

Simpósio Regional de Geologia (1. : 1977 : São
Paulo)
Atas, e.2

SOC

LOGIA

NÚCLEO DE SÃO PAULO

ATAS DO I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL



SÃO PAULO, SP — SETEMBRO DE 1977

DOIS EXEMPLOS DE CONDICIONAMENTOS ESTRUTURAIS DE ESCORREGAMENTOS
EM MACIÇOS DE VERTENTES ATLÂNTICAS, ESTADOS DE SÃO PAULO E CEARÁ

Waldir Lopes Ponçano (1), Carlos Alberto Bistrichi (1), Dirceu Pagotto Stein (1), Vicente José Fúlfaro (2)

ABSTRACT

Studies concerning landslides that occurred in Caraguatatuba (1967) and Maranguape (1974) neighbourhoods revealed a relationship between these soil movements and the structures of underlying rocks. In the first case such relationship has been established in a regional level and showed landslides to occur more frequently in a zone of crossing of important faults. In the case of Maranguape it's been shown that the frequency of landslides was related to the distribution of joint systems and its relationship with slopes attitudes. Similar criteria have been used sucessfully to indicate potencial new areas for landslides occurrence.

RESUMO

Estudos a respeito da distribuição e características de escorregamentos ocorridos em Caraguatatuba (1967) e Maranguape (1974) mostraram um papel importante exercido pelas estruturas dos maciços rochosos. Em nível regional, verificou-se que em Caraguatatuba os escorregamentos tiveram máxima expressão em área no entorno de uma zona de encontro de grandes falhas. Em caráter local, verificou-se no caso de Maranguape, que a maior frequência dos escorregamentos estava associada à relação dos diversos sistemas de juntas do maciço rochoso, com as atitudes dos planos de encostas. Estes critérios foram usados com sucesso na previsão de novas áreas de escorregamentos.

INTRODUÇÃO

No Brasil, os estudos relacionados a escorregamentos têm-se desenvolvido quase sempre no sentido de estabelecer relações

(1) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT.

(2) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

causais com fatores mais diretamente ligados à ocorrência desses fenômenos, especialmente a pluviosidade e o gradiente de encostas. Estão nessa linha de pesquisa os trabalhos de PICHLER (1957), JONES (1973), SOARES ET. AL. (1975), GUICINI E IWASA (1976) dentre outros. As possíveis relações entre os escorregamentos e as características estruturais dos maciços em que ocorrem, não têm merecido senão excepcionalmente tratamento sistemático (PONÇANO ET. AL., 1976), uma vez que não aparecem flagrantemente ligadas a esses processos de movimentação de solos.

Neste trabalho, mostram-se dois exemplos onde é feita a correlação entre o condicionamento estrutural e os escorregamentos havidos em Caraguatatuba (1967), e Maranguape (1974), a partir de levantamentos sistemáticos. No primeiro exemplo é realizada uma abordagem em nível regional, enquanto no segundo, esta tem caráter local (Figura 1).

1º EXEMPLO: LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Na porção do litoral norte do Estado de São Paulo compreendida entre São Sebastião e a divisa com o Estado do Rio de Janeiro, estão presentes rochas granulíticas (charnoquitos, leptitos e leptinitos) referidas ao Maciço Mediano de Joinville, e rochas migmatíticas e granitos associados do Grupo Açungui pertencentes à Região de Dobramentos Sudeste (ALMEIDA ET. AL., 1976). Durante os eventos de reativação da Plataforma Sulamericana, toda essa área foi afetada por magmatismo básico, ultrabásico, intermediário e alcalino.

Os falhamentos transcorrentes de direção ENE e NE ativos no Ciclo Brasileiro, desenvolveram extensas zonas de rochas cataclásticas que atingem por vezes centenas de metros de espessura; as falhas gravitacionais desenvolvidas durante o Mesozóico e Terciário reativaram as antigas linhas pré-cambrianas, além de desenvolverem outras, preferencialmente a NW (PIRES NETO E MELO, 1977). Dessa forma, desenvolveram-se largas faixas fraturadas ao longo de todo o maciço (Figura 2).

A distribuição das estruturas herdadas desses dois eventos tectônicos é bastante diferente nas porções nordeste e sudoeste da área estudada. A nordeste, as estruturas se estendem subparallelamente umas às outras, enquanto que a sudoeste há um encontro das principais linhas de falhas. Neste último setor as falhas de Caraguatatuba, dos Quinhentos Réis e Ribeirão do Ouro encontram

a Falha do Camburu, formando uma meia pluma voltada para norte (Figuras 2 e 3).

Esse encontro é o principal fator geológico que explica uma maior concentração de juntas no local, tornando possível um maior desenvolvimento do manto de intemperismo. A associação da concentração de sistemas de juntas, maior intensidade de fraturamento e a consequente maior espessura do manto de alteração, criou aí maiores condições de instabilidade de encostas que no restante da área.

É justamente nessa porção do maciço que se concentrou a quase totalidade dos escorregamentos ocorridos em 1967, embora as condições morfológicas, pluviométricas e de ocupação humana, entre outras, sejam bastante semelhantes em toda a faixa litorânea aqui tratada.

A zona de falha do Camburu é praticamente o limite sul dos escorregamentos. A sul dessa zona não há evidências de grandes movimentos de massa, bem como fora da área de influência da região de encontro das linhas de falha.

Parece claro que a compartimentação estrutural especial do maciço a sudoeste da área em foco, é um fator predisponente importante para os escorregamentos.

Cumprе notar ainda que no registro sedimentar da planície de Caraguatatuba foram identificadas evidências de pelo menos mais três ciclos de escorregamentos bem marcados (FÚLFARO ET. AL., 1976). Isto mostra que o setor afetado pelos escorregamentos de 1967, sempre esteve sujeito a grandes movimentos de massa no final do Quaternário.

2º EXEMPLO: MARANGUAPE - CEARÁ

A região de Maranguape situa-se a sudoeste de Fortaleza. É constituída por migmatitos e rochas granitóides associadas, encaxados em gnaisses e xistos. Essas rochas integram a Região de Dobramentos Nordeste Oriental, mais precisamente a Faixa de Dobramentos Jaguaribeaná, do Ciclo Brasileiro (BRITO NEVES, 1975). Essas rochas são cortadas por diques de rochas básicas referidas à Reativação Wealdeniana (Figura 4).

A Serra de Maranguape, formada por um granitóide, eleva-se a altitudes de 800-900 metros, constituindo relevo residual de um antigo planalto. Restos de planalto similares estão situados em meio a um extenso peneplano que se instalou em rochas de me

nor resistência, principalmente gnaisses e xistos.

Pode-se considerar o maciço granitóide de Maranguape, litológica e estruturalmente, como um compartimento homogêneo. As principais descontinuidades do maciço são apenas relacionadas aos sistemas de juntas e à foliação que possui nas bordas. A frequência e a distribuição dessas estruturas são semelhantes em todo o maciço (Figura 5).

A evolução geomorfológica da Serra de Maranguape está presa a um esquema bem definido. A partir da superfície mais elevada, fortemente dissecada, alongam-se cristas elevadas que individualizam amplos anfiteatros. Estes por sua vez, são subdivididos em circos de erosão menores através de interflúvios de menor expressão. As drenagens que descem a serra se organizam a partir dos anfiteatros e circos de erosão menores, sendo seu traçado condicionado às principais direções estruturais (Figura 6).

A evolução das encostas e sua relação com o modelado do relevo podem ser vistas na Figura 7. Nesse perfil esquemático, pode-se observar em primeiro lugar os interflúvios principais, que correspondem a restos de superfícies aplainadas. A seguir tem-se as bordas do planalto e as escarpas principais, onde predominam movimentos do tipo queda de blocos, com forte componente gravitacional.

Depois vem a porção da meia encosta, que pode ser subdividida em dois setores: superior e inferior. O superior, mais íngreme, de superfície convexa, contém grande quantidade de matacões, dominando aí também movimentos por gravidade. No setor inferior da meia encosta a superfície é côncavo-convexa e mais suave que a porção anterior. Neste setor há grande acúmulo de detritos e a movimentação do material é preferencialmente do tipo plástico, sendo ainda comuns os fenômenos de rastejo, solapamento de margens e entalhes.

A seguir, já no sopé da encosta, está localizada a porção mais estável, onde predominam os depósitos de piemonte e cones de dejeção, desenvolvidos principalmente às expensas de talus escorregados.

Este esboço é esquemático, sendo possível a ocorrência de outros tipos de movimentação de solos em cada porção de encosta. Assim, deslocamentos de massa por solapamento de base podem ocorrer em qualquer nível das encostas, bem como a ocorrência de

queda de blocos não é restrita às maiores altitudes, dependendo de situações morfológicas locais.

A influência das descontinuidades do maciço nos escorregamentos será mostrada a partir desse esquema de evolução.

A cidade de Maranguape fica no sopé de um amplo anfiteatro. A porção norte desse anfiteatro foi pouco atingida pelos escorregamentos em 1974 e mesmo assim os que aí ocorreram foram de pequeno porte. Já o setor voltado para a cidade de Maranguape foi duramente atingido. Verificou-se ademais que os solos da porção norte eram menos desenvolvidos que a sul. Os escorregamentos mais possantes ocorreram nas encostas 1 e 3 da Figura 6.

Foi então executado o levantamento sistemático de juntas nas cabeceiras dos riachos, onde ocorreram os escorregamentos. Esses dados foram tratados em diagrama tipo Schmidt-Lambert, de onde se extraíram as atitudes dos principais sistemas de juntas. A seguir foram obtidos os planos das encostas, diretamente de plantas topográficas. Esses planos foram medidos na porção da encosta sujeita a movimentos do tipo queda de blocos.

Desse procedimento resultaram as Figuras de 8 a 13, nas quais está mostrada a comparação entre os principais sistemas de juntas e os correspondentes planos de encostas. Dois aspectos importantes resultaram dessa comparação: uma relação direta com movimentos em que a superfície de ruptura é em rocha e uma relação indireta, em que o fraturamento do maciço permitiu uma maior concentração de clásticos e consequente formação de solos mais espessos, aumentando a instabilidade do local.

As condições mais favoráveis à ocorrência de escorregamentos com ruptura na própria rocha, fornecidas pela comparação dos diagramas foram aquelas em que:

- a. - as juntas formavam cunhas com mergulhos favoráveis ao caimento da encosta;
- b. - as direções dos planos de juntas eram semelhantes à direção do plano da encosta.

Na prática verificou-se que quando ocorriam estas situações, além dos escorregamentos terem a parte superior da superfície de ruptura na própria rocha, eles eram também os mais possantes.

As condições de maior estabilidade das encostas, isto é, as condições mais desfavoráveis à ocorrência de escorregamentos, eram aquelas em que as cunhas formadas pelos sistemas de juntas

mergulhavam para o interior do maciço, e aquelas em que as direções dos planos de juntas eram completamente diferentes às das encostas. Sob estas condições os escorregamentos que ocorreram foram de pequeno porte, e sempre apresentaram superfície de ruptura restrita à massa de solo.

A partir destes resultados foram assinaladas as encostas potencialmente sujeitas a novos escorregamentos na área, tendo sido marcadas como áreas mais instáveis aquelas que já haviam escorregado em 1974.

Esta hipótese de trabalho foi confirmada pelos escorregamentos que ocorreram durante novo período de chuvas intensas em abril de 1976, os quais afetaram as encostas atingidas anteriormente.

Vale ainda considerar que essa mesma metodologia foi aplicada com sucesso em um trecho da Serra do Mar, na Rodovia dos Imigrantes. A área aí estudada foi localmente considerada homogênea do ponto de vista estrutural, tendo sido assinalados os locais de possíveis escorregamentos. As áreas potencialmente instáveis escorregaram no início de 1976.

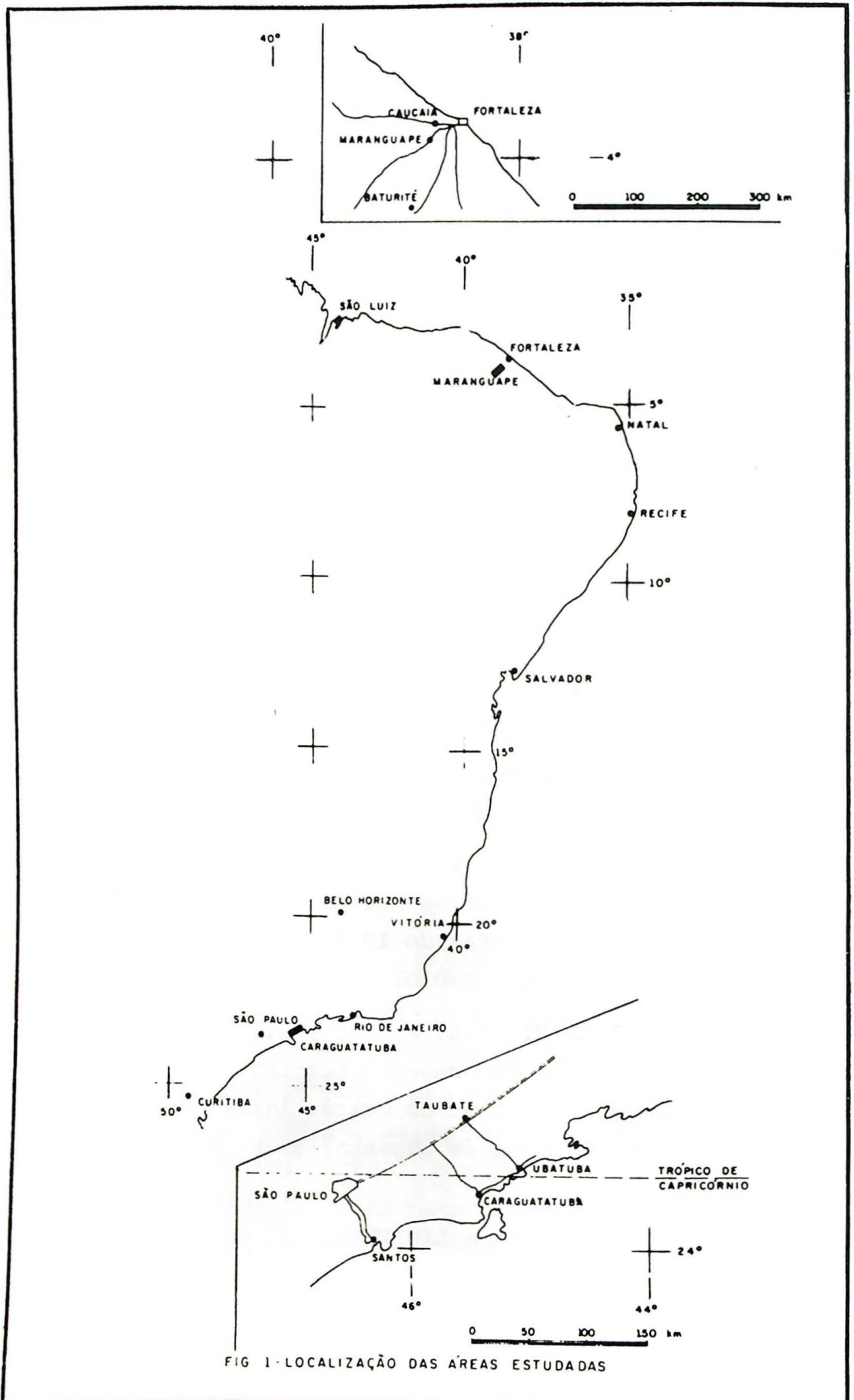
CONCLUSÕES

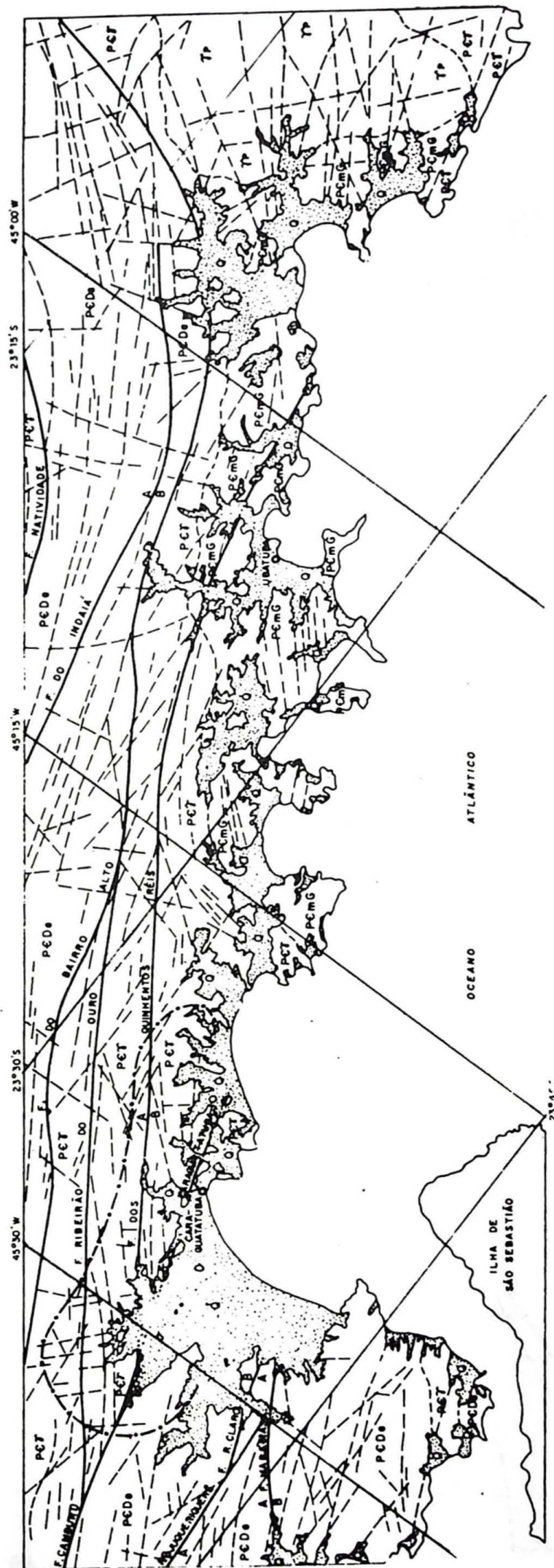
Procurou-se mostrar que ao lado das causas mais diretas que desencadeiam escorregamentos, tais como chuvas e declividade de encostas, causas indiretas como as estruturas do maciço rochoso também constituem um fator predisponente importante, sendo que sua análise pode indicar áreas mais e menos estáveis em relação a movimentos de massa.

As estruturas podem atuar tanto em nível regional como em nível local. Regionalmente, deve-se lembrar o papel importante que representam as zonas de fraturamento intenso, associadas a situações especiais de distribuição de falhas. Localmente, pode-se considerar que numa porção de maciço estruturalmente homogênea, o modo de fraturamento tem relevante importância na distribuição de depósitos de encosta e, conseqüentemente, na intensidade de ocorrência e no tipo de superfície de ruptura dos escorregamentos.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de, HASUI, Y. e BRITO NEVES, B.B. - 1976 - The upper Precambrian of South America. I.G. da USP, Bol. 7 (1): 45-80, São Paulo.
- BRITO NEVES, B.B. - 1975 - Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano nordestino. Tese. Inst. Geoc., Univ. de São Paulo, inédito.
- FÜLFARO, V.J., PONÇANO, W.L., BISTRICHI, C.A. e STEIN, D.P. - 1976 - Escorregamentos de Caraguatatuba, expressão atual e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, V. 2: 341-350, Rio de Janeiro.
- GUIDICINI, G. e IWASA, O.Y. - 1976 - Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A, Publ. 1080, 47 p, São Paulo.
- JONES, F.O. - 1973 - Landlides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras escarpment, Brazil. U.S. Government Office Geological Professional Paper 697, 42 p, Washington.
- PICHLER, E. - 1957 - Aspectos geológicos dos escorregamentos de Santos, Soc. Bras. de Geol., Bol. 6 (2): 69-77, São Paulo.
- PIRES NETO, A.G. e MELO, M.S. - 1977 - Esboço geológico da província costeira entre as serras de Juqueriquerê e do Parati, Estado de São Paulo. Atas do 1º Simpósio de Geologia Regional, neste volume, São Paulo.
- PONÇANO, W.L., PRANDINI, F.L. e STEIN, D.P. - 1976 - Condições geológicas e de ocupação territorial nos escorregamentos de Maranguape, Estado do Ceará. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, V. 2: 323-339, Rio de Janeiro.
- SOARES, L., GUIDICINI, G. e LIMAVERDE, J. de A. - 1976 - Considerações sobre os movimentos de massa ocorridos na Serra de Maranguape. Instituto de Pesquisas Tecnológicas S/A, Publ. 1073, 9 p., São Paulo.





QUATERNÁRIO

○ SEDIMENTOS CONTINENTAIS E MARINHOS

ORDOVICIANO-CAMBRIANO

Tp GRANITO PÓS-TECTÔNICO DE PARATI

PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR

PCDs MISMATITOS HOMOGÊNEOS ESTROMATÍTICO

PCT GRANITO SINTECTÔNICO PARA-AUTOCTONE

PRÉ-CAMBRIANO MÉDIO

PCmG ROCHAS GRANULÍTICAS
CHARNOKITOS, LEPTITOS E LEPTINITOS

CONTATO GEOLÓGICO, TRACÉJADO QUANDO IMPRECISO

FALHA TRANSCORRENTE, ENCOBERTA ONDE PONTILHADA

A FALHA NORMAL, ENCOBERTA ONDE PONTILHADA
B MOVIMENTO RELATIVO A SUBIU, B DESCEU

LINEAMENTO FOTOGEOLÓGICO CONSPÍCUO,
CORRESPONDENTE A FALHA OU FRATURA

LIMITE DA ÁREA AFETADA
PELOS ESCORREGAMENTOS DE 1967

0 2 4 6 8 10 km

FIG. 2

ESBOÇO GEOLÓGICO DE PARTE DA PROVÍNCIA COSTEIRA
DO ESTADO DE SÃO PAULO (MODIFICADO)

(PIRES NETO E MELO, 1977 - 19 SIMPÓSIO DE GEOLÓGIA
REGIONAL - 236 - NÚCLEO DE SÃO PAULO)

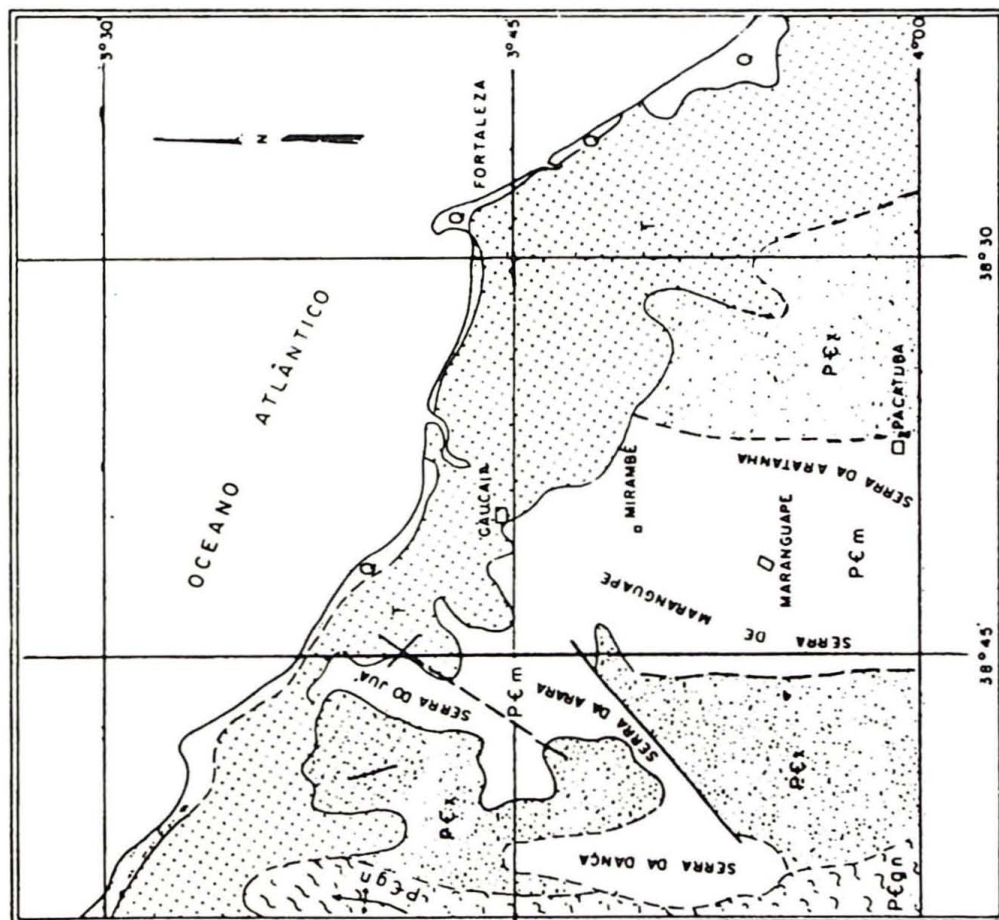
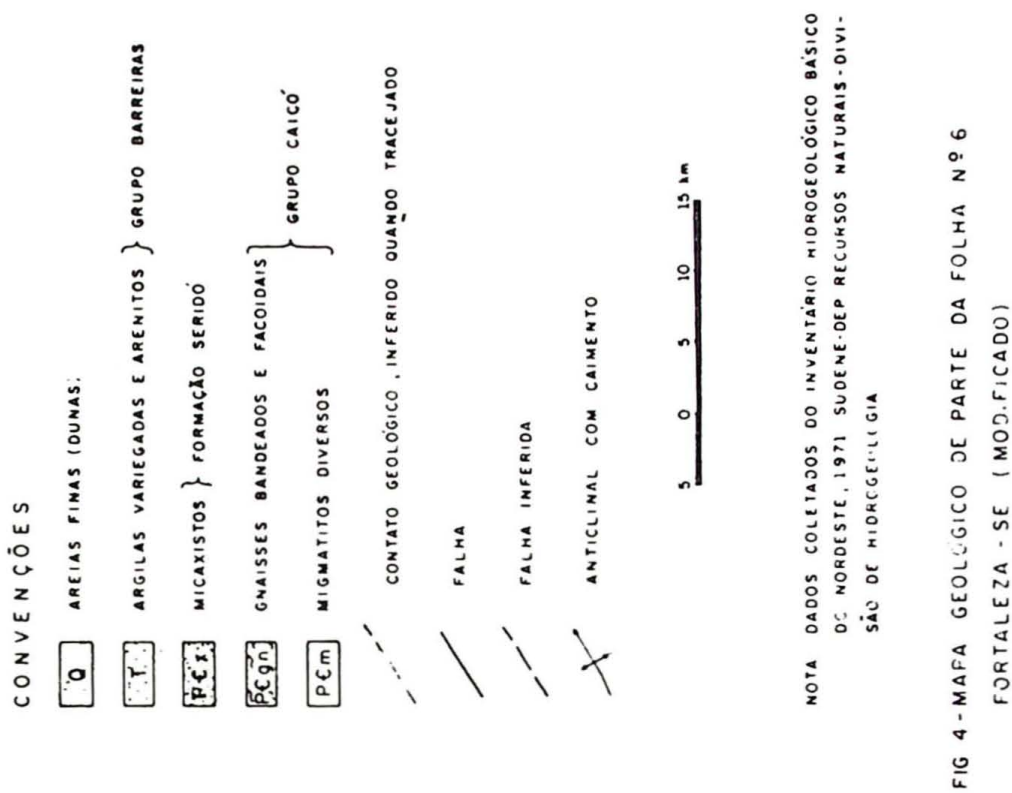
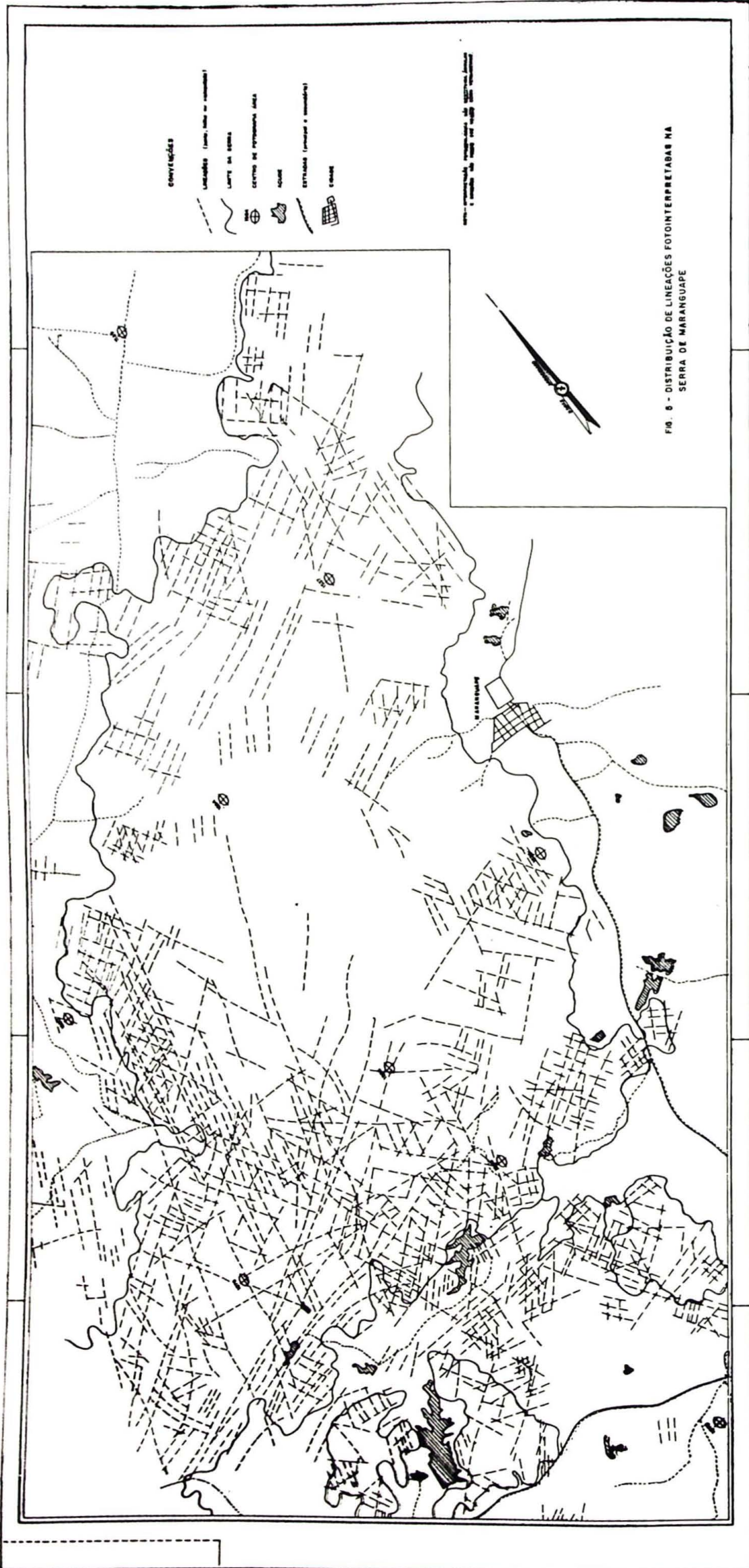
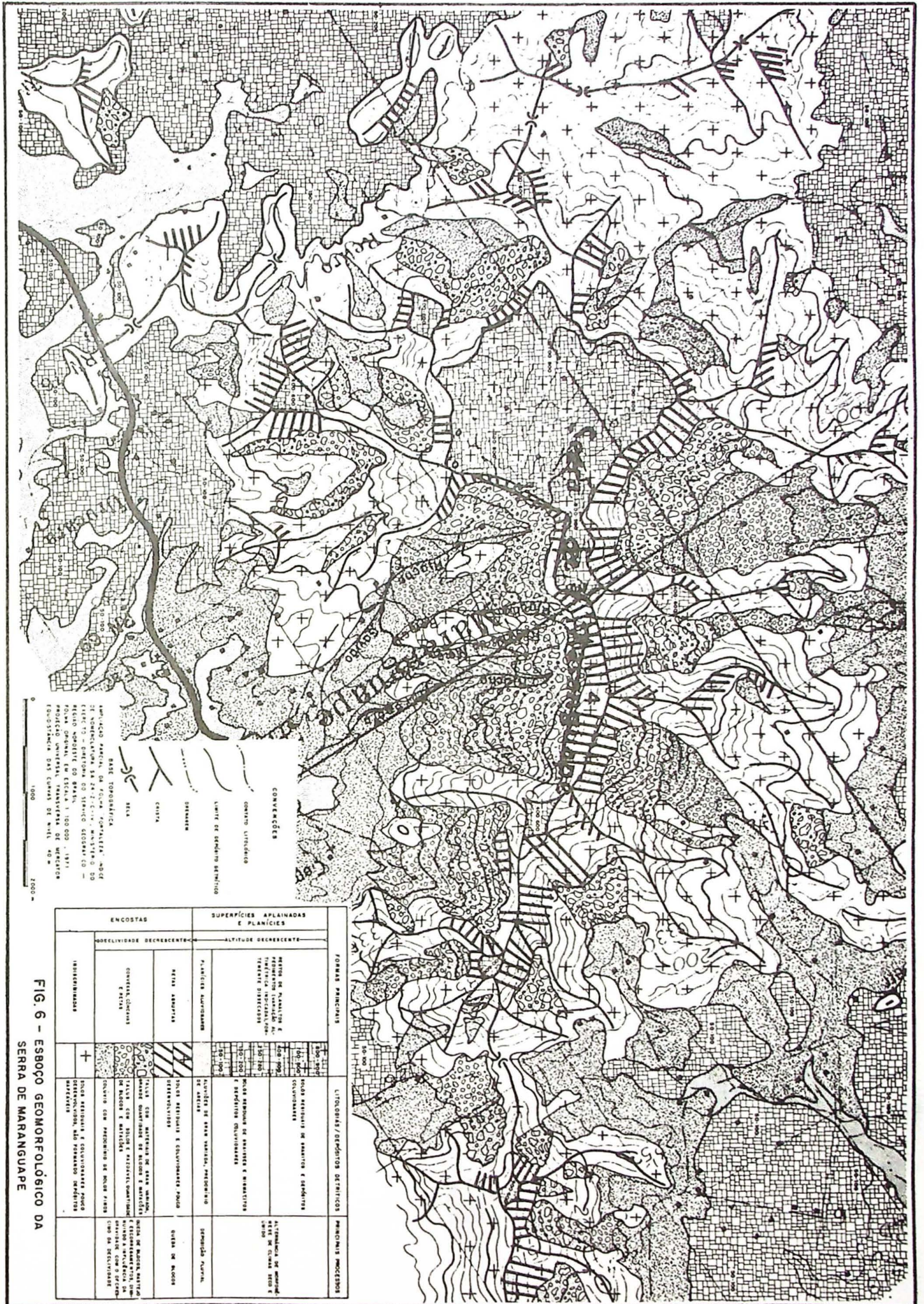
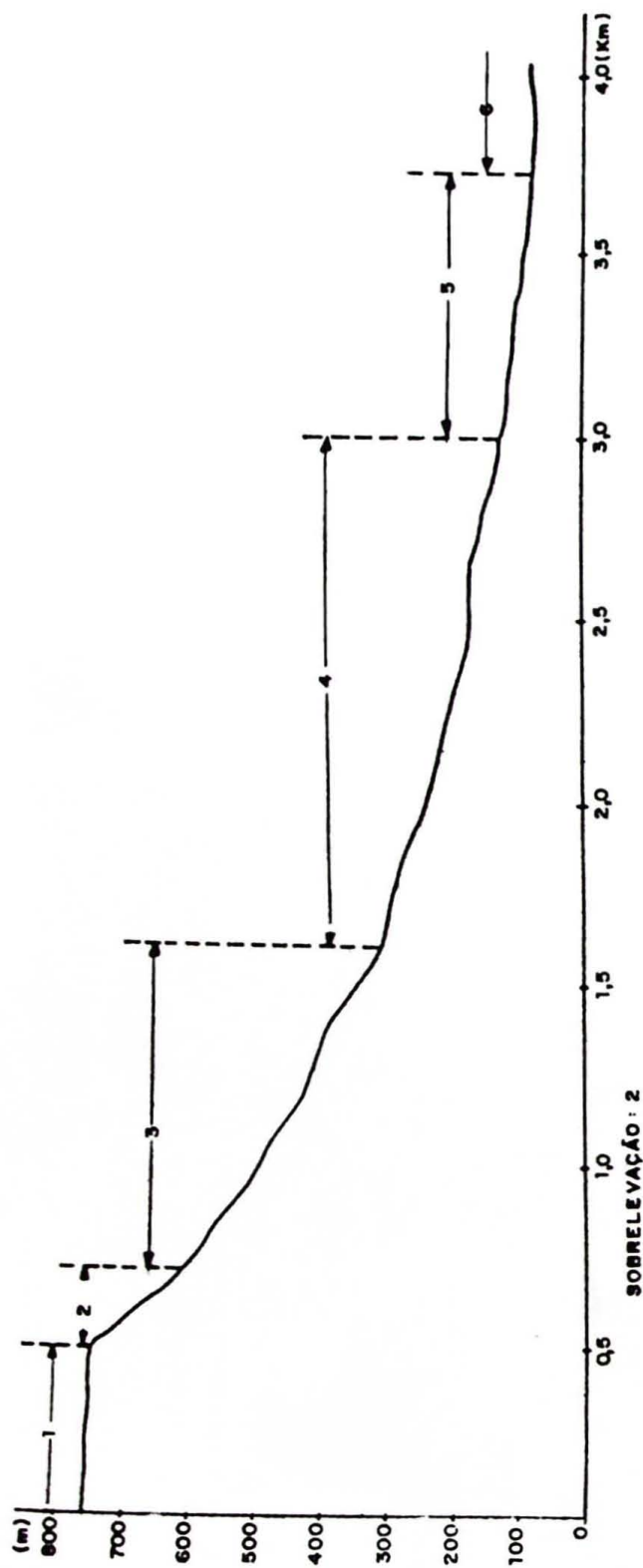


FIG 4 - MAPA GEOLÓGICO DE PARTE DA FOLHA Nº 6
FORTALEZA - SE (MODIFICADO)







UNIDADE DA VERTENTE	PROCESSO GEOMÓRFICO DOMINANTE
1. Interflúvio (planalto fortemente dissecado)	Intemperismo químico e físico; processos eluvionares e coluvionares.
2. Escarpa reta abrupta; frequentemente com racha aflorante	Queda de blocos; destaque de partes do maciço controlado por descontinuidades estruturais.
3. Talus de superfície reta a convexa, abrupta.	Queda de blocos; escorregamentos a forte componente de gravidade
4. Talus de superfície concavo a convexa.	Acumulação de detritos de várias granulometrias sujeitos a forte intemperismo químico. Escorregamentos de escoamento plástico; rastejo; entalhe do material coluvionar; solapamento de margens e quedas de blocos locais.
5. Depósito coluvionar de superfície convexa.	Acumulação de detritos em condições estáveis. Entalhe fluvial do material coluvionar; solapamento de margens e quedas de blocos locais.
6. Complexo alúvio - coluvionar de piemonte.	Acumulação estável de detritos coluvionares; retrabalhamento fluvial; solapamento de margens.

FIG. 7 - PERFIL ESQUEMÁTICO DA DISTRIBUIÇÃO DE DEPÓSITOS E PROCESSOS ASSOCIADOS.
SERRA DE MARANGUAPE (CE)

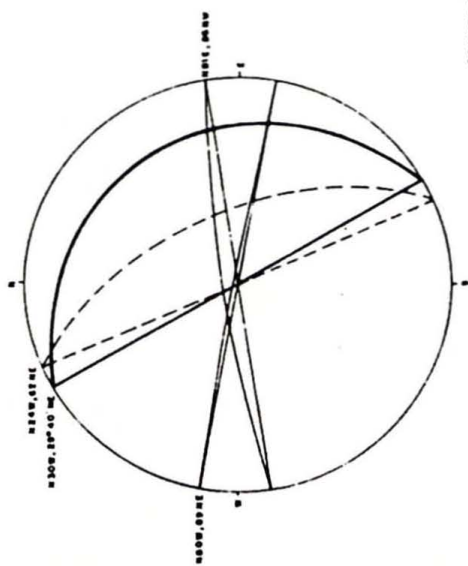


FIG 8 - ENCOSTA Nº 1 - DIAGRAMA DAS FRATURAS DA REGIÃO DO RIACHO CAVIÃO

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO

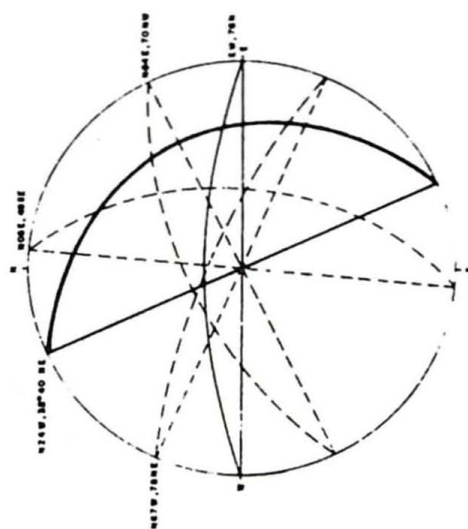


FIG 10 - ENCOSTA Nº 3 - DIAGRAMA DAS FRATURAS DA REGIÃO DO RIACHO DO MEIO

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO

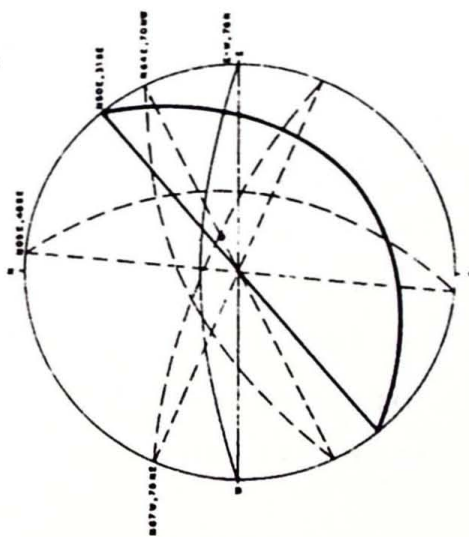


FIG 9 - ENCOSTA Nº 2 - DIAGRAMA DAS FRATURAS DA REGIÃO DO RIACHO DO MEIO

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO

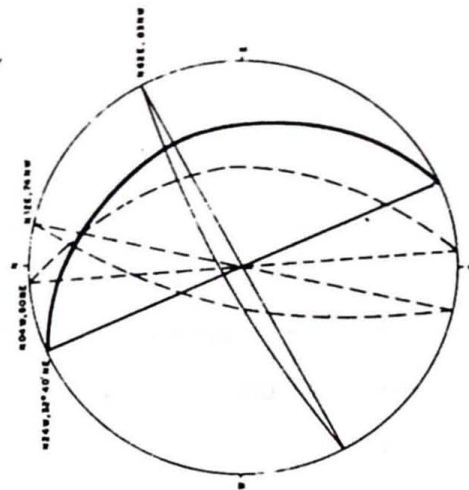


FIG 11 - ENCOSTA Nº 3 - DIAGRAMA DAS FRATURAS DA REGIÃO DO RIACHO PIRAPORA

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO

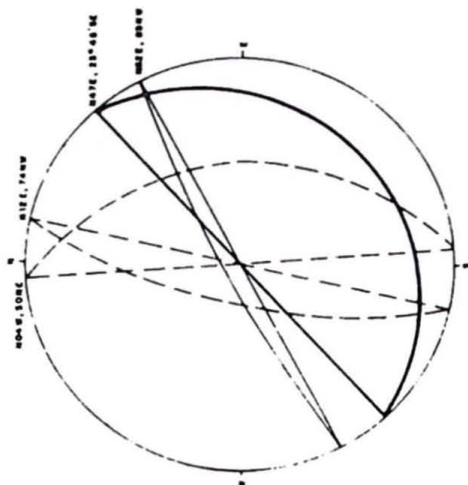


FIG 12 - ENCOSTA Nº 4 - DIAGRAMA DAS FRATURAS DA REGIÃO DO RIACHO PIRAPORA

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO

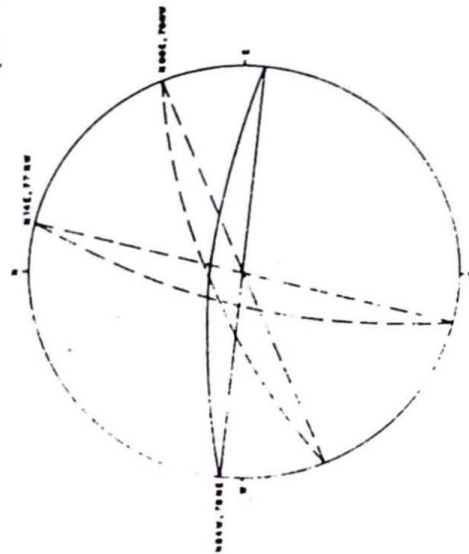


FIG 13 - DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE TODAS AS FRATURAS MÉDIAS

CONVENÇÃO
 PLANO DA ENCOSTA
 PLANO PRINCIPAL DE
 FRATURAMENTO
 PLANO SECUNDÁRIO DE
 FRATURAMENTO