, no domínio das Formações Bauru, Serra Geral e Grupo Araxá. As elevações têm topos aplainados e bordas escarpadas, constituindo as formas denominadas de chapadas, mesa e piões. A terceira superfície é caracterizada por superfícies rebaixadas ao longo dos rios Paranaíba e Grande e nos baixos cursos de seus afluentes, em altitudes de 300 a 600 metros. Estende-se como um plano inclinado, desde os sopés das vertentes da segunda superfície até os terraços e planícies fluviais recentes do ciclo "Paraguaçu". É constituída por sedimentos Cenozóicos do Terciário e seu relevo é predominantemente plano e suave-ondulado, com declividades de 1 a 8%.

O RADAM (1983) observou que existe até uma ampla quantidade de trabalhos sobre a área da Folha SE-22 Goiânia, embora, na maior parte se relacionem com os aspectos geológicos. Situa a região em estudo nos "planaltos e chapadas da Bacia Sedimentar do Paranã", do Triângulo Mineiro, inserida na sub-unidade "Planalto Setentrional da Bacia do Paranã". Distinguiu dois grandes compartimentos topomorfológicos: um de 650 a 1000 m. de altitude, onde estão inseridas as áreas drenadas pelos rios Uberabinha e Tijuco; o outro mais rebaixado, abrangendo cotas altimétricas de 350 a 650 m, ocupando, sobretudo, a parte centro-meridional do Planalto Setentrional da Bacia do Paranã, decrescendo em direção à bacia do Paranaíba.

Efetuamos (BACCARO, 1989) um mapeamento geomorfológico preliminar no município de Uberlândia, abrangendo três áreas (fig. 9): A) Área de relevo dissecado, correspondente ao setor com topos aplainados entre 700 e 900 metros, de vertentes suaves, recobertas pelo cerrado e interrompidas por rupturas locais mantidas pela laterita, preferenciais para o afloramento do lençol subterrâneo. Este compartimento é o que apresenta a maior atuação dos processos erosivos, sobretudo nas áreas das bacias do ribeirão Douradinho, Babilônia, Córrego dos Macacos Rio Panga e Ribeirão Estiva. B) Área de relevo intensamente dissecado, ainda entre 650 e 800 metros, apresentando uma porção mais elevada com topos aplainados, fazendo parte de uma grande chapada a se estender por toda essa região de Uberlândia. Os vales são encaixados, entalhando o basalto e rochas do Grupo Araxá. As declividades das vertentes são mais acentuadas, sendo atenuadas por algumas rampas coluviais, que estão sofrendo intensos processos erosionais, com muitos canais pluviais e ravinas. A erosão, acelerada por ravinamentos, é mais acentuada nas áreas com pastagem sem técnicas de conservação do solo, segundo as curvas de nível. C) Área de relevo com topos planos e largos, a 1000 a 1100 metros, vales espaçados, com pouca ramificação de drenagem, vertentes com baixas declividades entre  $3^{\circ}$  e  $5^{\circ}$ , sustentadas pelos arenitos da Formação Marília recobertos por sedimentos do Cenozóico, ocorrendo uma massa significativa de solo hidromórfico próxima aos canais fluviais. Os processos geomorfológicos pluviais laminar e difuso são muito importantes na remoção dos detritos e na evolução dessas vertentes, porém os sinais de erosão acelerada são menos frequentes do que nos compartimentos anteriores. Foram assinaladas também microformas de relevo "murunduns" em pequenas elevações na periferia das planícies ou em depressões úmidas a nível de topo e vertentes.

# UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

FIG. 9



ÁREA DE RELEVO DISSECADO

ÁREA DE RELEVO INTENSAMENTE DISSECADO

ÁREA DE RELEVO TOPOS PLANOS

ÁREA URBANA

RIOS

LIMITE DE MUNICÍPIO

PERFIL

NISHIYAMA (1989) (fig. 10) ao tratar da geologia no município de Uberlândia, refere-se às feições morfológicas da Formação Marília a apresentar relevo de topos planos e bordas abruptas mantidas pela cimentação mais intensa dos arenitos. Os sedimentos de idade Cenozóica recobrem grande extensão do referido município, capeando as rochas mais antigas e ocupando todos os níveis topográficos, desde as áreas de chapadas até as vertentes dos vales fluviais. A cimentação incipiente destes sedimentos tem levado a problemas de erosão acelerada de solos, principalmente onde predominam terrenos arenosos.

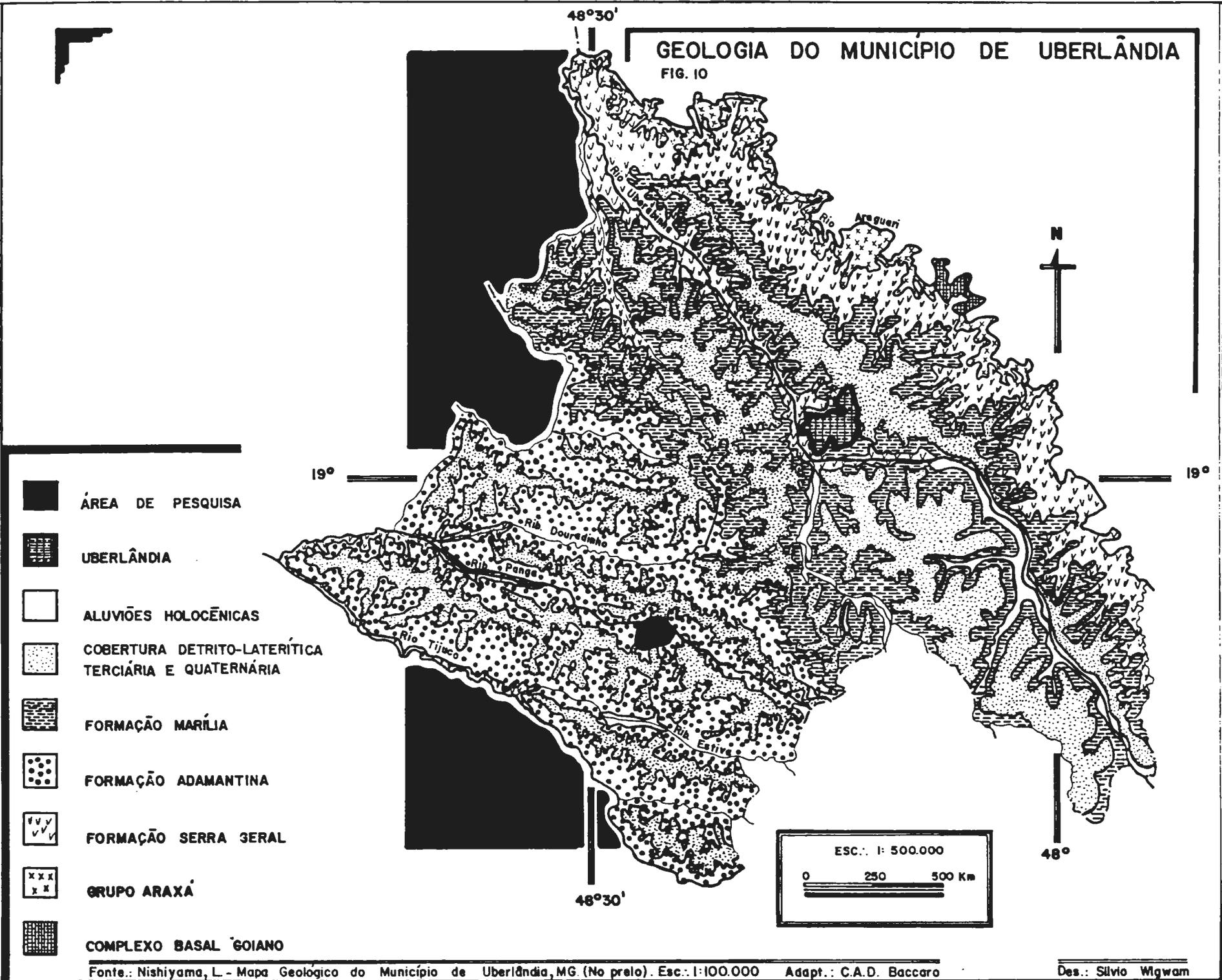
#### 4.2. Estudos sobre os Processos de Escoamento Superficial Pluvial.

A fim de elucidar os problemas de evolução de vertentes no relevo dos chapadões sedimentares na área de pesquisa, procuramos conhecer os autores que têm estudado os processos referentes à hidrologia pluvial. Ao efetuarmos um levantamento bibliográfico sobre o escoamento superficial pluvial verificamos, ser basicamente focalizado nos compêndios de Geomorfologia e Hidrologia nos capítulos sobre processos erosivos referentes à ação da água corrente fluvial e pluvial, tanto sob o ponto de vista teórico, quanto da modelação das formas de relevo. Exemplificamos tal afirmação com KIRKBY e MORGAN (1980), CARSON e KIRKBY (1972), MORGAN (1979), KIRKBY (1978), ROOSE (1977), CRUZ (1982), CASSETI (1983) e outros.

Foi HORTON (1945), in CHORLEY (1978), que traçou pela primeira vez o modelo clássico da hidrologia das vertentes. Considerou a superfície do solo como um elemento capaz de separar a água da chuva e conduzi-la por dois caminhos: no primeiro caso, a água infiltra-se enquanto a quantidade de chuva

# GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

FIG. 10



não excede a capacidade de infiltração do solo; no segundo, a água escoar sobre a superfície em escoamento pluvial, "overlandflow" e nos canais fluviais "stream channels", quando há excesso da quantidade de chuva sobre a capacidade de infiltração. CHORLEY (1978) assinala também que o escoamento pluvial, segundo as concepções de HORTON, ocorreria largamente em todas as vertentes, associado ao simples crescimento de descarga a jusante, de tal forma que o seu aumento estaria relacionado ao comprimento da vertente em relação ao divisor. HORTON deu muita atenção à hidráulica do escoamento superficial pluvial em lençol, laminar e misto e distinguiu-o do laminar e turbulento, que ele acreditou ocorrer pelo excesso de chuva; para ele, o escoamento superficial pluvial é o motor da erosão superficial, a qual ocorre primeiramente em forma de canais difusos a coalescer para formar novos canais mais profundos.

KIRKBY (1969) criticou o escoamento superficial pluvial de Horton, afirmando ocorrer instantaneamente sobre uma bacia, somente se ela é pequena e possui um solo homogêneo. Além disso, o escoamento superficial hortoniano é comum onde a vegetação é esparsa e o solo delgado; é raro, porém, onde há uma cobertura vegetal mais espessa. Na realidade, o "overlandflow" ocorre mais localmente e aparece preferencialmente onde os solos se tornam mais rapidamente saturados, em áreas de perfil côncavo, favorecidas pela concentração dos fluxos em solos mais úmidos.

COOK (1946) traçou uma seqüência de eventos, quando a intensidade da chuva excede a infiltração:

1. Uma película de água e um fluxo se formam sobre a superfície; 2. uma quantidade de água acumula-se nas depressões

da superfície; 3. quando estas depressões são preenchidas, inicia-se o escoamento superficial pluvial; 4. este escoamento ocorre através de micro-canais coalescentes, que por sua vez se combinam em sulcos, os quais desagüam dentro de pequenas ravinas, a partir das quais é iniciada a descarga contínua dentro de canais maiores; 5. ao longo de cada canal coletor, ocorre a concentração da água do escoamento pluvial.

Com este simples modelo de infiltração e de escoamento superficial, COOK (op. cit.) mostra duas sérias deficiências no modelo de infiltração de Horton, no cálculo de escoamento superficial; primeiro, o cálculo da medida de escoamento pluvial, através da intensidade da água da chuva e de infiltração, somente se apresenta razoável para pequenas áreas onde o tempo de trânsito da água seja virtualmente ignorado; em segundo lugar, o escoamento pluvial existe, por um certo tempo, como fluxo de subsuperfície, o qual retornaria à superfície.

KIRKBY & CHORLEY (1967) sugeriram haver, no caso de solo e vegetação bem desenvolvidos, especialmente onde há uma cobertura de húmus ou serrapilheira, a ocorrência de apenas pequenos fluxos de escoamento superficial pluvial sobre as vertentes da bacia de drenagem, exceto em momentos de tempestades. Quando as condições do solo são heterogêneas, tanto no início como durante as chuvas de alta intensidade, o escoamento pluvial, em termos de área, é temporariamente mais variável do que HORTON supôs. CHORLEY (1978) referiu-se a outros modelos de "overlandflow" além do de Horton, os quais são baseados sobretudo em dois pontos de vista: a) maior enfoque ao escoamento pluvial; b) reconhecimento de que as altas vertentes não contribuem inteiramente para o escoamento superficial geral. Apenas as baixas encostas, caracterizadas em função da quantidade e intensi-

dade da chuva, evaporação, infiltração, umidade poderão fornecer resultados sobre os picos hidrográficos nos canais fluviais.

DE PLOEY and MOEYERSON (1975) descreveram o limiar e movimentos relativamente lentos de material detrítico feitos pelo escoamento superficial, por meio de um processo que é chamado de escoamento superficial pluvial lento. Micromovimentos de seixos têm sido analisados com maior detalhe no campo, e principalmente no laboratório, sobre argila, areia, loess, arena-argilosa, granito alterado e camadas argilo-arenosas.

MOEYERSON (1975), ao estudar uma área do complexo do Pré-Cambiano na Nigéria, constatou que os processos pluviais sobre o granito causam a concentração superficial de finas partículas de camadas de areia ou cascalho. Experimentos mostraram que o escoamento pluvial inicia-se com chuvas de intensidade entre 6 e 20 mm/h. Sobre uma vertente, o escoamento em lençol sempre tende a um valor limite, dependendo apenas da intensidade da queda da chuva do ângulo de declividade da vertente. Este valor limite diminui com o aumento do ângulo da vertente e/ou com a intensidade da chuva. Verificou ainda o autor ser o volume do escoamento pluvial alto durante chuvas de alta intensidade sobre vertentes com características homogêneas e baixo sobre vertentes muito íngremes para uma chuva de intensidade constante. Deduziu também serem os valores do escoamento pluvial mais altos em vertentes com matacões espalhados, do que em vertentes de granito nu e numa mesma inclinação. Finalmente, deduz ser o escoamento pluvial mais alto em vertentes côncavas que em vertentes convexas.

EMMET (1978) afirma ocorrer escoamento superficial

pluvial, quando a quantidade de gotas de chuva ou o total da precipitação ultrapassa a capacidade de infiltração e de armazenamento do solo. Para o autor, as características hidráulicas do "overlandflow" dependem de alguns fatores, tais como: as irregularidades e declividades das vertentes, intensidade e duração da chuva, textura do solo, condições anteriores de umidade, densidade e tipo de vegetação, comprimento da vertente. Destaca os efeitos do impacto das gotas de chuva e a importância do grau de umidade anterior do solo e ressalta a importância da "equação de perda de solo" de WISCHMEIR SMITH de 1960 para os estudos sobre erosão.

DERBYSHIRE, GREGORY and HAILS (1979), analisando a água em movimento numa bacia de drenagem, fazem algumas observações sobre o modelo de produção do escoamento superficial pluvial proposto por HORTON (1933, 1945). Os autores realçam a variação substancial das taxas dos picos do escoamento pluvial, de acordo com a topografia da superfície, características da precipitação e do material medianamente abaixo da superfície. Os autores tratam também do fluxo subsuperficial, tipo "pipeflow", muitas vezes turbulento, a ocorrer através de vazios ou tubos interconectados no solo, podendo mudar em diâmetro de poucos milímetros para vários metros.

KIRKBY and MORGAN (1980) declaram ter sido baseada a "equação de perda de solo" na tabulação de dados de elementos individuais sem interação entre eles. DE PLOEY (1980) salienta ser o objetivo dessa fórmula expressar a relação entre o efeito de erosão e os valores de certos parâmetros representativos do terreno e fatores climáticos. O valor desta fórmula é naturalmente determinado pelo cuidado no levantamento dos dados coletados no campo.

DE PLOEY and GABRIELS (1980) ressaltaram no registro dinâmico do fluxo e da sedimentação do escoamento pluvial, o emprego das calhas GERLACH (1967) que auxiliam no oômputo volumétrico da erosão e da sedimentação. GREGORY & WAILLING (1973, apud DE PLOEY, 1980) salientam haver poucos instrumentos padronizados e comercializáveis, sendo os laboratórios e pesquisadores obrigados a adaptar e improvisar os métodos já existentes em função de problemas particulares e dos meios disponíveis.

DE PLOEY (1982) salienta a importância do encrostamento do "topsoil" em áreas tropicais, no desenvolvimento mais acentuado do escoamento superficial generalizado. Esse encrostamento depende amplamente de microprocessos, tais como o ligamento de agregados instáveis, a dilatação de argilas expansivas e a formação de um pavimento que favoreça a infiltração (BRYAN, 1973). O escoamento superficial pluvial não é somente estimulado pelo fluxo no tronco das árvores, o chamado "stem-flow", mas também por fluxos por entre gramíneas e plantas, especialmente em áreas declivosas. Uma conclusão segura é de que a maioria das vertentes, nas áreas tropicais, não cobertas pela floresta, são afetadas pela lavagem pluvial. O poder erosivo do escoamento superficial pode também ser aumentado pelos obstáculos, tais como afloramentos rochosos em vertentes de média e alta declividade, criando turbulência e erosão turbilhonar (DE PLOEY, SAVAT, MOEYERSON, 1975).

DE PLOEY & SAVAT (1982), tratando do escoamento superficial em lençol e em canal, citam BAUR (1952), ao tentar definir o escoamento superficial pluvial em lençol e sua erosão como "remoção de uma camada superficial de terra pela ação do escoamento pluvial". Os mesmos autores deram uma definição exequível da erosão em canais como sendo a "remoção do solo

por água corrente com a formação de canais pouco profundos que podem ser aplainados completamente pelo cultivo". Quando esta operação de remoção e de formação de canais pouco profundos torna-se impossível, inicia-se o ravinamento. Os canais de escoamento difuso podem, então, ser contínuos no tempo, quando os canais rasos são rapidamente aprofundados na vertente, cortando ou se agrupando de acordo com a dinâmica local do padrão do fluxo. Certamente há também a questão dos canais efêmeros, quando estes desaparecem por sedimentação, deposição ou por erosão feita pelo vento ou por erosão da gota de chuva, enquanto os canais permanentes mostram uma continuidade, tanto no tempo quanto no espaço. ELLISON (1947, apud DE PLOEY and SAVAT, 1982) foi o primeiro a discutir os processos de erosão em lençol e em canais "sheet e rill erosion" qualitativamente, levando em consideração fatores como erodibilidade do solo na vertente e a capacidade de transporte do fluxo. Este trabalho examina primeiramente impacto dos canais e ravinas sobre a vertente e, posteriormente, discute a origem e a capacidade de erosão do escoamento difuso.

SEILER (1982), em estudos realizados em Basel na Alemanha, em terrenos jurássicos, verificou ocorrerem eventos de erosão com intensas chuvas permanentes e queda de neve, quando acompanhada de chuva. Os estudos sobre formas erosivas resultantes de eventos extremos devem exigir sempre um questionamento sobre o mínimo de chuva a partir do qual elas se desenvolvem. Este limiar inferior da quantidade de precipitação depende muito das condições naturais nas vizinhanças dos locais estudados e das condições do uso da terra no começo e durante o evento pluvial.

SCHULTZ (1983) salienta ser a erosão hídrica a mais importante, pois ocorre em todos os tipos de solos. Inicia-se

com o impacto da gota de chuva no solo, atirando suas finas partículas para cima. Por tendência natural esta terra é levada para a parte mais baixa do terreno. Deste modo, quando o solo é trabalhado pelo arado e grade, dois fatores responsáveis pela estabilidade do solo e dos agregados, as enxurradas encontrarão o campo aberto para a erosão. A matéria orgânica e os sais minerais, ao se reduzirem vão aos poucos diminuindo a fertilidade do solo.

GERLACH (1984), ao estudar a intensidade dos processos morfogenéticos atuais nos Cárpatos Poloneses, conclui serem os tipos de perfil de vertente (retilíneo, convexo, côncavo, convexo-côncavo, em degraus), com sua estrutura geológica e seu grau de inclinação, decisivos na natureza e diferenciação do desenvolvimento dos processos superficiais, enquanto que a espécie da cobertura vegetal decide a ordem de grandeza dos mesmos. A cobertura vegetal contínua, densa e estável (floresta, pradarias) relega ao máximo a denudação mecânica superficial e ativa os processos de alteração química e bioquímica. Os dados coletados pelo autor indicam claramente a aceleração da denudação superficial do solo sobre as vertentes cultivadas. Esta aceleração, às vezes, conduz à destruição total do solo.

LEWKOWICZ (1984) efetuou estudos sobre o escoamento superficial pluvial em Banks Island no Canadá, verificando a frequência e magnitude da erosão pelo escoamento pluvial em áreas geladas. Estas foram monitoradas por três anos em quatro pequenas parcelas de escoamento pluvial, cujos resultados indicaram serem mais importantes os processos de solução do que a remoção do sedimento em suspensão.

SELIVERSTOV (1984) refere-se à ampliação da antropogênização das paisagens naturais de ano para ano. Seus efeitos

geomorfológicos tornam-se mais e mais importantes, com a intensificação dos processos denudacionais e inclusão daqueles de erosão linear, em lençol e deflação os quais desenvolvem ativamente formas peculiares de microrelevo em ravinas, voçorocas e sulcos. Largamente espalhados, tais processos e microformas produzem novas paisagens geomorfológicas.

DE PLOEY (1984), ao destacar os conhecimentos hidrológicos nos processos erosivos nas diversas zonas climáticas, demonstra o fato de as secções críticas das toposequências nem sempre corresponderem às porções mais íngremes das vertentes. Tendo em vista medidas protecionistas, suas porções basais devem merecer mais atenção.

PARSONS (1984) enfatiza a necessidade de uma maior atenção dedicada às características dos canais de escoamento difuso. Existem variações consideráveis nessas características e duas delas devem ser destacadas: a densidade e as dimensões dos canais. A densidade é importante porque indica a porção da vertente sujeita à erosão por canais difusos. Isto é fundamental, uma vez existirem argumentações de que, onde o fluxo é concentrado dentro de canais, o total de sedimento removido é consideravelmente maior do que em fluxos não canalizados. A lavagem não concentrada sobre a superfície antecede a canalização e à formação de fluxos subdivididos. Este fato foi verificado a partir da remoção contínua dos pequenos obstáculos, independente da inclinação da vertente no desenvolvimento dos canais, relacionado aos tipos de características do sedimento. Ficou então demonstrado que a largura dos canais está positivamente relacionada ao calibre dos mesmos.

HART (1986), ao tratar da erosão pela água, salienta ser envolvida por dois eventos a ocorrer um após o outro. O

primeiro é o desprendimento das partículas, resultado da erosão da gota da chuva, o "splash". O segundo é o seu transporte, realizado pelo escoamento superficial difuso em lençol ou em fluxo concentrado, à canais "rills", ravinas "gullies" e canais subterrâneos de escoamento pluvial, "pipe erosion". Embora os resultados não sejam conclusivos, o autor declara parecer haver altas taxas de erosão em áreas semi-áridas e áreas com grande intensidade de chuvas sazonais. Entretanto, o impacto da ação do homem é um fator crucial que afeta a perda de solo. A erosão do solo é assim importante em diversas situações: a) na má distribuição de terra arável e de pastagem; b) em áreas florestadas atingidas pelo fogo, por derrubada de árvores e/ou por construção de estradas de acesso; c) em terra vegetada, descoberta por queima das gramíneas; d) na preparação de sítios para o desenvolvimento urbano; e) na exploração mineral; f) na construção de estradas; g) em áreas usadas para recreação.

GOVERS (1987a), ao pesquisar padrões de canais pluviais, sob a ótica de um estudo regional, demonstrou claramente a grande influência da topografia. A inclinação da vertente revelou ser importante na gênese dos canais, e que estes ocorrem também em vertentes de comprimento moderado. Isto implica que apenas a redução do comprimento da vertente não seria suficiente e que o terraceamento se faz necessário em áreas de plantio.

GOVERS (1987b) pesquisou a variabilidade espacial e temporal dos processos de desenvolvimento dos canais pluviais no sítio experimental de Huldensberg na Alemanha e concluiu ser a hidráulica da erosão dos canais pluviais, enquanto escoamento generalizado, geralmente e topograficamente controlada. Entretanto, a relação entre a intensidade hidráulica de erosão dos

canais pluviais é variável no tempo em vertentes declivosas e vertentes longas, o que deve causar problemas específicos no que diz respeito à descrição da evolução temporal dos canais pluviais.

A respeito do escoamento pluvial em áreas de relevo brasileiro, temos a destacar o trabalho pioneiro de RUELLAN (1953). O autor referiu-se à força das chuvas tropicais, salientando a importância da sua ação de impacto na região da caatinga espinhosa e mesmo nos campos cerrados, onde o solo detrítico é insuficientemente coberto pela vegetação e, alternadamente, umedecido e dissecado pela insolação intensa. A partir da formação do lençol (e isto se produz em alguns minutos, no momento das chuvas pesadas), desaparece essa rede instável de escoamento superficial difuso. É necessário salientar correrem as águas das chuvas em todas as formas de relevo e vertentes, transportando partículas em sua massa líquida, quando não retardada ou impedida por um obstáculo. Neste último caso, as partículas mais grosseiras transportadas depositam-se, tendendo a regularizar, desta forma, o relevo. Chuvas muito pronunciadas desgastam ligeiramente uma zona de várias centenas de quilômetros, com a retirada do regolito, às vezes, detido por obstáculos, para ser novamente impulsionado, escavando os tufos de ervas. Sem dúvida, declara o autor, o escoamento termina rapidamente, desde que as chuvas cessem e as águas infiltradas a pouca profundidade também deixem de ressurgir; mas o trabalho realizado pelas enxurradas, durante os aguaceiros, desempenha grande papel na modelação das superfícies de erosão, em condições climáticas locais.

CRUZ (1982) destaca ser o "overlandflow" muito ativo em vertentes com outros tipos de vegetação e solo, sobretudo

em áreas cultivadas, mas não o é sob floresta protegida pelas copas e por serrapilheira. O escoamento pluvial observado e medido pelo autor está relacionado a esta última e ao escoamento subsuperficial, o "throughflow", embora altamente difuso por entre moitas de vegetação herbácea sob floresta. A irregularidade temporal da pluviosidade manifesta-se nas máximas diárias mensais e sazonais e vai refletir-se no escoamento pluvial. O autor estabelece comparações entre a intensidade da pluviosidade e o escoamento pluvial sob floresta tropical atlântica e limiares para que isto ocorra. Em áreas escarpadas, com solos argilo-arenosos muito influenciados por raízes e ação de animais sob floresta, declara o autor, o valor limiar de precipitação para o aparecimento do escoamento pluvial oscila entre 1,2 a 8 mm, aumentando a partir de 8 a 100 mm. A partir de 100 mm, os riscos e a sensibilidade dos solos argilosos e úmidos para atingir o grau de cisalhamento tornam-se maiores.

Outro trabalho relevante é o de CASSETI (1983), referindo-se ao expressivo significado da cobertura vegetal, do uso do solo, do declive e da forma da vertente, bem como do comportamento hídrico da superfície nas diferenciações pluvioerosivas.

Alguns estudos de caráter agrônômico estão sendo desenvolvidos no centro de Pesquisa do cerrado da EMBRAPA em Brasília e Goiânia em pesquisas bastante recentes, esta última em fase de implantação.

Além dos estudos acima citados, mais relacionados com a nossa realidade de estudo, há órgãos como o IPT, Instituto Horto Florestal e Instituto Geológico em São Paulo, em fase de implementação de pesquisas que tratem das questões relacionadas ao escoamento pluvial.

## 5. COMPARTIMENTAÇÃO TOPOFORMOLÓGICA E ESTRUTURA SUPERFICIAL REGIONAL E DA ÁREA DE AMOSTRAGEM

### 5.1. Compartimentação Topomorfológica e Estrutura Superficial Regional

A área em estudo faz parte de um conjunto global de relevo denominado por AB'SABER (1971) de Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central e, pelo RADAM (1983), de "Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná" inserida na subunidade "Planalto Sententrional da Bacia Sedimentar do Paraná".

Conforme HASUI (1969) e BARBOSA (1970), a região do Triângulo Mineiro teria sofrido, no passado, vários eventos tectônicos, dando formação às litologias Pré-Cambrianas do Grupo Araxá, do Grupo Canastra e Bambuí, às manifestações magmáticas pelo extravasamento das lavas e intrusões da Formação Serra Geral e, posteriormente, à sedimentação do Grupo Bauru (fig. 4). Uma deformação com caráter de flexura também se fez presente na direção NO-SE, a qual, segundo ALMEIDA (1981), vem sendo submetida a sucessivas reativações, inclusive um soerguimento durante o Cenozóico, o que pode ter estimulado a erosão na parte soerguida, com o conseqüente escavamento da superfície do Planalto Rebaixado de Goiânia.

Diversos autores chamam a atenção para o papel da erosão fluvial ocasionando, em épocas mais recentes, entalhes profundos, exumando basaltos e arenitos da Formação Uberaba, Adamantina e Marília. Essa erosão foi acompanhada da deposi -

ção de sedimentos inconsolidados em muitos compartimentos do Triângulo Mineiro.

Em todo o território brasileiro, ocorreram, no Quaternário, alterações climáticas, propiciando extensas pediplanações, laterização e dissecação, levando o relevo a obter as formas atuais. Segundo as observações feitas por nós, a área está incluída em zonas de extensos e intensos aplainamentos, como inúmeros autores afirmam. KING (1962) denomina de "Superfície Sul-Americana" a superfície sobre a qual a topografia moderna foi esculpida do Cretáceo Superior ao Plioceno. Na maior parte do território mineiro, essa superfície está marcada na paisagem por nivelamentos de topos, pois o ciclo posterior, o "Velhas", abriu-lhe incisões em formas de vales ramificados. Tal conjunto, em nossa área de pesquisa, está representado pelas superfícies de topo de chapadas, em torno de 900 a 1000 metros (Superfície Sul-Americana) entalhada por vales, os quais foram encaixados e elaborados nos períodos posteriores de semi-aridez, deixando algumas superfícies embutidas nas bordas das chapadas, em altitudes de 650 à 750 metros, observadas entre Araguari e Uberlândia. Foi o que constatou em muitos lugares BARBOSA (1966), ao se referir às superfícies de erosão no território mineiro, com relevo composto de chapadas embutidas umas nas outras, dando ao conjunto regional o aspecto de largos degraus. AB'SABER (1972), por exemplo, salienta que, após a deposição do Grupo Bauru, representado na região principalmente pelas formações Marília, Adamantina e Uberaba, ocorreu uma lenta degradação e rebaixamento das superfícies anteriormente formadas, bem como a formação de extensas crostas de laterita, num clima áspero, semi-árido ou de savana. Em 1970, BARBOSA caracteriza, na área de nossos estudos, duas superfícies provavelmente do Ter-

ciário: a determinada pelo topo dos interflúvios entre 800 e 1000 m, denominada de "Superfície de Araxá" correspondente à Superfície Sul-Americana de KING (1956) e a mais rebaixada, da ordem de 600 e 700 metros, correlativa à "Superfície Velhas" de KING (1956).

Centralizamos nossos estudos na Região do Triângulo Mineiro por representar formas de relevos típicos da Bacia do Paraná dentro da "Superfície Sul-Americana" ou "Araxá", situada entre os rios Paranaíba e Grande. A partir de nossas observações, dos trabalhos de campo, de estudos do Projeto RADAM (1983) e de outras consultas bibliográficas, foi possível organizar algumas considerações com relação à região do Triângulo Mineiro, área na qual a nossa pesquisa está inserida.

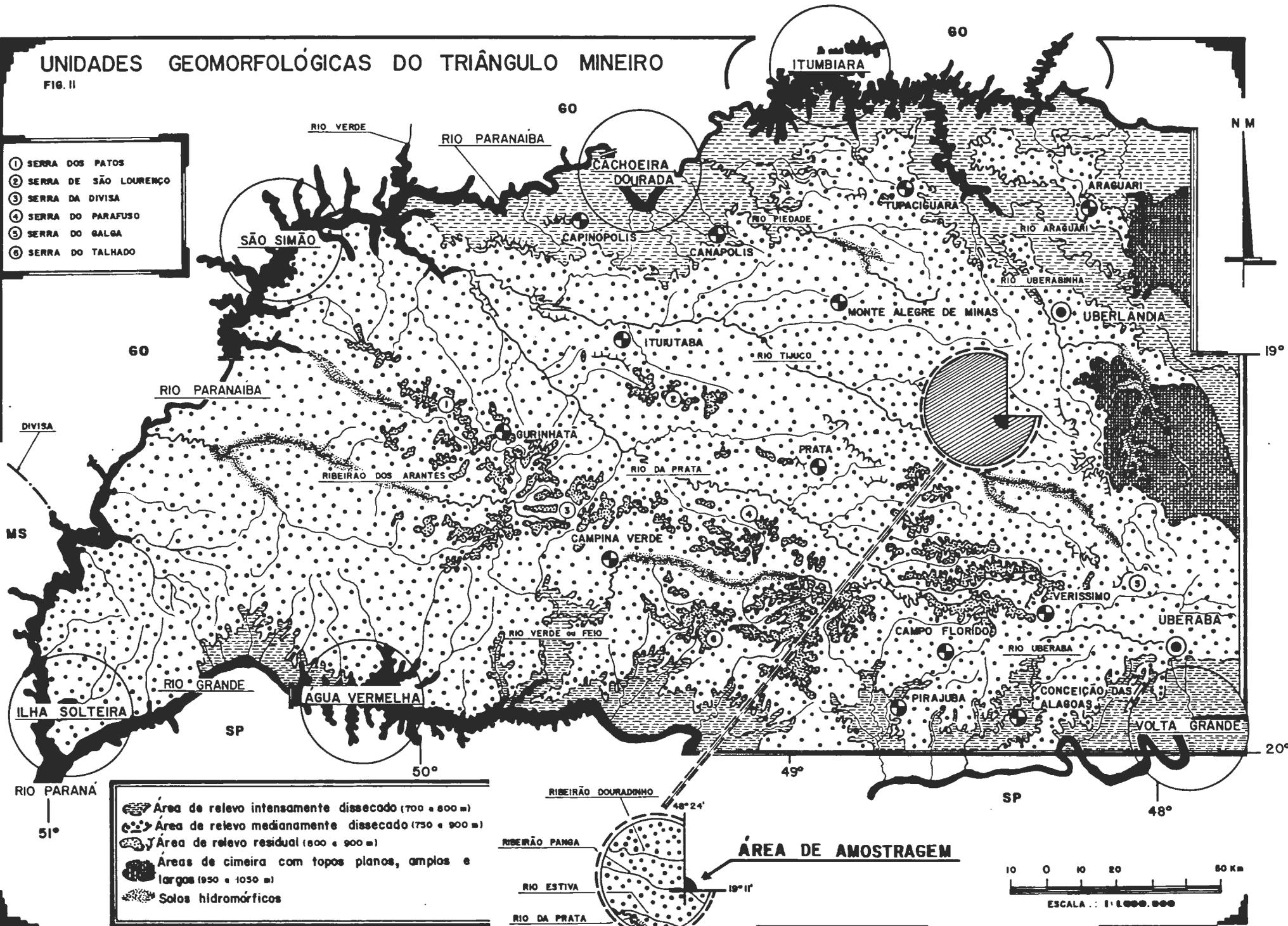
Levando em conta a Geologia (fig. 4), as formas e o nível de dissecação do relevo, distinguimos quatro grandes compartimentos no Triângulo Mineiro (fig. 11):

1. Área de relevo intensamente dissecado: corresponde à borda de uma extensa chapada Araguari-Uberlândia, estendendo-se até o rio Paranaíba, que vem sendo intensamente dissecada, entalhada pelos seus afluentes, mostrando vertentes abruptas, corredeiras, cachoeiras, enfim, um contraste com o relevo suave e ondulado dos setores mais interiorizados das chapadas. Apresenta uma porção mais elevada entre 700 e 800m, com topos apalinados e alongados, prolongando-se em forma de espigão entre as sub-bacias afluentes dos rios Paranaíba, Araguari, Uberabinha, Piedade, Jordão e outros. Foi identificada uma outra superfície numa posição mais rebaixada e voltada para o rio Araguari e Paranaíba entre 640 e 700 m, separada do nível de ~~cimeira~~ a 800 m, por rupturas de declives mantidas

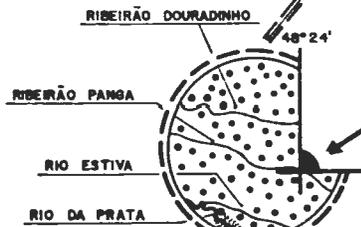
# UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DO TRIÂNGULO MINEIRO

FIG. II

- ① SERRA DOS PATOS
- ② SERRA DE SÃO LOURENÇO
- ③ SERRA DA DIVISA
- ④ SERRA DO PARAFUSO
- ⑤ SERRA DO GALGA
- ⑥ SERRA DO TALHADO



- Área de relevo intensamente dissecado (700 a 800 m)
- Área de relevo medianamente dissecado (750 a 900 m)
- Área de relevo residual (800 a 900 m)
- Áreas de cimeira com topos planos, amplos e largos (950 a 1050 m)
- Solos hidromórficos



por distintos derrames basálticos. As feições morfológicas deste compartimento estão relacionadas à litologia, representada pelo basalto e pelas rochas do Grupo Araxá, predominantemente, com uma presença menos significativa dos arenitos do Grupo Bauru e das formações do Cenozóico. As maiores declividades, por volta de 25 a 40° estão situadas sobretudo nas porções de ruptura das vertentes, relacionadas, em geral, ao afloramento do basalto, sendo atenuadas por algumas rampas coluviais. Nessas se situam solos férteis originários de material detrítico da alteração do basalto e que estão sofrendo intensos processos erosionais, com muitas canais pluviais e ravinas.

A maior inclinação das vertentes constitui um fator importante no condicionamento dos processos erosivos de ravina-mento, onde as culturas ligadas a pastagens não se apresentam em curvas de nível. A intensidade do ravina-mento fica então bastante alta, merecendo um estudo mais detalhado.

Nas áreas com basalto e sobretudo nas mantidas pelas rochas do Grupo Araxá, o solo apresenta-se delgado e quartzoso na superfície, formando, em setores côncavos das encostas, taludes com até 60 cm de espessura de material grosseiro, constituído por fragmentos de rocha e quartzo. Nas proximidades e sobre os topos planos, foram constatados áreas como solos hidromórficos revestidos de gramíneas e ciperáceas. Estas mesmas ocorrências também foram observadas em alguns pontos das vertentes onde ocorre o afloramento do aquífero, a partir de uma camada de basalto impermeabilizante.

O cerrado constitui a vegetação natural das áreas de topo, enquanto, nas vertentes, domina a floresta tropical subcaducifólia. Estes tipos de vegetação foram alterados e degradados, substituídos pela pastagem natural e artificial ou em

porções de solos mais férteis nas rampas colúviais da vertente, por culturas de milho e hortaliças.

2. Área com relevo medianamente dissecado, apresentando topos nivelados entre 750 e 900 metros, com formas convexas e vertentes entre 3° e 15° de declividades. A Formação Adamantina do Grupo Bauru é a mais representativa na área, sobreposta ao basalto da Formação Serra Geral, que aflora no talvegue de alguns canais fluviais, em locais com entalhamento mais profundiado, como foi por nós observado no rio Tijuco, rio da Prata, ribeirão dos Patos, rio Verde, rio da Babilônia, ribeirão Douradinho, ribeirão Panga e rio Uberabinha (fig. 11).

BARCHA e ARID (1975) referiram-se ao levantamento do Planalto Atlântico, em relação à bacia do alto Paraná, o que levou os rios a entalharem a superfície sedimentar neocretácica, até atingir o basalto, através de uma retomada de erosão enérgica. O predecessor do rio Grande, ou ele próprio, fixou seu curso no basalto em função das estruturas presentes, com cachoeiras, corredeiras e "canyons" no Paranaíba, no Araguari e outros menores, nos médios e baixos cursos, como o Tijuco, Uberabinha, Verde, da Prata e outros.

Os processos pluviais são muito significativos, dando origem nas vertentes, a montante, à intensa rede de canais difusos, a ravinamentos e voçorocamentos. Também ocorrem principalmente nas áreas de pastagem, pequenos deslocamentos e deslizamentos de solo, sobretudo relacionados aos terracetes deixados pelo pisoteio do gado.

A instabilidade das vertentes é mais pronunciada onde a cobertura natural do cerrado é retirada. Os processos de erosão acelerada já estão causando problemas de assoreamento nas

represas como a de Itumbiara, São Simão, Emborcação, Água Vermelha e Ilha Solteira. Em geral, por volta das primeiras chuvas do período úmido (outubro a março), os rios, ribeirões e córregos ficam com as águas turvas e avermelhadas, carregadas de sedimentos.

É comum, neste compartimento mediamente dissecado, a presença de solo hidromórfico contornando os canais fluviais, revestido por vegetação típica dos tipos gramíneas e ciperáceas, geralmente com buritis nas proximidades do canal. Estas características podem ser observadas nas bacias dos rios Tijuco, Arantes, Verde ou Feio, da Prata e outros. Suas várzeas são entulhadas de sedimentos finos a funcionar como um filtro e armazenar umidade, mantendo um certo equilíbrio hidromórfico entre vertente e fundo do vale. Segundo NISHIYAMA e BACCARO (1989), a cobertura vegetal e a camada de matéria orgânica desempenham um papel de extrema relevância, retendo os detritos retirados das áreas cultivadas e transportados pela água de escoamento pluvial. Esta barreira natural filtra as águas das encostas e impede o avanço das partículas sólidas para o canal fluvial, bem como a passagem de resíduos de produtos químicos empregados na agricultura, geralmente de alto poder tóxico. Em estudos anteriores, os autores fizeram considerações sobre a degradação desses solos hidromórficos pela exploração da turfa e da erosão acelerada em muitos locais do Triângulo Mineiro, o que compromete seriamente o fornecimento de água, tanto quantitativamente, quanto qualitativamente, como é o caso da cidade de Uberlândia, cuja captação é feita na bacia do rio Uberabinha.

Segundo BOAVENTURA (1981), tais várzeas são denominadas de "veredas" e apresentam vales rasos, com vertentes côncavas de caimento pouco pronunciado e fundo plano preenchido por

argilas hidromórficas. São formas mantidas por níveis de base locais mais elevados, estabelecidos anteriormente ao último aprofundamento da rede de drenagem regional, ocorrido no Holoceno.

Algumas vertentes mais convexas apresentam carapaças ferruginosas espessas de 0,50 a 1,50 m, mantendo um ressalto topográfico, formando, às vezes, pequenos anfiteatros de bordas abauladas com vertentes convexas e canais pluviais mais aprofundados. Também podemos encontrar solo hidromórfico sobre estas, a nível de média encosta, numa espécie de língua de hidromorfismo, a montante. Abaixo da carapaça laterítica é comum encontrar o arenito da Formação Adamantina com uma fâcie argilo-siltosa de coloração róseo avermelhado. Esta formação é constituída por uma camada impermeável, a qual contribui para maior concentração de umidade nas porções superiores do solo. Conforme OLIVEIRA (1975), as carapaças ferruginosas são tanto mais resistentes, quanto mais antigas e o seu grau de endurecimento parece muito mais pronunciado, quando elas ocorrem em áreas de clima e estações contrastadas (secas e chuvosas).

Os solos associados apresentam as cores dominantes 2,5 YR, a 10 YR, ficando na categoria dos solos vermelho-amarelos. Porém, predominam os latossolos vermelho-escuro distróficos em todo o Triângulo Mineiro, combinando com as áreas geológicas da Formação Adamantina. Nas vertentes e fundo de vale de alguns canais fluviais, tais como os rios Arantes, Verde ou Feio, Tijuco e outros, faz-se presente o Gleí húmico álico e distrófico, correspondendo as áreas de solo hidromórfico. Observamos ser comum a presença deste solo também em grande parte nos vales dos afluentes dos rios acima mencionados. Estes so-

los contornam contornam os canais-fluviais, coalescendo com as várzeas, compondo as áreas de "veredas" deste setor medianamente dissecado. O latossolo roxo acompanha as áreas com exposição dos derrames basálticos que foram exumados pelos procesos erosivos. Aparecem, sobretudo, relacionados aos canais fluviais mais entalhados, com evolução de erosão remontante regressiva e com vertentes mais declivosas. Neste caso, podemos citar o baixo e médio curso dos rios Verde ou Feio, Tijuco, Uberabinha, São Francisco, Uberaba, Ponte Alta e outros rios de menor porte, próximos ao rio Grande e rio Paranaíba, ocorrendo, nos dois últimos, extensas manchas de latossolo roxo em áreas próximas ao seu canal. Com menor expressão, surgem manchas de Cambissolo Eutrófico, como nas vertentes do baixo curso do rio da Prata, do rio Tijuco e rio Piedade.

A cobertura vegetal mais representativa deste setor é composta por gramíneas para pastagens, tanto naturais, quanto cultivadas. Além disto, a agricultura com culturas cíclicas encontra ampla expansão no Triângulo Mineiro. Somente no terceiro lugar em extensão, aparece o cerrado aberto com ou sem mata galeria, com áreas menos representativas de reflorestamento de eucalipto.

3. Caracteriza-se por uma área de relevo residual, limitada por bordas escarpadas, erosivas, de até 150 m, em contornos irregulares, com declividades que podem atingir  $45^{\circ}$  (fig. 11), corresponde às porções mais elevadas em topos de divisores de água das principais bacias entre 800 e 950 m. Tais porções recebem localmente a denominação de "Serras", como a do Parafuso, próxima a Ituiutaba, a do Talhado, próxima a Comendador Gomes, a do Galva, entre Uberlândia e Uberaba, a da Divisa próxima a Campina Verde, a dos Patos, próxima a Guri-

nhatã, a de São Lourenço, próxima a Ituiutaba e outras.

Este compartimento apresenta relevo intensamente dissecado com formas convexas nas vertentes e anfiteatros mais expressivos e convexizados, com algumas formas mais agudas, verdadeiras relíquias residuais observadas no campo. Apresenta uma litologia vinculada aos arenitos da Formação Marília mantendo as bordas escarpadas, sustentadas pelo carbonato de cálcio e/ou silicificadas. A espessura desta formação no Triângulo Mineiro não ultrapassa 100 m, segundo FULFARO e SOARES (1980), recobrendo as rochas da Formação Adamantina e Uberaba de forma concordante. São representadas (RADAM, 1983) pelos arenitos calcíferos e calcários lenticulares das Fácies Ponte Alta e por arenitos argilosos mosqueados, interacamados, com níveis conglomeráticos e níveis carbonáticos da fácies Serra do Galga (fig. 4).

O solo podzólico vermelho-amarelo, distrófico ou eutrófico, ocorre associado ao cerrado tropical subcaducifólio e à floresta tropical subcaducifólia. Esta vegetação natural é intercalada por pastagens e algumas culturas cíclicas nas áreas de topo. Os processos de ravinamentos e movimentos de massa, bem como o escoamento pluvial, propiciam o carreamento bastante ativo de sedimentos mais finos, sobretudo nas bordas escarpadas com declividades acima de 20°.

4. Áreas elevadas de cimeira entre 950 e 1050 m, com topos planos, amplos e largos, baixa densidade de drenagem e vales com pouca ramificação de drenagem, vertentes com baixas declividades entre 3 e 5°, sustentadas pelo arenito da Formação Marília, recobertos pelos sedimentos do Cenozóico (fig. 11).

Conforme RADAM (1983), essa cobertura terciária é constituída de argilas, areias e siltes já pedogeneizados, originando predominantemente latossolos vermelho-escuros e latossolos vermelho-amarelos, os quais se sobrepõem a uma camada de crostas ferruginosas, de espessura variável. Nossas observações revelaram, por vezes, na sua parte inferior, a existência de um conglomerado basal composto de fragmentos de arenitos e basaltos, enquanto em ambas as margens dos canais fluviais ocorre uma massa significativa do solo hidromórfico, sobre fácies argilosa da Formação Marília.

As microformas de relevo "murunduns" são comuns neste setor. PENTEADO ORELANNA (1980) observou estarem essas microformas instaladas "na zona de contato entre a baixa encosta e a planície aluvial, na faixa menos úmida do que a planície e mais úmida do que a encosta adjacente". São pequenas elevações que ocorrem na periferia das planícies ou em depressões úmidas a nível de topo e encosta, remanescentes de antigas lagoas, possivelmente relacionadas à evolução morfogenética das planícies aluviais no Quaternário. A origem dessas microformas ainda hoje é muito discutida; certos autores, como RADAM (1983), PENTEADO ORELLANA (1980), relacionam-nas com termiteiros. Por outro lado, ARAUJO NETO (1986) atribui a origem dos "murunduns" ao escoamento superficial, efeitos de infiltração e do lençol aquífero, levando à formação de montículos como produtos residuais da erosão diferencial.

Quase todos estes vales são amplos, de fundos úmidos, com características de "veredas" e escoamento fluvial anastomosado. Em certos trechos, ainda subsiste a mata galeria com buritis. Verificamos também a presença de lagoas a apresentar variabilidade do nível da água em função da sazonalidade climá-

tica a que as áreas estão sujeitas. Alguns se acham incorporadas à rede de drenagem atual. RADAM (1983) fez algumas referências com relação à origem e época de formação destas lagoas, destacando fazerem parte, em tempos pretéritos, de uma drenagem endorréica relacionada a clima mais seco que o atual. A área ocupada por elas exercia, portanto, a função de uma "bajada", ligadas à dificuldade de escoamento a partir de baixas declividades. Foi constatada a presença de calcário em camadas mais profundas próximo a essas áreas nos municípios de Uberaba e Uberlândia, o que nos leva a crer estarem ligadas também a acomodações por processos depressionais pela dissolução do carbonato de cálcio. Esta hipótese a ser ainda comprovada, necessita de estudos mais detalhados.

Os processos geomorfológicos de escoamento pluvial difuso e laminar nas vertentes são os mais importantes para a remoção dos detritos, bem como constituem processos fundamentais na sua evolução. Sinais de erosão acelerada, sulcos, ravinas e voçorocas acontecem com uma intensidade menor do que nos outros compartimentos, porém, são mais representativos em alguns locais onde o solo hidromórfico apresenta sinais de ruptura da sua estabilidade, constatada pelo fendilhamento profundo e ressecamento. Inicia-se, então, a formação de pequenos sulcos, canais condutores da água da chuva, que se vão aprofundando a cada verão, levando aos processos de ravinação e voçorocamento. Os solos característicos deste quarto compartimento são os latossolos vermelho-amarelos, revestidos pelo cerrado, pela pastagem, ou por reflorestamento de pinus e eucaliptus e pela agricultura cíclica, a qual se encontra em ampla expansão.

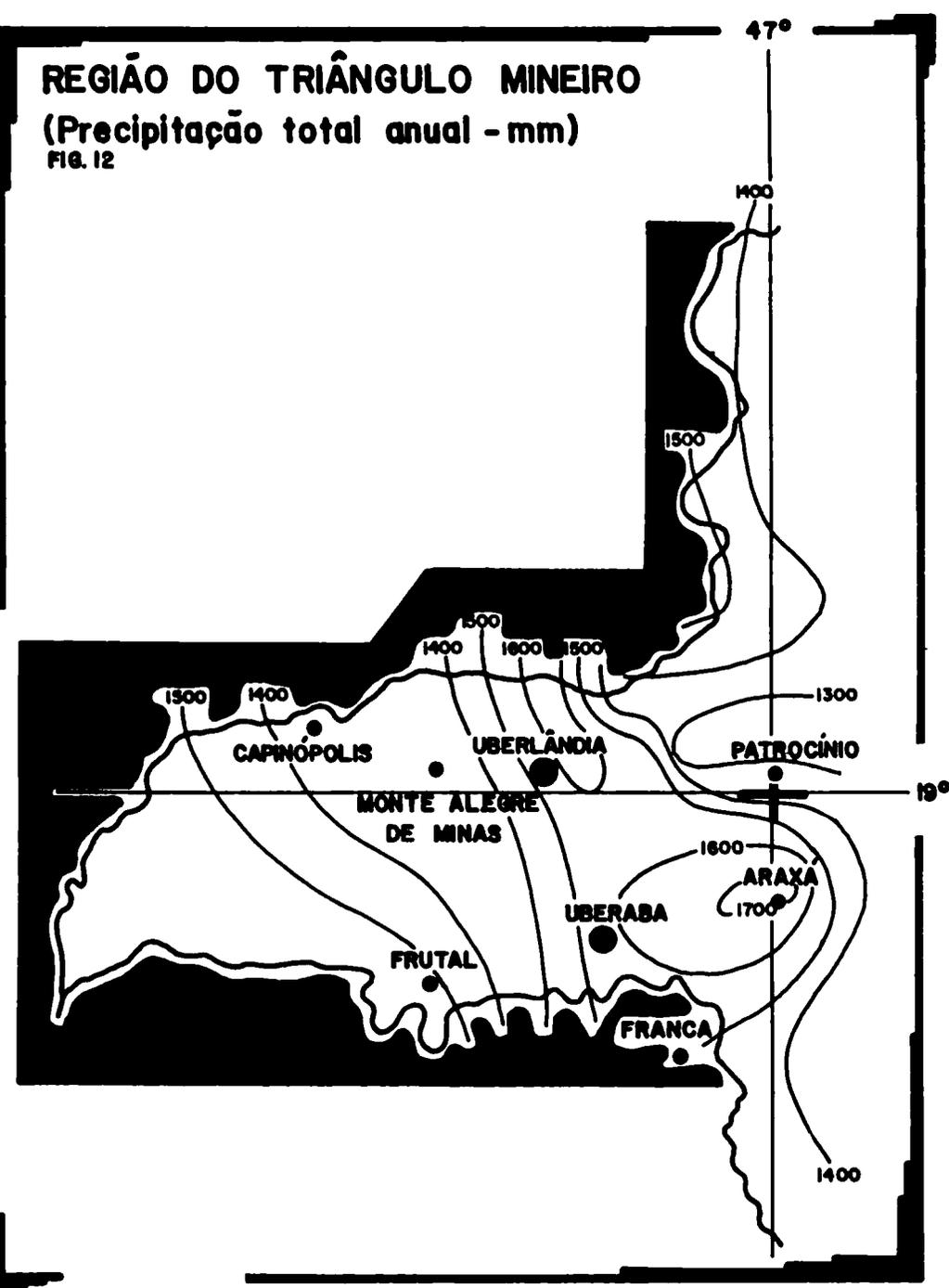
Tais características deram-nos uma visão clara dos quatro compartimentos topomorfológicos. A compreensão da estrutu-

ra superficial e da dinâmica processual nesses compartimentos foi fundamental para a escolha da área de amostragem do Ribeirão Panga. Porém, ao lado dos estudos geomorfológicos em escala regional, a preocupação de organizar uma análise suscinta do seu clima foi imprescindível para fins de entendimento dos processos geomorfológicos de escoamento superficial. O clima regional é marcado pela nitidez de estações úmidas e secas, pela influência sazonal das massas de ar tropical continental e das massas de ar Polar. No inverno, o tempo é estável, o céu limpo, com acentuado aquecimento diurno, por insolação e resfriamento noturno e ausência de chuvas, embora possam acontecer precipitações ocasionais. No verão, grande instabilidade, sobretudo, convectiva, provoca fortes aguaceiros (NIMER, 1977), (EMBRAPA, 1982). SHNEIDER (1982) demonstrou, por análise de dados pluviométricos do Triângulo Mineiro, a ocorrência de período chuvoso de dezembro a janeiro, com precipitações mensais entre 240 e 344 mm, responsáveis por aproximadamente 50% da anual, de 1500 a 1600 mm de chuva (fig. 12). Outubro e fevereiro são os meses mais quentes, com temperaturas médias mensais que variam de 20,9°C a 23,1°C, enquanto a média anual das máximas encontra-se entre 28°C e 29°C. As temperaturas médias mensais durante o ano variam de 10°C a 23,1°C e as mínimas absolutas são, em geral, superiores a 1°C. Conforme os dados coletados no Posto Pluviométrico do município de Uberlândia nos anos de 1981 a 1987, os meses de maior precipitação correspondem a dezembro e janeiro, por volta de 300 e 400 mm mensais (tabela 1).

# REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO

(Precipitação total anual - mm)

FIG. 12



Fonte.: EMBRAPA, 1982, p. 16

Des.: Sílvio Wigwan

TABELA 1 - Precipitação mensal em Uberlândia-MG (mm) - 1981/1987.

ANO \ MÊS	MÊS												TOTAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
1981	256,2	99,1	169,0	41,1	17,0	59,5	0,0	0,1	0,9	155,7	273,0	431,6	1.503,6
1982	647,4	124,3	321,6	105,7	73,6	40,0	19,0	42,6	23,7	188,1	218,8	402,3	2.207,1
1983	404,4	231,6	226,9	89,1	38,7	6,1	60,6	1,2	119,9	240,8	234,6	323,00	1.976,9
1984	191,4	82,2	233,1	93,6	43,6	0,0	0,0	45,9	36,0	76,4	189,6	286,3	1.278,1
1985	570,0	121,2	291,6	75,4	20,2	0,0	0,0	0,0	23,6	66,5	150,8	263,4	1.649,2
1986	215,3	176,4	164,8	99,8	19,0	0,0	0,0	50,0	42,0	135,0	107,6	545,0	1.554,9
1987	238,2	201,2	169,3	102,1	28,0	10,0	0,0	0,0	37,8	59,2	282,5	348,9	1.477,2
Média	360,4	148,0	222,2	86,7	34,3	16,6	11,4	19,9	40,6	131,7	241,7	371,5	1.663,8

FONTE: 5º Distrito Meteorológico do INEMET - Posto do Parque do Sabiã (Uberlândia - MG).

Os aspectos humanos e econômicos traduzem a presença do homem como um fato consumado na região do Triângulo Mineiro. A pecuária, já tradicional, e a agricultura, em expansão, alteraram a paisagem natural, interferindo no equilíbrio morfodinâmico da área pelo desmatamento desenfreado, pela falta de práticas conservacionistas, por litologias areníticas e por solos susceptíveis à erosão. Em algumas áreas de relevo de bordas esarpadas e em áreas interiores com solos extremamente arenosos, a situação atinge um limiar crítico de equilíbrio, e então há formação de voçorocas.

A área onde foram feitos os estudos quantitativos constitui um setor muito representativo dos chapadões sedimentares do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, no segundo compartimento descrito anteriormente, área de relevo medianamente dissecado. Situa-se no médio curso do rio Panga, afluente do rio Douradinho que deságua no rio Tijuco (fig. 3). As nascentes do rio Panga instalam-se em altitudes médias de 800 a 900 m, enquanto a sua confluência com o rio Douradinho, encontra-se aproximadamente a 650 m. A área apresenta topos amplos e vertentes suaves, 2 a 7° de declividade (fig. 13) em direção ao rio Panga, podendo chegar a 15° nas rupturas de declives mantidas pela "laterita", esta, com espessuras aproximadamente de 0,50 cm a um metro, jaz sobre uma camada argilo-siltosa mais coerente e compacta do arenito Bauru. É comum, entre esta ruptura e uma rampa mais suave que se estende em direção ao canal fluvial, o desenvolvimento de solo orgânico, glei húmico, que permanece constantemente úmido no verão (fig. 14). No topo e nas vertentes, a ocorrência de latossolos vermelho-escuros álico está associada a manchas de latossolos vermelho-amarelos. O revestimento vegetal é composto pelo cerrado e o cerradão, sobreviventes apenas sob forma de capões. Nas proximidades dos ca-

# CARTA DE DECLIVIDADE DO RIBEIRÃO PANGA

FIG. 13

48°25'

19°07'30"



48°22'30"

## CLASSES DE DECLIVIDADE (%)

Entre 2° e 3°

4° e 5°

6° e 7°

Acima 7°



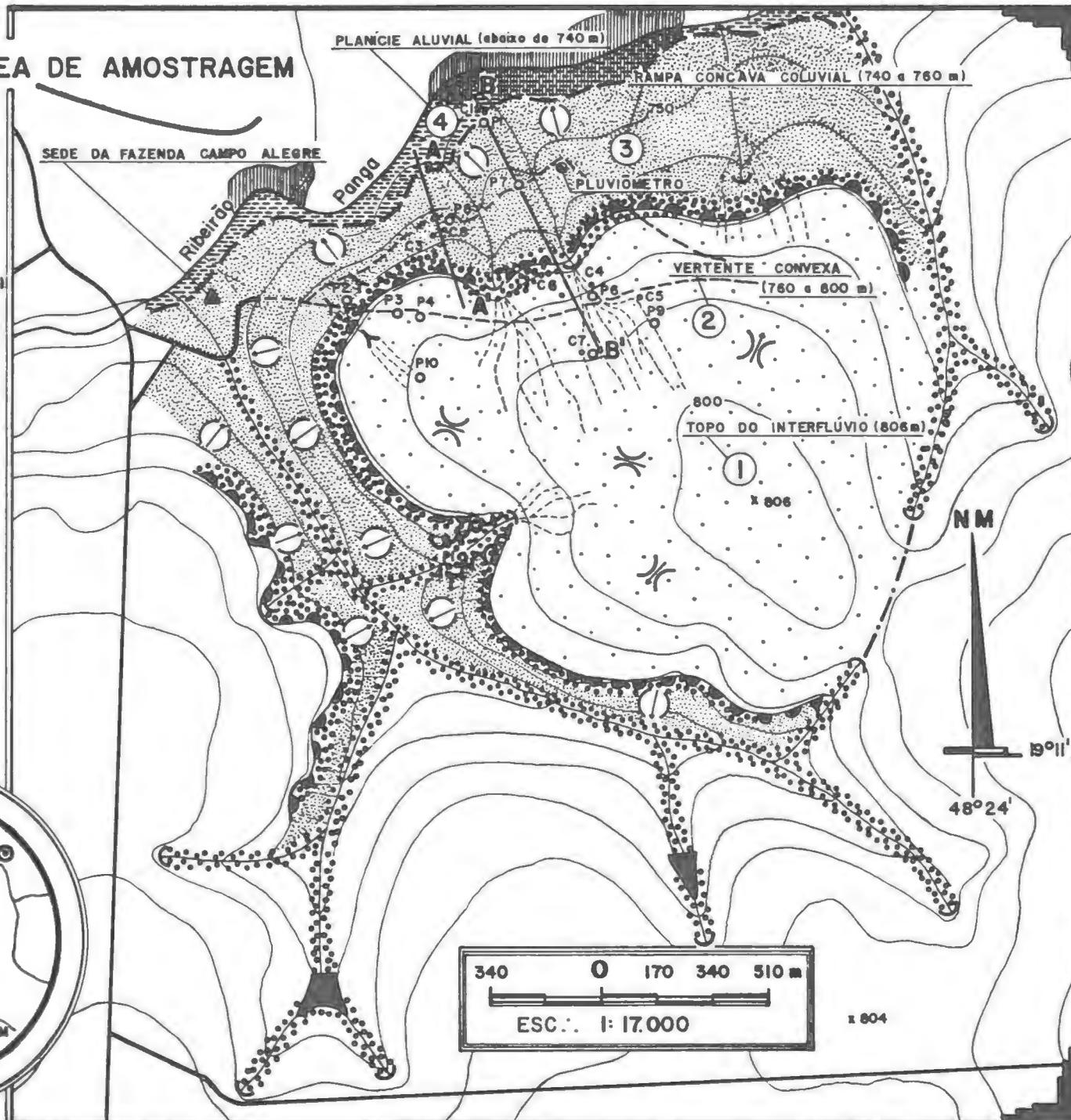
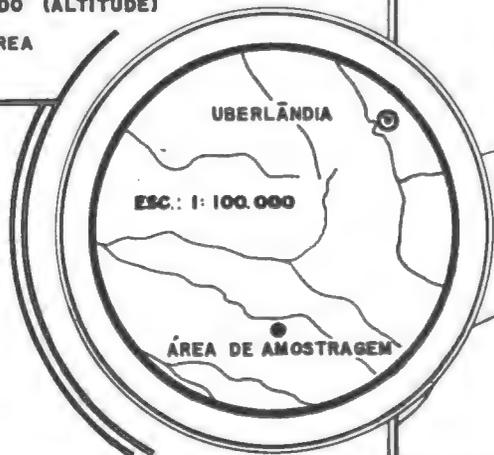
ESCALA: 1:25.000

Fonte: CARTA TOPOGRÁFICA Rib. Panga - SE 22

# CARTA GEOMORFOLÓGICA DA ÁREA DE AMOSTRAGEM

FIG. 14

-  CANAL FLUVIAL
-  CANAL DE ESCOAMENTO PLUVIAL CONCENTRADO
-  NASCENTE
-  LATERITA (RUPTURA DE DECLIVE) (15° INCLINAÇÃO)
-  VERTENTE CÔNCAVA
-  VERTENTE CONVEXA
-  LIMITE DA VÁRZEA
-  PLANÍCIE ALUVIAL
-  RAMPA CÔNCAVA COLUVIAL
-  SOLO ARENOSO FINO
-  SOLO HIDROMÓRFICO
-  RAVINA
-  VOÇOROCA
-  P. O PUNTO DE COLETA DE AMOSTRA
-  C. CALHA
-  A—A' PERFIL TOPOMORFOLÓGICO
-  B—B' PERFIL TOPOMORFOLÓGICO
-  MATA
-  ESTRADA
-  CAMINHO
-  x 806 PONTO COTADO (ALTITUDE)
-  - - - LIMITE DA ÁREA



nais fluviais, ainda existe restos da mata galeria, como, por exemplo, nas margens do rio Panga, em grande parte já desmatada.

A intensificação da produção agropecuária e mineral , nos últimos anos, tem-se traduzido num elemento significativo da estrutura superficial de suas paisagens e do sistema morfogenético dessas chapadas sedimentares, provocando a necessidade do seu reajustamento frente aos novos fluxos de energia e matéria que aí estão sendo introduzidos. Dentre tais novos fluxos destacamos: a soja, o gado, o eucalipto, o pinus, o café, o milho e a exploração mineral.

#### 5.2. Compartimentação topomorfológica da área de amostragem e sua estrutura superficial.

No item anterior, localizamos a área de amostragem no segundo compartimento de relevo medianamente dissecado, no médio curso do Ribeirão Panga (fig. 11-14). Situa-se nas vertentes de dois córregos, afluentes do Ribeirão Panga, com altitudes entre 740 e 806 metros e com substrato rochoso formado de arenito da Formação Adamantina (fig. 10). A escolha do local obedeceu aos seguintes critérios: 1) cobertura de cerrado, mata e pastagens; 2) área com grande incidência de erosão superficial em ravina ou voçoroca; 3) fácil acesso e proximidade de uma moradia rural. Após uma análise das fotografias aéreas, de cartas topográficas e trabalhos de campo, acabamos por distinguir quatro setores (fig. 14, foto 5).

**Setor 1:** estende-se do topo do interflúvio, nivelado por volta de 806 metros, levemente convexo, apresentando materiais superficiais de textura arenosa, latossolo vermelho-escuro álico (fig. 5), na cobertura detrítica laterítica Terciária e



FOTO 2

Setor nº 1 - Topo a 800 m de altitude com cobertura  
de brachiária

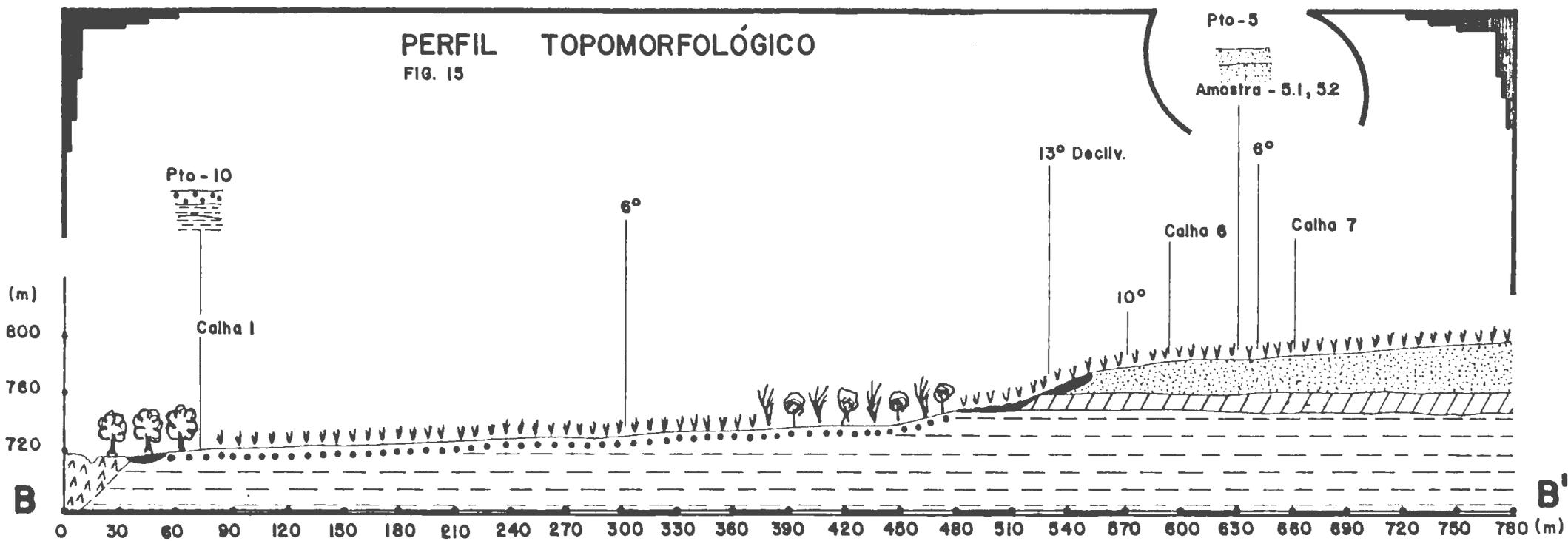


FOTO 3

Setor nº 2 - vertente levemente convexa no início da bacia de recepção em direção ao Ribeirão Panga, revestida pela brachiária, com afloramento descontínuo do solo e presença de alguns arbustos e árvores. Local de instalação das calhas 4, 5, 6 e 7.

# PERFIL TOPOMORFOLÓGICO

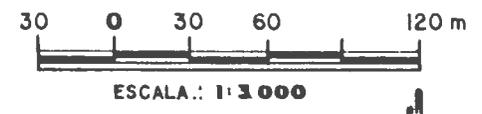
FIG. 15



-  MATERIAL ARENOSO FINO
-  MATERIAL ARENOSO FINO (Rampa)
-  SOLO HIDROMÓRFICO
-  LATERITA
-  ARENITO DA FORMAÇÃO ADAMANTINA
-  BASALTO SERRA GERAL

-  MATA GALERIA
-  CERRADO DEGRADADO
-  PASTAGEM - GRAMÍNEAS

ESCALA VERTICAL : 1 : 4.000

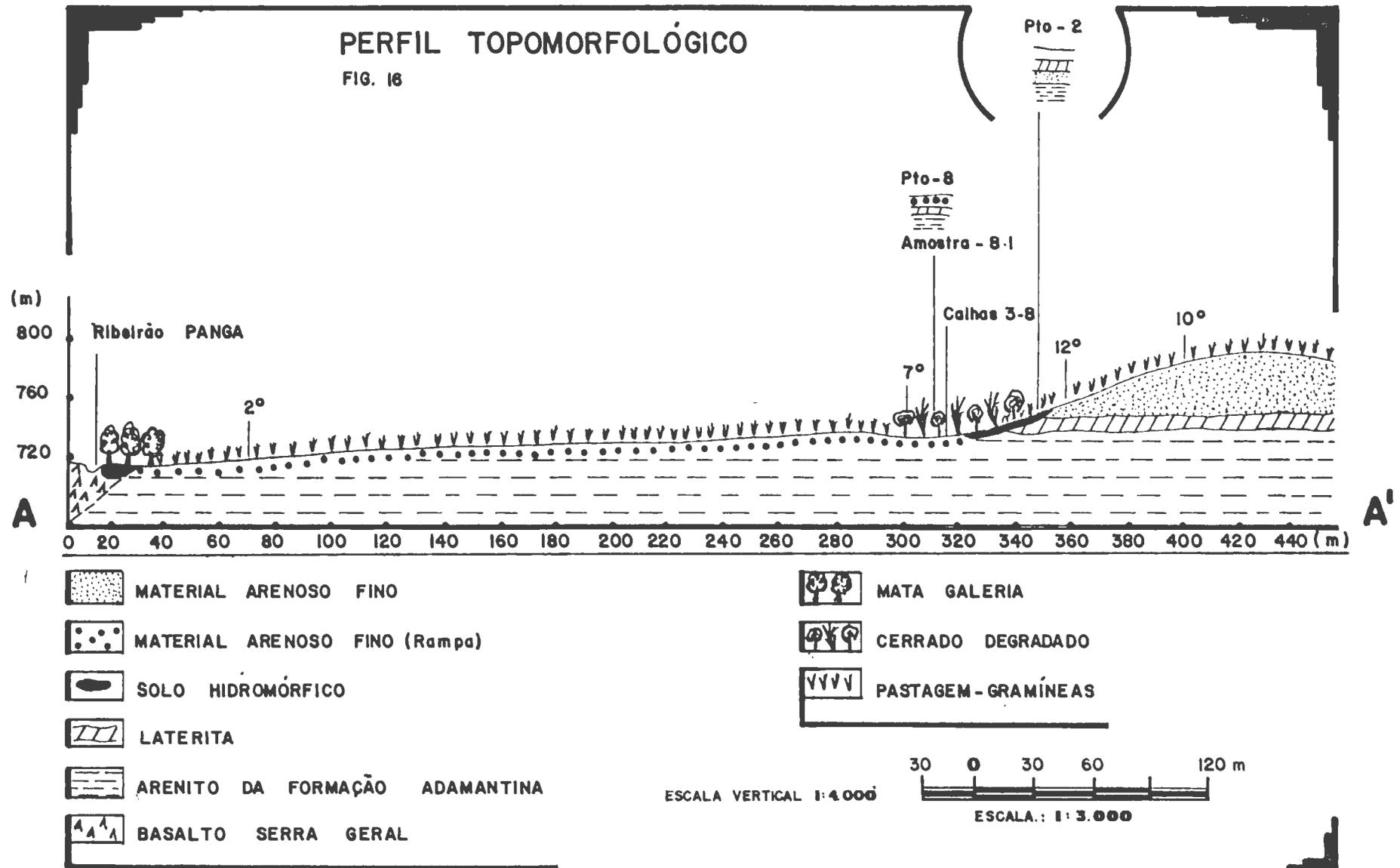


Org.: C.A.D.BACCARO

Des.: Silvio Wigvam

# PERFIL TOPOMORFOLÓGICO

FIG. 16



-  MATERIAL ARENOSO FINO
-  MATERIAL ARENOSO FINO (Rampa)
-  SOLO HIDROMÓRFICO
-  LATERITA
-  ARENITO DA FORMAÇÃO ADAMANTINA
-  BASALTO SERRA GERAL

-  MATA GALERIA
-  CERRADO DEGRADADO
-  PASTAGEM - GRAMÍNEAS

ESCALA VERTICAL 1:4.000

ESCALA.: 1:3.000

Quaternária (NISHIYAMA, 1989). As fotografias aéreas de 1979 apresentavam cobertura de cerrado, atualmente substituída por pastagem e buracos de tatu e cupins (foto 2, fig. 14).

Setor 2: corresponde à vertente convexa, que se estende após o topo até à ruptura de declive, entre altitudes de 760 e 800 metros e declividades entre 6 e 12° (figs. 14, 15 e 16, foto 3). Apresenta uma cobertura arenosa, latosso vermelho-escuro álico (fig. 5). Neste setor foram instaladas quatro calhas (calhas nº 4, 5, 6 e 7) (fig. 14 e foto 3).

Pelas análises granulométricas e de perfis, efetuadas nos pontos nº 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9 (fig. 14), os materiais superficiais são extremamente arenosos, com alta concentração de areia fina e média, acima de 60%, como podemos observar na tabela nº 9.

Ponto 1 - (fig. 14)

Localização: barranca da voçoroca

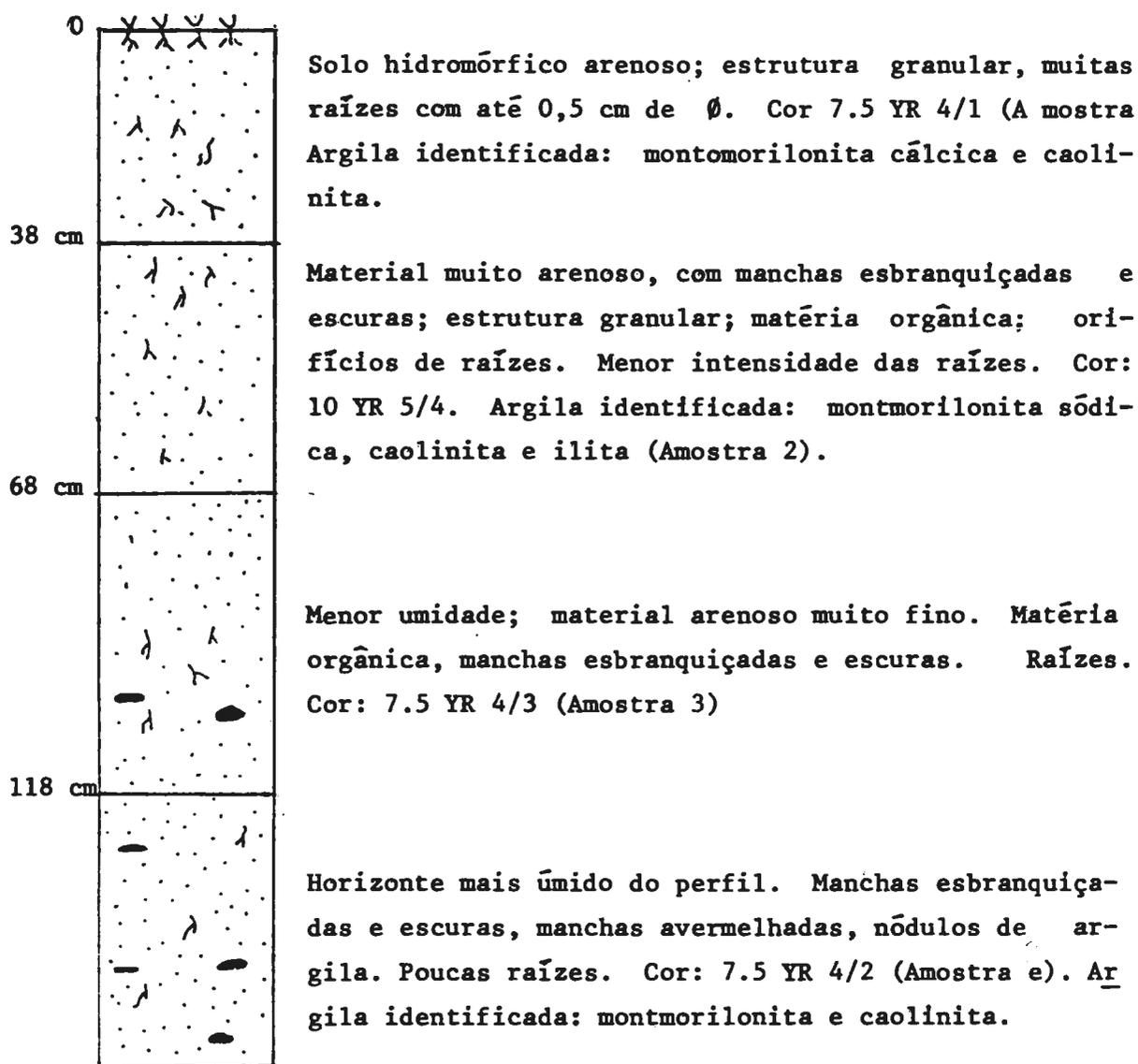
Altitude: 780 metros

Substrato Rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: 6°

Material arenoso fino

Cobertura vegetal descontínua: gramíneas (brachiária).



Ponto 2 - (fig. 14)

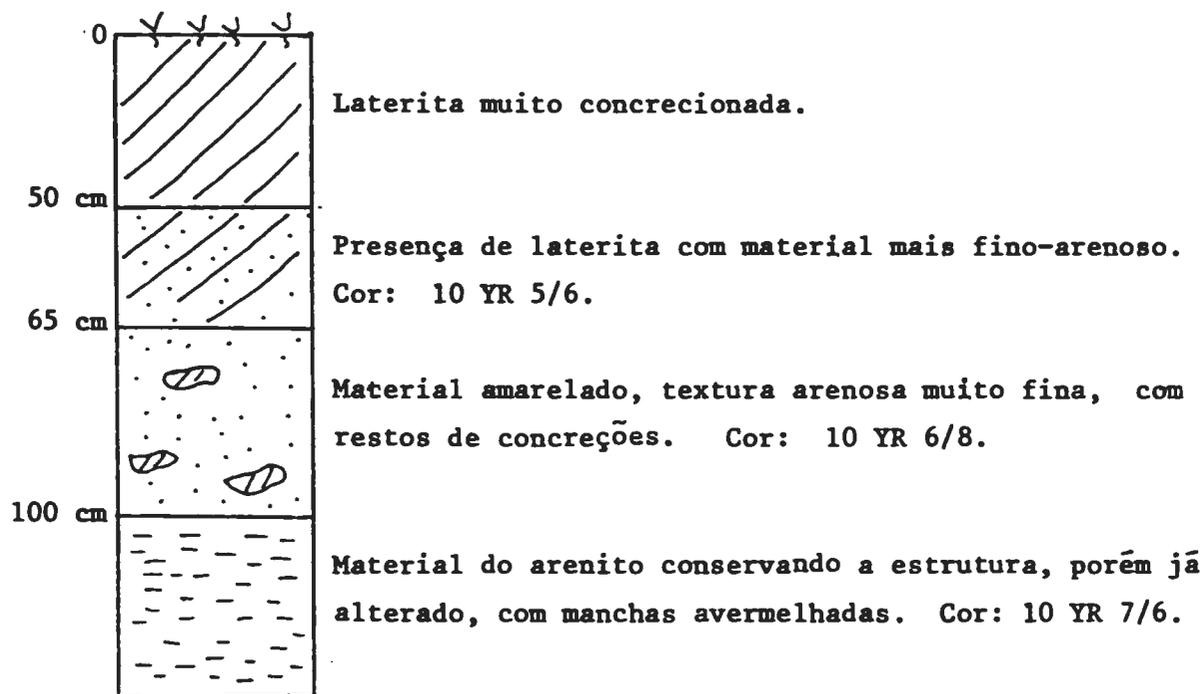
Localização: Antiga estrada

Altitude: 770 metros.

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Textura: arenosa fina

Cobertura vegetal: gramíneas (brachiária).



Ponto 3 - (fig. 14)

Localização: Antiga estrada, acima do ponto 2 (fig. 17).

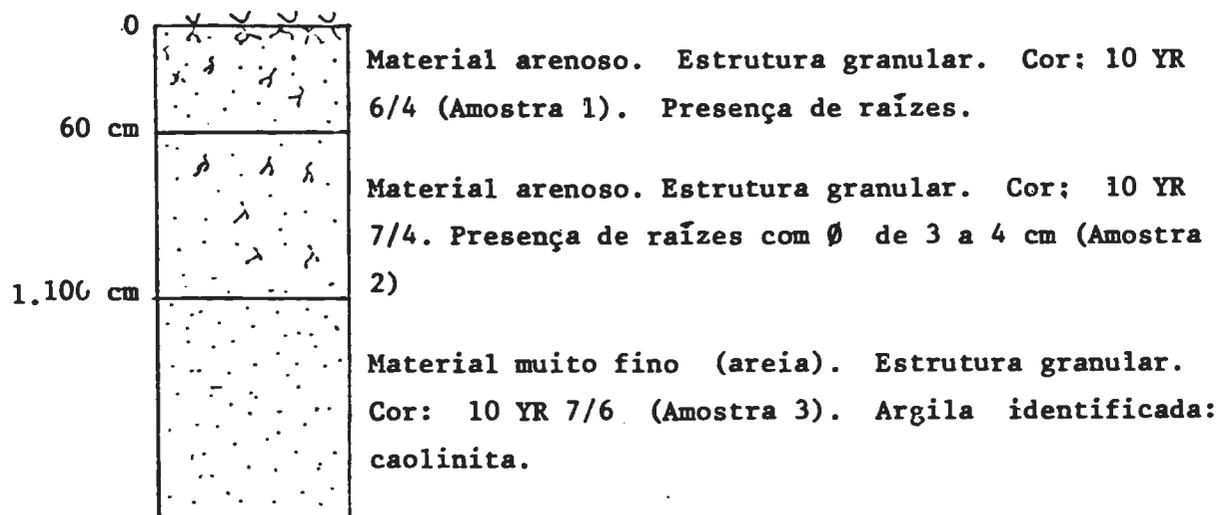
Altitude: 780 metros.

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: acima de 7°.

Material arenoso fino

Cobertura vegetal: gramíneas (brachiária).



Ponto 4 - (fig. 14)

Localização: barranca da estrada

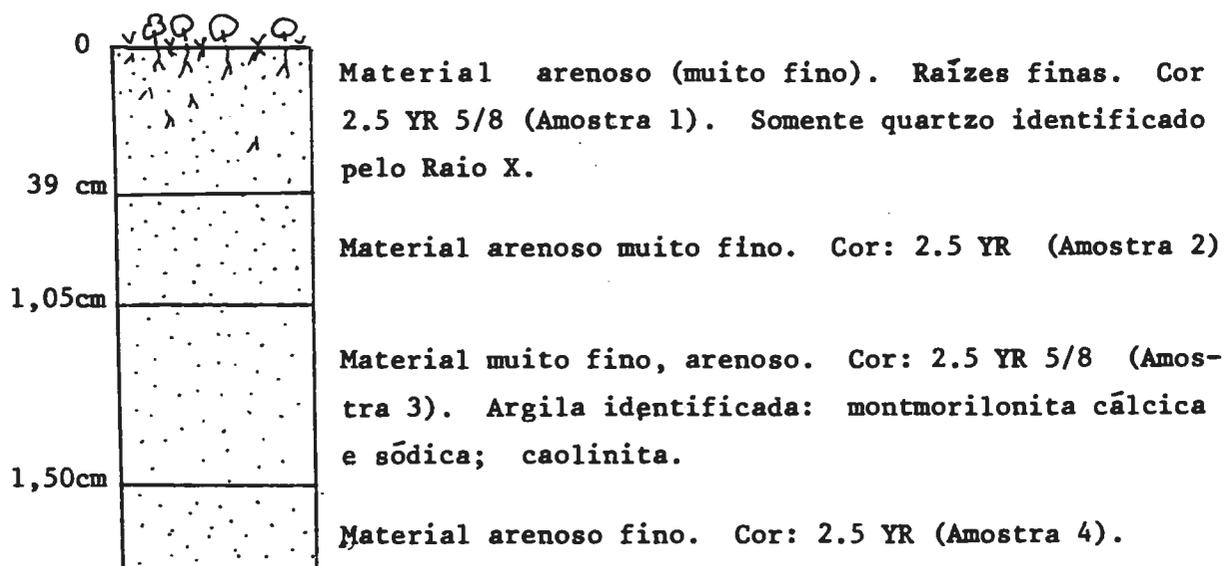
Altitude: 780 metros.

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: acima de 7°.

Material arenoso fino

Cobertura vegetal: gramíneas e cerrado degradado.



Ponto 5 - (fig. 14)

Localização: barranca do canal pluvial

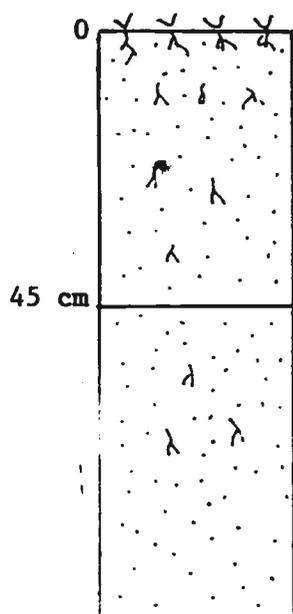
Altitude: 790 metros.

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: entre 5 e 6°.

Material arenoso fino - cor homogênea

Cobertura vegetal descontínua; gramíneas (brachiária).



Material arenoso fino. Nódulos escuros avermelhados (argila). Estrutura granular. Cor: YR 5/8 (Amostra 1). Horizonte úmido. Raízes finas (Foto 4).

Material arenoso muito fino. Estrutura granular. Cor: 5 YR 5/8 (amostra 2 - Foto 4). Horizonte mais úmido, raízes finas. Argila identificada: montmorilonita cálcica.



FOTC 4 (Ponto 5 - fig. 14)

Local de coleta da amostra nº 5.1 e 5.2 na barranca do canal pluvial, bacia de recepção de um pequeno afluente do Ribeirão Panga. O solo acha-se mal protegido com a descontinuidade da brachiária.

Ponto 6 - (fig. 14)

Localização: Próximo à calha 4, Alta encosta

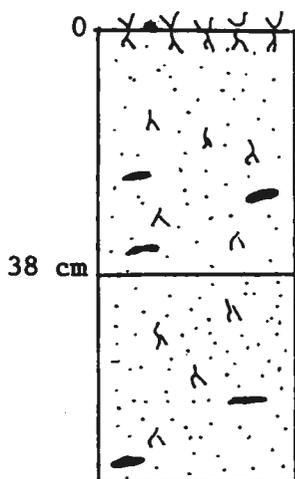
Altitude: 780 metros

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: 5° e 6°.

Material arenoso fino; cor homogênea

Cobertura vegetal: gramíneas (brachiária)



Material arenoso, com manchas escuras cinza. Muitas raízes com até 2 mm de  $\emptyset$ , nódulos de argila de cor cinza e avermelhada.. Estrutura equigranular. Cor: 7.5 YR 4/4 (Amostra 1). Argila identificada: caolinita e montmorilonita.

Material arenoso. Menor quantidade de raízes. Estrutura equigranular. Nódulos de argila de cor cinza e avermelhada. Cor: 7.5 YR 5/6 (Amostra 2).

Ponto 9 - (fig. 14 e 18)

Localização: barranca do canal pluvial (planta esquemática)

Altitude: 790 metros

Substrato rochoso: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: 5° e 6°

Material arenoso fino - cor homogênea

Cobertura vegetal: gramíneas (brachiária)

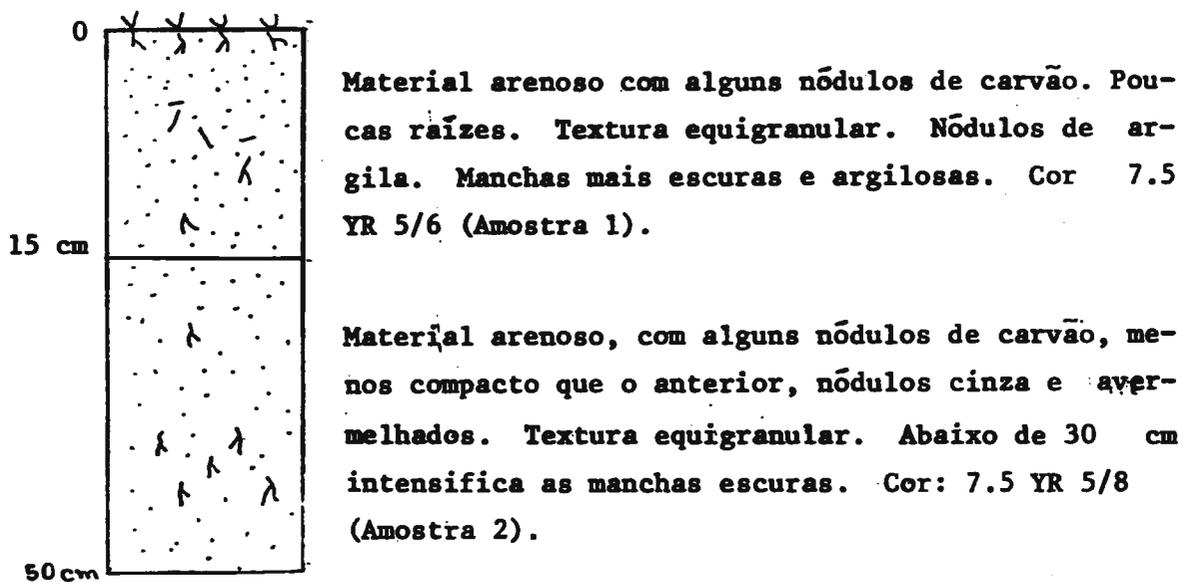




FOTO 5

Afloramento do arenito da Formação Adamantina, na ruptura de declive com exposição da laterita. Presença de ravina seccionando a vertente e árvores do cerrado com herbáceas.

Ponto 7 - (fig. 14)

Localização: Próximo à estrada

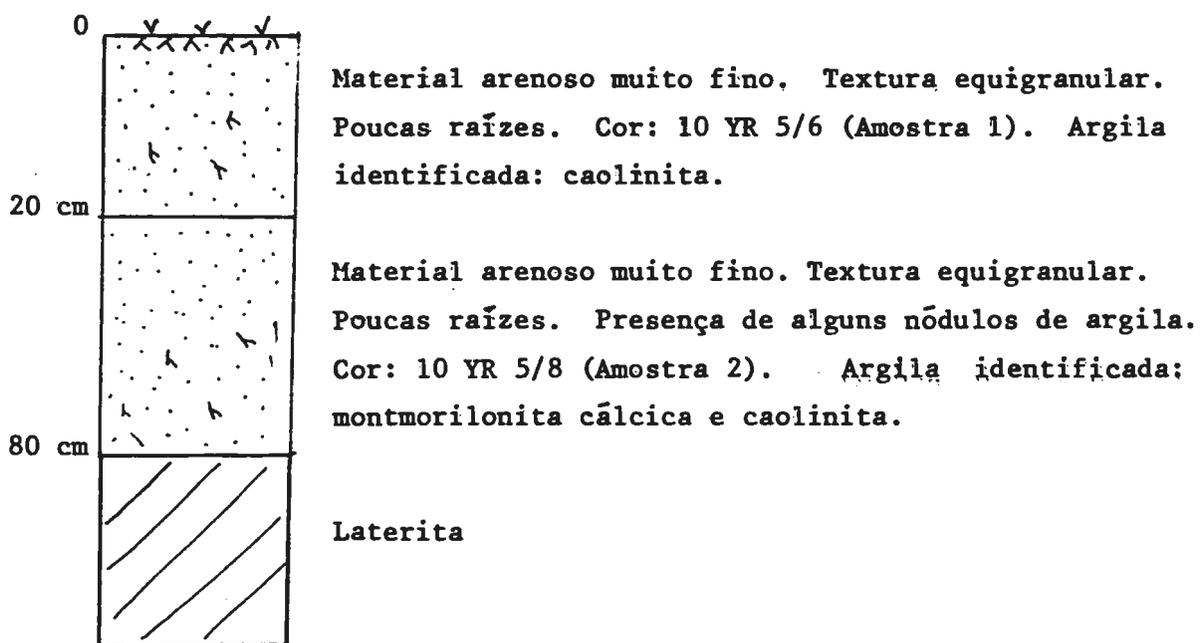
Altitude: 750 metros

Substrato geológico: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: 5° e 6°

Material arenoso fino e cor homogênea

Cobertura vegetal descontínua: gramíneas (brachiária)



Neste setor 2, ocorrem os nichos das nascentes dos pequenos canais fluviais que seccionam estas vertentes. Apresentam-se em anfiteatros amplos e largos correspondendo à bacia de recepção, com uma concentração de canais pluviais difusos em progressão para o ravinamento (fig. 17).

Sobre a laterita referida nos perfis e carta geomorfológica (fig. 14), há uma camada de solo hidromórfico com espessura em torno de 0,50 m na média encosta; em alguns pontos deste solo, há pequenas ressurgências da água, formando fontes. Tal solo hidromórfico, revestido de gramíneas e ciperáceas, se espessa até três metros em direção aos canais fluviais. Próximo aos canais fluviais, ocorre uma mata pouco expressiva, com alguns buritis. Nas demais áreas deste Setor 2, o revestimento do solo é feito pela brachiária (foto 4). Abaixo da laterita aflora o arenito da Formação Adamantina, constituído, no local, por uma camada de material areno-siltico-argiloso de cor avermelhada com manchas esbranquiçadas (fig. 14 - foto 5).

O terceiro setor inicia-se no contato da laterita com o arenito alterado da Formação Adamantina, representado por uma rampa côncava com declives de 2 a 7°, entre as cotas de 740 e 760 metros de altitudes, a jusante do solo hidromórfico. Neste setor foram fixadas duas calhas (nº 3 e 8) e o pluviômetro (fig. 14 - fotos 6 e 7). Apresenta materiais arenosos, muito finos, constatados pelos trabalhos de campo e análises laboratoriais mais de 85% são areias finas e médias e acima de 15% de silte e argila (tabela 9 - foto 6 e 7).

Ponto 8 (fig. 14)

Localização: Próximo à calha 3 e 8.

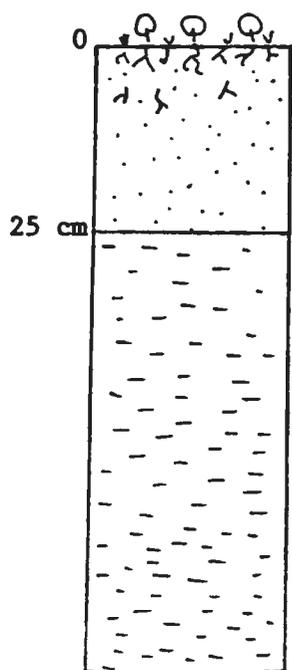
Altitude: 760 metros

Substrato geológico: Arenito da Formação Adamantina

Declividade: 6° e 7°

Material arenoso fino

Cobertura vegetal: cerrado degradado,



Material arenoso muito fino. Nódulos mais avermelhados, concreções (2.5 YR 4/8). Nódulos de argila. Cor: 5 YR 5/6.

Arenito alterado, avermelhado, material siltico-argilo-arenoso.

Este setor é revestido com campos de cultivos e pastagem descontínua, pelo cerrado degradado com poucas árvores baixas e arbustos espaçados, salvo nas vizinhanças dos afluentes do Ribeirão Panga, onde surge a mata galeria (fig. 14 - fotos 6, 7 e 8).

Nesta porção côncava das vertentes, os processos deposicionais são mais intensos, coincidindo com as áreas mais utilizadas pela agricultura (culturas de arroz e milho) e pastagem cultivada.

O quarto setor situa-se próximo à cota de 740 metros, vindo até as barrancas do Ribeirão Panga. É a planície aluvial, constituída por material areno-argiloso de cor amarelada e acinzentada, coberta pela mata galeria (fig. 14). Neste setor foi instalada a calha nº 1, sob a floresta.

Ponto nº 10 - (fig. 14)

Localização: Planície aluvial

Altitude: 730 metros

Declividade: 2°

Cobertura vegetal: mata galeria.

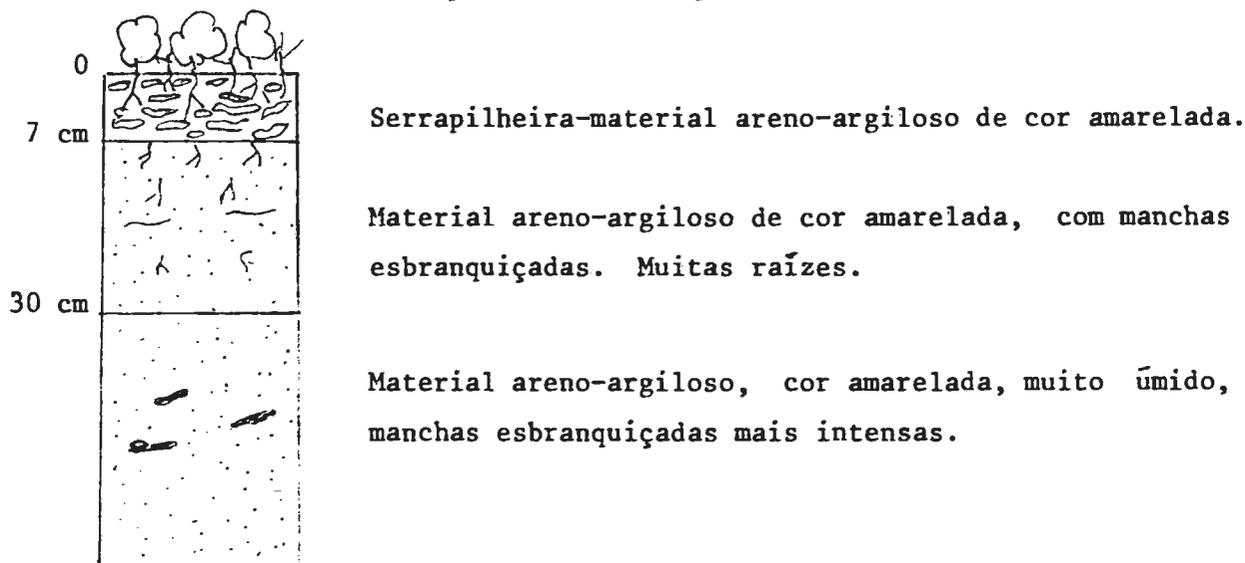




FOTO 6

Calha 3 - situada no setor 3 (rampa côncava coluvial) sob cerrado degradado.



FOTO 7

Calha 8 - situada no setor 3 (rampa côncava coluvial) sob cerrado degradado.



FOTO 8 - Rampa côncava coluvial em direção ao Ribeirão Panga.

## 6. A MORFODINÂMICA PLUVIAL NA ÁREA DE AMOSTRAGEM

No capítulo anterior, foi efetuada uma análise e um relato a nível regional e local sobre os diferentes compartimentos e respectiva estrutura superficial, bem como algumas referências à dinâmica geomorfológica atual e ao clima regional do Triângulo Mineiro. Além disto, foram localizados e caracterizados os pontos onde estiveram instaladas as calhas GERLACH e o pluviômetro.

As coletas de EP (escoamento pluvial) e MS (material em suspensão) foram iniciadas no dia 3 de abril de 1984 e encerradas no dia 13 de março de 1986, perfazendo aproximadamente dois anos de estudos. Foram registrados 160 dias de chuvas durante este período, com duas épocas de estiagem: a primeira compreendendo o período de maio de 1984 a setembro de 1984 e a segunda compreendendo de maio de 1985 a outubro de 1985 (tab. 8). Assim, foram considerados dois períodos distintos de chuvas, o primeiro de outubro de 1984 a abril de 1985, o segundo de novembro de 1985 a março de 1986 (fig. 19).

Foram definidos três conjuntos de calhas a serem examinados e quantificados, a saber: o primeiro, situado no setor das altas encostas em vertentes convexas; o segundo, na média encosta, em rampa côncava coluvial e o terceiro conjunto, na planície aluvial (fig. 14).

O conjunto número 1, formado pelas calhas 4, 5, 6 e 7 foi instalado no segundo setor, correspondendo às altas encostas levemente convexas, nas cabeceiras de uma bacia de recep-

ção. Esta refere-se a um pequeno córrego, afluente do Ribeirão Panga, em altitude de aproximadamente 780 m e declividades por volta de 8°. As calhas foram fixadas em pequenos micro-interflúvios de canais pluviais concentrados (fig. 18). A calha 4 situava-se na cota de 780 m, numa declividade de 7° próxima a um micro-interflúvio revestido por brachiária em solo extremamente arenoso (ponto 6). Nesse ponto, as amostras de solo 1 e 2 acusaram 6% de areia média, 74% de areia fina, 8% de silte e 12 e 13% de argila (tab. 8). Este material apresentou-se friável, pouco compacto, de cor vermelho-amarelada (7,5 YR 4/4), com um emaranhado de raízes de brachiária, nos quatro a seis cm da camada superficial. A calha 5 foi colocada na cota de 785 m, numa declividade de 7° a, aproximadamente, 40 m acima da calha 4 (fig. 3, 14 e 18), nas mesmas condições de solo e vegetação. A calha 6 localizava-se numa altitude de 780 m, em declividades de 7°, perto do micro-interflúvio (fig. 14 e 18), distando 90 m da calha 4. O solo arenoso, com manchas esbranquiçadas e nódulos escuros, evidenciava a proximidade da hidromorfia. A calha 7 situava-se aproximadamente na cota de 790 m, em declividade de 7°, no mesmo micro-interflúvio e a 40 m acima da calha 6, com as mesmas características pedológicas e de vegetação da calha 5.

O conjunto número 2, formado pelas calhas 3 e 8, foi instalado na rampa côncava coluvial do terceiro setor a 760m de altura e a 7° de inclinação. Distantes 20 m uma da outra, aquelas calhas foram colocadas em solo arenoso com 2% de areia grossa, 6% de areia média, 72% de areia fina, 6% de silte e 14% de argila (tab. 9 - ponto 8). Pouco compacto e friável, o solo, de cor avermelhada (5 YR 5/6), com nódulos de argila e concreções (2,5 YR 4/8) estava assentado sobre uma camada a 50 cm de profundidade argilo-siltosa compacta. A densidade das raízes do

cerrado degradado com gramíneas na superfície era expressiva somente na camada superficial de 4 a 5 cm.

O conjunto número 3, formado pela calha 1, a 730 m de altitude, ficou situado numa planície aluvial, sobre material arenoso de cor amarelada e acinzentada, com uma serrapilheira de 7 cm, revestido pela mata galeria com árvores de grande porte e arbustos. A calha foi instalada entre dois pequenos canais de escoamento pluvial concentrado (fig. 14 e 16).

Os dados obtidos nas calhas e no pluviômetro foram computados e, após a confecção de gráficos e tabelas, serviram de base a algumas considerações sobre a dinâmica pluvial, referendando a hipótese levantada no início deste estudo.

Uma análise da pluviosidade mensal e do número de dias de chuva (tab. 8), na área em questão, demonstrou haver um período extremamente chuvoso, correspondendo aos meses de dezembro de 1984, janeiro, fevereiro e março de 1985. Este período registrou alta concentração de chuva nos meses de dezembro de 1984 (16 dias de chuva, num total de 346 mm) e janeiro de 1985 (14 dias de chuva e 483 mm). Tais alturas mensais de pluviosidade refletiram relativas altas intensidades diárias, registradas nos dias:

- 02/12/1984 = 56 mm
- 06/12/1984 = 50 mm
- 17/01/1985 = 90 mm
- 25/01/1985 = 70 mm
- 06/02/1985 = 70 mm
- 08/02/1985 = 74 mm
- 10/03/1985 = 55 mm
- 14/03/1985 = 60 mm.

As chuvadas dessa região caracterizam-se também por uma alta intensidade/hora observada na área de amostragem e anotada na caderneta de observações diárias. Tal afirmação pode ser comprovada a partir do registro da precipitação de 32 mm no dia 29/04/1985 e de 30 mm no dia 03/11/1985 com fortes chuvas durante duas horas. Esta intensidade sobretudo horária da precipitação é um fator determinante no volume do escoamento pluvial e na quantidade de material em suspensão, conforme os registros e as observações feitas no campo.

Os dados das tabelas e gráficos sobre EP, MS e P levaram-nos a constatações relevantes sobre a dinâmica do escoamento pluvial nessa área. As figuras 19 a 33 acusaram tanto o período de pluviosidade mais elevado de novembro a março como o maior volume de EP e maior quantidade de MS. Apesar de cada calha ter apresentado certa relação entre EP e MS (figs. 19 a 33), ocorreu uma pequena diferenciação do MS com alguns picos no período de setembro e outubro de 1985 os quais se justificam pelo período mais longo de estiagem (junho a outubro de 1985 com precipitação de 77 mm), (tab. 8). Disso resultou uma inexpressiva cobertura vegetal do solo, com espaços sem vegetação, em solo quase completamente nu. Por volta das primeiras chuvas, houve como consequência uma enxurrada vermelha, indicando alta concentração de sedimentos na água do escoamento pluvial. Esse fato favoreceu também a erosão eólica provocada por fortes ventos no período de agosto, setembro e outubro dos anos de 1984, 1985 e 1986, ao levantar e locomover nuvens de poeira avermelhada.

Por outro lado, o período de agosto a novembro de 1984 acusou uma precipitação significativa de 180 mm, o que favoreceu o desenvolvimento de uma cobertura vegetal mais expressiva,

protegendo o solo contra os processos erosivos. Este fato foi evidenciado pela menor saída de MS, mesmo por ocasião da ocorrência de precipitações mais freqüentes e intensas em novembro e dezembro de 1984. Pelo contrário, verificamos a maior saída de material no período de outubro de 1985 a março de 1986 (figs. 19, 27, 28, 29, 30, 31, 32 e 33), quando a precipitação total foi menor. Também o pico mais elevado do MS (figs. 28, 29, 30, 31, 32 e 33) corresponde a esse período, demonstrando mais uma vez a relação entre a baixa densidade de cobertura vegetal do solo e a alta intensidade da chuva, bastante significativa para justificar esse fato. Tal episódio ocorreu nos conjuntos de calhas 1 e 2. A calha 8 apresentou um MS relevante comprovando novamente a enorme quantidade de MS carregado pelo EP, bem demonstrado pela cor da água muito avermelhada contida nos galões.

As quantidades de EP e MS no conjunto 3 são (tab. 2) bem menores, fato explicado pela cobertura vegetal da mata e arbustos, bem como pela serrapilheira a qual amortece as gotas de chuva e propicia uma maior infiltração no solo. Isto reforça a hipótese de as áreas onde o solo se apresenta com uma cobertura de folhas e galhos, o EP é menor até mesmo nas áreas das Chapadas Sedimentares. Por outro lado, o escoamento pluvial subsuperficial não foi significativo nas áreas de cerrado degradado e pastagem, a não ser neste setor recoberto pela mata galeria. CRUZ (1983) observou ser o escoamento pluvial em área coberta por floresta tropical, permanentemente úmida, originado principalmente pelo escoamento subsuperficial, "throughflow" condicionado pela serrapilheira, mesmo em áreas escarpadas. CASSETI (1983) constatou na região de Goiânia que a intensidade máxima de chuva em 30', apresentou-se correlacionada com as perdas de solo. No semestre agosto-janeiro, a média obtida foi

de 7 a 8 mm/30' e, no período de fevereiro-julho, esteve entre 2 a 9 mm/30'

O conjunto um apresenta um valor de EP e MS relativamente menor do que o conjunto dois (tab. 2), o qual oferece o maior índice de EP e MS, por calha. A média do EP foi de 195,850 L e do MS 81,743 g no conjunto um e no conjunto dois a média foi de 240,455 L e o MS 161,194 g. A calha três acusa maior quantidade de EP e MS, seguida da calha oito do mesmo conjunto. Houve uma certa equivalência e representatividade da quantidade de EP e MS nestas duas calhas, caracterizando as áreas de rampa côncava coluvial revestidas por cerrado degradado. Tais segmentos da vertente recebem água e sedimentos das porções a montante, funcionando como áreas receptoras, de passagem e ao mesmo tempo deposicionais.

A tabela 3 apresenta a precipitação do período de 03/04/1984 a 17/05/1984 e o total de EP e MS de cada calha. Nesta tabela o valor de EP no conjunto dois é pouco menor do que no conjunto um, entretanto a quantidade de MS é significativamente maior no conjunto dois. O conjunto um apresentou uma quantidade elevada de EP em relação ao seu MS, demonstrando ter sido menor a quantidade de sedimento coletada. Apesar desse período corresponder ao final de estação chuvosa, 03/04/1984 a 17/05/1984, o conjunto dois continuou apresentando alta taxa de MS. Este fato pode ser explicado pela quantidade de detritos provenientes da ruptura de declive a montante onde sempre apresentou uma cobertura vegetal espaçada, mesmo durante o período de chuva pelo afloramento da laterita, enquanto no conjunto um, a brachiária, nesse período, encontrava-se espessa e recobrando o solo. Alguns autores vêm pesquisando a relação entre a vegetação e a chuva. LAFLEN and COLVIN (1981), estudando o efeito da chuva simulada

versus vegetação, deduziu que, quando a vegetação recobre 40% do solo, diminui a erosão a menos de 20%, quando comparada à erosão de um solo nu.

Na tabela 4, os dados demonstram também a maior quantidade de EP no conjunto dois, isto é, na área de rampa côncava coluvial com cerrado degradado. O conjunto um apresentou um menor volume de EP e uma quantidade semelhante de MS em relação ao dois. A diferença da quantidade de MS entre as calhas não é significativa, tanto no conjunto dois quanto no um, demonstrando que, durante este período chuvoso, 07/09/1984 a 21/05/1985,, não houve uma distinção marcante de EP e MS nos conjuntos, apesar do conjunto dois continuar liderando os dados.

Analisando a tabela 5, verificamos a liderança do conjunto dois, em relação à quantidade de EP e MS. Se compararmos o período de 07/09/1984 a 21/05/1985 com o de 01/09/1985 a 13/03/1986, constatamos uma pluviosidade de 1744 e 926 mm, respectivamente, havendo, portanto, uma grande diferença de pluviosidade total. Apesar disto, o MS é inversamente contrário, ou seja, no período de 07/09/1984 a 21/05/1985 (1744 mm) apresentou MS menor do que no dia 01/09/1985 a 13/05/1986 (926 mm).

Há correspondência entre o total da pluviosidade e o total do escoamento pluvial nos dois períodos (P = 1744 mm e EP = 744,655 L e P = 926 mm e EP = 499,836 L), mas não o há entre a pluviosidade total e o MS total (P = 1744 mm e MS = 213,892 g) e P = 926 mm e MS = 333,967 g).

A tabela 6 demonstra o volume mais elevado de EP em cada calha, havendo uma correlação significativa com os altos níveis de precipitação, porém não o havendo com o MS. Isto mostra haver outros condicionantes mais efetivos, os quais determinam o

MS, como, por exemplo, a intensidade horária da chuva, o revestimento vegetal do solo, a posição da vertente, o período de ressecamento anterior ao escoamento pluvial, a quantidade de chuva anterior ao EP, a textura e estrutura do solo.

Na tabela 7, verifica-se uma maior quantidade de MS em cinco calhas (4, 5, 6, 7 e 8) no dia 03/11/1985, com uma precipitação de 30 mm. A calha 3 também apresentou expressivo MS = 15,645 g e EP = 4,920 L. Este acontecimento é explicável pela alta intensidade/hora de chuva e por um solo quase totalmente exposto pela insignificante precipitação nos três meses antecedentes (tab. 8). A brachiária tem uma trama de raízes intensa na camada superficial do solo, entre 1 e 2cm de espessura e isto deveria dificultar a erosão do solo. Segundo nossas observações, porém, na época da estiagem, há o intenso ressecamento e a formação de uma fina película de selamento na superfície do solo, deixando muitos espaços entre os tufo de gramíneas, o que poderia justificar a maior quantidade de MS ocorrer no início da estação chuvosa, como foi demonstrado pelos dados da figura 23 e tabela 7.

As altas porcentagens de areia fina (acima de 70%) mais a quantidade de argila e silte entre 10 e 20% (tab. 9) comprovam a fina textura desses solos. O alto volume de EP verificado também está relacionado à esta textura, a uma menor porosidade e pelas chuvas intensas não penetrarem tão rapidamente, possibilitando a formação do fluxo pluvial superficial. Adicionado a isto, há a formação, na época da estiagem, de uma finíssima película de selamento, a qual contribui para dificultar a rápida infiltração da água. À medida que a água rompe a película de selamento e se concentra em canais pluviais concentrados (rillwash), há uma rápida progressão para o ravinamento. WISCH-

MEIR (1971) tem salientado serem os solos com uma alta taxa de areia muito fina ou silte altamente susceptíveis à erosão em canais e em seus intercanais. No nosso entender é amplamente justificável a imensa quantidade de canais difusos, ravinas e voçorocas nesses solos extremamente arenosos e finos, com baixa porcentagem de argila, pouco coerentes, equigranulares e pouco compactos.

Os dados contidos na tabela 10 levariam ao estabelecimento de um limiar de precipitação diária para que o EP possa ocorrer, com um mínimo de chuva de 4 mm (calha 3) variando até 14 mm (calha 1). Segundo constatações de campo, esta variação é devida à posição da calha na vertente, mas, sobretudo, à densidade de recobrimento vegetal do solo. A calha 1, sob a mata galeria, foi a que apresentou o maior limiar de 14 mm/diário enquanto as calhas 3 e 8, na rampa côncava coluvial, em local com pouquíssima cobertura vegetal, indicaram os limites de 4 e 8 mm, respectivamente. No setor de vertente convexa, esse limiar variou de 7 a 10 mm. Alguns autores procuraram estabelecer esses limites em outros sistemas morfogenéticos; dentre eles, CRUZ (1983) constatou, em área escarpada na Serra do Mar, de áreas tropicais permanentemente úmidas, com solos argilo-arenosos sob floresta, oscilar o valor do limiar de precipitação para o aparecimento do escoamento pluvial entre 1,2 a 8 mm/diários. MOEYERSON (1975), ao estudar uma área do Pré-Cambriano na Nigéria, verificou o limiar de pluviosidade entre 6 e 20 mm/hora para que ocorra o escoamento pluvial.

A dinâmica pluvial também foi constatada através de medidas e observações efetuados no período de 07/11/1985 a 26/08/1986 (fig. 17), num canal de escoamento pluvial concentrado, situado no compartimento de altas vertentes na cabeceira de uma bacia de recepção, onde foi possível verificar o

TABELA 2 - Total de EP e de MS em cada Calha durante os dois anos de pesquisa

Nº DA CALHA	TOTAL EP (L)	TOTAL MS (G)	CON- JUN- TOS	TOTAL EP (L) CONJUNTOS	TOTAL MS (G) CONJUNTOS	MÉDIA EP (L) CONJUNTOS	MÉDIA MS (G) CONJUNTOS
1	64,491	16,390	3	64,491	16,390	64,961	16,390
3	287,050	176,462	2	480,910	322,389	240,455	161,194
8	193,860	145,927					
4	214,175	79,255	1	783,401	326,990	195,850	81,747
5	196,815	88,561					
6	192,601	73,730					
7	179,810	85,474					
TOTAL - CHUVA			2,813 mm				
TOTAL Nº DIAS DE CHUVA			160				

TABELA 3 - Total de P, EP e MS em cada calha no período de 03/04/84 a 17/05/84.

Nº DA CALHA	CHUVA (mm)	TOTAL EP (L)	TOTAL MS (G)	CONJUNTOS	TOTAL (EP)L CONJUNTOS	TOTAL DE MS (G) CONJUNTOS
1	143	3,456	5,392	3	3,456	5,392
3	143	21,485	82,237	2	31,085	85,937
8	143	9,600	3,700			
4	143	15,150	13,724	1	37,650	22,224
5	143	9,700	2,500			
6	143	5,000	2,700			
7	143	7,800	3,300			

TABELA 4 - Total e média de EP e de MS verificado no período de 07/09/84 a 21/05/85 (Pluviosidade total de 1.744 mm).

Nº DE CALHA	TOTAL EP (L)	TOTAL MS (G)	CON-JUN-TOS	TOTAL DE EP (L) - CONJUNTOS	TOTAL DE MS (G) - CONJUNTOS	MÉDIA EP (L) CONJUNTOS	MÉDIA MS (G) CONJUNTOS
1	39,435	7,458	3	39,435	7,558	39,435	7,558
3	154,155	34,275	2	261,405	69,525	130,702	34,762
8	107,250	35,250					
4	123,495	31,825	1	443,815	136,809	110,953	34,202
5	110,520	37,784					
6	110,700	37,100					
7	99,100	35,100					

TABELA 5 - Total e média de EP e de MS verificada no período de 01/09/85 a 13/03/86 (Pluviosidade total de 926 mm).

Nº DE	TOTAL EP (L)	TOTAL MS (G)	CON-JUN-TOS	TOTAL DE EP (L) CONJUNTOS	TOTAL DE MS (G) CONJUNTOS	MÉDIA EP (L) CONJUNTOS	MÉDIA MG (G) CONJUNTOS
1	21,660	3,440	3	21,600	3,440	21,600	3,440
3	108,190	59,204	2	183,300	165,810	91,650	82,905
8	75,110	106,077					
4	73,630	32,706	1	294,936	164,677	73,734	41,169
5	74,495	47,297					
6	74,901	37,930					
7	71,910	46,744					

TABELA 6 - Maior volume de EP verificado em cada Calha

Nº DA CALHA	EP (L)	MS (G)	PRECIPITAÇÃO (mm)	DATA
1	5,250	0,277	50	19/1/85
3	5,900	1,180	70	25/1/85
8	5,200	1,900	90	17/1/85
4	6,715	0,926	50	6/12/84
5	5,600	2,000	74	8/02/85
6	5,400	0,380	74	8/02/85
7	5,200	1,700	70	6/02/85

TABELA 7 - Maior quantidade de MS verificado em cada Calha

Nº DA CALHA	MS (G)	EP (L)	PRECIPITAÇÃO (mm)	DATA
1	5,333	1,400	32	29/4/84
3	45,531	5,250	32	29/4/84
8	68,005	5,060	30	3/11/85
4	10,469	4,500	30	3/11/85
5	10,000	4,100	30	3/11/85
6	10,999	4,940	30	3/11/85
7	9,000	4,810	30	3/11/85

TABELA 8 - Alturas pluviométricas mensais (mm) registradas na Fazenda Campo Alegre (Uberlândia-MG) - 1984/6

MÊS \ ANO	1984		1985		1986	
	P	nP	P	nP	P	nP
Jan.	195	12	483	14	160	14
Fev.	123	9	278	10	180	12
Mar.	156	11	279	14	165	5 *
Abr.	142	6	32	4	100	-
Mai.	62	3	21	3	19	-
Junho	0	0	0	0	0	-
Julho	0	0	0	0	0	-
Ago.	36	3	0	0	50	-
Set.	97	6	18	4	42	-
Out.	47	2	59	7	135	-
Nov.	130	11	169	11	107	-
Dez.	346	16	200	10	545	-
TOTAL	1334	79	1539	77	1503	-

P = chuva; nP = dias com chuva

\* Nº de dias de chuva até 13/03/86.

TABELA 9 - Resultado das análises granulométricas na área de amostragem.

PONTO E AMOSTRA	AREIA GROSSA %	AREIA MÉDIA %	AREIA FINA %	SILTE %	ARGILA %	
P1-A1	0	6	75	7	12	Barranca da Voçoroca
P1-A2	0	6	73	7	14	
P1-A3	0	7	72	7	14	
P1-A4	0	6	71	8	15	
P3-A1	0	7	76	7	10	Vertente Convexa 2º Setor
P3-A2	0	6	75	7	13	
P3-A3	0	5	75	6	14	
P4-A1	0	6	76	6	12	
P4-A2	0	6	75	6	13	
P4-A3	0	7	74	6	13	
P4-A4	0	6	75	6	13	
P5-A1	0	5	75	7	13	
P5-A1	0	6	74	6	14	
P6-A1	0	6	74	8	12	
P6-A2	0	6	73	8	13	
P7-A1	2	6	72	6	14	
P7-A2	2	6	72	5	15	
P8-A1	2	6	72	6	14	Vertente Convexa 2º Setor
P9-A1	0	7	74	6	13	
P9-A2	0	6	74	6	14	
P10-A1	0	6	74	6	14	

TABELA 10 - Ocorrência de EP a partir de uma quantidade mínima de chuvas diárias:

Calha 1	=	14 mm/diária
Calha 3	=	4 mm/diária
Calha 8	=	5 mm/diária
Calha 4	=	10 mm/diária
Calha 5	=	10 mm/diária
Calha 6	=	8 mm/diária
Calha 7	=	7 mm/diária

desgaste das paredes laterais e o aumento de sua largura. O aprofundamento do entalhe linear nesse cânãl foi mais expressivo nos locais onde havia as curvas de nível para o plantio da brachiária. Ao serem rompidas pelo escoamento pluvial, em 26/08/86, essas curvas formaram degraus e expuseram o solo, apresentando uma menor quantidade de gramíneas vivas e mortas no canal (figs. 17 e 18). As curvas de nível têm sido totalmente seccionadas e alteradas pelos canais pluviais. Na época da pesquisa, esses canais de escoamento concentrado apresentaram uma variabilidade espacial, sobretudo nas porções onde o entalhe era inferior a 30 cm de profundidade. Isso acontecia principalmente após episódios concentrados de intensas chuvas e os períodos de chuva de novembro a março. As estreitas trilhas de gado também funcionam como curvas de nível e de canais de escoamento pluvial, acelerando os processos de erosão nos canais concentrados.

Além dos canais mapeados na figura 18, desenvolveu-se microinterflúvios e uma rede de outros canais menores, menos profundos, os quais divagam e se intercomunicam em função da intensificação da cobertura vegetal do solo e das enxurradas do escoamento pluvial. Os dois micro-interflúvios (fig. 18), por entre a rede de canais concentrados, são aplainados, mascarados a nível de topo, apresentando micro-vertentes suaves e torna-se difícil visualizar o ponto de inflexão correspondente ao ponto mais alto desses divisores das pequenas redes de águas pluviais. Muitos canais divagam, ora para uma micro-bacia ora para outra, o que demonstra a dinâmica morfogenética difusa empreendida pelo EP nas cabeceiras de drenagem pluvial. Este fato também foi pesquisado e relatado por GOVERS (1987b), ao destacar a importância da topografia e a inclinação da vertente na evolução temporal dos canais pluviais, ocasionando pro-

blemas específicos. Em nossos estudos, ficou evidente a importância da cobertura vegetal do solo, dos "terracetes", dos degraus de curvas de nível e trilhas de gado, condicionando a variabilidade espacial dos canais pluviais concentrados.

Por meio das medidas, dos trabalhos de campo, do mapeamento dos canais pluviais, esta pesquisa procurou verificar e conceituar uma terminologia relacionada ao escoamento pluvial e aos processos erosivos. A água da chuva, ao atingir o solo, segue diferentes caminhos. O escoamento pluvial, nessas áreas, inicia-se então pelo preenchimento das micro-depressões do solo entre os tufos das gramíneas e de outros obstáculos, como seixos e pequeninos blocos de laterita. Em seguida, há um transbordamento da água e intercomunicação destas micro-depressões, formando um lençol d'água, que, sobretudo, devido à declividade e à morfologia da vertente, inicia o direcionamento da água em canais difusos. Estes apresentam uma ampla variabilidade espacial e temporal, às vezes condicionada pela densidade da cobertura vegetal, intensidade das chuvas e volume do escoamento pluvial. Num segundo momento, os canais difusos convergem e formam os canais concentrados. Esta convergência de fluxos dá-se em função principalmente do limiar de declividade,  $7^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ , as trilhas do gado e a pouca cobertura vegetal do solo, propiciando uma intensificação da erosão linear e turbilhonar principalmente nos degraus dentro do canal. Ao se aprofundarem, os canais concentrados entalham barrancas além de 40 a 50 cm, por nós então caracterizados como ravinas, uma vez que se constituíam em canais de escoamento pluvial muito bem delimitados no espaço. A progressão linear e lateral, especialmente nas cabeceiras de nascentes, encontrou e fez aflorar o lençol freático em escoamento fluvial, passando então a progredir lateralmente como vo-

çoroca. Nesta, há uma interação entre os processos pluviais, fluviais e de movimentos de massa muito mais intensos nas barrancas. Uma vez que o aflorar do lençol freático propicia um fluxo contínuo no talvegue desses canais, o escoamento fluvial se define, ora mais, ora menos em direção a jusante.

O mapeamento geomorfológico da área de amostragem (fig. 14) também vem subsidiar o entendimento da morfodinâmica pluvial. Mostra a presença de uma voçoroca nas cabeceiras de um afluente do Ribeirão Panga, próxima aos pontos de amostragens (fig. 14). Trata-se de uma bacia de recepção com uma cobertura de solo hidromórfico de dois a três metros de espessura, de textura arenosa muito fina (ponto 1, tab. 9, fig. 14); sobreposta a uma camada argilo-siltosa do arenito da Formação Adamantina, e recoberta, nas porções mais elevadas da cabeceira, pelo latossolo vermelho-amarelo de textura arenosa fina. O solo hidromórfico por sua vez, apresenta-se fendilhado em prismas, destacados em blocos com fendas de aproximadamente 30 cm de largura por 60 a 70 cm de profundidade (fotos 9a, b). Essas funcionam como uma rede de canais concentrados. Quando mais profundos e contínuos, funcionam como ravinas, atingindo até o lençol freático, quando então inicia um processo mais intenso de queda de blocos nas paredes laterais, abrindo pequenos alvéolos, estrangulados por pequenos esporões de solo (fotos 9a,b). A evolução dessas ravinas é rápida, num recuo erosivo para montante. Foram detectados alguns canais subterrâneos de erosão (pipeflow) a montante do solo hidromórfico, originados por ação de tatus. São túneis a se intercomunicar em alguns pontos. A subsidência da camada superficial de solo acaba por originar queda de blocos e formar barrancas, quando então, aumenta a velocidade do escoamento pluvial e acelera a erosão por novos entalhes.



Fotos 9a e 9b

Fendas no solo hidromórfico em intenso processo de ressecamento nas cabeceiras da voçoroca da Fazenda Campo Alegre.

Na área de amostragem, o solo hidromórfico da média encosta (figs. 14, 15 e 16) sofre processo acelerado de fendilhamento e de ressecamento. Durante os dois anos de pesquisa, de 1984 a 1986, a umidade diminuiu sensivelmente, tendo sido possível percorrer em julho de 1986 áreas anteriormente lodosas e turfosas. Em junho de 1988, continuamos a transitar nessas mesmas áreas. Tais fatos demonstram estar havendo uma séria alteração hidrológica dessas vertentes, após a retirada do cerrado em 1980, e sua substituição por pastagens.

Levando-se em conta a análise mineralógica das argilas, a presença da laterita sobreposta ao arenito e o aparecimento do solo hidromórfico, constatamos uma correlação entre a ocorrência da montmorilonita em solos mal drenados com influência da hidromorfia a ocorrer, principalmente na média encosta e nas cabeceiras dos pequenos canais fluviais (fig. 14, pontos 1, 4, 6 e 7). A caolinita constatada indica uma graduação de solos mal drenados para solos bem drenados. Estas relações da hidromorfia e da argila também foram constatadas por NOVIKOFF (1978). Esta drenagem interna do solo na vertente está basicamente condicionada à espessa laterita sobreposta a uma fâcie argilo-siltosa endurecida do arenito Adamantina. Funciona como uma camada impermeabilizante, propicia o desenvolvimento de uma zona de hidromorfismo e, pela sua grande extensão e ocorrência, constitui bolsões de reserva d'água nestas áreas de Chapadas Sedimentares.

A área de amostragem, como já foi esclarecido, insere-se na Bacia do rio Douradinho, a qual apresenta um quadro de degradação acelerada. A presença e a intensidade do escoamento pluvial demonstram ser um processo determinante na evolução morfológica dessas vertentes. Os canais de escoamento concentrados são o embrião de futuras ravinas e voçorocas. Tais

constatações confirmam nossa hipótese principal de trabalho, ao buscar esclarecimentos sobre algumas indagações a respeito da principal influência dos processos de escoamento pluvial na evolução atual e na dinâmica das vertentes nestas chapadas sedimentares do Triângulo Mineiro.

Dentre outros objetivos propostos por este estudo, a confecção da Carta Geomorfológica da Bacia do Douradinho visava mormente ao mapeamento das áreas mais afetadas pelos processos de ravinamentos e voçorocamentos (fig. 3). Como podemos observar na Carta Geomorfológica da Bacia do Douradinho há realmente uma densa rede de canais pluviais concentrados cortando as vertentes, formando uma rede intrincada de pequeninos canais ora mais, ora menos entalhados nas cabeceiras das nascentes. Foi nessa bacia, a mais drasticamente afetada pelos processos de ravinamento e voçorocamento de todo o conjunto das chapadas Uberlândia-Araguari, que pudemos observar três tipos de evolução de erosão acelerada para a formação da voçoroca: 1) é o tipo baseado nos processos iniciais de fendilhamento dos solos hidromórficos. Estes processos acontecem após o desmatamento, para a prática da agropecuária. A canalização da água do escoamento pluvial por entre as fendas leva ao ravinamento e posteriormente alargamento lateral com a queda de blocos do solo hidromórfico. Ao mesmo tempo, ocorre um aprofundamento e subsidência do fundo do canal pela água do afloramento do lençol aquífero; 2) caracteriza-se pela evolução, intensificação e alargamento dos canais pluviais concentrados nas bacias de recepção desmatadas, e utilizadas por práticas agro-pecuárias, a montante dos canais fluviais. Seu aprofundamento ocorre a seguir por pisoteio do gado, buracos de tatu e canalização da água de enxurrada, no solo arenoso fino como por exemplo nos pontos 10 e 11 da barranca da voçoroca analisada (fig. 13) na laterita e no

material de alteração do arenito, até atingir uma fâcie compacta argilo-siltosa deste arenito. É iniciado, então, mais vigorosamente, o alargamento das paredes pela ação do escoamento difuso, dos canais de escoamento subterrâneos, das gretas de ressecamento, da queda de blocos e da subsidência do solo, até atingir o lençol freático e o canal fluvial a jusante; 3) o terceiro tipo de evolução é consequência da abertura de valas para divisão de propriedades efetuadas no final do século passado e início deste. Estas constituíram os pontos de convergência e canalização das águas pluviais, a partir das quais abriram-se ravinas que foram se aprofundando e constituíram grandes e profundos canais de entalhamento.

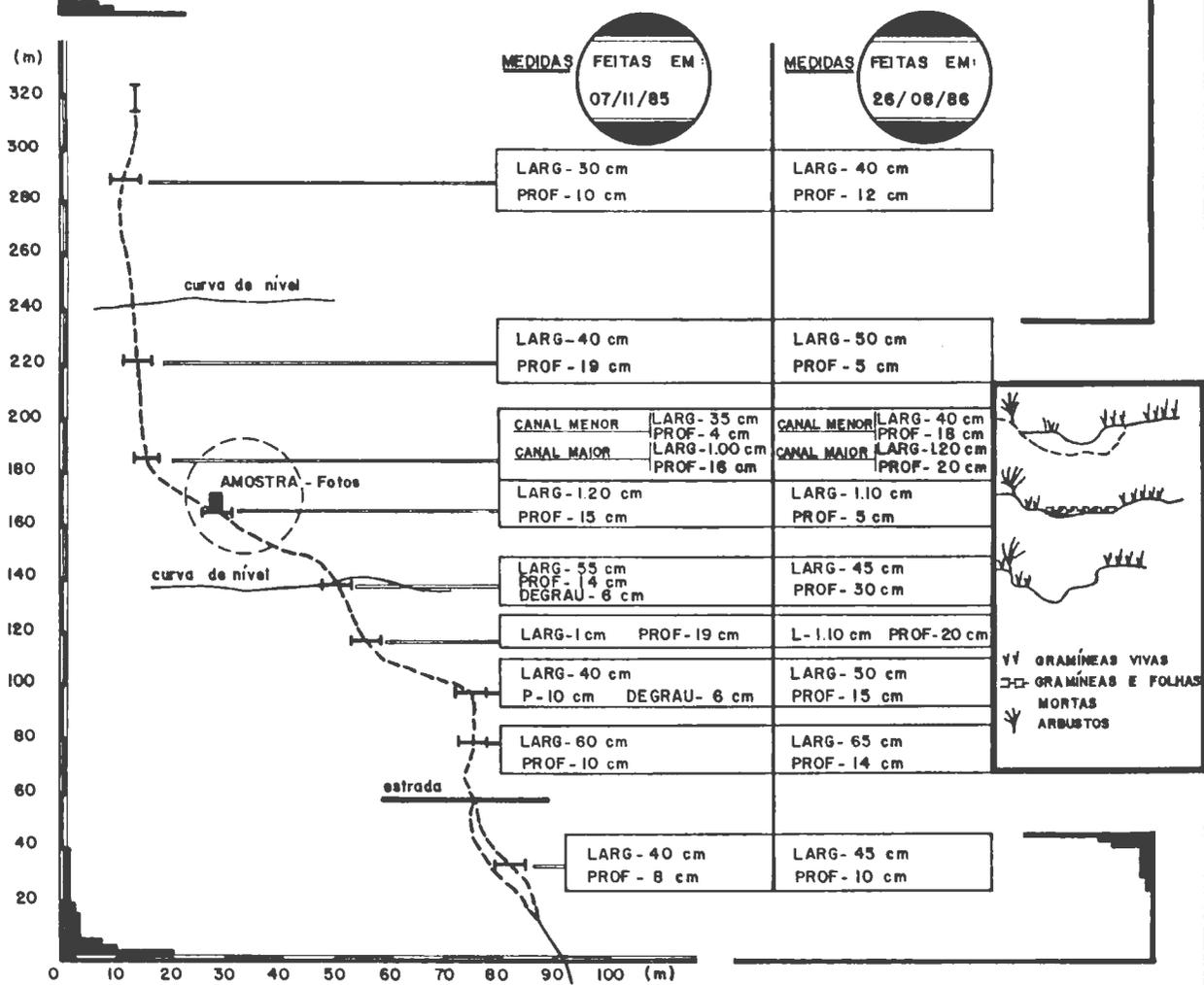
Os materiais erodidos movimentam-se no interior das voçorocas. Uma parte destes detritos é carregada e a outra é depositada sobre o arenito alterado. Grandes e amplos alvéolos formam-se no interior das voçorocas e na sua porção basal, são entulhados por materiais detríticos, blocos de laterita, formando verdadeiros terraços. Atualmente estão sendo entalhados por pequenos canais fluviais de mais ou menos 1 a 1,5 metros de largura por 0,50 a 1,30 metros de profundidade. Tais alvéolos são fechados por esporões que separam as diversas raízes das voçorocas.

O funcionamento morfogenético da área de amostragem na vertente esquerda do ribeirão Panga representaria, no nosso entender, o conjunto da região, parecendo seguir leis gerais de organicidade dentro do sistema geomorfológico das Chapadas Sedimentares Uberlândia-Araguari, em termos de evolução das vertentes como um todo. Porém alguns setores apresentam franco desajuste hidro-morfológico com aceleração dos processos erosionais, numa intensa rede de canais pluviais difuso e concen-

trado, por ravinamento e voçorocamento como os setores analisados nas áreas das bacias dos córregos da Gordura, da Areia e das Pedras, afluentes do rio Douradinho (fig. 3).

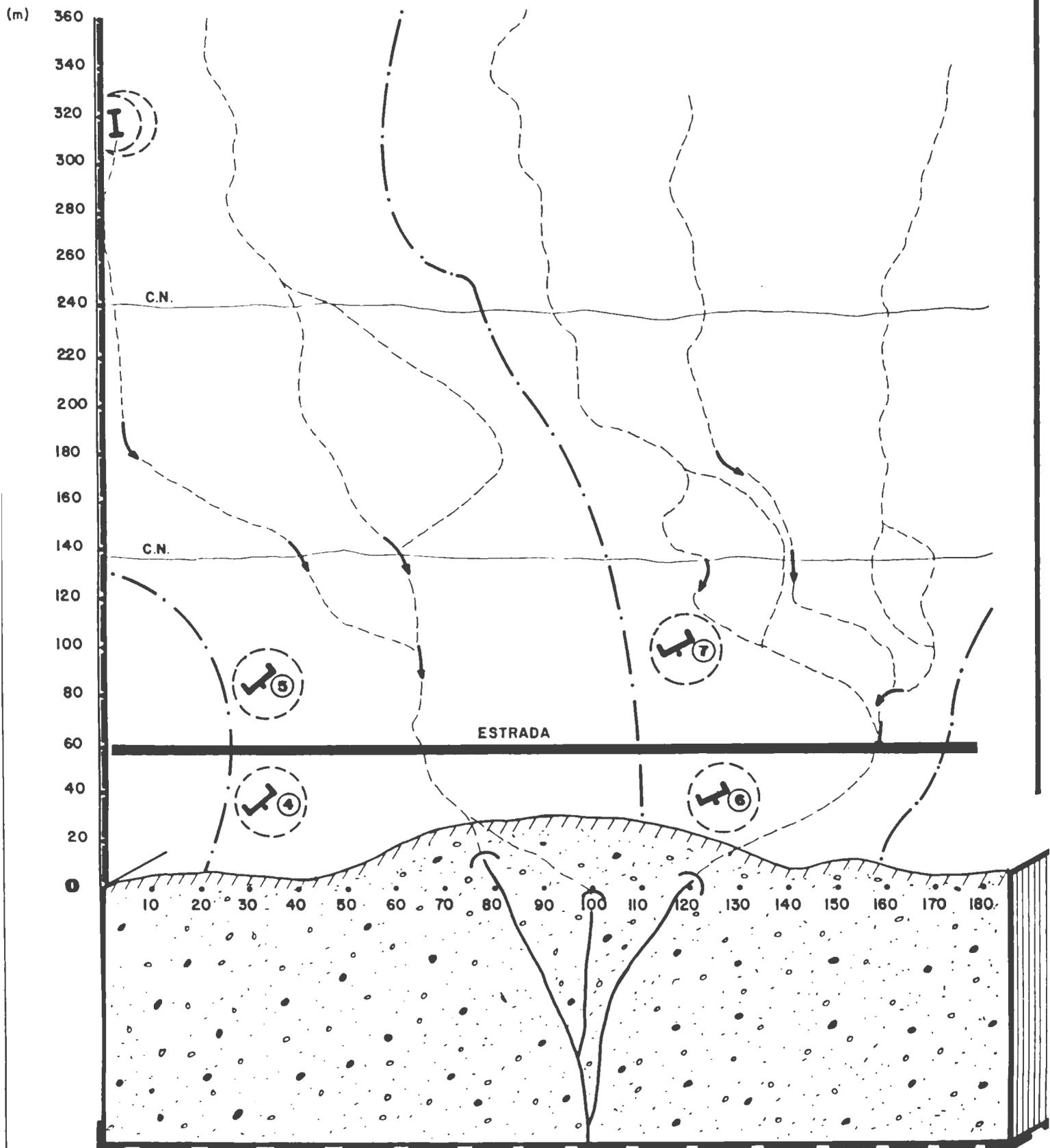
# CANAL DE ESCOAMENTO DIFUSO

FIG. 17



# PLANTA ESQUEMÁTICA DOS CANAIS DE ESCOAMENTO CONCENTRADOS

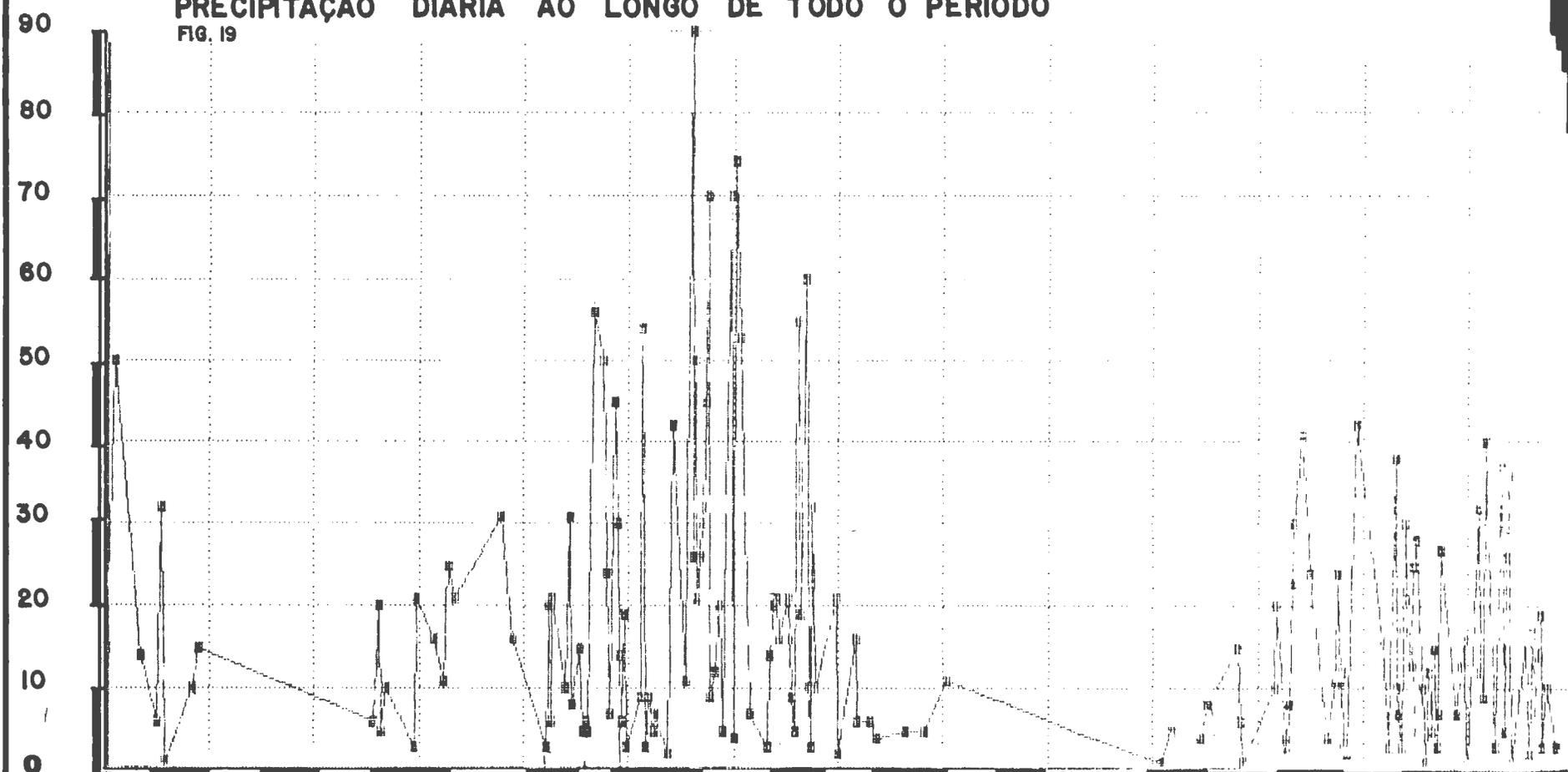
FIG. 18



(mm/dia)

# PRECIPITAÇÃO DIÁRIA AO LONGO DE TODO O PERÍODO

FIG. 19

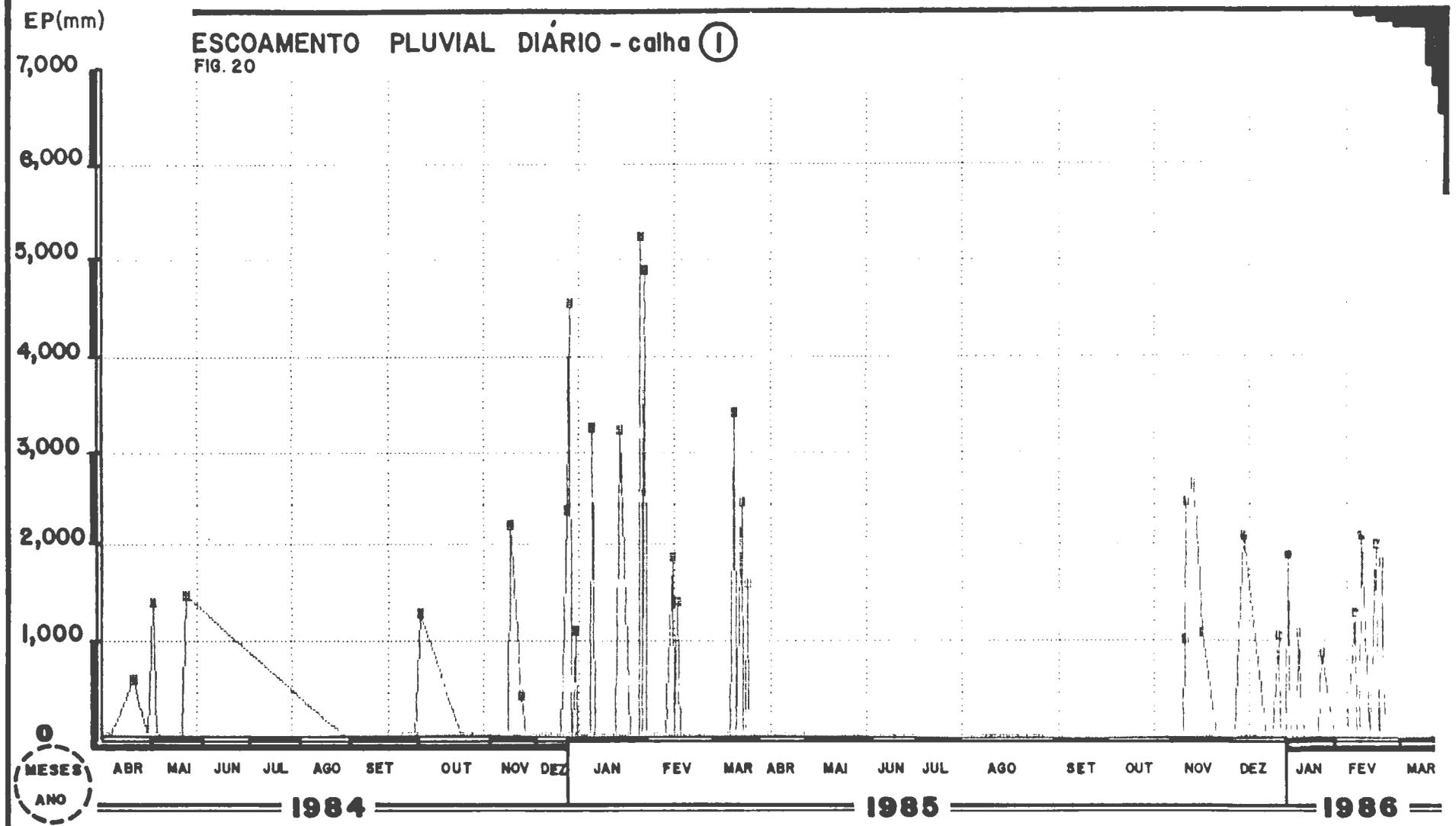


MESES ANO ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

**1984** **1985** **1986**

Org.: C. A. D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

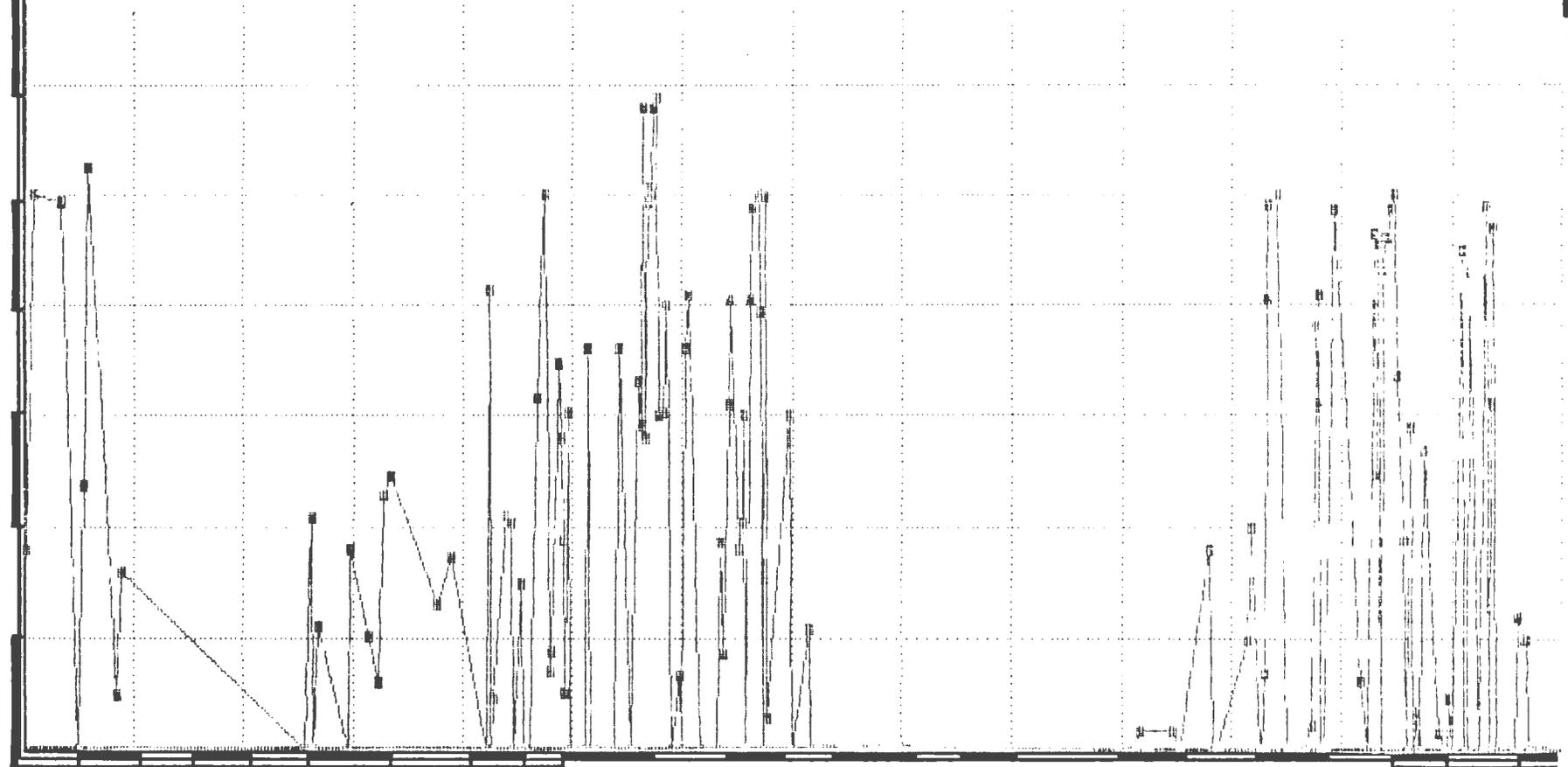


Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

EP (mm)  
7,000  
6,000  
5,000  
4,000  
3,000  
2,000  
1,000

**ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ③**  
FIG. 21



MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR  
**1984** **1985** **1986**

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

EP(mm)

# ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ⑧

FIG. 22

7,000

6,000

5,000

4,000

3,000

2,000

1,000

0

MESES

ANO

ABR

MAI

JUN

JUL

AGO

SET

OUT

NOV

DEZ

JAN

FEV

MAR

ABR

MAI

JUN

JUL

AGO

SET

OUT

NOV

DEZ

JAN

FEV

MAR

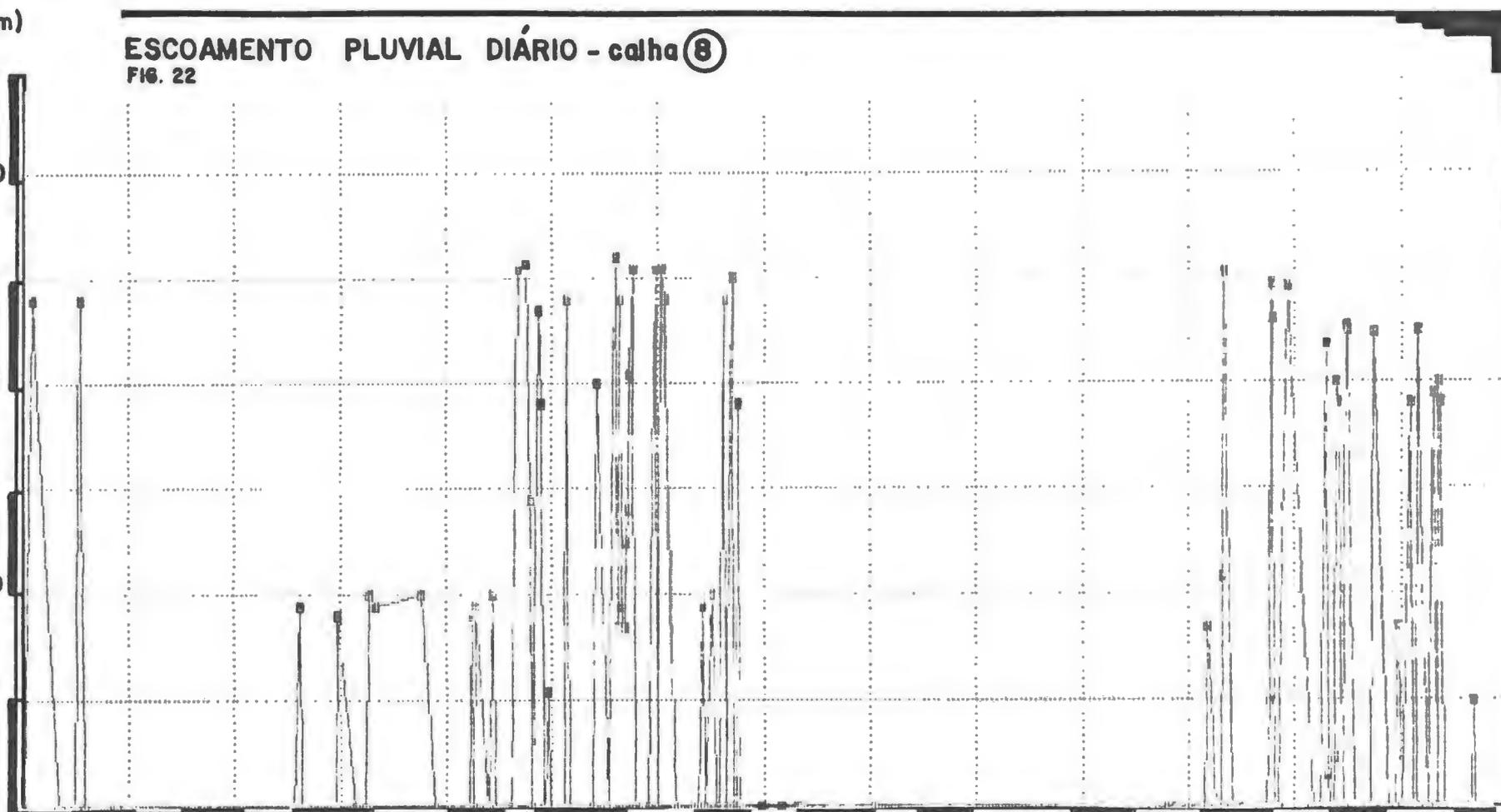
1984

1985

1986

Org.: C. A. D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



EP (mm)

# ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ④

FIG. 23

7,000

6,000

5,000

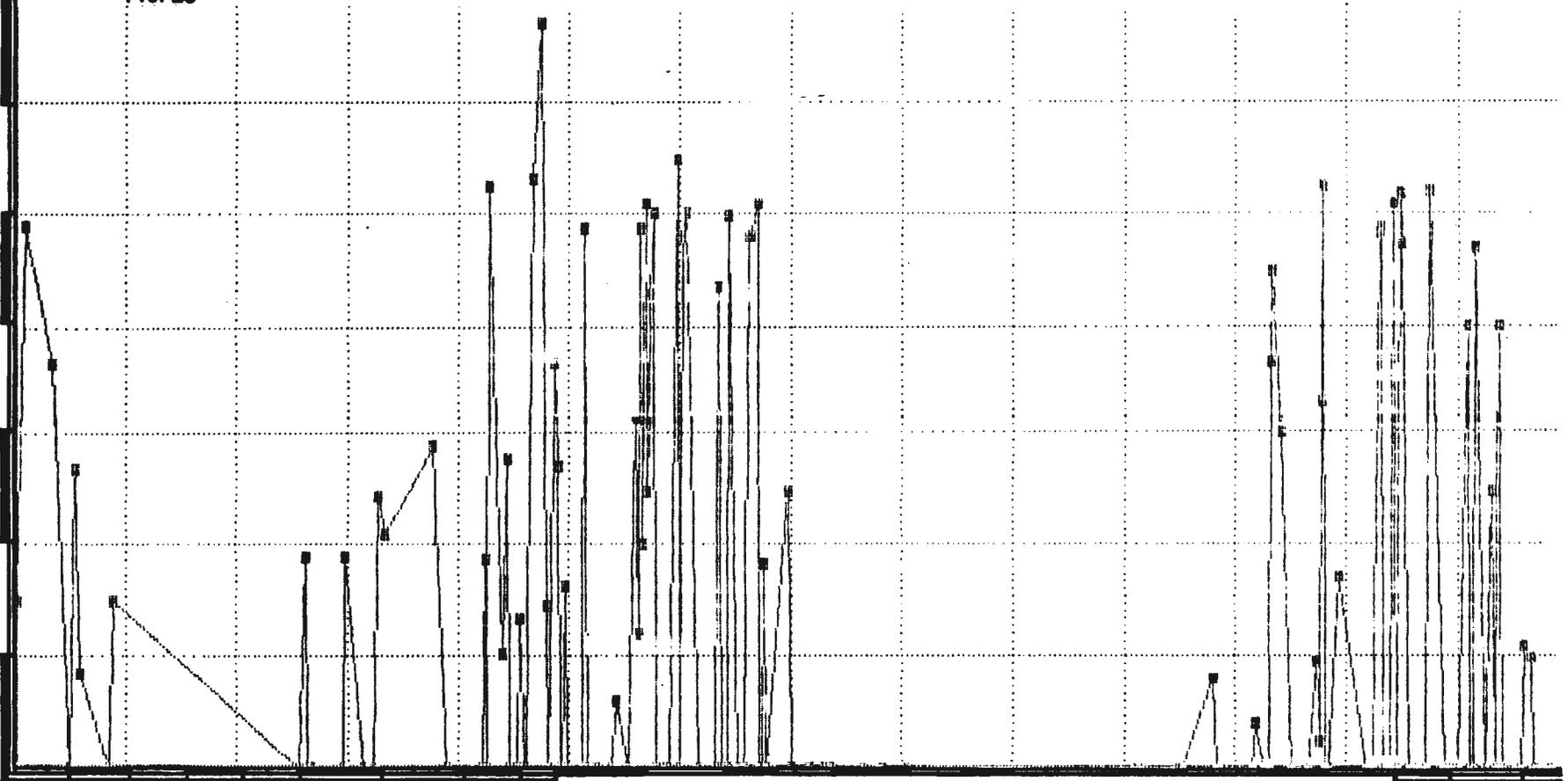
4,000

3,000

2,000

1,000

0  
MESES  
ANO



ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR  
**1984** **1985** **1986**

Org.: C.A.D. BACCARO

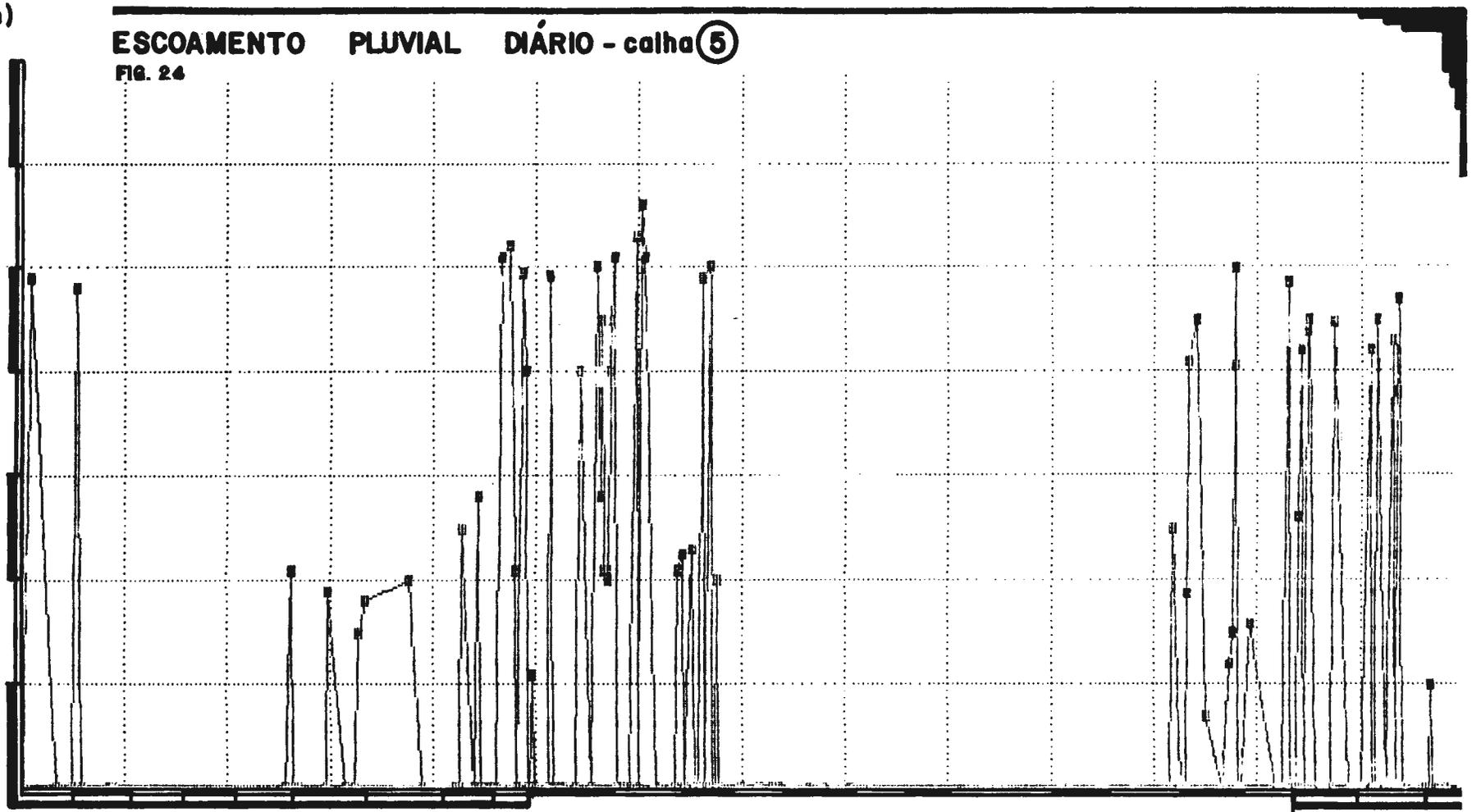
Des.: SILVIO WIGWAM

EP(mm)

# ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ⑤

FIG. 24

7,000  
6,000  
5,000  
4,000  
3,000  
2,000  
1,000



MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR  
1984 1985 1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

EP (mm)

7,000

# ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ⑥

FIG. 25

6,000

5,000

4,000

3,000

2,000

1,000

0

MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

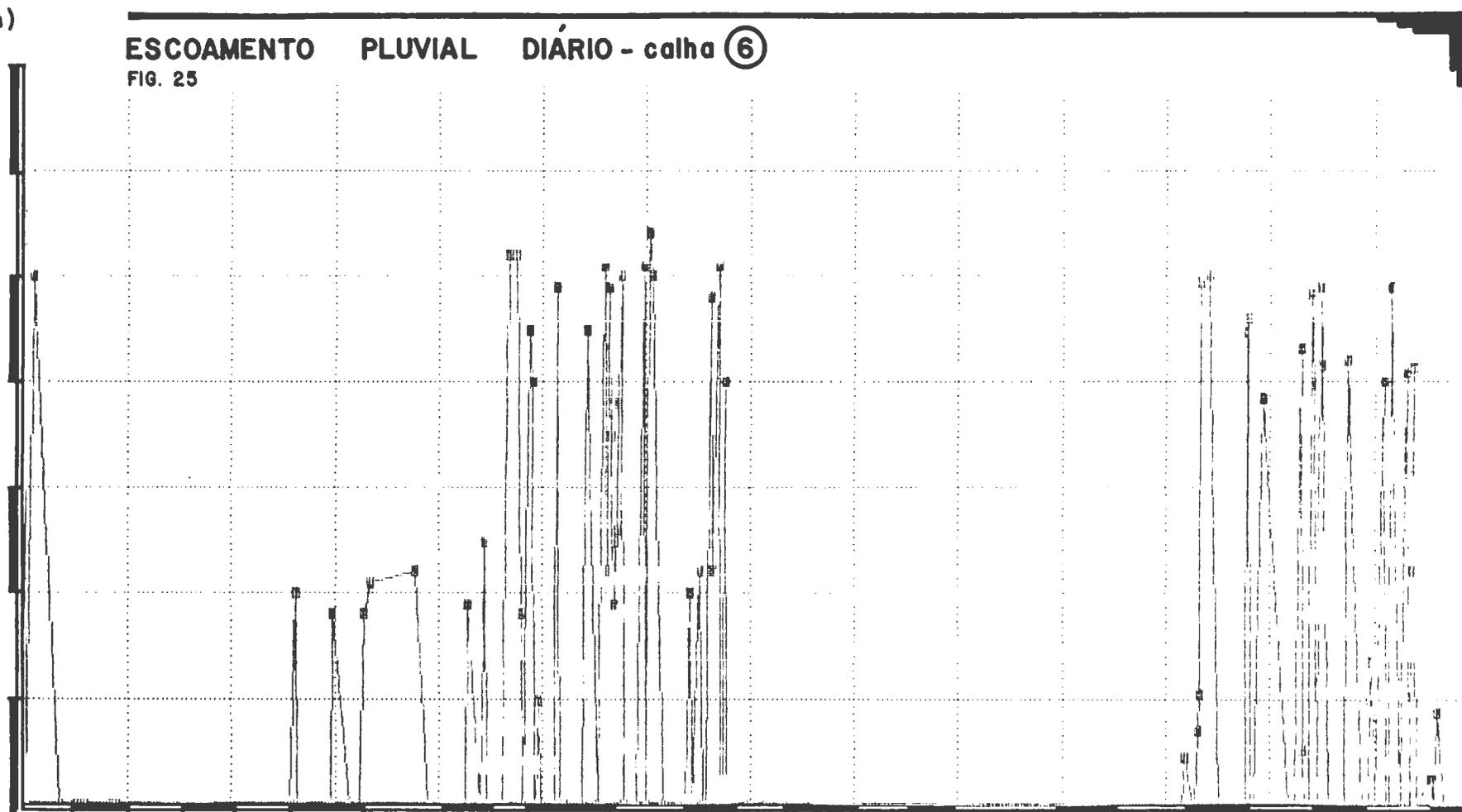
1984

1985

1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



EP (mm)

# ESCOAMENTO PLUVIAL DIÁRIO - calha ⑦

FIG. 26

7,000

6,000

5,000

4,000

3,000

2,000

1,000

0

MESES  
ANO

ABR

MAI

JUN

JUL

AGO

SET

OUT

NOV

DEZ

JAN

FEV

MAR

ABR

MAI

JUN

JUL

AGO

SET

OUT

NOV

DEZ

JAN

FEV

MAR

1984

1985

1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

MS(g)

**MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO - calha ①**  
FIG. 27

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

MESES  
ANO

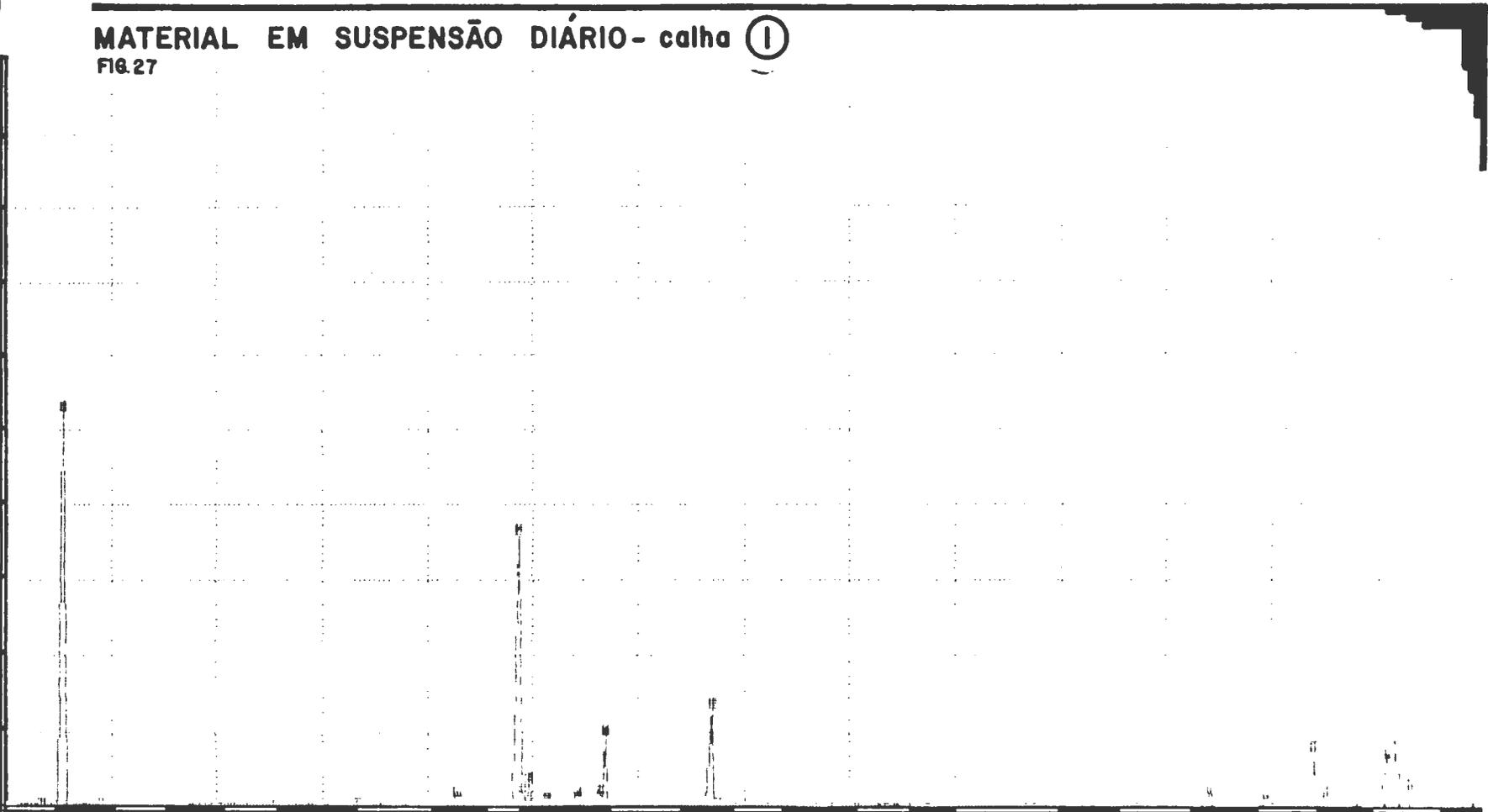
**1984**

**1985**

**1986**

Org.: C.A.D. BACCARO

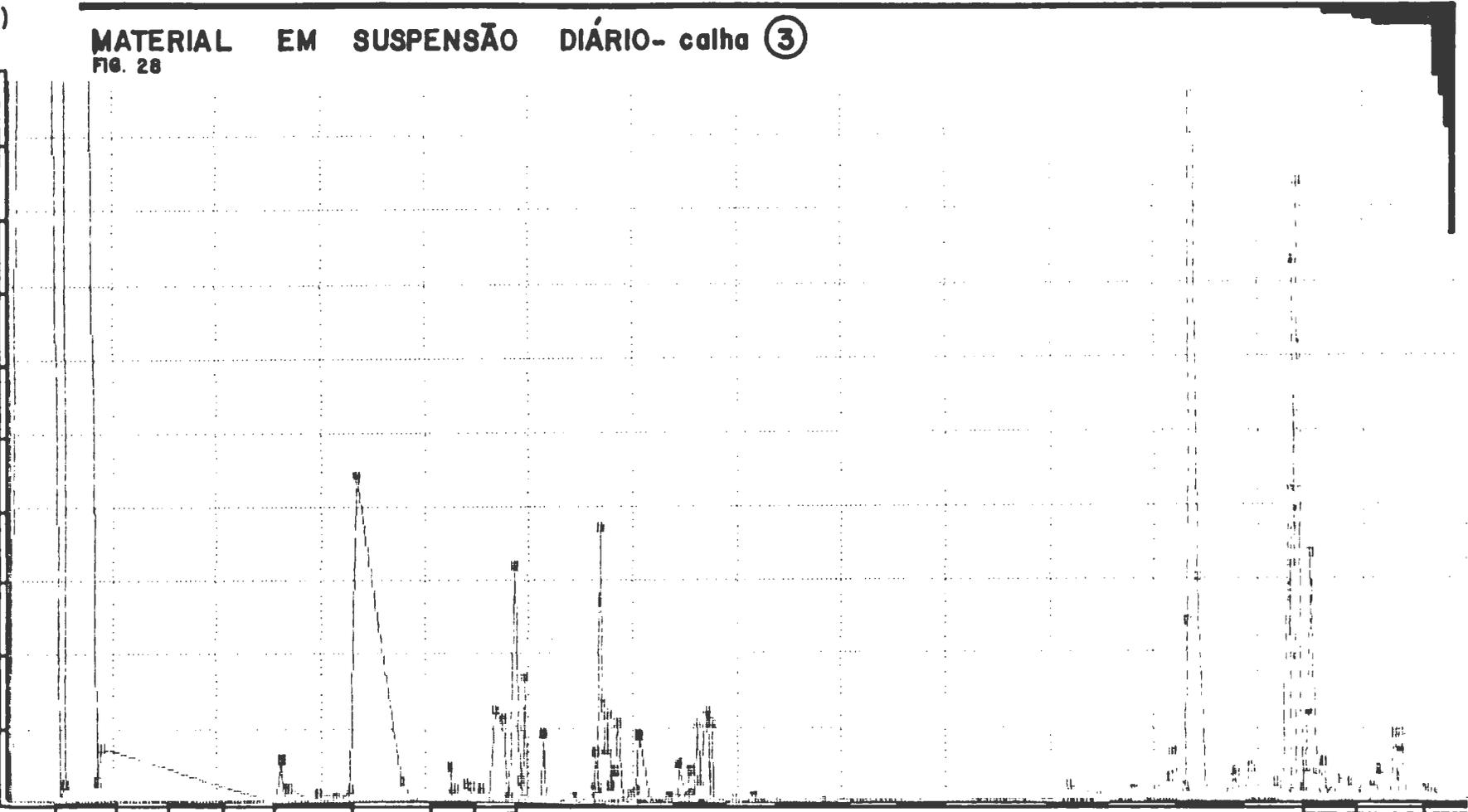
Des.: SILVIO WIGWAM



MS (g)

**MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO- calha ③**  
FIG. 28

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0



MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

**1984**

**1985**

**1986**

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM

MS(g)

# MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO - calha ⑧

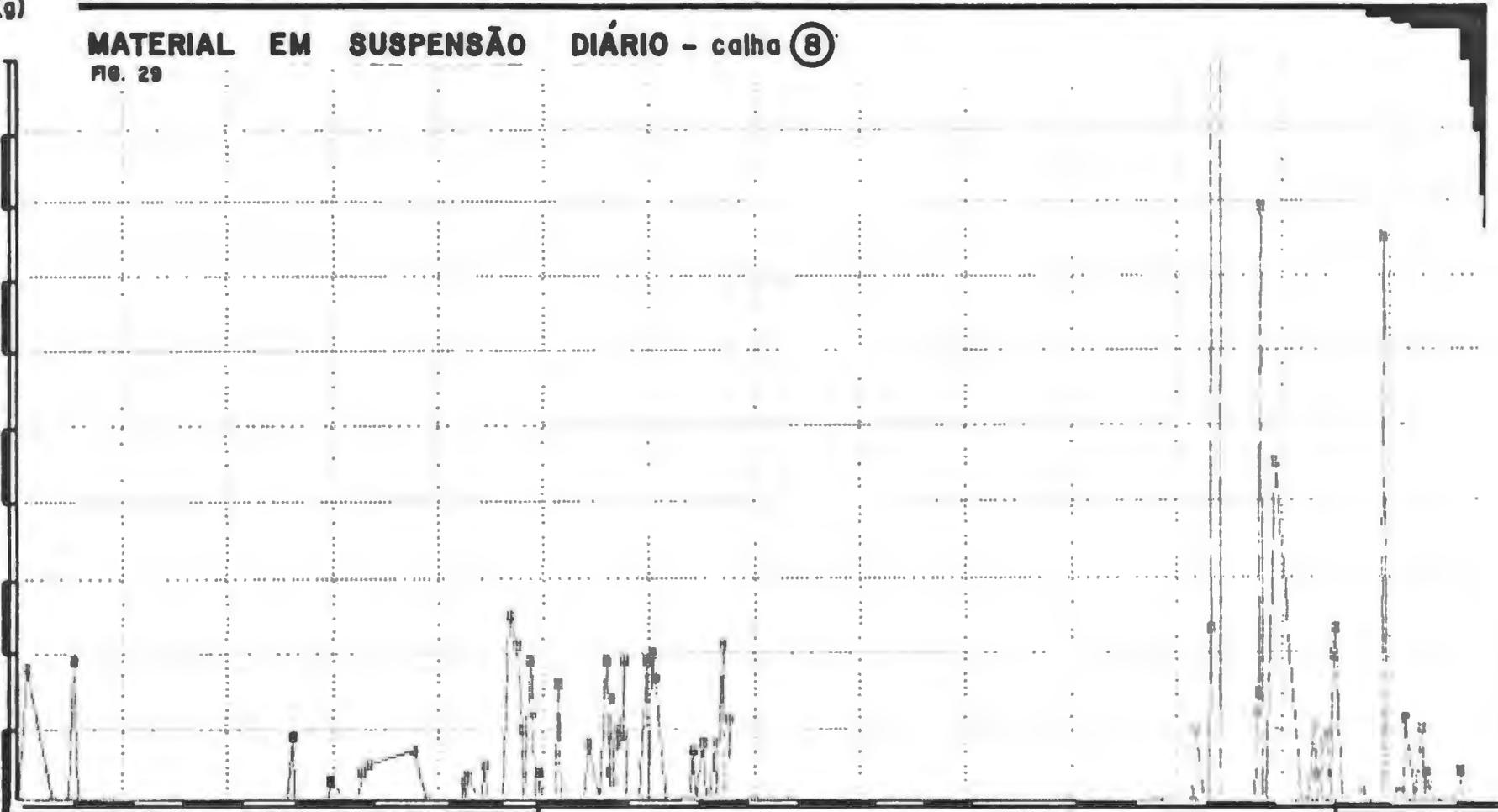
FIG. 29

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

MESES ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR  
ANO 1984 1985 1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



MS (g)

**MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO - calha ④**  
FIG. 30

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0

MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

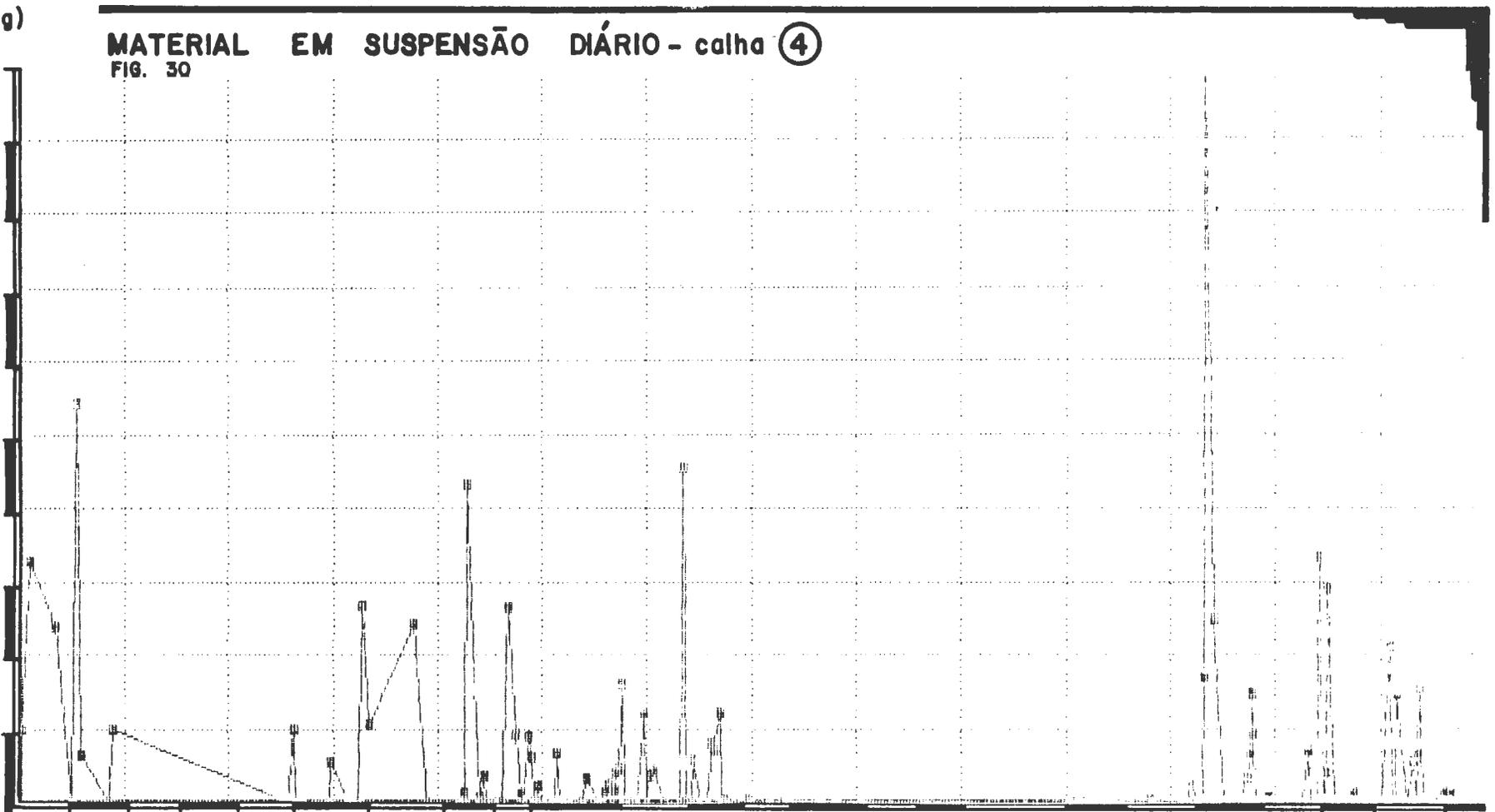
1984

1985

1986

Org.: C. A. D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



MS(g)

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

# MATERIAL EM SUSPENSÃO DIARIO - calha ⑤

FIG. 31

MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

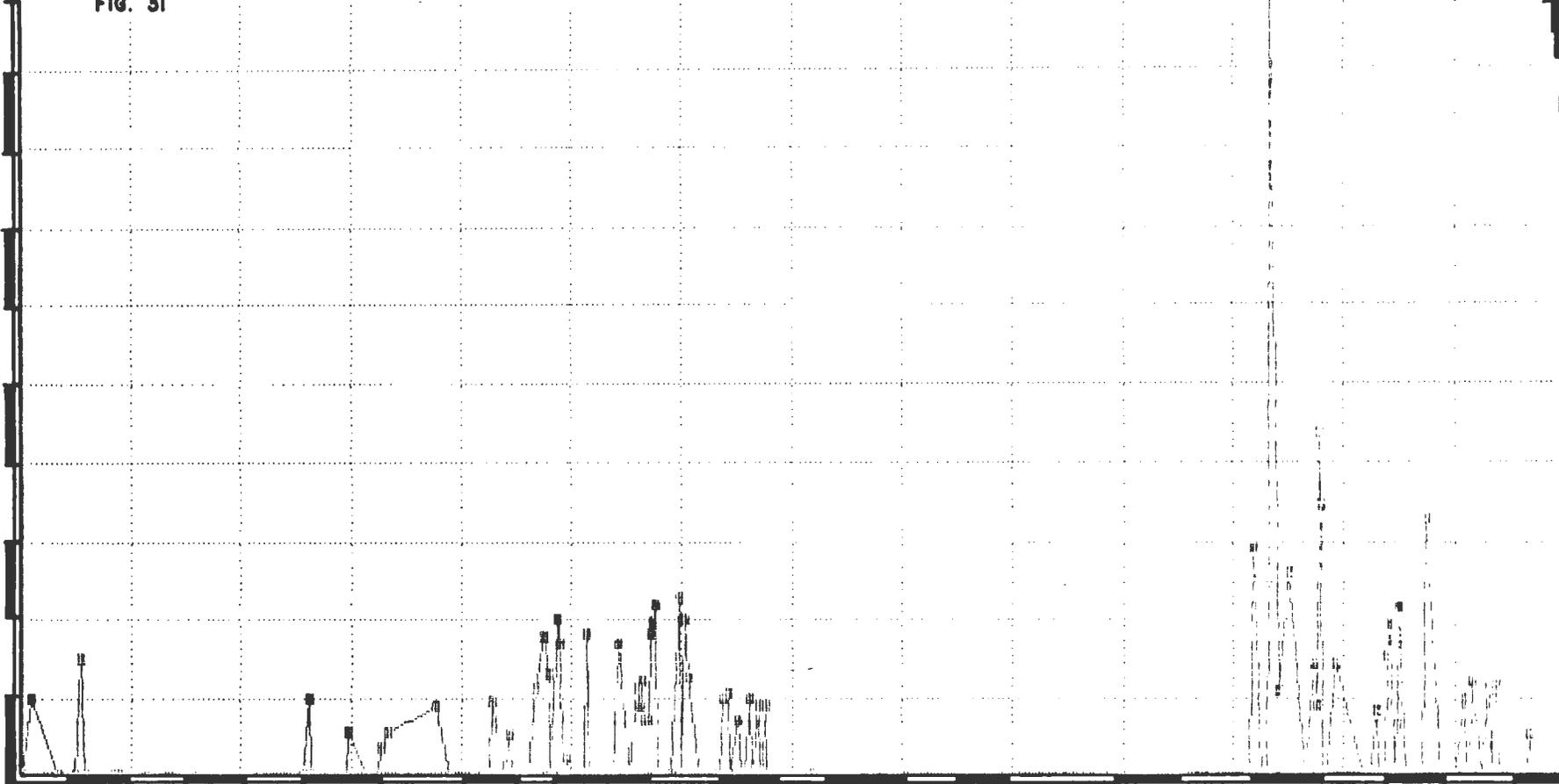
1984

1985

1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



MS (g)

10

# MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO - calha ⑥

FIG. 32

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

MESES  
ANO

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ JAN FEV MAR

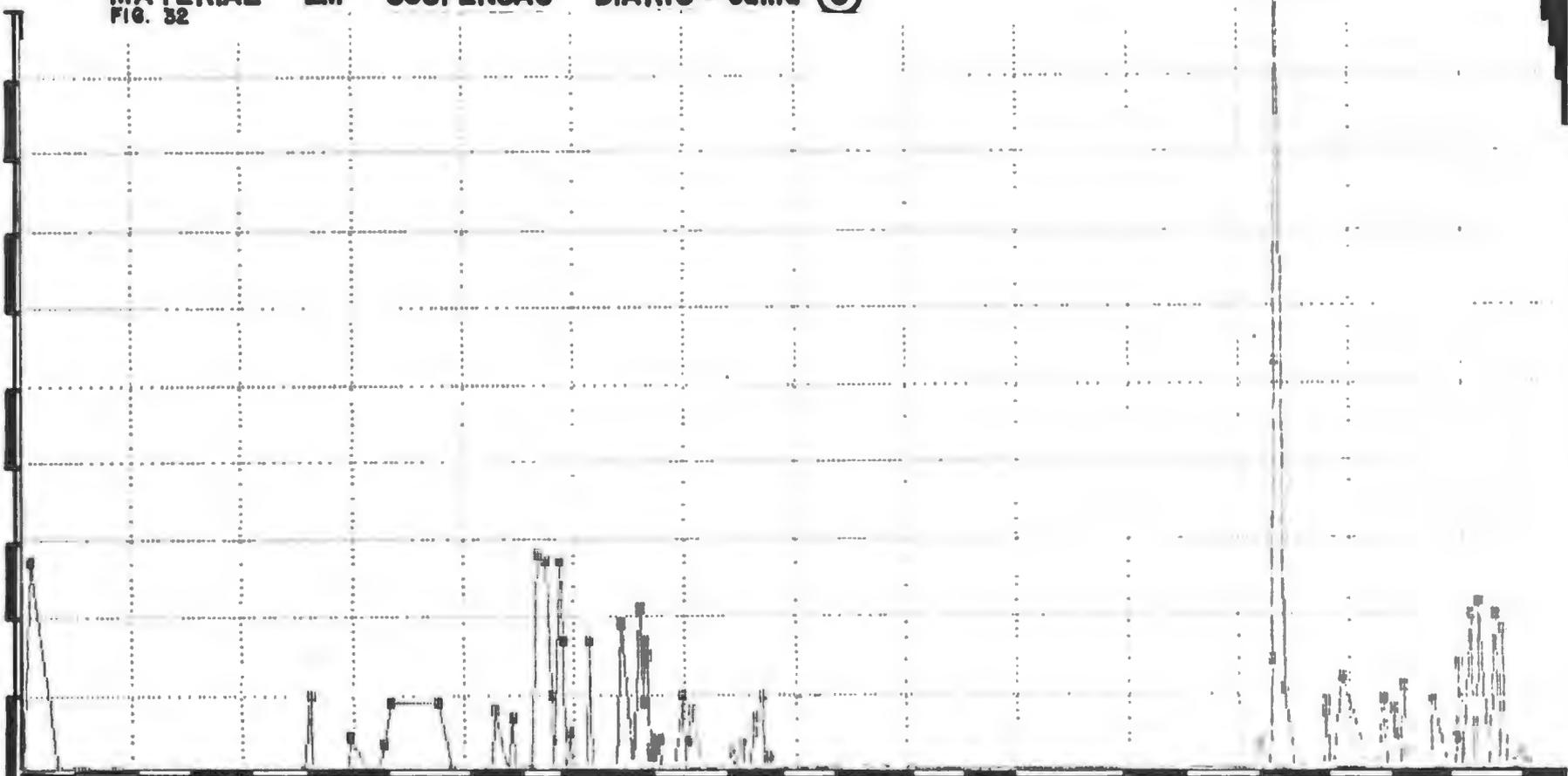
1984

1985

1986

Org.: C.A.D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



MS (g)

# MATERIAL EM SUSPENSÃO DIÁRIO - calha ⑦

FIG. 33

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

MESES

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ

JAN FEV MAR

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ

JAN FEV MAR

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ

JAN FEV MAR

ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ

JAN FEV MAR

ANO

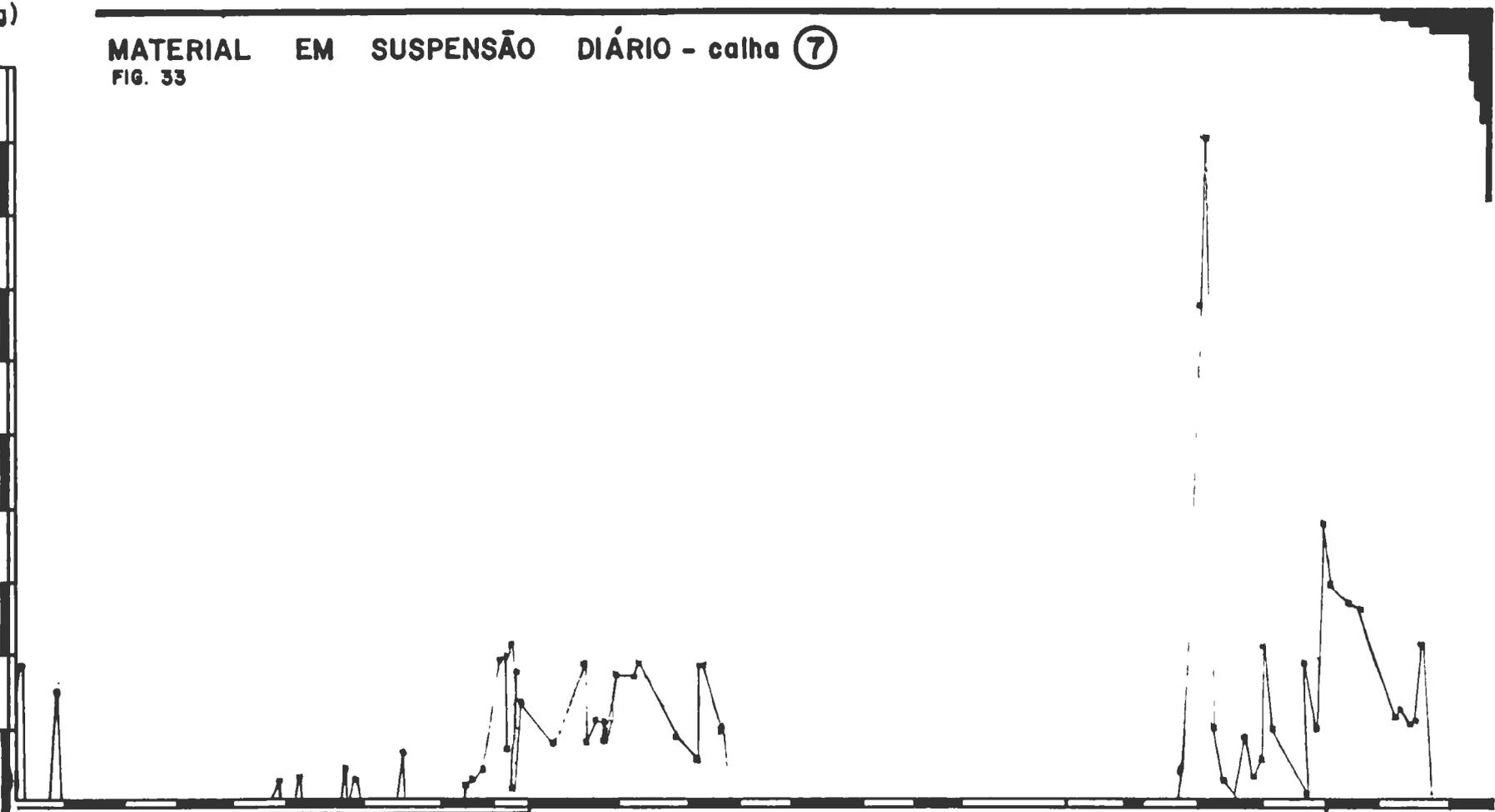
1984

1985

1986

Org.: C. A. D. BACCARO

Des.: SILVIO WIGWAM



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Ressaltamos o pensamento de DE PLOEY (1987) de que a Geomorfologia deveria dedicar-se, sobretudo, à predição da evolução das formas de relevos atuais, testando modelos geomorfológicos e concentrando-se na seleção de unidades morfológicas, a partir de uma evolução sazonal ou anual mensurável. Estas questões têm nos acompanhado durante nossos trabalhos e têm reforçado nossas preocupações metodológicas em Geomorfologia.

A metodologia preconizada por AB'SABER (1969) permitiu a sistematização deste trabalho e uma integração dos níveis de escala regional, local e pontual analisados. Ao buscarmos uma abordagem metodológica para os estudos pontuais e locais dos processos geomorfológicos e da evolução atual dentro de períodos de tempo curtos das vertentes, achamos imprescindível ter um conhecimento das questões geográficas e geomorfológicas no âmbito regional, a fim de se determinar uma área representativa (pontual e local) dos fenômenos a serem abordados. O aprofundamento do conhecimento da região, por meio de escolha e medidas pontuais em uma área localizada, num tempo limitado, tornou possível a compreensão mais apurada dos processos erosivos, que comandam as transformações das formas de relevo dessas Chapadas Sedimentares da região do Triângulo Mineiro.

As Chapadas Sedimentares da região do Triângulo Mineiro foram esculpidas em rochas sedimentares, sobretudo, do Grupo Bauru representadas, principalmente, pelos arenitos das Formações Marília, Adamantina e Uberaba e da Formação Botucatu do Grupo São Bento. Algumas de suas bordas são mantidas pelo

próprio arenito silicificado, outras pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral e do Grupo São Bento. Os entalhes mais profundos feitos pelos grandes rios como o Paranaíba e Aragua-ri, atingem o embasamento do Prê-Cambriano representado principalmente pelos xisto e serecíta xistos do Grupo Araxã. Essas formações rochosas estão recobertas em grandes extensões pelos sedimentos de idade Cenozóica, ocupando os diferentes níveis topográficos, desde os topos das chapadas, as vertentes e os vales fluviais. São constituídas de leitos de cascalheiras, de termos arenosos e concreções limoníticas. Estes sedimentos apresentam uma cimentação incipiente segundo NISHYIAMA (1989), o que tem levado a problemas de erosão acelerada de solos nas áreas de sua ocorrência, principalmente onde predominam os termos arenosos.

Há nessa região uma diversificação de compartimentos morfológicos, por heranças das ações morfogenéticas do Terciário recente e Quaternário, marcadas sua presença nos topos aplainados, na formação e evolução das espessas e extensas lateritas, nos solos hidromórficos, nas lagoas e rampas côncavas coluviais. Na região do Triângulo Mineiro diversos autores identificaram a "Superfície Sul Americana" de KING (1956) sobre a qual, a topomorfologia moderna foi esculpura da, do Cretáceo Superior ao Plioceno. Esta superfície está marcada nesta paisagem por nivelamentos de topos, e o ciclo posterior, o "Velhas", abriu-lhe entalhes em forma de vales ramificados. Observamos em nossa área de pesquisa resquícios da "Superfície Sul Americana" representados pelos topos das chapadas em torno de 900 a 1.000 metros. Estes setores foram entalhados pelos vales, deixando algumas superfícies embutidas nas bordas das chapadas, em altitudes de 650 a 750 metros, observadas entre Aragua-ri e Uberlândia, correspondente a "Superfície Velhas".

A partir de consultas bibliográficas, trabalhos de campo, ao tomar como base a geologia, as formas e o nível de dissecação do relevo, constatamos quatro grandes compartimentos no Triângulo Mineiro: 1) área de relevo intensamente dissecado; 2) área com relevo medianamente dissecado; 3) área de relevo residual; 4) área de cimeira com topos planos, amplos e largos.

O entendimento da estrutura superficial e de alguns aspectos da dinâmica processual nesses compartimentos, aliado a uma análise suscinta do clima regional, marcado pela influência sazonal das massas de ar tropical continental e das massas de ar polar, com a estação seca de maio a setembro e a chuvosa de outubro a abril, foram variáveis fundamentais para determinar a área de amostragem do Ribeirão Panga. Tais compartimentos vêm sendo retrabalhados pelos processos geomorfológicos atuais de degradação e agradação, acelerados pela ação antropogênica, cuja atuação se tem tornado mais acentuada nestas últimas décadas. Por sua vez, a expansão agropecuária, subsidiada pelas políticas agrícolas do governo federal, tem contribuído para uma reorganização do espaço rural do Triângulo Mineiro.

Os processos acelerados de erosão estão relacionados à história de ocupação desse espaço, iniciados ao serem abertas as valas para a divisão de propriedades, nos solos arenosos e finos, as quais posteriormente deram origem a várias voçorocas. Por outro lado, o desmatamento do cerrado e das matas subcaducifólia e mesofítica, a expansão da pecuária e o conseqüente pisoteio do gado, ao deixar terracetes e trilhas, funcionando como canais de escoamento concentrados, aumentaram a erosão turbilhonar, intensificando a rede de canais concentrados e agravaram os problemas atuais de concentração do escoamento pluvial aprofundado em ravinações e voçorocamentos. Na região do Triângulo Mineiro, estes processos são mais intensos no compartimento de relevo me-

dianamente dissecado, a partir de um substrato rochoso formado pelo arenito da Formação Adamantina, sobreposta ao basalto da Formação Serra Geral e recoberto, em parte, pelos sedimentos inconsolidados do Cenozóico. Seus materiais superficiais, geralmente arenosos e finos, friáveis, pouco compactos, contêm espessas lateritas, mantendo ressaltos topográficos e formas convexizadas e funcionando como uma camada impermeabilizante, sobreposta a uma fácies argilo-siltosa do mesmo arenito. Isto propiciou o desenvolvimento do hidromorfismo nesses solos.

No mesmo compartimento de relevo medianamente dissecado do Triângulo Mineiro, identificamos a Bacia do rio Douradinho pertencente às Chapadas Uberlândia-Araguari, a área mais problemática em relação aos processos de erosão acelerada por ravinamentos e voçorocamento. Nessa área foram determinados três tipos de evolução de erosão acelerada que levou à formação de imensas voçorocas: 1) o primeiro tipo é iniciado pelo fendilhamento dos solos hidromórficos após o desmatamento das cabeiras de drenagem. Há o encaminhamento da água pluvial para as fendas, seguida de ravinamento, alargamento das paredes laterais por queda de blocos e subsidência, com aprofundamento do canal fluvial pela água do lençol freático; 2) o segundo tipo inicia uma evolução pela intensa rede de canais pluviais difuso nas cabeceiras de drenagem desmatadas, ao aprofundar os canais no solo arenoso e fino, na laterita e no material de alteração do arenito, até a camada argilo-siltosa com afloramento do lençol freático, passando então ao recuo das paredes laterais; 3) o terceiro tipo origina-se da abertura de valas para a divisão de propriedades, e houve a convergência das águas pluviais, levando ao ravinamento e entalhamento até que possam atingir o lençol freático.

Foi no interior da bacia do Douradinho, na fazenda Campo Alegre, nas vertentes da margem esquerda do ribeirão Panga, onde estabelecemos a área de amostragem. Foram identificados quatro setores; Setor 1, estendendo-se do topo do interflúvio, por volta de 806 m, levemente convexo; setor 2, entre 760 e 800 metros, correspondendo à vertente convexa; setor 3, entre 740 e 760 metros, representado pela rampa côncava coluvial e o setor 4, a 740 metros de altitude, constituído pela planície aluvial do ribeirão Panga. Nos pontos da vertente onde foram feitas as medições e observações detalhadas, foram mostradas as relações entre a pluviosidade, o montante do escoamento pluvial e os materiais em suspensão. Através dessas relações ficou comprovada a importância do escoamento pluvial como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela mobilização de sedimentos e evolução atual das vertentes de áreas dos Chapadões Sedimentares do Triângulo Mineiro, hipótese elaborada no princípio deste trabalho.

O período compreendido entre o dia 3 de abril de 1984 a 13 de março de 1986, registrou chuvas em 160 dias. Além de apresentar uma alta concentração mensal, essas chuvas ofereceram uma alta intensidade diária e horária. Tais intensidades foram determinantes no volume do escoamento pluvial e na quantidade de material em suspensão.

Houve concordância entre o período de pluviosidade mais elevada de novembro a março, com o de maior volume de escoamento pluvial e maior quantidade de material em suspensão.

A relação entre o escoamento pluvial e o material em suspensão foi satisfatória, mas existiram alguns picos do material em suspensão discordantes no período de setembro e outubro de 1985. Esse fato foi condicionado pela inexpressiva cobertu-

ra vegetal do solo devida ao longo período de estiagem.

Uma quantidade maior de precipitação no período de agosto a novembro, por volta de 180 mm, pode propiciar o desenvolvimento da vegetação protegendo o solo. Esta proteção leva à diminuição da saída do material em suspensão por volta da época das precipitações mais intensas e freqüentes, novembro, dezembro e janeiro.

As áreas de solo revestido pela mata, arbustos e serapilheira apresentam um volume de escoamento pluvial e quantidade de material em suspensão menores, com infiltração mais significativa.

O setor da vertente média caracterizado como rampa côncava coluvial revestida pelo cerrado degradado apresenta maior volume de escoamento pluvial e maior quantidade de material em suspensão. Estes segmentos côncavos da vertente funcionam como áreas de passagem e convergência do fluxo d'água e da sedimentação para atingir a planície aluvial e o canal fluvial.

Os setores das altas vertentes convexas revestidas pela brachiária também apresentam altos índices de escoamento pluvial e de material em suspensão, porém, relativamente menores do que na porção côncava.

O Conjunto 1 (calhas 4, 5, 6 e 7) no segmento convexo da vertente revestida pela brachiária, apresentou valores médios de 195,850 L de escoamento pluvial e de 81,743 g. de material em suspensão, relativamente menores do que os do conjunto 2 (calhas 3 e 8) situado na rampa côncava coluvial, cuja média foi de 240,455 L e o material em suspensão 161,194 g.

O conjunto 2 (calhas 3 e 8), na rampa côncava coluvial, apresentou alta taxa de material em suspensão na água do escoamento pluvial, mesmo no final da estação chuvosa, quando o revestimento vegetal do solo era mais intenso. Isto se deve ao fornecimento de detritos da laterita, a qual mantém a ruptura de declive a montante deste ponto. Mesmo durante e no final do período chuvoso apresentou uma cobertura vegetal de gramíneas e ciperáceas muito espaçada. O conjunto 1 (calhas 4, 5, 6 e 7), na vertente convexa revestida pela brachiária, apresentou a partir do mês de janeiro uma densidade maior de gramíneas recobrando o solo e, portanto, uma menor quantidade de material em suspensão no escoamento pluvial.

A brachiária apresenta uma trama de raízes na camada superficial do solo, entre um e dois cm de espessura, o que de certa forma dificulta a ação do escoamento pluvial, mas, quando o período de estiagem é muito prolongado, de três a quatro meses, há intenso ressecamento e a formação de uma película de selamento na superfície do solo. Muitos espaços vazios aparecem entre os tufos de gramíneas, justificando assim uma maior ocorrência de material em suspensão na água do escoamento pluvial no início da estação chuvosa.

A maior perda de material em suspensão ocorreu no período de outubro de 1985 a março de 1986, quando a precipitação foi menor (926 mm). Este fato fundamenta-se na baixa densidade da cobertura vegetal do solo e na alta intensidade das chuvas.

Ao compararmos os períodos de 07/09/1984 a 21/05/1985 (1744 mm de chuva) com o de 01/09/1985 a 13/03/1986 (926 mm de chuva), verificamos haver correspondência entre o total de precipitação com o total do escoamento pluvial, mas não com o total de material em suspensão. Isto acontece em consequência de

certos fatores, tais como: o revestimento vegetal do solo, a morfologia da vertente, o período de ressecamento anterior ao escoamento pluvial, a textura e estrutura da camada superficial do solo.

O alto volume do escoamento pluvial também é justificado em função da fina textura desses solos contendo em média 70% de areia fina, 7% de silte e 15% de argila (tab. 9) e uma microporosidade.

Os dados obtidos nas calhas e no pluviômetro possibilitaram estabelecer o limiar de chuva diária para que ocorresse o escoamento pluvial. Esse limiar variou em função de dois fatores principais: a densidade do recobrimento vegetal do solo e a morfologia da vertente. A calha 1 (conjunto 3) sob a mata galeria apresentou o maior limiar (14 mm/diário) e as calhas 3 e 8 (conjunto 2), na rampa côncava coluvial revestida por um cerrado muito degradado, indicou os menores limites de 4 e 8mm/diário, respectivamente. As calhas 4, 5, 6 e 7 (conjunto 1), no setor de vertente convexa, apresentaram o limiar de 7 a 10mm/diário. Portanto, o segmento côncavo da vertente é o que apresentou o menor limiar de precipitação, para que se forme o escoamento pluvial e também onde ocorreu o maior volume de escoamento pluvial e a maior quantidade de material em suspensão.

Os canais de escoamento pluvial concentrado rompem os terraços em curvas de nível, expondo o solo e, conseqüentemente, levando à aceleração dos processos erosivos. Estes canais apresentam uma variabilidade espacial, principalmente nas partes com entalhe inferior a 30 cm de profundidade. As trilhas de gado também funcionam como canais de escoamento pluvial concentrado. Há, ainda, uma rede de outros canais menores e menos profundos, os quais divagam e se intercomunicam, ora para uma micro-bacia plu-

vial, ora para outra, demonstrando uma dinâmica morfogenética difusa originada pelo escoamento pluvial nas cabeceiras de drenagem. A densidade e as dimensões dos canais de escoamento difuso e concentrado exigem uma maior atenção no estudo de ravinhas e voçorocas, uma vez que indicam áreas mais susceptíveis e sujeitas à erosão num solo extremamente arenoso e fino. A partir deles haverá o início dos processos de ravinamento e voçoramento.

A voçoroca mapeada na área de amostragem situada numa bacia de recepção, recoberta por solo hidromórfico, o qual está sendo fendilhado e ravinado, sobreposto a uma camada argilo-siltosa do arenito da Formação Adamantina, é, na verdade, um exemplo representativo de muitas cabeceiras de drenagem do compartimento de relevo medianamente dissecado do Triângulo Mineiro. Estas áreas estão passando por um rápido processo de degradação e alteração hidrológica das vertentes, com tendências a ravinamentos e voçorocamentos, onde a ação do escoamento pluvial é indiscutível no processo de dinâmica e evolução destas paisagens.

A hidromorfia também está presente nos solos das média-encostas, quando há a laterita sobreposta a uma camada argilo-siltosa do arenito da Formação Adamantina. Com a expansão da agropecuária em toda a região do Triângulo Mineiro e conseqüente retirada do cerrado, estas áreas hidromórficas vêm sofrendo a perda da umidade em períodos relativamente curtos (seis anos como no caso demonstrado desta pesquisa) e se constituem em porções de baixa fragilidade aos processos erosivos. Estas amplas zonas de hidromorfia constituem bolsões de reserva d'água nas chapadas sedimentares do Triângulo Mineiro.

Na verdade, o nível de laterita e a camada argilo-siltosa do arenito Adamantina parece comandar a drenagem interna do

solo da vertente, propiciando o surgimento da montmorilonita em solos mal drenados, de influência mais incisiva da hidromorfia. A presença da caolinita indica os solos mais bem drenados. Estudos mais apurados focalizando as relações entre a hidromorfia, solos e erosão deverão ser implementados nestas áreas de chapadas no Triângulo Mineiro.

Em nossa pesquisa, o modelo baseado na calha GERLACH revelou-se como um instrumento útil e satisfatório para expressar o volume e a contribuição do escoamento pluvial nas áreas das Chapadas Sedimentares, bem como mostrou significativamente a quantidade de material em suspensão carregado pelo escoamento pluvial. Ficou comprovada, assim, a expressiva participação dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial na evolução de suas vertentes. As calhas mostraram-se eficientes, desde que foram ampliadas, conforme a figura 8, uma vez que o tamanho indicado por GERLACH (1967) e adotado por CRUZ (1982), não comportava o "input" da grande quantidade de água do escoamento pluvial durante as pancadas intensas de chuva e do material em suspensão.

O tempo de observação, apesar de curto, foi satisfatório, ao comprovar algumas hipóteses levantadas neste estudo. O ideal seria um período mais longo, abrangendo ainda mais a dinâmica climática e processual, propiciando uma integração e correlação mais efetiva dos dados.

Assim, ao operarmos num método de medidas e observações, numa escala temporal em dois anos e local - pontual numa área de amostragem ficou proporcionada a compreensão da morfo-dinâmica pluvial, ao estabelecermos certas conclusões. Estas, por sua vez, dependem das influências de outros parâmetros

não estudados e, por isso, ainda não totalmente definitivas. Num tempo mais longo, passaremos ao nível das experimentações, onde novas variáveis deverão ser pesquisadas e analisadas.

## 8. BIBLIOGRAFIA E MATERIAL CARTOGRÁFICO

### 8.1. Bibliografia

- AB'SABER, A.N. - 1968 - O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, A. de. Brasil, a terra e o homem. São Paulo, Ed. Nacional, 2a. ed., 624 p.
- . - 1969 - Um conceito de Geomorfologia a serviço de pesquisas sobre o Quaternário. Geomorfologia, São Paulo, IGEOG - USP (18):22 p.
- . - 1971 - Contribuição à Geomorfologia da área dos Cerrados. Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP: 97-103.
- ABREU, A.A. - 1983 - Análise Geomorfológica: Relevo e Aplicações (Uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do Planalto de Diamantina). Tese de Livre Docência apresentada na F.F.L.C.H. da USP.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1951 - A propósito dos relevos policíclicos na tectônica do escudo brasileiro. Bol. Paulista de Geografia, São Paulo (9):3-18, out.
- . - 1959 - Traços gerais da Geomorfologia do Centro-Oeste Brasileiro. In: ALMEIDA, F.F.M., de & LIMA, M.A. de. Planalto Centro-Occidental e Pantanal Matogrossense: Guia de Excursão nº 1, 18º Congresso Inter. de Geografia, Rio de Janeiro, Conc. Nac. de Geografia, 170 p.
- . - 1981 - Síntese sobre a tectônica da bacia do Paraná. In: Simpósio Regional de Geologia. (3):1-20.
- ALONSO, M.T.A. - 1977 - Vegetação e Geomorfologia do Brasil: Região Sudeste. Rio de Janeiro, SERGRAF - IBGE, Vol. 3: 91-118.
- ANGULO, R.J. - 1984 - Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. Rev. Bras. de Ciênc. do Solo. Campinas, SBSC. 1(8):5.
- ARAUJO NETO, M.D. de et Alii - 1986 - The murundus of the cerrado region of Central Brazil. Journal of Tropics Ecology. 2:17-35.

AZEVEDO, A. - 1968 - Brasil, a Terra e o Homem. As Bases Físicas. Rio de Janeiro, Comp. Ed. Nac.

BACCARO, C.A.D. - 1983 - Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar. São Paulo, Dissertação de Mestrado, USP (Datilografado).

———. - 1989 - Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. Sociedade e Natureza. Uberlândia, EDUFU. Ano 1, nº 4.

BARBOSA, O. - 1955 - Guia de Excursões. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, 1955, São Paulo, Soc. Brasil. de Geologia (noticiário 3):3-5.

BARBOSA, O. et Alii - 1970 - Geologia do Triângulo Mineiro, D.N.P.M., Rio de Janeiro, 136:140 p.

BARBOSA, G.V. - 1966 - O significado da estrutura geológica para o mapeamento geomorfológico de Minas Gerais. Bol. Mineira de Geografia, Belo Horizonte, 12(2):37-58, jul.

BARCHA, S.F. e ARID, F.M. - 1975 - Origem das cachoeiras da bacia do Alto Paraná. Rev. Brasil. de Geoc., São Paulo, 5(2): 120-135.

BERTALANFFY, V. de - 1933 - Moderns theories of development an introduction to theoretical iology. Londres, Oxford Univ. Press. 240 p.

BERTRAND, G. - 1968 - Paysage et Geographie physique globale. Rev. Geograph. des Pyrénées et du Sud - Ouest. Toulouse, 39(3):249-272.

———. - 1972 - Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. Cad. de Ciênc. da Terra, São Paulo, IGEOG-USP, nº 13, 27 p.

———. - 1978 - La Geographie physique contre nature? Hérodote, la Geographie et sa physique, 4º trim. nº 12:74-96.

BIOLAT, G. - 1977 - Marxismo e Meio Ambiente. Lisboa. Seara Nova. 188 p.

BOAVENTURA, R. - 1981 - Contribuição aos estudos sobre a evolução das veredas. Belo Horizonte, CETEC, 2º plano de desenvolvimento integrado no noroeste mineiro, Apêndice II-A.

BRYAN, R.B. - 1973 - Lab. Quim. del Terreno Conf. Pisa, 3-30.

- CAPRI, R. - 1916 - O município de Uberabinha. Minas Physico, Econômico, Administrativo e suas riquezas naturais e agrícolas. São Paulo, CAPRI, Andrade S.C. Editores.
- CARSON, M.A. and KIRKBY, M.J. - 1972 - Hillslope form and process. Cambridge, Univ. Press., 475 p.
- CASSETI, V. - 1983 - Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no Planalto de Goiânia - GO. Tese de Doutorado (Datilografado).
- CASSOL, E.A. et Alii - 1984 - Perdas de solo por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo laterítico Bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. Rev. Bras. de Ciênc. de solo. Campinas, S.B.C.S., 1(8).
- CATANEO, A. et Alii. - 1982 - Utilização da Metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. Rev. Bras. de Ciênc. de Solo. Campinas, S.B.C.S. 3 (6).
- CAVALINI, M.B. e SALAZAR PESSOA, V.L. - 1987 - O espaço rural do Triângulo Mineiro; principais transformações nas últimas décadas. (datilografado).
- CHORLEY, R.J. - 1962 - Geomorphology and general systems theory. U.S. Geology Survey. Prof. Paper (500-B):1-10.
- CHORLEY, R.J. and KENNEDY, B.A. - 1971 - Physical Geography. A systems approach. Prentice Hall int. Inc., London, 370 p.
- CHORLEY, R.J. - 1972 - Spatial analysis in Geomorphology. Harper & Row Pub, 393 p.
- CHORLEY, R.J. e HAGGETT, P. - 1975 - Modelos físicos e de informação em Geografia. São Paulo, EDUSP, 260 p.
- CHORLEY, R.J. - 1978 - The hillslope hidrology cycle. In: Hillslope hidrology, J.J. KIRBY, ed. J. Willy & Sons Chichester:1-42.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1971 - A teoria dos sistemas. Bol. de Geogr. Teorética, Rio Claro, 1(2):43-60.
- . - 1978 - Aspectos da análise sistêmica em geografia. Geografia. Assoc. Geogr. Teoret, Rio Claro, 3(6):1-31.

CHRISTOFOLETTI, A. - 1979 - Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo, EDUSP, 106 p.

\_\_\_\_\_. - 1981 - Geomorfologia fluvial. São Paulo. Ed. Blucher, Vol. 1:313 p.

COELHO NETO, A.L. - 1979 - O processo erosivo nas encostas do Maciço da Tijuca. R.J. - Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Inst. de Geoc. da UFRJ. (datilografado).

COOK, H.L. - 1946 - The infiltration approach to the calculation of surface runoff. Am. Geophys. Union. 27:726-743.

CRUZ, O. - 1982 - Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba - SP, Tese de Livre Docência. Deptº de Geografia da USP. (datilografado).

DE PLOEY, J. - 1973 - Reussellement diffus: ravinements et badlands dans le bassin de Kasserine (Tunisie Steppique-Tunis, Livre Jubilaire M. Solignac., Annales de mines et de la Geologie. (2):582-593.

DE PLOEY, J.; SAVAT, J. and MOEYERSONS, J. - 1975 - Runoff-creep of coarse debris: experimental data and some field conservations. Catena, Giessen, 2(3/4):275-288.

DE PLOEY, J. and SAVAT, J. - 1976 - The differential impact of some soil loss factors on flow, runoff creep and rainwash. Earth Surf. Proc. Ed. John Willy and Sons Ltda. 1:151-161.

DE PLOEY, J. and GABRIELS, D. - 1980 - Measuring soil loss and experimental studies. In M.J. KIRKBY and R.P.C. MORGAN, Soil erosion, edited by WILEY and Ltda.: 63-108.

DE PLOEY, J. and SAVAT, J. - 1982 - Sheetwash and rill development by surface flow. In R. BRYAN and A. YAIR, A, Badland Geomorphology and piping. England Geo-Books. Regency House.

DE PLOEY, J. - 1982 - Concerning factors of soil erosion, with special reference to tropical áreas. Latin American Regional Conference. Rio de Janeiro. IBGE:317-322.

DE PLOEY, J. - 1984 - Problèmes et perspectives concernant l'utilisation et la conservation des eaux et des sols. 25º Congress International de Geographic. Paris. Tome I.

DE PLOEY, J. and POESEN, J. - 1987 - Some reflection on modelling hill slope processes. Catena Supplement Giessen, 10:67-72.

- DERBYSHIRE, F. et Alii - 1979 - Geomorphological Process.  
England. Ed. Dawson Westview Press.
- DOMINGUES, E.N. - 1983 - Estudo de processos geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra do Cubatao, Serra do Mar - SP. Dissertação de Mestrado - USP. São Paulo
- DUBOS, R. - 1981 - Namorando a Terra, São Paulo, EDUSP.
- EMBRAPA - 1982 - Levantamento e avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Triângulo Mineiro. Bol. de Pesquisa. Rio de Janeiro, SNLCS-EMBRAPA, nº 1: 526 p.
- ENGELS, F. - 1978 - Dialética da Natureza. Lisboa. Ed. Presença, 340 p.
- EMMETT, W.W. - 1978 - Overlandflow. In M.J.KIRKBY, Hillslope hydrology. Ed. H. Wiley & Sons: 145-176.
- FREITAS, M.G. and SILVEIRA, C.O. da. Principais solos sob a vegetação dos cerrados e a sua aptidão agrícola. IV Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo, EDUSP: 155-191
- FÚLFARO, V.L. et Alii - 1980 - Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc. São Paulo, vol. 10. SBG.
- GERLACH, T. - 1967 - Hillslope throughs for measuring sediment movement, Révue Geom. Dyn. 4, 173 p.
- . - 1984 - Activité des processus morphogéniques actuels dans les milieux naturel et anthropisé dans les Carpates Polonaises du Flysch in Abstracts of papers, 25th International Geographical Congress. Paris. Tome I.
- GOVERS, G. - 1987(a) - A Regional Study of rill patterns in the flemish loam and sand region. Bulletin de la Soc. Belge d' études géographiques. Leuven, 1:75-90.
- . - 1987(b) - Spatial and temporal variability in rill development processes at the Hudenberg Experimental site. Giessen. Catena Supplement. 8:17-34.
- GRAZIANO NETO, F. - 1986 - Questão Agrária e Ecologia. São Paulo, Ed. Brasiliense.

- HACK, J.T. - 1960 - Interpretation of erosional topography in humid temperated regions. American Journal Science. 258A:80-97.
- HART, M.G. - 1986 - Geomorphology Pure and Applied. London. George Allen and Univ.
- HASUI, J. - 1969 - O Cretáceo no Oeste Mineiro. Bol. Socie. Bras. de Geol. 1(18):39-56.
- HEMPEL, C.G. - 1970 - Aspects of Scientific explanation. Collier - Mac Millan. Ltda., London, 504 p.
- HORTON, R.E. - 1945 - Erosional development of streansand their drainage basins. Bull. Geol. Soc. America, 56: 275-370.
- HOWARD, A.D. - 1965 - Geomorphological Systems: Equilibrium and Dinamics. American Journal of Science, 263(4):302-312.
- HUDSON, N.W. - 1961 - An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of sub-tropical rainfall. Proc. and Trans. Rhod Scient. Assoc. 49:15-25.
- KING, L.C. - 1956 - A Geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. Bras. Geogr. Rio de Janeiro, nº 18.
- KING, L.C. - 1962 - The Morphology of the Earth Edinburg and London, Oliver and Boyd. 699 p.
- KIRKBY, M.J. and CHORLEY, R.J. - 1967 - Through flow, overlant-flow an erosion. Inst. Assoc. Sc. Hydreology, 12:5-21.
- KIRKBY, J. - 1969 - Erosion by water on hillslopes, water, earth and man. London. Ed. Methuen.
- . - 1978 - Hillslope hydrology. John Willy & Sons, 389 p.
- KIRKBY, J. and MORGAN, R.P.C. - 1980 - The problem. In KIRKBY, J. and MORGAN, J., Soil erosion. Ed. J. Wiley and Sons: 1-16.
- KUHN, J.S. - 1970 - The structure of Scientific Revolutions, Chicago, The Univ. of Chicago Press.

- LAFLEN, J. and COLVIN, T. - 1981 - Effect of Canopy crop residue on soil loss from continuous row cropping. Transactions of the ASAE, 24, p.605-610.
- LEWROWICZ, A.G. - 1984 - Field simulation and measurement of erosion by overlandflow. Banks island, western Canadian Arctic. In 25 th International Geographical Congress, Abstracts of papers. Tome I.
- LOMBARDI, F.N. e BERTONI, J. - 1975 - Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Bol. Técnico, Campinas, Inst. Agrônômico, (1979)28:12p.
- LOMBARDI, F.N. et Alif - 1979 - Simulador de chuva e sua utilização em pesquisa de erosão do solo. Separata. Campinas. Inst. Agron. Vol. 31.81-98.
- MAGEE, B, - 1973 - As idéias de Popper. São Paulo, Ed. Cultrix. - EDUSP, 113 p.
- MARQUES, J.Q.A. e BERTONI, J. - 1975 - Metodologia para determinação de perdas de erosão. Circular, Campinas. Inst. Agron. 44:17 p.
- MONTEIRO, C.A.F. - 1978 - O conflito metodológico da Geografia atual: um apelo à Filosofia da Ciência (Teoria e clima urbano). Anais da Assoc. Geogr. Bras. 19:133-146.
- . - 1984 - Geografia & Ambiente. Rev. Orientação. São Paulo, IGEOG-USP, 5:19-28.
- MORGAN, R.P.C. - 1979 - Soil erosion, London, Longman, 111 p.
- MORGAN, R.P.C. and FINNEY, H.J. - 1984 - A predictive model for the assessment of soil erosion risk. Agric. Eng. Res., 30:245-253.
- MORGAN, R.P.C. - 1986 - Soil erosion and conservation. Ed. D.A. Ranidson Univ. of Strathcly, 269 p.
- MOYERSONS, J. - 1975 - An experimental study of plural process on granite gress. Giessen, Catena. (2):289-308.
- NIMER, E. - 1979 - Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, Vol. 4.
- NISHIYAMA, L. e BACCARO, C.A.D. - 1989 - Aproveitamento dos Recursos Minerais nas Regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba - uma agressão ao meio natural. Rev. Sociedade e Natureza. Uberlândia, EDUFU, Ano 1,nº 1:49-52.

- NISHIYAMA, L. 1989 - Geologia do Município de Uberlândia (MG) e áreas adjacentes. Rev. Sociedade e Natureza. Uberlândia, EDUFU, Ano 1, nº 1:9-16.
- NOVIKOFF, A. - 1973 - Mineralogia das argilas. Inst. de Geoc. da UFBA. Salvador. (mimeografado).
- OLIVEIRA, J.B. de e SILVA, J.R.C. - 1982 - Efeitos do manejo do solo na erosão do podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico e Planossolo Solódico da Microregião homogênea 68 do Ceará. Rev. Bras. de Cien. do solo, Campinas, 3(6):231-235.
- OLIVEIRA, L. de. - 1978 - Estudo metodológico e Cognitivo do mapa. Série Teses e Monografias, São Paulo, IGEOG - USP 32:128 p.
- PARSONS, A.J. - 1984 - The role of slope and sediment characteristics in the unitiation and development of rills. Abstracts of papers. Paris, 25º Congress Internat/ de Geographic, Tome I.
- PENTEADO, ORELLANA, M.M. - 1980 - Microrrelevos associados a termitas no cerrado. Not. Geomorfológica, Campinas, 20 (39-40):61-72.
- . - 1981 - A Geomorfologia no contexto social. Geografia e Planejamento, São Paulo, IGEOG - USP, 34:26 p.
- PEZZUTI, P. - 1922 - Município de Uberabinha. História, Administração, Finanças, Economia. Oficinas Uberabinha. Livraria Kosmos.
- POPOLIZIO, E. - 1983 - Teoria General de sistemas aplicada a la Geomorfologia. Geociências, Argentina, 11 (XI).
- QUEIROZ NETO, J.P. e CHRISTOFOLETTI, A. - 1963 - Ação do escoamento superficial das águas pluviais na serra de Santana (Estado de São Paulo). Bol. Paul. de Geogr., São Paulo, 45:59.71.
- RADAM BRASIL - 1983 - Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, Folha SE, 22. Goiânia, vol. 31.
- REZENDE, M. - 1976 - Mineralogy, Chemistry, Morphology and Geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. Tese de Doutorado, Pardue University, 238 p.

- ROOSE, E. - 1977 - Erosion et ruissellement em Afrique de l'Ouest vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Trav. et docum. l'ORSTON, Paris, 78:108 p.
- RUDIO, E.V. - 1978 - Introdução ao projeto de pesquisa científica. Petrópolis, Ed. Vozes, 121 p.
- RUELLAN, F. - 1953 - Le rôle des nappes d'eau pluviale ruissellement dans modelé du Bresil. Paris, École Pratique des Hautes Etudes, 46 p.
- SALA, M. - 1982 - Some measurements of present day erosion processes in the Upper. Tordera Basin Catlan Ranges, NE Spain. V Meeting of IGU. Comission on field experiments in Geomorphology. Rio de Janeiro.
- SALAZAR PESSÔA, V.L. - 1982 - Características da modernização da agricultura e do desenvolvimento rural em Uberlândia. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, 115 p. (Datilografado).
- SCHULTZ, L.A. - 1983 - Métodos de Conservação do solo. Porto Alegre, Ed. Sagra.
- SEILER, W. - 1982 - Measurements of soil erosion on test plots and on arable land in the Swiss. Jura. V Meeting of IGU Comission on field experiments in Geomorphology, Rio de Janeiro.
- SELIVERSTOV, Y.P. - 1984 - Humids tropics anthropogenization and change of erosional processes. Abstracts of papers, 259 Congress International de Geographie. Paris, Tome I.
- SIEGLER, I.A. - 1981 - A fauna urbana de Uberlândia, MG, com destaque a avifauna: um estudo de biografia ecológica. Dissertação de mestrado, Rio Claro, UNESP, (Datilografado). 185 p.
- SOTCHAVA, V.B. - 1977 - O estudo de Geossistema. Metodologia em questão. São Paulo, IGEOG - USP. 16:51 p.
- STRAHLER, A.N. - 1950 - Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency. Distrib. Analy. American Journal of Science. 248(10):673-696 e 248(11):800-814.
- SUGUIO, K. - 1973 - Introdução à sedimentologia. São Paulo, São Paulo, EDUSP, 317 p.

- THORNES, J.B. and BRUNSDEN, D. - 1977 - Geomorphology and time. Methuen and Co. Ltda., 208 p.
- TRICART, J. - 1965 - Principes et méthodes de la Geomorphologie, Paris, Masson, 496 p.
- . - 1977 - Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, 97 p.
- VILLORO, A. - 1980 - Que é, e qual a aplicação do método científico? In M. BUNGUE, Epistemologia. São Paulo, EDUSP, 19-350.
- WAIBEL, L. - 1979 - Capítulos de Geografia Tropical e do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE. 2a. ed., 328 p.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. - 1962 - Soil loss estimations as a tool in soil and water management planning. Int. Assoc. Scient. Hydrol. Pub. 59:148-159,
- WISCHMEIER, W.H. and JOHNSON, C. - 1971 - A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil water cons. 26:189-193.
- YAIR, A. - 1972 - Observations sur les effects d'un reuissellement dirigé selon la pente des interfluves dans une région semi-aride. D'Israel. Rev. de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, Paris, vol. XIV, nº 2, Fasc. 5:537-548.
- YOUNG, A. - 1972 - Slopes. Edimburg, Clayt - Oliver and Boyd. 288 p.
- . - 1974 - Slopes development. London. Macmillan. Education, 35 p.

## 8.2. Material Cartográfico

- IBGE - 1976 - Carta topográfica de Uberlândia (MG). Folha SE - 22 - Z-B.- VI, 1/100.000.
- . - 1970 - Carta topográfica de Miraporanga (MG). Folha SE-22-Z-D-III, 1/100.000
- . - 1970 - Carta topográfica do Prata (MG). Folha SE - 22-D-II, 1/100.000

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO - 1984 - Carta topográfica do Ribeirão  
Panga - Folhas SE-22-Z-D-III-150 e MI-2488/1-50, 1/25.000.

RADAM BRASIL - 1983 - Folha de Goiânia, SE-22, 1/1.000.000.

A digitalização deste documento foi possível graças ao investimento do Programa de Pós-graduação em Geografia Humana (PPGH-FFLCH-USP) e realizada com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Essa ação integra as atividades de comemoração dos 50 anos do PPGH no ano de 2021. Para mais informações sobre o PPGH e sua história, visite a página do programa: <http://ppgh.ffeilch.usp.br/>.

