

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFLCH - DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

EVOLUÇÃO E DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA DAS VERTENTES NA ÁREA
DA ESCARPA ENTRE TAQUARA E SÃO FRANCISCO DE PAULA - RS
ESTUDO EXPERIMENTAL DOS MOVIMENTOS COLETIVOS DE SOLO
E ROCHA INTEMPERIZADA POR RASTEJO

NEIDA MARIA DOS SANTOS PACHECO

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia
sob orientação do Prof. Dr. Adilson Avansi de Abreu

São Paulo, outubro de 1991

Ao meu marido, Carlos Ronei
e a nossa filha Clarice,
pela dedicação e pelo estímulo
na conquista do ideal
que acalentamos

"O método experimental mede o abismo que separa o especulativo do científico. O número de aspectos de um fato, ou seja, suas variáveis, é tal, que uma sólida afirmação sobre suas concomitâncias só se torna possível no término de longas e sérias verificações".

Paul Fraisse

SUMÁRIO

Lista de Figuras	vi
PREFÁCIO	x
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DA ÁREA DE ESTUDO	2
1.2 O OBJETO DA INVESTIGAÇÃO	13
1.3 O SIGNIFICADO DO RASTEJO NO DESLOCAMENTO DOS MATERIAIS NAS VERTENTES	15
1.4 ESPECIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS	25
1.5 QUESTÕES METODOLÓGICAS	27
1.6 DESCRIÇÃO DA TÉCNICA UTILIZADA NO ESTUDO EXPERIMENTAL DO RASTEJO	32
1.7 RESTRIÇÕES QUANTO À TÉCNICA EMPREGADA	45
2 ASPECTOS DA EVOLUÇÃO MORFOGENÉTICA DA ÁREA ESCARPADA ..	47
2.1 O PLANALTO MERIDIONAL BRASILEIRO NO RIO GRANDE DO SUL .	48
2.2 O VULCANISMO E A TECTÔNICA COMO AGENTES ENDÓGENOS RESPONSÁVEIS PELA GÊNESE DA ESCARPA	50
2.3 AS CONDIÇÕES PALEOCLIMÁTICAS COMO AGENTES EXÓGENOS RESPONSÁVEIS PELA EVOLUÇÃO DA ESCARPA	58

3	A COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA ATUAL	65
3.1	O COMPARTIMENTO DA ESCARPA	66
3.2	O COMPARTIMENTO DAS COLINAS E DOS MORROS-TESTEMUNHOS ..	69
3.3	O COMPARTIMENTO DAS PLANÍCIES ALUVIAIS	70
4	OS MOVIMENTOS COLETIVOS DE SOLO E ROCHA INTEMPERIZADA E A MORFODINÂMICA DAS VERTENTES	73
4.1	CARACTERÍSTICAS DA PLUVIOSIDADE NA ÁREA DA ESCARPA	75
4.2	TAXAS DE DESLOCAMENTO, POR RASTEJO, DOS MATERIAIS NAS VERTENTES	78
4.3	A REMOÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E A INSTABILIDADE DAS VERTENTES	95
5	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	106
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da área de estudo no Rio Grande do Sul e no Brasil	7
Figura 2	Localização da área de estudo em relação aos grandes compartimentos de relevo no Estado do Rio Grande do Sul (modificado de GONÇALVES e SANTOS, 1985)	9
Figura 3	Altitudes aproximadas da escarpa do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul (Adaptado de LEINZ e AMARAL, 1975)	11
Figura 4	Mapa hipsométrico da área compreendida entre Taquara e São Francisco de Paula (Baseado na Folha de Gravataí, publicada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército, na escala de 1:250.000, 1983)	12
Figura 5	Perfil topográfico e litológico da área compreendida entre Taquara (35m) e São Francisco de Paula (912m). (Baseado nas folhas de Taquara, Rolante e São Francisco de Paula - RS, na escala de 1:50.000, publicadas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército, 1973 e 1980)	13
Figura 6	Perfil esquemático dos tipos de movimentos de massa segundo a classificação de CARSON e KIRKBY (1972)	17
Figura 7	Precipitação total anual (mm) na área de estudo (Adaptado do Atlas Agroclimático, IPAGRO, 1989. v. 3)	19
Figura 8	Mudança na verticalidade da vegetação em consequência do rastejo em uma vertente de fraca declividade	23
Figura 9	Mudança na verticalidade da vegetação em conse-	

	seqüência do rastejo em uma vertente de declividade moderada	23
Figura 10	Mudança na verticalidade da vegetação em consequência do rastejo de uma vertente de forte declividade	24
Figura 11	Equipamento utilizado no estudo experimental sobre o movimento de rastejo. Em (A) estão o tubo de aço oco e o tubo de aço maciço. Em (B) os tubos estão preparados para serem injetados no solo	36
Figura 12	Esboço esquemático de uma vertente e o tipo de movimento que pode ocorrer com o rastejo	37
Figura 13	Perfil de uma das vertentes escolhidas para o estudo do rastejo. As três estacas indicam os pontos onde foram injetadas as areias: no terço superior (A), no terço médio (B) e no terço inferior (C)	41
Figura 14	Perfil de alteração, mostrando diferentes horizontes relacionados com alternâncias paleoclimáticas. (Extraído de SCHUCK et alii, 1989)	53
Figura 15	Disposição da drenagem e dos principais fraturamentos das área de estudo. (Baseado em imagens Landsat MSS, na escala de 1:1.000.000)	57
Figura 16	Bloco diagrama esquemático do setor sul da área de estudo. (Baseado em MORRIS, 1963 e em cartas topográficas nas escalas de 1:50.000 e 1.250.000)	63
Figura 17	Visão panorâmica de um setor da escarpa, próximo à cota altimétrica de 600 metros	69
Figura 18	Vista parcial de uma seqüência de colinas da Formação Botucatu	71
Figura 19	Planície aluvial, ao longo do curso médio do Rio dos Sinos, nas proximidades da cidade de Taquara	72
Figura 20	Precipitação pluvial mensal (mm) no período de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989)	76
Figura 21	Precipitação pluvial estacional (mm) no período de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989)	76
Figura 22	Número médio de dias de chuva estacional no pe-	

	ríodo de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989)	76
Figura 23	Precipitação pluviãl mensal (mm) no período de 1988-1990 (Dados fornecidos pelo IPAGRO)	78
Figura 24	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 1	80
Figura 25	Filete de areias coloridas injetado em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade e cobertura pela vegetação (terço inferior da Vertente 1)	80
Figura 26	Filete de areias injetado em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade (terço médio da Vertente 1)	81
Figura 27	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 2	82
Figura 28	Coluna de areias injetada em vertente de litologia arenítica, com forte declividade e cobertura pela vegetação (terço inferior da Vertente 2) ..	82
Figura 29	Perfil Esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 3	83
Figura 30	Coluna de areias injetada em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade e sem cobertura vegetal (terço inferior da Vertente 3)	84
Figura 31	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 4	85
Figura 32	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 5	86
Figura 33	Coluna de areias coloridas intejado em vertente de litologia basáltica, com fraca declividade e cobertura vegetal densa (terço inferior da Vertente 5)	86
Figura 34	Coluna de areias coloridas intejada em vertente de litologia basáltica, com fraca declividade e cobertura vegetal densa (terço médio da Vertente 5)	87
Figura 35	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 6	88
Figura 36	Filete de areias coloridas injetado em vertente de litologia basáltica, com forte declividade e	

	cobertura vegetal densa (terço médio da Vertente 6)	89
Figura 37	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 7	89
Figura 38	Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 8	90
Figura 39	Coluna de areias coloridas injetada em vertente de litologia basáltica, com forte declividade e sem cobertura vegetal (terço médio da Vertente 8)	91
Figura 40	Características das vertentes em estudo com as respectivas taxas de deslocamento, por rastejo periódico durante 2 anos	93
Figura 41	Perfis do manto de alteração desenvolvidos em rochas areníticas (A) e em rochas vulcânicas (B) expostos em cortes na estrada RS-20, que liga Taquara à São Francisco de Paula	97
Figura 42	Correlação entre desmatamento de vertente e ocorrência de deslizamentos (BISHOP e STEVENS, 1964; apud GUIDICINI e NIEBLE, 1984)	101
Figura 43	Vista parcial de uma vertente em estágio inicial de ravinamentos	102
Figura 44	Vista parcial de uma vertente em terrenos areníticos com avançado estágio de ravinamento	103
Figura 45	Vista parcial de um deslizamento ocorrido em uma vertentes íngreme da escarpa em estudo	104

PREFÁCIO

A presente pesquisa é resultado de duas aspirações que foram surgindo no decurso de nossa vivência profissional. Uma está relacionada com a necessidade pessoal de continuarmos aprofundando nossos estudos referentes à Ciência Geográfica - e, para tanto, nada mais apropriado do que a elaboração de uma tese de doutorado. A outra originou-se das dificuldades que temos enfrentado, nas atividades de ensino e pesquisa, decorrentes da falta de estudos geomorfológicos específicos do Rio Grande do Sul, particularmente das áreas escarpadas do Planalto Meridional no Estado.

A tarefa de planejar e executar o projeto desta pesquisa foi profundamente gratificante e compensadora, especialmente porque entendemos a pesquisa como atividade acadêmica principal, justificativa única da docência.

Na realização de cada atividade, seja nos trabalhos de campo, seja nos de laboratório ou de gabinete; no contato que mantivemos constantemente com o orientador

e especialistas de áreas afins; nos auxílios que direta ou indiretamente as pessoas e instituições nos prestaram; enfim, todo este envolvimento que tivemos, a cada instante, no decorrer do trabalho foi, sem dúvida alguma, muito positivo.

Mas, como é inerente a qualquer trabalho científico, muitas vezes, nos deparamos com obstáculos, alguns até limitantes para o desenvolvimento normal das atividades, tais como a falta de material cartográfico e aerofotográfico da área em estudo, a quase inexistência de bibliografia, tanto referente ao tema e à área de estudo quanto a técnicas alternativas, dificuldades na confecção e instalação do material experimental, tempo muito reduzido destinado às observações dos processos geomorfológicos atuais, entre outros.

No entanto, após avaliação global de todas as etapas concretizadas, concluímos que este conjunto de fatores somente propiciou nosso enriquecimento científico e intelectual, permitindo executar com a maior seriedade possível a tarefa a que nos propusemos, qual seja, a de ampliar o alcance dos conhecimentos referentes à dinâmica da natureza em uma área escarpada.

Ao finalizar a atividade - que, durante sua elaboração, por período de quase cinco anos, envolveu grande número de pessoas -, julgamos relevante prestar nosso reconhecimento e agradecimentos extensivamente a

todos aqueles que, de uma forma ou de outra, colaboraram para que a pesquisa fosse concluída.

No entanto, somos, especialmente grata ao Curso de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realizar a pesquisa.

Ainda merecem destaque o auxílio financeiro cedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que possibilitou a aquisição do material bibliográfico, cartográfico, aerofotográfico, bem como dos equipamentos necessários à execução da fase experimental, e o auxílio dispensado pela Direção do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, primeiro na pessoa do Prof. Jorge Alberto Villwock, e, posteriormente, na pessoa do Prof. Clóvis Carlos Carraro, que viabilizou a realização dos sucessivos trabalhos de campo.

Ressaltamos, também, a contribuição do laboratorista do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (UFRGS), Gilberto Santos, que acompanhou, de forma dedicada, a confecção, a instalação e a manutenção do material experimental no campo.

E, em especial, agradecemos a valiosa colaboração do Prof. Dr. Adilson Avansi de Abreu, que, através das críticas e sugestões prestadas, como orientador e

amigo, propiciou que concluíssemos a pesquisa e alcançássemos, assim, um objetivo acadêmico específico - a obtenção do grau de Doutor em Geografia Física.

RESUMO

Visando elucidar questões referentes à gênese, evolução e dinâmica atual das vertentes na área da escarpa compreendida entre Taquara e São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul, realizaram-se estudos geomorfológicos específicos, relacionando os movimentos coletivos de solo e de rocha intemperizada, a remoção da cobertura vegetal e a instabilidade das vertentes. O processo investigatório englobando aspectos da morfogênese e da morfodinâmica da área foi sistematizado em duas escalas espaço-temporais, a regional e a de detalhe.

A reconstituição da história da área de estudo, desde o início do Mesosóico, possibilitou identificar os principais processos morfogenéticos responsáveis pela gênese e evolução da escarpa. A avaliação da morfodinâmica das vertentes, através do estudo experimental sobre o deslocamento dos materiais por rastejo, revelou a fragilidade da área, diante da remoção da cobertura vegetal que tem sido praticada pela ação antrópica, o que possibilitou identificar diferentes situações de instabilidade ambiental.

ABSTRACT

In order to clear up questions regarding genesis, development and present dynamics of the slopes in the escarpment area within Taquara and São Francisco de Paula districts, in Rio Grande do Sul State, specific geomorphologic studies were made relating collective movements of soil and weathered rocks to the removal of the plant cover, and to the instability of slopes. The process of investigation inserts aspects of the area's morphogenesis and morphodynamics. It was interpreted in two space-time scales - regional and detailed.

Due to historical reconstitution of the research area - from the beginning of the Mesozoic - the main morphogenetic processes in the escarpment's genesis and development were identified. Through an experiment on materials' displacement caused by creep, the valuation of the slopes' morphodynamics revealed the fragility of the area, facing the removal of the plant cover carried out by human action. Furthermore, the present study made possible displaying different situations of environmental instability.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos, para o meio natural, da retirada da vegetação têm sido muito questionados e avaliados pelos mais diversos segmentos da sociedade, pois existe consenso generalizado de que a cobertura vegetal desempenha importante papel para o equilíbrio da natureza.

São cada vez mais frequentes as discussões em torno do assunto, mas têm sido poucos os trabalhos científicos que, efetivamente, comprovem os danos irreversíveis que o desmatamento acarreta para a dinâmica da paisagem.

Por isso pretendemos, com o presente trabalho, fornecer informações, tanto teóricas como metodológicas, que propiciem o melhor entendimento da dinâmica da paisagem de uma área escarpada. Para tanto, tratar-se-á da morfodinâmica natural das vertentes de modo a detectar a fragilidade que a área apresenta após a eliminação da cobertura vegetal, que tem sido praticada de forma cada vez mais intensa pela ação antrópica. Ou seja, objetiva-se

avaliar a efetiva relação entre cobertura vegetal e morfodinâmica nas vertentes de uma área escarpada.

Nossa proposta de trabalho engloba tanto o reconhecimento da trajetória evolutiva de um setor da escarpa do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul quanto o estudo experimental dos movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada nas vertentes.

Os estudos combinados de geomorfogênese e geomorfodinâmica são imprescindíveis para a compreensão da dinâmica da paisagem morfológica, além de revelarem a vulnerabilidade de uma determinada área frente à ação antrópica predatória, fato pelo qual a pesquisa foi direcionada para a perspectiva ambiental.

Desta forma, este trabalho, voltado para a elucidação de questões geomorfológicas de ordem ambiental, espera contribuir não só com a comunidade científica em particular, mas com a sociedade em geral.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA E DA ÁREA DE ESTUDO

Revisando a literatura clássica e moderna acerca dos propósitos da Geomorfologia, constata-se que a referida ciência se ocupa com as formas do relevo terrestre, tanto no que diz respeito à morfogênese quanto à morfodinâmica, interessando-se, portanto, também pelos

processos em diferentes níveis de tratamento.

Nesta pesquisa, a temática que pretendemos desenvolver abrange tanto a gênese e a evolução quanto a dinâmica geomorfológica atual de uma área escarpada do Planalto Meridional, localizada no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Constatamos a necessidade de realizar estudos geomorfológicos específicos na área da escarpa a partir de observações em processos degradacionais do tipo de ravinamentos, voçorocamentos e deslizamentos que estão ocorrendo em algumas de suas vertentes. Tais processos geomorfológicos refletem uma situação determinada de instabilidade que está afetando as referidas vertentes, em resposta a alterações significativas que se processam na dinâmica atual da paisagem.

Assim, envolvemo-nos na difícil tarefa de conhecer a dinâmica natural da paisagem na área. Em função da vastidão e da complexidade do assunto, centramos nosso estudo na investigação minuciosa em torno da morfodinâmica atual das vertentes.

Para o entendimento das condições morfodinâmicas atuais optamos pelo estudo dos movimentos de massa, que são processos estritamente vinculados à situação de instabilidade das vertentes, principalmente de uma área escarpada, onde estão direta ou indiretamente relaciona-

dos com fatores topográficos. Vários são os autores que realizaram estudos específicos sobre os movimentos de massa e a instabilidade das vertentes. Entre eles, destacam-se TERZAGHI (1967), TERZAGHI e PECK (1967), CARSON e KIRKBY (1972), e HOEK e BRAY (1977) .

Considera-se, como objeto de estudo mais genérico da Ciência Geográfica, a paisagem enquanto resultado global dos processos responsáveis pela organização de um determinado espaço geográfico. No contexto da análise ambiental que constitui a essência do presente trabalho foi retomado este conceito, que, na evolução do pensamento geográfico, sofreu inúmeras críticas e alterações conceituais no sentido de adequar-se, teórica e metodologicamente, às tendências epistemológicas vigentes.

Para BERTRAND (1971), o estudo da paisagem é antes de tudo uma questão de método, e não pode ser realizado senão no quadro da geografia física global, pois, segundo ele, a paisagem é

"numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, 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" (p. 2).

O conceito de paisagem, para TRICART (1982), está integrado à lógica sistêmica, sendo

"uma porção perceptível a um observador

onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global" (p. 18).

Ainda nesta concepção, AB'SABER (1977a) direciona o conceito para uma abordagem ecológica, quando se refere à paisagem como "uma herança de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente" e como "um patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades" (p. 19).

Deste modo, a paisagem é por nós compreendida como uma totalidade cujas partes estão intimamente associadas e rigorosamente organizadas. Sendo a paisagem nada mais do que uma resposta à interação dos processos que ocorrem, permanentemente, entre seus elementos: as formas de relevo, o clima, o solo, a litologia, a drenagem, a cobertura vegetal e o homem. Nesta abordagem, é indispensável considerar a atividade antrópica, que tem sido um dos elementos mais ativos na atual dinâmica da paisagem, tornando-a, por vezes, altamente fragilizada.

Nesta óptica, é oportuno citar CASSETI (1991), quando afirma:

"... o homem, ao integrar a natureza, tem-se mostrado capaz de alterar as relações processuais naturais, portanto, alterar o próprio relevo, através de modificações da exploração biológica (vegetação, solo e fauna)..." (p. 34).

Assim, o tema central desta pesquisa, que está inserido no conceito de dinâmica da paisagem, consiste no estudo detalhado dos movimentos de massa que ocorrem nas vertentes da área em estudo, e o conseqüente papel da dinamização do relevo para a paisagem. Tanto ABREU (1985) quanto CASSETI (1991) ressaltam o significado do relevo na organização do espaço.

O estudo dos movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada assume importância, uma vez que se processam nas vertentes, que segundo TRICART (1957)

"constitui o elemento dominante do relevo na maior parte das regiões, apresentando-se, portanto, como a forma de relevo mais importante para o homem" (p. 109).

Uma das questões que nos preocupou muito no planejamento da pesquisa foi efetuar a escolha mais apropriada possível da área a ser estudada, que, além de ser escarpada, com a presença de processos degradacionais, deveria apresentar possibilidades de acesso, para viabilizar a realização sistemática dos trabalhos de campo.

Considerando estes dois fatores, optamos pelo estudo de uma área compreendida entre os municípios de Taquara, Rolante, Canela e São Francisco de Paula, no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente entre as coordenadas de 29º27' e 29º43' de latitude sul e 50º25' e 50º35' de longitude oeste. A Figura 1 mostra a localização da área em estudo, no Rio Grande do Sul

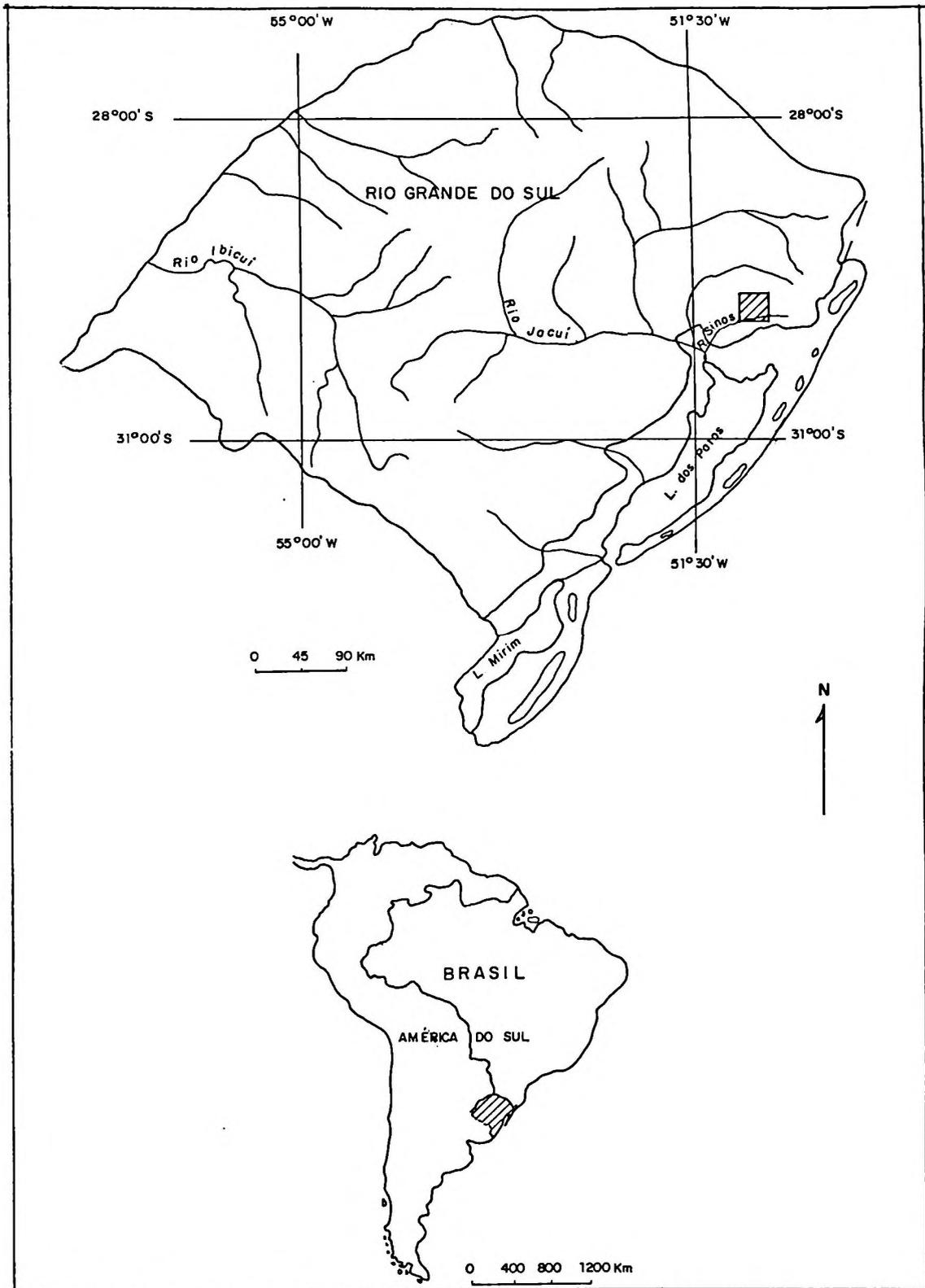


Figura 1 - Localização da área de estudo no Rio Grande do Sul e no Brasil.

e no Brasil.

A referida área articula dois grandes compartimentos de relevo do estado, a Depressão Central, ao sul, com o Planalto Meridional ao norte (Figura 2), que tem continuidade em outros estados brasileiros.

O planalto acima citado já recebeu diferentes designações, em função das várias classificações de relevo que foram propostas, tanto em nível de estado como de país.

Tanto NOGUEIRA (1948), como RAMBO (1956) e BERNARDES (1963), em classificações do relevo do Rio Grande do Sul chamam esta unidade simplesmente de "Planalto".

Numa classificação das grandes divisões do relevo brasileiro, AZEVEDO (1949) identifica o Planalto Arenítico-Basáltico, que, juntamente com a Depressão Periférica, compõe uma unidade maior, o Planalto Meridional.

ALMEIDA (1956) e MÜLLER (1970), em classificações sobre o relevo da Bacia do Paraná e sobre o relevo do Rio Grande do Sul, respectivamente, o designam como Planalto Basáltico, e MONTEIRO (1963), como Planalto das Araucárias.

De outra forma, ANDRADE, BIGARELLA e LINS (1963) referem-se à unidade em questão como Planalto Are-

nítico-Basáltico.

No presente trabalho adotar-se-á a designação de Planalto Meridional, tal como foi proposta por AB'SABER (1964), quando trata do relevo brasileiro e seus problemas.

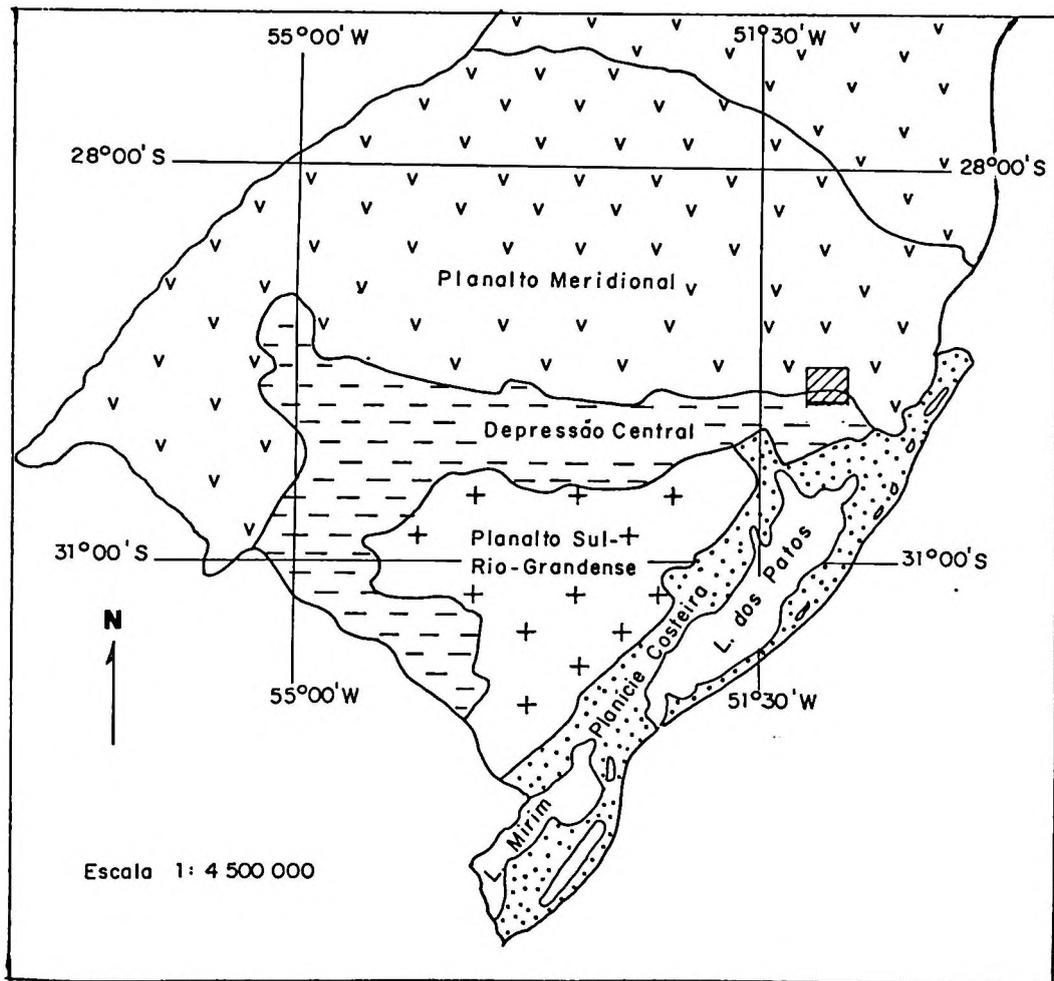


Figura 2 - Localização da área de estudo em relação aos grandes compartimentos de relevo no Estado do Rio Grande do Sul (modificado de GONÇALVES e SANTOS, 1985).

No entanto, é necessário mencionar que a designação de Planalto Meridional do Brasil já foi, anteriormente, empregada por PIERRE DENIS, ainda em 1927.

Apresentando nova proposta de classificação para o relevo brasileiro, ROSS (1985) identifica, na referida unidade, um conjunto de planaltos esculpidos na Baía do Paraná cujo contato com as depressões circundantes é feito através de escarpas.

A área em estudo destaca-se pela presença de uma notável escarpa, que constitui o alvo de todas as considerações feitas nesta pesquisa, cuja altitude chega a atingir quase 1.000 (mil metros), conforme ilustra a Figura 3. Nesta área encontram-se as cidades de Taquara, com 35 metros de altitude, e São Francisco de Paula, com 912 metros de altitude.

O mapa hipsométrico que constitui a Figura 4 mostra o comportamento das cotas altimétricas na escarpa em estudo, onde, na linha reta A-B, com aproximadamente 50 quilômetros de comprimento, observa-se amplitude altimétrica de quase 1.000 metros.

A Figura 5 contém o perfil topográfico e litológico, cujo corte A-B está representado no mapa hipsométrico, ilustra a variação altimétrica entre as cidades de Taquara e São Francisco de Paula e exhibe o compartimento da escarpa, que tem início próximo à cota altimé-

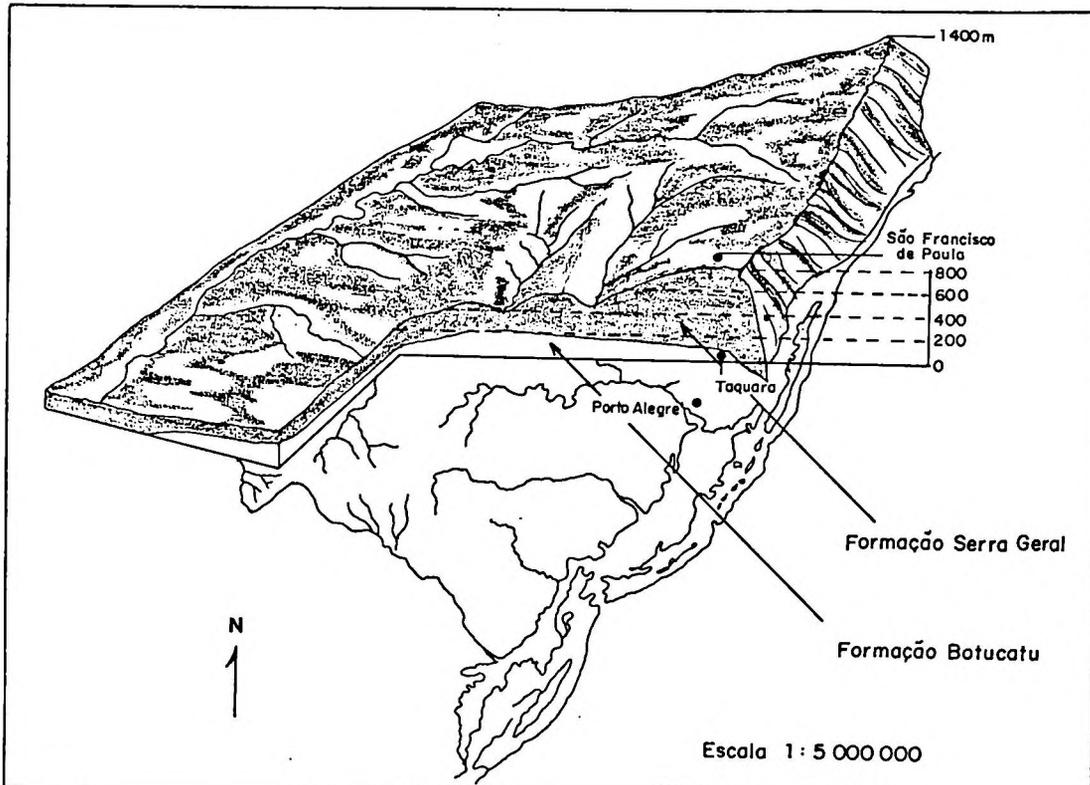


Figura 3 - Altitudes aproximadas da escarpa do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul (Adaptado de LEINZ e AMARAL, 1975).

trica de 200 metros. Em função da variação litológica, a escarpa apresenta dois segmentos topográficos: um deles, estende-se até as proximidades da cota altimétrica de 550 metros, tem como litologia dominante as rochas vulcânicas básicas e caracteriza-se pela presença de vertentes menos íngremes; e o outro segmento inicia a partir da cota altimétrica de 550 metros e corresponde à área de ocorrência da litologia vulcânica ácida, onde as vertentes apresentam as maiores declividades. Este é o segmento mais íngreme da escarpa.

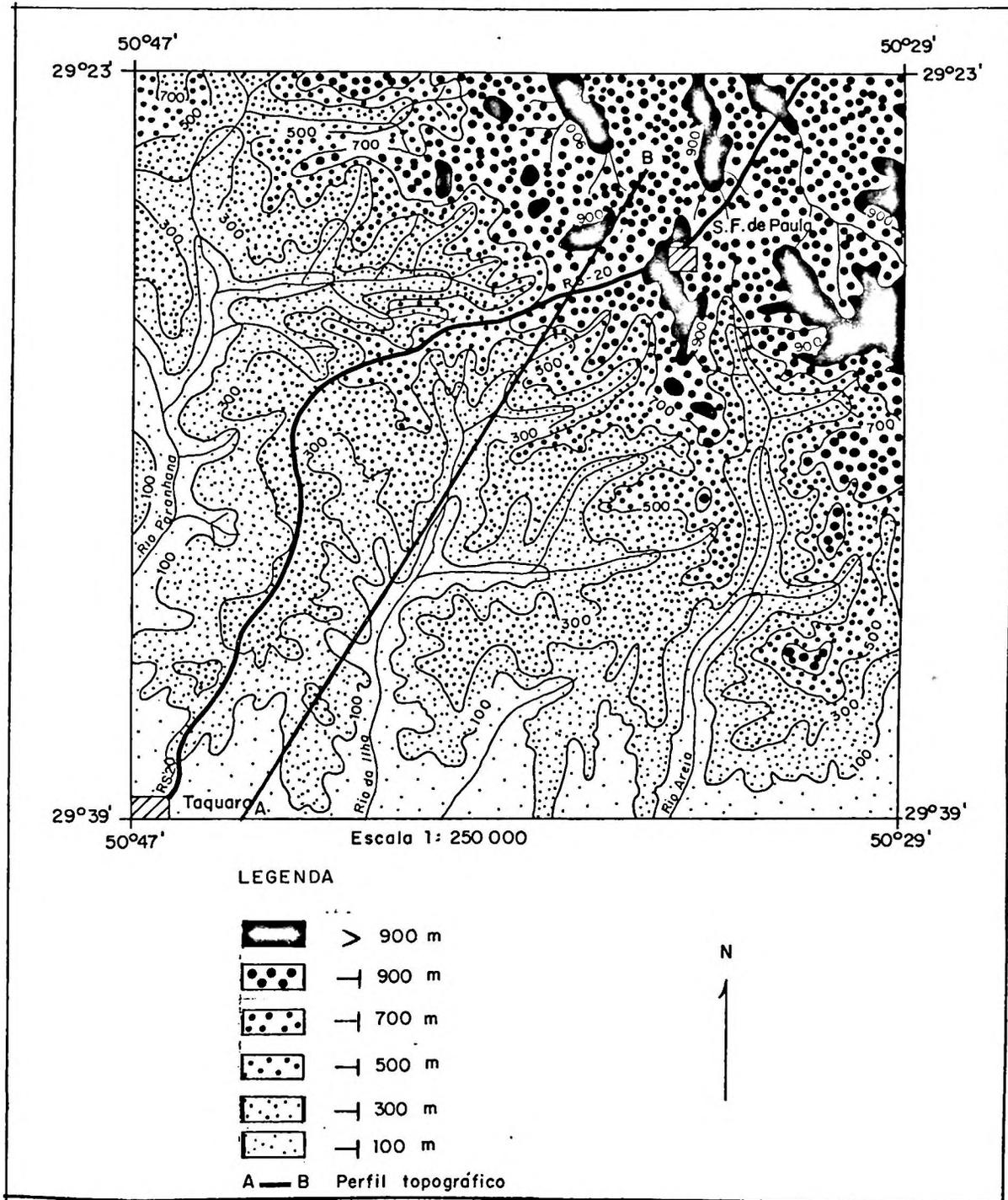


Figura 4 - Mapa hipsométrico da área compreendida entre Taquara e São Francisco de Paula (Baseado na Folha de Gravataí, publicada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército, na escala de 1:250.000, 1983).

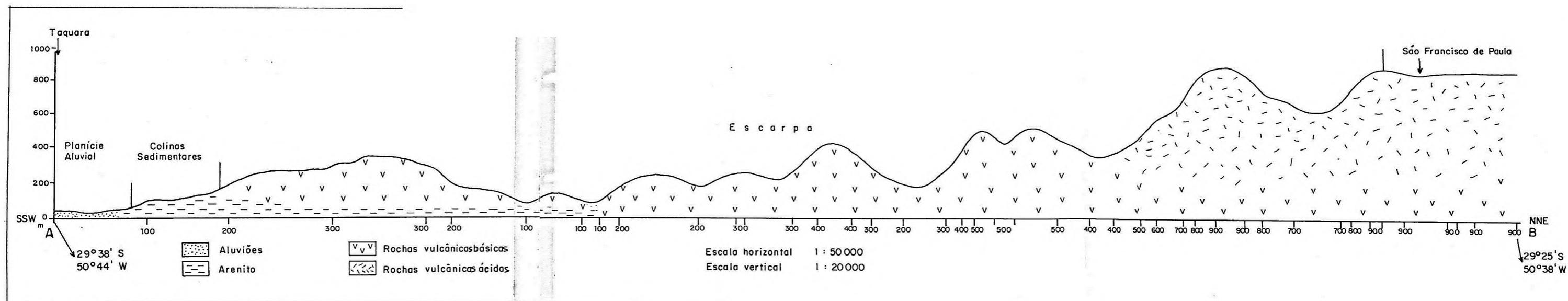


Figura 5 - Perfil topográfico e litológico da área compreendida entre Taquara (35m) e São Francisco de Paula (912m). (Baseado nas folhas de Taquara, Rolante e São Francisco de Paula - RS, na escala de 1:50.000, publicadas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército, 1973 e 1980).

1.2 O OBJETO DA INVESTIGAÇÃO

Tratar da gênese, da evolução e da dinâmica geomorfológica da paisagem da escarpa constitui temática muito abrangente, sendo, portanto, necessário especificar qual é a questão fundamental que se pretende, exatamente, abordar.

Em observações feitas diretamente no campo, foram identificados alguns exemplos localizados de degrada-

ção ambiental, justamente em áreas sem cobertura vegetal, onde estão ocorrendo certos processos degradacionais que parecem ser de origem antrópica. A partir destas observações, emergiu a questão central de como se está processando a relação entre movimento de massa e remoção da cobertura vegetal, ou seja, de que forma a retirada da vegetação pode gerar a instabilidade das vertentes.

Na literatura geomorfológica, muitos autores fazem referência, indireta e diretamente, ao papel da cobertura vegetal para a estabilidade da vertente. No entanto, TRICART e CAILLEUX (1965) analisam detalhadamente a interação existente entre vegetação e morfogênese, e ressaltam que a cobertura vegetal é um freio suficientemente eficaz ao desencadeamento de processos mecânicos da morfogênese.

Após a identificação do problema que constitui o objeto de investigação desta pesquisa, torna-se necessário propor uma hipótese:

A escarpa em estudo, em decorrência de sua natureza morfogenética, é altamente vulnerável à remoção da cobertura vegetal pelo homem, culminando com o desencadeamento de certos processos degradacionais que comprometem a estabilidade das vertentes e, conseqüentemente, a dinâmica natural equilibrada da paisagem.

Ainda com referência a esta questão, convém ressaltar que a paisagem natural atual da escarpa constitui herança de um longo processo evolutivo e que, para ser entendida, exige, também estudos de geomorfogênese.

Desta forma, o processo de investigação desenvolvido na pesquisa abrange estudos que auxiliam na compreensão da dinâmica da paisagem atual. Para tanto, realizaram-se estudos específicos sobre a morfogênese da área escarpada e sobre os movimentos de massa, que são processos decisivos na morfodinâmica das vertentes.

1.3 O SIGNIFICADO DO RASTEJO NO DESLOCAMENTO DOS MATERIAIS NAS VERTENTES

Os movimentos de massa têm sido objeto de amplos estudos realizados pelas mais diversas categorias profissionais, quer por sua importância, como agentes atuantes na evolução e na dinâmica atual das formas de relevo, quer por sua importância do ponto de vista social e econômico. No Brasil, estes estudos se têm restringido às áreas intertrópicas, onde a pluviosidade desempenha importante papel no desencadeamento do movimento.

No que se refere, especificamente, à relação entre desmatamento e movimentos de massa sob condições de clima úmido, são raros os estudos realizados no Brasil, mas entre eles se destaca o trabalho de CRUZ (1986),

quando trata da preservação das vertentes da Serra do Mar.

Com relação aos movimentos de massa em áreas subtropicais brasileiras não encontramos nenhuma referência na literatura.

Movimento de massa é uma designação atribuída a todos os movimentos coletivos de solo e de rocha intemperizada, vertente abaixo, ou seja, estão diretamente relacionados com a gravidade.

GERRARD (1981) chama a atenção para o fato de que todos os materiais existentes nas vertentes estão sujeitos a uma variedade de pressões, e quando tais pressões excedem a resistência ao cisalhamento dos materiais, desencadeia-se o movimento de massa.

Existem causas intrínsecas e extrínsecas que explicam o fenômeno dos movimentos de massa (GUIDICINI e NIEBLE, 1984). As primeiras são representadas pelo conjunto geológico, morfológico, climático e hidrológico que caracteriza o ambiente onde ocorre o movimento. A segunda se refere aos agentes responsáveis pelo desencadeamento do movimento, como a temperatura, a pluviosidade e a ação do homem.

São várias as classificações já propostas para os movimentos de massa, tais como as de SHARPE (1938), FREIRE (1965), VARGAS (1966), ALMEIDA (1968, apud DOMIN-

GUES et alii, 1971), NUNES (1969) e outras; mas a de CARSON e KIRKBY (1972) é, certamente, a mais adequada para a pesquisa geomorfológica.

A Figura 6 ilustra a classificação proposta por CARSON e KIRKBY (1972), sendo que os critérios básicos utilizados pelos autores são a velocidade e o modo como os materiais são carregados.

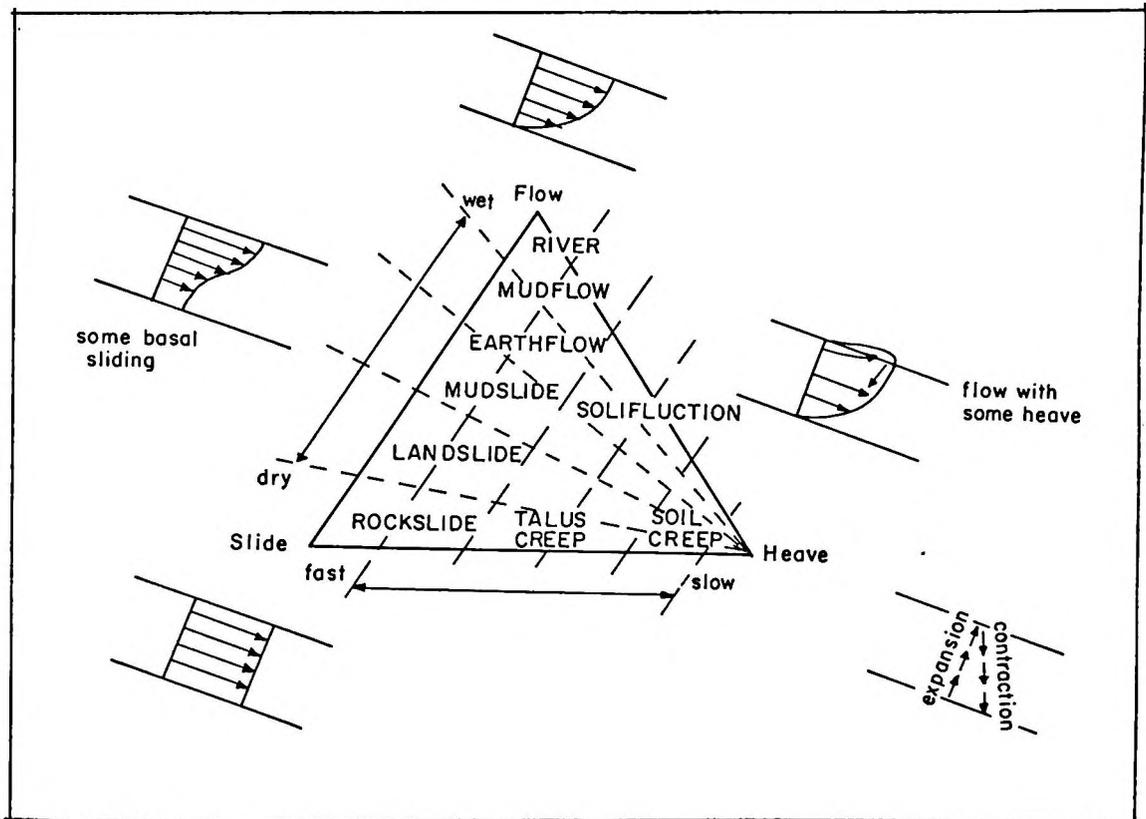


Figura 6 - Perfil esquemático dos tipos de movimentos de massa segundo a classificação de CARSON e KIRKBY (1972).

Cada tipo e movimento de massa varia de acordo com a inclinação da vertente, com a coerência do mate-

rial, com as características da precipitação e com a natureza da cobertura vegetal.

A área de estudo faz parte do Domínio Morfodinâmico dos Planaltos Sul-brasileiros, revestidos originalmente por um velho núcleo de vegetação de araucária (AB'SABER, 1977b), constituindo um conjunto morfogenético marcado pela presença de sucessivas vertentes esculpidas em rochas sedimentares e vulcânicas, com declives que oscilam, em média, entre 5 e 20º, e estão sob a atuação de um clima subtropical úmido, onde as chuvas são bem distribuídas por todos os meses do ano, sem haver uma estação seca ou nítida concentração de precipitação pluvial em determinado período.

A Figura 7 mostra a distribuição das isoietas anuais na área compreendida entre as cidades de Taquara e São Francisco de Paula.

Em função das condições climáticas da área, no estágio evolutivo atual, as vertentes estão cobertas, predominantemente, por vegetação densa, designada como mata subtropical alta.

Em virtude das características da cobertura vegetal, da natureza e da constituição dos solos, assim como da declividade das vertentes, associadas às condições pluviométricas da área, constata-se que o movimento de massa do tipo rastejo é um dos principais processos res-

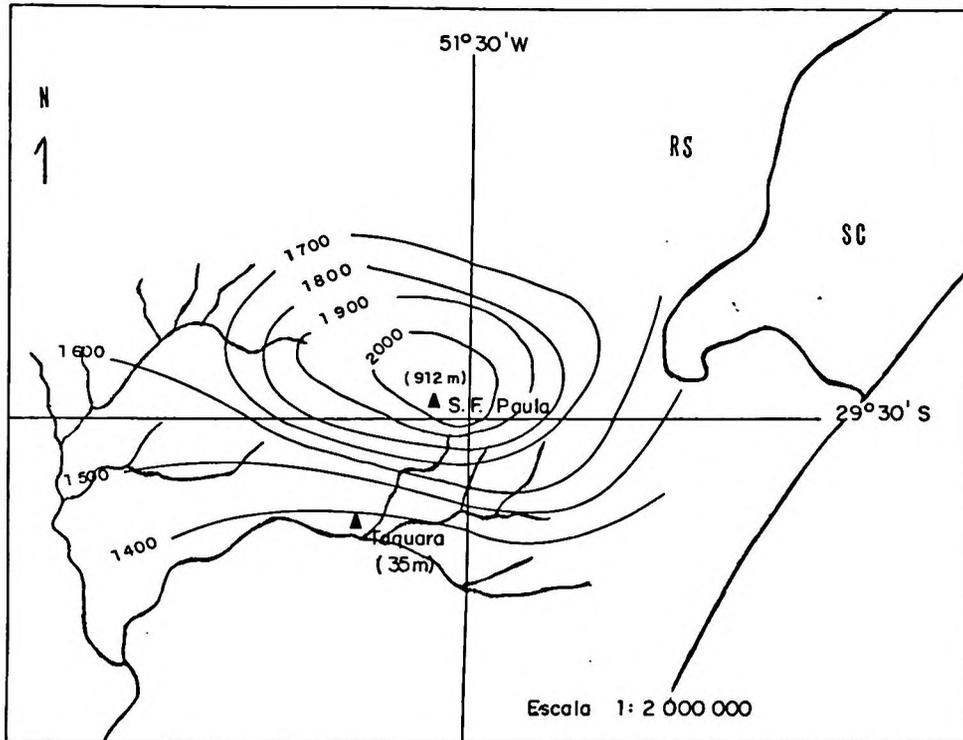


Figura 7 - Precipitação total anual (mm) na área de estudo (Adaptado do Atlas Agroclimático, IPAGRO, 1989. v. 3).

ponsáveis pelo deslocamento dos materiais nas vertentes da área de estudo.

O rastejo, identificado na área pela velocidade e pelo modo como o material se desloca, pode assumir, em determinadas condições, grande importância na morfogênese das vertentes.

O rastejo é o mais lento e imperceptível movimento de material nas vertentes, em resposta à gravidade, e constitui parte essencial do processo de denudação em áreas subtropicais úmidas, transferindo o produto final

do intemperismo em direção aos fundos de vales, onde permanece como depósito sedimentar ou é transportado pelos rios.

Muitos autores têm feito referência a este processo, que também é conhecido na literatura como reptação ou "creep".

MOUSINHO e BIGARELLA (1965), tratando dos movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas, referem-se ao "creep" como

"(...) um lento movimento de rochas e solo vertente abaixo... No seu deslocamento pelos declives, as partículas sofrem uma recomposição sucessiva, dando como resultante a descida da massa inteira. O fenômeno é provocado por todas as forças susceptíveis de fazer oscilar a posição das partículas, enquanto que a gravidade intervém no sentido de que o deslocamento seja sempre para a jusante" (p. 51).

RUHE (1975) aponta várias causas para explicar o rastejo, ou seja, o lento deslocamento de solo, rocha ou mistura de ambos na vertente, tais como a presença de água, o crescimento de raízes, a atividade animal, a variação na temperatura, entre outros. O autor ainda resalta que a velocidade do rastejo é de poucos centímetros ao ano, sendo maior na superfície e diminuindo com a profundidade, quando chega a ser nula.

Definindo e caracterizando os vários tipos de movimentos de massa, SHARPE (1938) identifica para o ras-

tejo três tipos principais: de solo, de tálus e de rocha.

Uma discussão mais detalhada sobre o rastejo é apresentada por GUIDICINI e NIEBLE (1984), que definem o processo como sendo

"movimentos lentos e contínuos de material de encosta, com limites, via de regra, indefinidos. Podem envolver grandes massas de solo, como, por exemplo, os taludes de uma região inteira, sem que haja na área uma diferenciação entre material em movimento e material estacionário" (p. 18).

Os rastejos podem mobilizar qualquer tipo de material: solo, rocha ou a mistura de ambos.

Os autores ainda ressaltam que:

"A movimentação é provocada pela ação da gravidade, intervindo, porém, os efeitos devido às variações de temperatura e umidade. O fenômeno de expansão e contração da massa de material, por variação térmica, se traduz em movimento, encosta abaixo, numa espessura proporcional à atingida pela variação de temperatura. Abaixo dessa profundidade somente haverá rastejo por ação da gravidade, sem a participação de outros agentes, daí resultando em uma razão de movimentação constante. Este último tipo recebeu de TERZAGHI (1967) a denominação de rastejo constante, em contraposição ao mais superficial, denominado rastejo periódico ou sazonal" (p. 21).

RITTER (1978) elucida que o rastejo sazonal ou periódico é aquele que se limita às camadas do solo e regolito, onde, além da gravidade, sofre a influência de outros mecanismos em seu deslocamento. E o rastejo contí-

nuo limita-se à camada de rocha consolidada, onde é provocado exclusivamente pela ação da gravidade.

TER-STEPANIAN (1966) explica que massas em processo de rastejo, quando ocorrem em encostas mais íngremes, podem passar bruscamente ao estado de escorregamento, pois mudanças significativas no teor de água, em certo volume de material, podem provocar o deslocamento do centro da gravidade de massa, iniciando, assim, o processo de movimentação. Da mesma forma, os rastejos poderão cessar na estação seca.

Quanto à velocidade do movimento, segundo TER-ZAGHI (1967), os rastejos típicos não superam 0,30 metros em dez anos, sendo raro os casos de movimentos mais rápidos. MACAR (1946) chama a atenção para o fato de, na superfície o rastejo ser evidenciado muitas vezes por mudanças na verticalidade de árvores, postes, etc., ou blocos deslocados de sua posição inicial, estratos e camadas rochosas sofrendo variações bruscas ou xistosidade, linhas de seixos recobertos por regolito em movimentação, entre outros efeitos.

As Figuras 8, 9 e 10 ilustram a presença do rastejo na área de estudo, através da modificação na verticalidade das árvores em diferentes situações de declividade.



Figura 8 - Mudança na verticalidade da vegetação em consequência do rastejo em uma vertente de fraca declividade.



Figura 9 - Mudança na verticalidade da vegetação em consequência do rastejo em uma vertente de declividade moderada.



Figura 10 - Mudança na verticalidade da vegetação em consequência do rastejo de uma vertente de forte declividade.

Tendo em vista que este trabalho trata de aspectos da morfodinâmica das vertentes, limitaremos nosso estudo apenas ao rastejo periódico, ou seja, aquele que ocorre nas camadas de solo e rocha intemperizada.

Conforme destaca GERRARD (1981), os movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada são governados por um complexo arranjo de processos e constituem o movimento de massa dominante nas vertentes das áreas subtropicais úmidas.

1.4 ESPECIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS

O presente trabalho pretende, como objetivo mais genérico, contribuir para a Geomorfologia do Rio Grande do Sul, a partir de estudos específicos sobre morfogênese e morfodinâmica da área escarpada que se localiza no setor sul-sudeste do Planalto Meridional no estado, fornecendo, assim, subsídios para estudos em Geografia do Rio Grande do Sul.

A seqüência dos eventos mais importantes para a evolução da escarpa em estudo segue trajetória que tem início ainda no Paleozóico e continua até os dias atuais, abrangendo, portanto, uma escala de tempo muito grande, passando pelos tempos geológico, geomorfológico e chegando até o geográfico.

Sob o ponto de vista da escala temporal, a pesquisa está subdividida em duas fases. A primeira, considerando a escala geológica e geomorfológica, trata daqueles eventos passados responsáveis pela gênese da evolução natural da escarpa. A segunda, envolvendo a escala geográfica, portanto, a do homem, implica a análise dos movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada que estão ocorrendo atualmente nas vertentes.

Em se tratando de estudo geomorfológico que envolve duas fases temporais - cada uma delas com intervalos diferenciados, sendo que a primeira abrange período

de longa duração, e a segunda compreende período de curta duração -, torna-se necessário adequar uma escala espacial também diferenciada.

Assim, a ordenação do trabalho está baseada em duas escalas espaço-temporais, exigindo, portanto, dois níveis de tratamento.

O primeiro, o nível regional, através de estudos sobre a atuação dos processos endógenos e exógenos que afetaram a paisagem, consiste na identificação dos eventos morfoestruturais e morfoclimáticos decisivos para a gênese e evolução da escarpa. Pois, com base em estudos de morfogênese é possível entender a compartimentação morfológica atual.

O segundo nível de tratamento, o de detalhe, consiste no estudo experimental do deslocamento de materiais nas vertentes, cuja dinâmica natural tem sido profundamente alterada pela ação antrópica. Assim, mediante estudos de morfodinâmica, viabiliza-se a compreensão da dinâmica atual das vertentes da área escarpada.

De acordo com esta disposição metodológica escalar espaço-temporal, determinaram-se os seguintes objetivos específicos:

- identificar a seqüência de eventos que foi decisiva para a gênese e evolução geomorfológica da área em estudo no nível regional;

- registrar o deslocamento de materiais por rastejo nas vertentes, pelo período de dois anos, através de experimentos, de modo a reconhecer aspectos da dinâmica atual das vertentes no nível local;
- detectar e prognosticar a vulnerabilidade da área escarpada, diante da remoção da cobertura vegetal praticada pelo homem, no nível local.

1.5 QUESTÕES METODOLÓGICAS

Ao iniciarmos a discussão das questões teóricas e metodológicas que norteiam a presente pesquisa, é indispensável expor algumas considerações quanto a nossa postura frente ao pensamento geomorfológico.

A partir da análise sobre as formas que assumiu a evolução conceitual da Ciência Geomorfológica elaboradas tanto por PITTY (1982) como por ABREU (1983), constata-se que, como qualquer outro ramo do conhecimento, a Geomorfologia foi susceptível a diferentes tendências e abordagens.

Questionando sobre a natureza da referida ciência, PITTY (1982) evidencia a estreita relação que sempre existiu entre a Geomorfologia e a Geografia Física.

Tratando, especificamente, da a teoria geomorfológica e de sua edificação, ABREU (1983) identifica duas linhas epistemológicas na evolução da teoria e do método de investigação: uma com raízes norte-americanas e outra com raízes germânicas. Da primeira surgiram teorias e métodos de análise quantitativa, como instrumento de pesquisa, enquanto a segunda originou todo um sistema de análise ambiental, onde aparece o homem como instrumento de vinculação teórica com a ciência geográfica.

Mas é importante enfatizar que, a partir das últimas décadas, as várias correntes do pensamento geomorfológico, mesmo trabalhando com proposições teóricas e metodológicas diferentes, parecem estar se aproximando de uma proposta consensual acerca das questões ambientais. Assim, também cabe à Geomorfologia o estudo do homem em articulação com o espaço natural, ou seja, da atividade antrópica inserida na dinâmica da natureza.

De acordo com a temática proposta, que envolve a gênese, a evolução e a dinâmica de uma área escarpada, procuramos compreender a compartimentação morfológica atual e a morfodinâmica de suas vertentes. Para tanto, recorreremos a experiências acumuladas nas Ciências da Terra, em geral, e na Ciência Geomorfológica em particular.

Deste modo, esperamos contribuir com a Geografia Física, uma vez que esta pesquisa fornece subsídios teóricos e metodológicos para o estudo integrado da pai-

sagem. Com isso, fica destacada a importância de estudos geomorfológicos para a Ciência Geográfica.

Na tentativa de construir o arcabouço teórico e metodológico do trabalho, é imprescindível distinguir método de métodos, no sentido sugerido por LAKATOS e MARCONI (1986). No que diz respeito ao método, que é representado pelo conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite a ordenação do pensamento científico no alcance dos objetivos, e que se caracteriza pela abordagem mais ampla e mais abstrata dos fenômenos da natureza e da sociedade, optamos pela indução, na medida em que partimos da análise de constatações mais particulares para chegar a planos mais abrangentes.

Para tanto, adotamos a proposta metodológica para pesquisas geomorfológicas elaborada por AB'SABER (1969b), que compreende três níveis de tratamento. O primeiro, baseado na análise de documentos gráficos, como cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite e em observações no campo, refere-se à caracterização e à descrição da compartimentação topográfica regional. O segundo, trata das informações sistemáticas acerca da estrutura superficial da paisagem, referentes a todos os compartimentos e formas de relevo observados, com base em análise de campo e de laboratório, em particular dos depósitos correlativos e das formações superficiais, bem como dos relevos residuais existentes. E o

terceiro está relacionado com estudos sistemáticos de processo geomorfológicos atuais, obtidos a partir de experimentos localizados, que propiciam a compreensão global da fisiologia da paisagem.

No estudo destes diferentes níveis de abordagem, é necessário levar em conta a consideração de CRUZ (1985), quando afirma que os estudos geomorfológicos não podem prescindir do enfoque metodológico da escala espaço-tempo. Enfim, a partir das idéias básicas de AB'SABER (1969b) e CRUZ (1985), tratar-se-á com escalas espaço-temporais distintas.

Partindo da ordenação metodológica referida acima, a análise dos eventos históricos envolvidos na morfogênese da escarpa ocorreu em escala regional, enquanto o estudo experimental dos movimentos de massa, particularmente do rastejo, foi efetuado em escala local.

Com relação aos métodos de procedimentos, LAKATOS e MARCONI (1986) postulam que seriam as etapas mais concretas da investigação, ou seja, o modo pelo qual o pesquisador se aproxima, tanto teoricamente, como na prática, através de técnicas, do objeto de estudo, com a finalidade mais restrita, em termos de explicação geral dos fenômenos, sendo, portanto, menos abstratos. A análise cartográfica, a fotointerpretação e os experimentos de campo são exemplos de métodos práticos que foram muito usados neste trabalho.

No processo de investigação desta pesquisa, destacam-se três etapas na realização das atividades, cada uma delas caracterizada por um conjunto de procedimentos específicos.

A elucidação dos principais eventos responsáveis pela morfogênese da área escarpada foi feita a partir de consulta de material bibliográfico e cartográfico; de aerofotointerpretação, tanto na escala de 1:25.000 como de 1:40.000; de análise de imagens Landsat, na escala de 1:1000.000 e em observações de campo.

A medição dos movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada nas vertentes foi realizada através de experimentos. A técnica utilizada tem por base os estudos que HADLEY (1967) efetuou para medir o rastejo em vertentes no Estado do Colorado, nos Estados Unidos, e consiste, basicamente, na injeção de areias coloridas em diferentes pontos do perfil da vertente. A tendência natural é de que o filete de areias coloridas se desloque vertente abaixo, em resposta à gravidade, juntamente com o solo e o regolito. O registro sistemático deste deslocamento permite a avaliação qualitativa e quantitativa do movimento dos materiais na vertente.

E, com base em fotografias aéreas, cartas topográfica e geológica, imagens de satélite e dados pontuais de campo foi proposto o esboço geomorfológico e ambiental da área de estudo. O esboço elaborado contém informações

quanto à delimitação dos diferentes compartimentos de relevo, a constituição litológica e a disposição da drenagem. Sob o ponto de vista ambiental, foram identificadas as áreas de degradação, todas diretamente vinculadas à remoção da cobertura vegetal.

Ainda é importante salientar que a característica básica desta pesquisa é a tentativa de ordenação dos estudos em duas escalas espaço-temporais, o que muitas vezes acarreta informações não tão precisas quanto seria o ideal, mas, sim, em resultados mais genéricos.

Mas, mesmo ciente de que as generalizações não conduzem necessariamente a certezas, acreditamos que a pesquisa científica não constitua uma verdade absoluta e é, ao contrário, uma busca constante, num processo interminável. Por isso, esperamos que a opção metodológica adotada tenha o mérito de ampliar o alcance dos conhecimentos.

1.6 DESCRIÇÃO DA TÉCNICA UTILIZADA NO ESTUDO EXPERIMENTAL DO RASTEJO

No decorrer da evolução da Ciência Geomorfológica, o estudo de processos passou a ocupar posição de destaque nas pesquisas aplicadas, dada sua importância para a compreensão da organização da paisagem.

No Brasil, muitos estudos geomorfológicos têm sido desenvolvidos com o emprego de técnicas para medir processos em vertentes, entre os quais podem ser citados os trabalhos de CRUZ (1982), com processos pluviais; de CASSETI (1983), com processos fluviais; e de SUERTEGARAY (1987), com processos eólicos.

Do mesmo modo, nesta pesquisa, voltada para o entendimento da dinâmica da natureza, foram indispensáveis estudos detalhados em torno de processos.

Neste sentido, convém citar CRUZ (1974), que muito apropriadamente ressalta:

"A observação dos processos geomorfológicos atuais leva ao estudo e compreensão da dinâmica da paisagem. Assim, nada melhor que o acompanhamento, no tempo, de determinados fenômenos para se conhecer os processos e conseqüentemente, entender a evolução fisiológica do espaço" (p. 9).

Após identificar e caracterizar o rastejo como o movimento de massa típico da área de estudo, tornou-se essencial a avaliação qualitativa e quantitativa da velocidade do deslocamento dos materiais nas vertentes, para poder inferir sobre as condições morfodinâmicas atuais.

Através da observação, sabe-se que, do ponto de vista qualitativo, o deslocamento de materiais por rastejo é extremamente lento. No entanto, para se quantificar o referido deslocamento, impõe-se o recurso a técnicas específicas de experimentação.

Não há, na bibliografia disponível, referência a estudos específicos sobre o rastejo no Brasil. No entanto, são vários os trabalhos efetuados em outros países, especialmente voltados para a obtenção de taxas de deslocamento de materiais por rastejo periódico.

BARR e SWANSTON (1970) realizaram medidas de rastejo no Alasca, através de técnica bastante simples, e encontraram uma taxa de deslocamento de materiais em superfície de 6,0 milímetros ao ano.

Medidas de rastejo em superfície de vertentes em áreas tropicais úmidas foram feitas por EYLES e HO (1970, apud GERRARD, 1981) na Malásia, onde encontraram uma taxa de 5,0 milímetros ao ano.

Do mesmo modo, SCHUMM (1964) efetuou estudos quantitativos de deslocamento de materiais por rastejo em vertentes no Colorado, nos Estados Unidos, e obteve taxas que oscilaram entre 6 e 12 milímetros ao ano.

Medidas de reptação de solo têm sido observadas mediante várias técnicas, sendo que a adotada na presente pesquisa constitui uma maneira simples de determinar o movimento de materiais na vertente onde a alteração do ambiente físico é mínima. Em outras palavras, a técnica viabiliza a medição do processo sem causar interferências artificiais significativas para a evolução da vertente.

A técnica, descrita inicialmente por HADLEY

(1967), utiliza basicamente um tubo de aço vazio, um tubo de aço maciço e areias coloridas. O tubo de aço vazio deve ter 1 metro de comprimento, 12 milímetros de diâmetro e 1 milímetro de espessura na parede, sendo que um lado do tubo deve ser ligeiramente afiado. O tubo de aço maciço deve ter 1,2 metros de comprimento, 8 milímetros de diâmetro e ser pontiagudo em um dos lados, para, juntamente com o tubo vazio, facilitar a penetração no solo. É utilizado, também, um batente de aço que irá ajustar os dois tubos, o vazio e o maciço, para injetá-los na vertente.

A Figura 11 mostra o equipamento que foi confeccionado especialmente para ser empregado nesta pesquisa.

A operação se inicia pela inserção do tubo de aço maciço no tubo de aço oco, sendo as duas partes introduzidas para dentro do solo à profundidade ideal de 1 metro, de forma a estabelecer um ângulo normal com a vertente. O tubo maciço é removido, deixando-se o tubo vazio no local, quando então é preenchido com areias coloridas que possuem a mesma granulometria dos materiais disponíveis no local. A seguir, o tubo vazio também é removido, permanecendo a coluna de areia na vertente, pelo período de tempo de, no mínimo 2 anos, embora o ideal seja controlar o processo durante quatro ou cinco anos, e até por mais tempo, se possível.

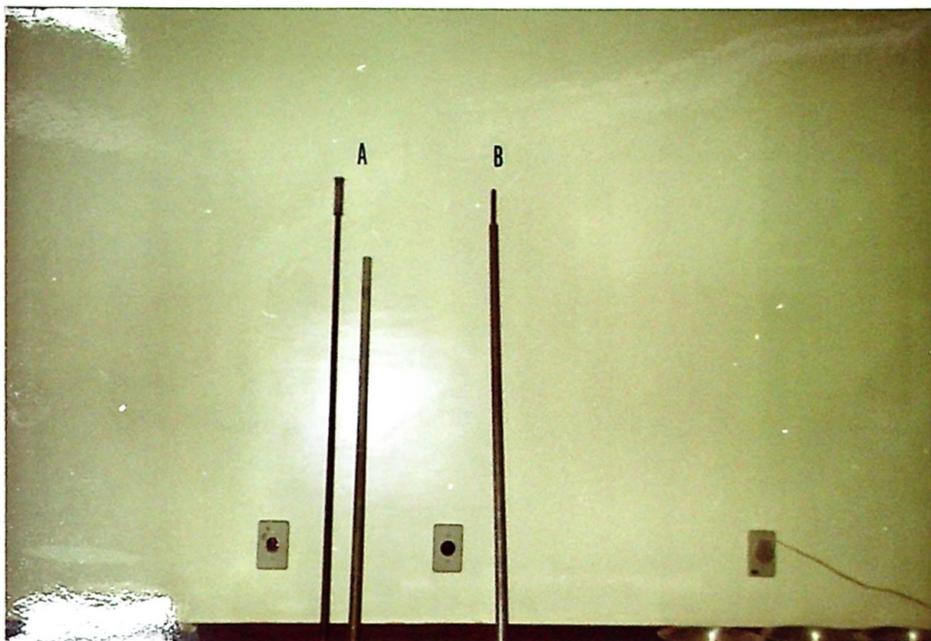


Figura 11 - Equipamento utilizado no estudo experimental sobre o movimento de rastejo. Em (A) estão o tubo de aço oco e o tubo de aço maciço. Em (B) os tubos estão preparados para serem injetados no solo.

Por ocasião das observações, uma trincheira é cuidadosamente cavada paralela à declividade da vertente, de forma a se ter um perfil vertical mostrando o comportamento dos grãos coloridos em direção à jusante.

A Figura 12 mostra o esboço esquemático de uma vertente e o tipo de movimento que se pode esperar com o rastejo. A linha reta indica a coluna original e a linha curva representa o movimento da coluna na vertente.

Esta mesma técnica foi empregada por RYBAR (1967), na Tchecoslováquia, mas para medir movimentos de massa mais rápidos do que o rastejo, sendo que, neste

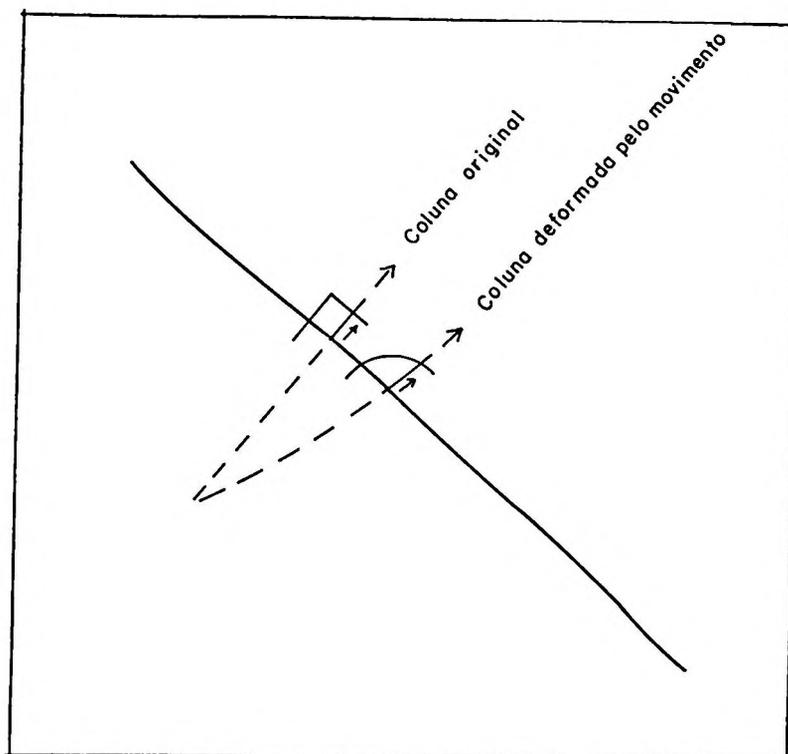


Figura 12 - Esboço esquemático de uma vertente e o tipo de movimento que pode ocorrer com o rastejo.

caso, as observações foram realizadas mensalmente e após cada episódio pluvial mais concentrado.

Para a aplicação desta técnica, que também permite calcular a taxa de deslocamento dos materiais por movimento de rastejo, procedemos da seguinte maneira: inicialmente, foram escolhidas várias vertentes, as mais apropriadas possíveis, para a realização dos experimentos e as observações, segundo critérios de declividade, presença ou não de cobertura vegetal e tipo de material intemperizado.

Primeiramente, em várias vertentes da área de

estudo, foram realizadas medições a partir da bússola, para encontrar o ângulo de inclinação das referidas vertentes. Com base nas medições, constatou-se que em média as declividades oscilam entre 5º e 25º, mas, no conjunto, classificamos as vertentes em três situações de declividade, segundo Soil Survey Staff (1951):

- vertentes de fraca declividade (de 3º a 8º);
- vertentes de moderada declividade (de 9º a 14º);
- vertentes de forte declividade (de 15º a 30º).

Visando selecionar as vertentes para o estudo experimental do rastejo, apenas as situações extremas de declividade citadas acima foram consideradas, para efeitos de comparações, a fraca e a forte, tendo em vista a aparente uniformidade e a lentidão do movimento.

Assim, a área de estudo se caracteriza pela presença de vertentes com diferentes ângulos de inclinação, esculpidas tanto em terrenos sedimentares como em terrenos vulcânicos, e que ainda podem ou não estar cobertas pela vegetação.

Assim, da combinação destas características resultam oito diferentes tipos de vertentes possíveis de ocorrer na área de estudo, a saber:

- vertentes em terrenos sedimentares, de fraca

- declividade e com cobertura vegetal tipo graminínea, herbácea, arbustiva ou arbórea;
- vertentes em terrenos sedimentares, de forte declividade e com cobertura vegetal tipo graminínea, herbácea, arbustiva ou arbórea;
 - vertentes em terrenos sedimentares, de fraca declividade e sem cobertura vegetal;
 - vertentes em terrenos sedimentares, de forte declividade e sem cobertura vegetal;
 - vertentes em terrenos vulcânicos, de fraca declividade e com cobertura vegetal mais densa;
 - vertentes em terrenos vulcânicos, de forte declividade e com cobertura vegetal mais densa;
 - vertentes em terrenos vulcânicos, de fraca declividade e sem cobertura vegetal;
 - vertentes em terrenos vulcânicos, de forte declividade e sem cobertura vegetal.

Sempre considerando a possibilidade de acesso aos pontos que constituíram a amostragem, selecionamos oito vertentes para instalar os instrumentos de experimentação, uma de cada um dos tipos citados anteriormente.

Considerou-se, ainda, que o conjunto de vertentes a ser estudado deveria, obrigatoriamente, englobar os dois tipos de rochas (sedimentares e vulcânicas), duas situações de declividade (fraca, de 3º a 8º e forte, de 15º a 30º) verificando ainda o tipo de cobertura vegetal ou a ausência da mesma.

Cada uma das vertentes selecionadas para o estudo do rastejo foi seccionada em três partes, seguindo a seqüência do perfil: o terço superior, localizado a montante; o terço médio ou a meia vertente, e o terço inferior, localizado a jusante da vertente. Como são partes distintas ao longo da vertente, cada uma delas apresenta características próprias quanto à declividade e à forma, resultando, obrigatoriamente, em diferenças, até significativas, nas taxas de deslocamento dos materiais. Em função disto, em cada uma das partes referidas acima foi escolhido um ponto para a instalação dos equipamentos: um ponto no topo, ou terço superior; um ponto no meio, ou no terço médio; e um ponto na base, ou terço inferior da vertente.

A Figura 13 mostra o perfil de uma das vertentes escolhidas para a realização dos experimentos.

Em todos os pontos selecionados para instalar os experimentos foram recolhidos sedimentos e levados ao laboratório, onde se efetuaram as análises granulométricas.



Figura 13 - Perfil de uma das vertentes escolhidas para o estudo do rastejo. As três estacas indicam os pontos onde foram injetadas as areias: no terço superior (A), no terço médio (B) e no terço inferior (C).

Com base na granulometria dos sedimentos disponíveis em cada ponto da amostra, foram preparadas areias de igual granulometria. Destas areias, que foram anteriormente recolhidas em ambientes fluviais, parte permaneceu na cor natural, parte foi colorida com o corante Floreceína, na cor vermelho-laranja, e parte recebeu um fixador de tintas de cor azul.

As colunas de areias, totalizando 24, foram injetadas nas vertentes durante o mês de outubro de 1988. A localização aproximada das 8 vertentes em estudo está representada no esboço em anexo. As vertentes 1, 2, 3 e 4 localizam-se ao longo do vale do Rio da Ilha, em terrenos

areníticos, e as vertentes 5, 6, 7 e 8 localizam-se no divisor de águas entre os rios Paranhana e da Ilha, onde passa a estrada RS-20, que liga Taquara a São Francisco de Paula, em terrenos vulcânicos.

Dependendo do tipo de material intemperizado e da espessura do regolito na vertente, as areias coloridas foram injetadas a uma profundidade que oscilou entre 0,55 centímetros e 1,00 metro.

A Vertente 1 possui ângulo de inclinação de 6º, sendo, portanto, de fraca declividade; localizada em terrenos da Formação Botucatu está coberta por vegetação arbustiva e herbácea. Nos três pontos, topo, meio e base, a profundidade das areias coloridas é de 80 centímetros.

A Vertente 2, em terrenos areníticos, com forte declividade, em torno de 15º, possui cobertura vegetal arbórea intercalada com pequenos arbustos. A profundidade dos filetes de areias coloridas, nos pontos do topo e do meio, é de 65 centímetros, e no ponto da base, de 60 centímetros.

A Vertente 3 apresenta declividade fraca (5º) e encontra-se em terrenos areníticos totalmente desprovidos de vegetação, pois é uma área constantemente preparada para cultivos. Em todos os pontos do topo, meio e base a profundidade das areias coloridas é de 75 centímetros.

A Vertente 4, que também pertence aos terrenos

da Formação Botucatu, tem inclinação de 18° , sendo, portanto, de forte declividade. A cobertura vegetal restringe-se a apenas alguns tufos de gramas, apresentando-se exposta a maior parte do solo. Nos três pontos, topo, meio e base, as areias coloridas foram injetadas até a profundidade de 55 centímetros.

A Vertente 5, localizada em terrenos basálticos da Formação Serra Geral, exhibe fraca declividade (7°) e cobertura arbórea vegetal fechada. A profundidade das areias coloridas dos pontos do topo e do meio é de 90 centímetros, e no ponto da base é de 1,00 metro.

A Vertente 6, em terrenos basálticos tem forte declividade, de aproximadamente 25° , e encontra-se coberta por densa mata subtropical. Nos pontos do topo, meio e base, as areias coloridas foram injetadas à profundidade de 90 centímetros.

A Vertente 7 de fraca declividade (5°) encontra-se em terrenos basálticos sem qualquer cobertura vegetal, pois a área se destina a diversos tipos de cultivos. A profundidade das areias coloridas, nos pontos do topo e do meio, é de 90 centímetros, e no ponto da base, de 1,00 metro.

A Vertente 8, também localizada em terrenos basálticos possui forte declividade (23°) e está coberta por gramínea muito rala, entremeada com áreas de solo ex-

posto. A profundidade das areias coloridas, no ponto do topo, é de 90 centímetros, e nos pontos do meio e da base é de 80 centímetros.

Próximas de cada ponto da amostragem, cerca de 30 centímetros acima e 50 centímetros à direita, foram fincadas estacas no sentido de facilitar a localização dos referidos pontos, por ocasião da abertura das trincheiras.

As 24 colunas de areias coloridas permaneceram implantadas nas vertentes pelo período de dois anos, durante o qual foram realizados trabalhos de campo sistemáticos para controlar a manutenção das estacas de localização dos pontos da amostragem e para observar possíveis alterações na cobertura vegetal.

Concomitante ao período experimental, foram observadas as condições de pluviosidade na área, através das informações detectadas pelas estações experimentais das cidades de Taquara e São Francisco de Paula.

Após o término da fase experimental, mais especificamente nos meses de novembro e dezembro de 1990, iniciamos a abertura das trincheiras, a fim de medir o deslocamento do filete de areias coloridas em direção à jusante da vertente.

A medição do deslocamento do filete de areias foi feita com trena comum, a partir de uma linha perpen-

dicular imaginária, formando ângulo de 90° com a superfície da vertente, que coincide com a posição inicial da coluna, conforme está representado na Figura 11.

1.7 RESTRIÇÕES QUANTO À TÉCNICA EMPREGADA

Com relação à técnica empregada, é indispensável fazer algumas considerações envolvendo determinados problemas que foram surgindo no decorrer do trabalho experimental.

A maior desvantagem da técnica é, certamente, o fato de que, depois de aberto o perfil na vertente, torna-se impossível utilizar o mesmo local para observações subsequentes, uma vez que o sítio fica totalmente destruído com a abertura das trincheiras.

É necessário mencionar, também, um problema que surgiu durante as observações finais e que se relaciona com a perda das estacas que serviam de referência para localizar os pontos da amostragem. Por ocasião da abertura das trincheiras, quatro pontos não foram localizados, pois as estacas tinham sido removidas. Três das estacas removidas estavam em área sem vegetação, portanto em terrenos manuseados pela ação antrópica. E uma das estacas, que estava em área inicialmente coberta pela vegetação, foi removida junto com a cobertura vegetal. Este tipo de problema poderia ser minimizado, caso as parcelas em ex-

perimentação fossem fechadas ao acesso de pessoas estranhas.

Outra restrição da técnica empregada refere-se à inexistência de trabalhos similares divulgados no Brasil, o que torna praticamente impossível fazer comparações entre os índices alcançados com outros índices existentes. Desta forma, o presente trabalho limita-se a quantificar a velocidade do rastejo no local, proporcionando parâmetros para trabalhos futuros.

Ainda merece destaque o fato de que o tempo para controle do processo, de apenas dois anos, foi realmente muito reduzido para a avaliação de um processo tão lento e quase imperceptível como o rastejo. Mas esta limitação deve-se, sobretudo, a prazos previamente estabelecidos para a conclusão da pesquisa.

Por último, é indispensável salientar que tivemos o cuidado de não abrir trincheiras muito grandes, e, posteriormente ao seu uso, para as observações e medições, os buracos foram fechados e cobertos com gramíneas, de modo a evitar que tais locais pudessem se tornar pontos de desencadeamento de processos degracionais. Afinal, no decorrer da pesquisa manteve-se a preocupação constante com problemas de ordem ambiental que estão ocorrendo na área da escarpa.

2 ASPECTOS DA EVOLUÇÃO MORFOGENÉTICA DA ÁREA ESCARPADA

Para melhor entendimento da paisagem natural da área da escarpa, procedemos a uma reconstituição sintética de sua história evolutiva, tentando identificar e organizar cronologicamente os principais eventos que foram responsáveis por sua morfogênese, a partir do início do Mesozóico, e que, portanto, foram decisivos para a esculturação atual dos compartimentos de relevo.

Os processos endógenos representados pelo vulcanismo e pela tectônica, assim como os processos exógenos resultantes das oscilações paleoclimáticas, que afetaram a área em estudo, ao longo do tempo geológico-morfológico, constituíram os agentes formadores do relevo e do modelado associado.

Para elaborar essa trajetória hipotética, partimos de considerações propostas por alguns autores, que, na grande maioria, são de caráter regional, associando técnicas de sensoriamento remoto, leitura e interpretação

de cartas, topográfica e geológica, com observações diretas no campo.

2.1 O PLANALTO MERIDIONAL BRASILEIRO NO RIO GRANDE DO SUL

De modo genérico e sucinto, AB'SABER (1964) descreve que:

"O Planalto Meridional é representado por sistemas de cuestas de frente externa e por grandes extensões de planaltos sedimentares e basálticos, dispostos em patamares, rodeados por depressões periféricas" (p. 200).

No conjunto, o Planalto Meridional Brasileiro, exhibe setores individualizados em função da organização de elementos tectônicos, litológicos, topográficos, morfológicos, hidrológicos, paleoclimáticos e climáticos atuais, e da distribuição da cobertura vegetal, resultando em paisagens distintas.

Quer por particularidades de gênese, quer de evolução, a paisagem do setor do Planalto Meridional localizado no norte do Estado do Rio Grande do Sul, apresenta-se bastante típica e diversificada do restante. Mas este setor, ainda, revela diferenciações quanto à organização de seus elementos na paisagem. E é com base em tais diferenciações que alguns autores estabeleceram a subdivisão para este grande compartimento de relevo no Rio

Grande do Sul.

ALMEIDA (1956) distingue duas distintas unidades, a Zona das Missões e o Planalto das Araucárias, localizado no nordeste do estado. HAUSMAN (1966) identifica duas unidades, o Planalto, propriamente dito, e a Borda do Planalto (à qual pertence a área em estudo). MÜLLER (1970) também individualiza o Planalto e o Rebordo do Planalto, que implica dois distintos segmentos - um com direção SW-NE, cuja frente está voltada para o Oceano Atlântico; o outro prolonga-se na direção leste-oeste, fazendo contato com a Depressão Periférica. O referido autor, destaca, que o primeiro têm a gênese vinculada a uma escarpa de falha, enquanto o segundo é uma típica escarpa de erosão (neste se encontra a área em estudo).

No que diz respeito à topografia dos extremos deste setor do Planalto Meridional no estado, AB'SABER (1969a), assim o caracteriza:

"... Possui uma altitude de 950 a 1.100 metros, nos extremos do quadrante nordeste do território gaúcho, descaindo suavemente para oeste, sudoeste e sul, conservando o mesmo esquema de paisagem em seus altos e largos interflúvios até atingir cotas de 750-800 m. Para leste ele é bruscamente interrompido pelas altas escarpas, de frente atlântica, conhecidas pela expressiva designação de Aparados da Serra. Para o sul e sudoeste, ele é marginado pelas áreas altamente festonadas e dissecadas da região serrana de Caxias - Morro Reuter - Taquara. Para oeste o planalto basáltico, que até então possuía uma cimeira plana e homogênea, se rebaixa e se degrada, passando a apresentar um

relevo de maciças coxilhas, semi-mamelonizadas" (p. 2).

Nas áreas altamente festonadas e dissecadas, na referência do autor, encontra-se a escarpa em estudo, que se mostra muito íngreme e com considerável amplitude altimétrica, separando dois trechos de topografia suave, o topo do planalto e a planície do Rio dos Sinos. Situa-se na borda sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, onde ocorre o término da espessa cobertura vulcânica sobre um pacote sedimentar de idade paleomesozóica.

A escarpa formou-se no contato do setor sul-sudeste do Planalto Meridional, com a Depressão Central no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Pelos processos endógenos e exógenos teve início a longa e complexa trajetória evolutiva da área em estudo, ainda no início do Mesozóico.

2.2 O VULCANISMO E A TECTÔNICA COMO AGENTES ENDÓGENOS RESPONSÁVEIS PELA GÊNESE DA ESCARPA

A gênese do Planalto Meridional está diretamente relacionada com significativos episódios de vulcanismo e tectônica, juntamente com fases paleoclimáticas marcantes.

A Bacia Sedimentar do Paraná apresenta-se como uma complexa fossa tectônica de forma elipsoidal, com eixo maior na direção NNE-SSW, encravada no escudo pré-cambriano. Concomitantemente ao seu preenchimento com sedimentos paleozóicos, foi susceptível de sucessivos episódios de subsidência e elevações diferenciais de blocos, sendo que, no início do Triássico, a bacia já se encontrava em fase de relativa estabilidade tectônica (PETRI e FÚLVARO, 1983).

Sob condições desérticas, durante o Neotriássico e o Neojurássico, formou-se o Arenito Botucatu, cobrindo quase toda a Bacia Sedimentar do Paraná, numa espessura que pode chegar aos 100 metros. Ainda durante o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior, ocorreu a maior extrusão de lavas vulcânicas do mundo, ao mesmo tempo em que continuava a deposição dos arenitos eólicos, sendo por isto que, em muitos locais da área em estudo, aparecem intercalados entre lençóis de lavas.

LEINZ et alii (1968) identificaram três focos de máximo vulcanismo na Bacia do Paraná, com base nas espessuras conservadas de rochas vulcânicas. Uma delas ocorreu no nordeste do território rio-grandense, nas proximidades do Município de Torres, seguindo para oeste em direção ao continente, atingindo até 1.000 metros de espessura.

A esta intensa atividade vulcânica, básica,

ácida e subsidiariamente alcalina, está associada complexa reativação tectônica, com período de intenso falhamento.

Com base nos estudos que SCHUCK et alii (1989) realizaram em vários perfis de alteração que se encontram preservados e expostos em cortes de estradas que ligam os municípios de Passo Fundo, Bom Jesus, Canela e Vacaria, no nordeste do estado, foi possível concluir sobre a sequência de alguns eventos paleoclimáticos pós-derrames que teriam sido decisivos para a formação do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul.

A presença de um manto de alteração do basalto, rico em óxidos de ferro e alumínio, que necessita condições oxidantes para sua formação, indica que, após cessada a atividade vulcânica, houve a instalação de um clima úmido na área, pois este horizonte com idade estimada para o Terciário Inferior sempre se superpõe diretamente às rochas efusivas.

Uma nova mudança climática, caracterizada por longo período erosivo, afetou o Planalto Meridional, pois o aparecimento de linhas de pedras sobre o referido paleossolo, em alguns dos perfis da alteração, fez com que SCHUCK et alii (1989) detectassem a ocorrência de intemperismo físico, a remoção parcial do horizonte laterítico e a formação de pavimentos detríticos descontínuos. A Figura 14 mostra um perfil de alteração que revela diferen-

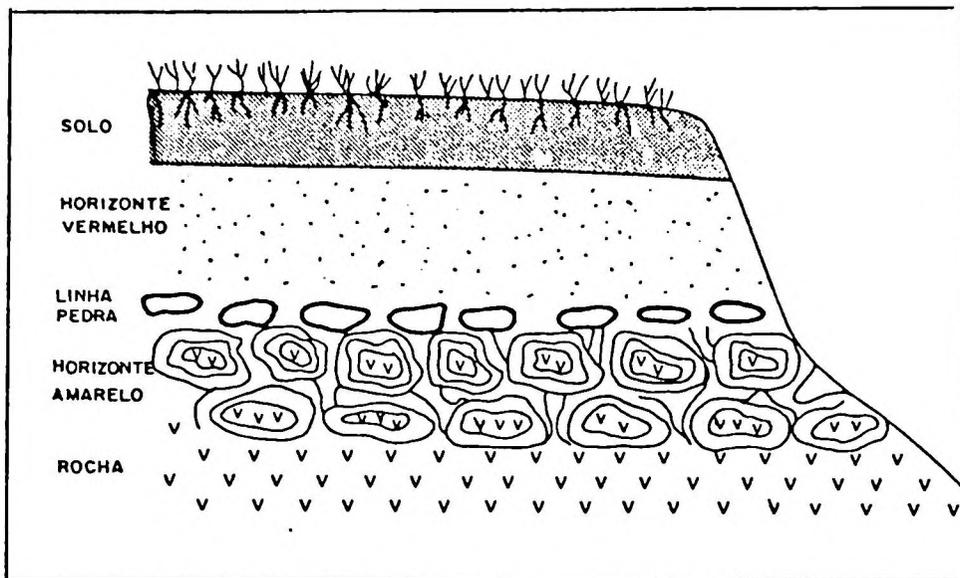


Figura 14 - Perfil de alteração, mostrando diferentes horizontes relacionados com alternâncias paleoclimáticas. (Extraído de SCHUCK et alii, 1989).

tes horizontes relacionados com as alterações climáticas.

Ao que tudo indica, nesta fase erosiva se deu o aplainamento da Superfície de Cimeira de Vacaria, que, segundo AB'SABER (1969a), representa um dos primeiros e importantes períodos erosivos por pediplanação exorréica, pós-derrames.

Associados às superfícies de aplainamento estão os depósitos correlativos. Assim, a Formação Tupanciretã, que ocorre a oeste do setor do planalto em questão, com idade do Terciário Inferior, depositou-se por ocasião do aplainamento da superfície de Cimeira de Vacaria.

Ainda no Terciário Inferior, grandes extensões

da Bacia do Paraná teriam sido afetadas por soerguimentos epirogênicos. No nordeste do Rio Grande do Sul houve soerguimentos diferenciais, que elevaram o planalto a centenas de metros acima de sua altura original.

A inclinação deste setor do Planalto Meridional para S e SW levou AB'SABER (1969a) a reconhecer uma deformação por arqueamento em abóbada

"(...) além de ter sido originalmente uma grandiosa lente biconvexa de lavas, foi novamente deformado em abóbada, posteriormente aos aplainamentos iniciais, durante as fases de soerguimento epirogênico mais importantes do Cretáceo e do Terciário" (p. 5).

Evidências do referido arqueamento foram identificadas por LISBOA et alii (1985), que, através de imagens de Landsat, localizaram uma estrutura elíptica de origem tectônica nas efusivas de Formação Serra Geral em Lajeado Grande, no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Uma nova fase erosiva, provavelmente no Terciário Superior, teria provocado retomadas de aplainamento na antiga superfície de Cimeira de Vacaria, aplainando a superfície de Cimeira de Caçapava do Sul, no Planalto Sul-Rio-Grandense, do qual a Formação Santa Tecla representa os depósitos correlativos.

Após esta fase de pediplanação, o Planalto Sul-Rio-Grandense teria sofrido deformações através de um

núcleo de arqueamento que resultou num padrão de drenagem divergente (AB'SABER, 1969a).

Em síntese, a gênese da escarpa está diretamente associada ao soerguimento do Planalto Meridional no nordeste do estado, quando elevou consideravelmente o espesso pacote de lavas vulcânicas da Formação Serra Geral, juntamente com os arenitos da Formação Botucatu, que são as litologias aflorantes na área em estudo.

Inicialmente, esta escarpa encontrava-se bem mais ao sul, e sua evolução, caracterizada sobretudo pelo recuo e festonamento do conjunto de vertentes, foi intensificada pelos processos denudacionais associados à organização de drenagem, já que, a partir do final do Terciário, a área se tem mantido em relativa estabilidade tectônica.

Partindo do pressuposto de AB'SABER (1969a)

"... na intersecção dos dois núcleos de arqueamento em abóbada (o do Escudo e o do Planalto Basáltico) vieram a se formar linhas de drenagem importantes, da qual o Jacuí é a herança mais notável e complexa" (p. 6),

conclui-se que o rio Jacuí teria ocupado esta faixa de fragilidade, onde havia um volume muito maior de sedimentos, sendo que seus afluentes provinham das terras altas dos planaltos vulcânico, ao norte, e cristalino, ao sul.

O Rio dos Sinos é afluente cujas nascentes se

localizam no setor sul-sudeste do planalto, que outrora se estendia bem mais ao sul. Ou seja, o Rio dos Sinos era um rio obseqüente que, como os outros afluentes, convergia para a depressão subseqüente do Jacuí.

Esta disposição na rede de drenagem já estaria configurada no final do Terciário, quando, então, os processos denudacionais de intemperismo e erosão começaram a atuar decisivamente no conjunto da bacia hidrográfica do Jacuí e seus afluentes, que, sob a vigência das oscilações climáticas, a partir do Terciário Superior, resultou na esculturação atual da escarpa.

A estreita relação entre os canais de drenagem e os fraturamentos ocorridos no topo do planalto por ocasião do arqueamento no setor nordeste do estado, já foi mencionada por AB'SABER (1969a) e SCHUCK et alii (1989).

Na tentativa de visualizar a disposição da rede de drenagem no conjunto da paisagem da escarpa, utilizamos imagens de Landsat MSS, na escala de 1:1.000.000, que são as mais adequadas para a análise em escala regional. A Figura 15 mostra o comportamento do Rio dos Sinos, principalmente dos afluentes da margem direita, como o Rolante, da Ilha e Paranhana, bem como os fraturamentos mais extensos.

De imediato, percebe-se que, também na escarpa, a configuração da rede hidrográfica foi condicionada pe-

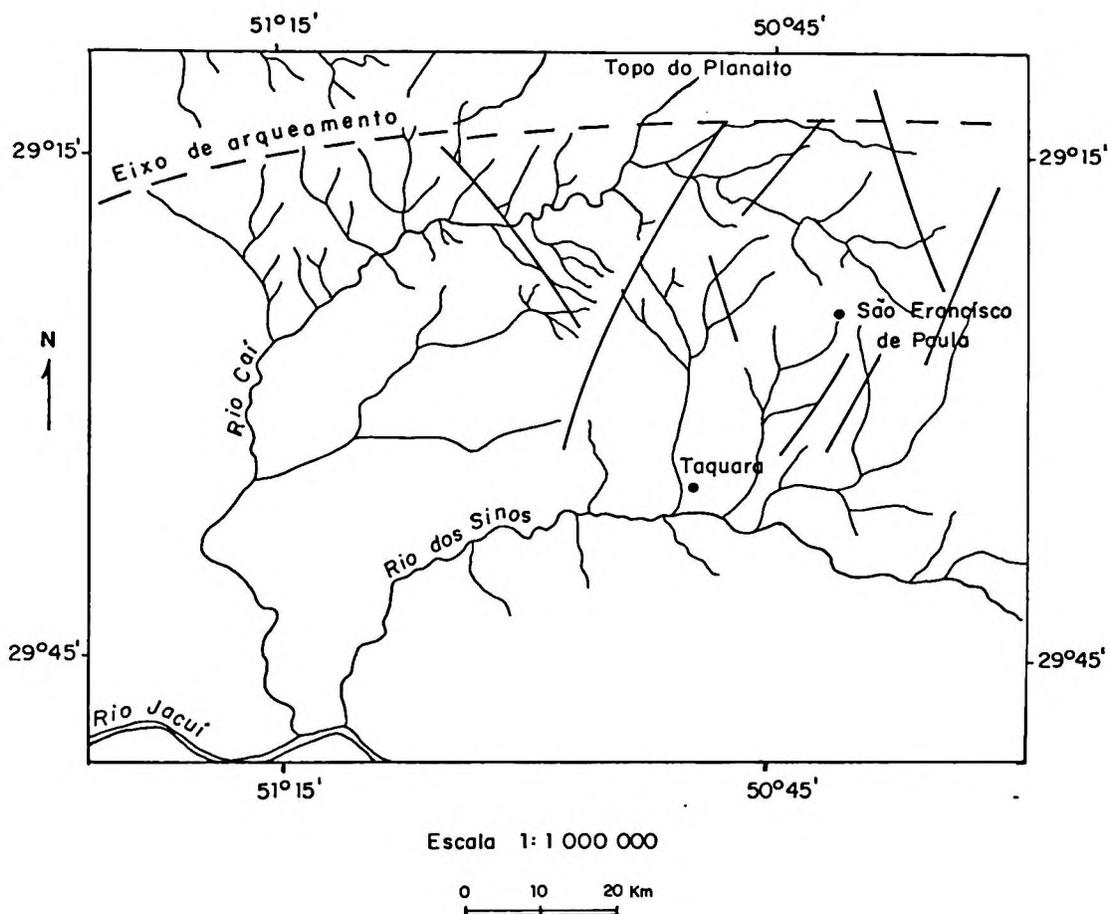


Figura 15 - Disposição da drenagem e dos principais fraturamentos das área de estudo. (Baseado em imagens Landsat MSS, na escala de 1:1.000.000).

las deformações ocorridas no topo do planalto. Os afluentes da margem direita do Rio dos Sinos definem um padrão de drenagem radial centrífugo, a partir do eixo inferido do arqueamento da estrutura vulcano-tectônica de Lajeado Grande por SCHUCK et alii (1989), no topo do planalto para o sul. Ou seja, são rios obseqüentes que cortam a escarpa em direção à atual depressão subsequente do Rio dos Sinos.

Ocupando a depressão subsequente à frente da escarpa, estende-se um conjunto rebaixado de relevo, resultante de sucessivas e prolongadas fases erosivas.

2.3 AS CONDIÇÕES PALEOCLIMÁTICAS COMO AGENTES EXÓGENOS RESPONSÁVEIS PELA EVOLUÇÃO DA ESCARPA

A partir do final do Terciário, foram as condições paleoclimáticas que passaram a controlar a evolução morfogenética da área em estudo.

As condições paleoclimáticas compreendem a alternância de climas secos e úmidos que afetaram, praticamente, todo o território rio-grandense. BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS (1975), tratando da ciclicidade das formas de relevo do território brasileiro, concluem que a natureza poligenética da morfologia está intimamente relacionada com as mudanças climáticas do Quaternário, para as quais identificam dois distintos tipos de processos:

- a degradação lateral das vertentes, que, por ocasião de climas áridos, tem como resultado a formação de pediplanos e pedimentos;
- a dissecação vertical das vertentes, que, sob condições de climas úmidos, favorece o intemperismo químico e a consequente formação de

solos.

Concomitantes com as mudanças climáticas ocorreram modificações nos processos de morfogênese e no regime hidrológico regional.

No estudo da gênese, evolução e dinâmica das vertentes da escarpa, é fundamental considerar BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA (1965), quando concluem que

"(...) a análise da morfologia das encostas é um poderoso instrumento para o reconhecimento da seqüência de eventos operantes no desenvolvimento da paisagem. Pelo estudo de várias formas e seus depósitos é possível deduzir quais as condições ambientais prevalecentes durante sua elaboração e também concluir, até certo ponto, sobre os processos atuantes no referido desenvolvimento" (p. 86).

Com a finalidade de constatar alternâncias climáticas a partir do Terciário Superior e, possivelmente, seus efeitos na morfogênese da escarpa, tornou-se essencial a identificação de indicadores paleoclimáticos, pois auxiliam na interpretação dos climas pretéritos.

Após busca sistemática em toda a área de estudo, seja na escala regional, seja na de detalhe, três indicadores foram reconhecidos: pediplanos com pedimentos correspondentes pouco preservados, três níveis de terraços fluviais e depósitos de tálus.

Os pediplanos e pedimentos são feições geomórficas de erosão e sedimentação, respectivamente, elabora-

das sob condições de climas áridos. Na área da escarpa, foi possível identificar remanescentes de uma superfície aplainada, em torno de 900 metros de altitude, nas proximidades do topo do planalto.

Devido à descontinuidade na extensão lateral de tal superfície, que se apresenta em caráter residual, não foi possível tentar mapeá-la. No nível de cotas altimétricas dos 800 metros encontram-se os remanescentes dos pedimentos correspondentes, embutidos nos vales da drenagem obsequente.

Outras possíveis superfícies de pediplanos e pedimentos, formados em altitudes inferiores a 800 metros, possuem suas feições originais totalmente modificadas pela erosão, tornando difícil seu reconhecimento.

Os terraços fluviais correspondem a episódios complexos de agradação e degradação, resultando de mudanças no regime hidrológico dos cursos d'água. COTTON (1940; apud BIGARELLA e MOUSINHO, 1965) admite que os rios aprofundam os seus leitos sob condições climáticas mais úmidas e LEOPOLD et alii (1964) consideram o terraço como uma planície de inundação abandonada.

No vale do Rio da Ilha, a nordeste do Município de Taquara, existe uma seqüência de três terraços fluviais com 8 metros de desnível entre o mais alto e o mais baixo. Igualmente, no vale do Rio Paranhana visualiza-se

uma seqüência de três terraços fluviais com desnível de 12 metros entre o mais alto e o mais baixo.

Ao que tudo indica, a formação destes dois conjuntos de terraços fluviais em antigas planícies de inundação foi sincrônica e está relacionada com diferentes fases de climas úmidos.

Os depósitos sedimentares mais típicos que ocorrem nas partes inferiores das vertentes da escarpa em estudo são os depósitos de tálus.

O material detrítico depositado nas encostas possui muitas características que podem auxiliar na interpretação dos paleoclimas, bem como dos processos operantes na remoção de produtos intemperizados. MOUSINHO e BIGARELLA (1965) explicam que o tálus contém blocos e material fino formando massa de grande espessura, relacionada com a denudação acelerada das vertentes nas épocas de climas áridos.

A análise sedimentológica macro e microscópica (granulometria e composição mineralógica) de alguns depósitos de tálus presentes na escarpa foi realizada em laboratório, tendo-se constatado a ocorrência de farto material heterogêneo, desde blocos angulosos, resultantes do intemperismo físico, por ocasião de climas áridos, até argilominerais, que necessitam climas úmidos para sua formação.

Não foi possível, por ora, identificar qualquer outro tipo de indicador paleoclimático que permita seqüenciar e-ou datar os eventos paleoclimáticos quaternários mais marcantes para a evolução da área em estudo.

Tal constatação pode ser justificada pelo acelerado processo denudacional em que se encontram as vertentes da escarpa, onde qualquer vestígio deixado por ocasião da atuação de um ou outro tipo climático foi completamente obliterado pela erosão.

Os indicadores paleoclimáticos presentes na área em estudo evidenciam apenas uma complexa atuação de alternâncias climáticas, áridas e úmidas, na morfogênese da escarpa, do que resultou intenso e acelerado processo denudacional capaz de remover uma massa muito grande de materiais, culminando com o considerável recuo da escarpa por mais ou menos 30 quilômetros, como atesta a presença de morros-testemunhos, conforme ilustra a Figura 16.

Neste processo denudacional, a alternância de intemperismo físico e químico sobre as rochas areníticas e vulcânicas tornou-as muito susceptíveis aos processos erosivos, em que se destacam as ações pluvial e fluvial como as principais responsáveis pela dissecação, festonamento e degradação lateral do conjunto de vertentes da escarpa.

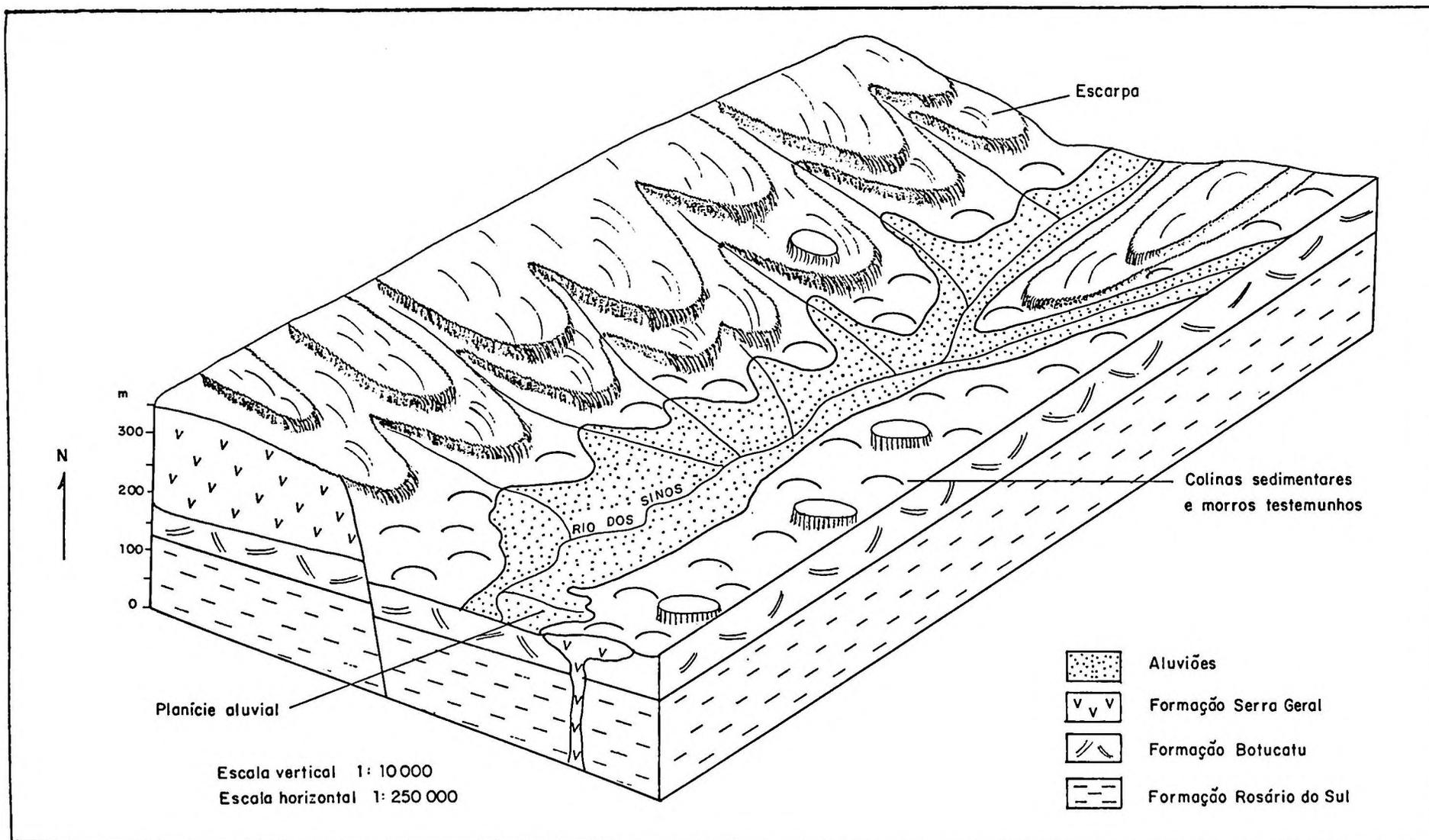


Figura 16 - Bloco diagrama esquemático do setor sul da área de estudo. (Baseado em MORRIS, 1963 e em cartas topográficas nas escalas de 1:50.000 e 1.250.000).

Enfim, a atuação de processos endógenos e exógenos resultou na formação de uma notável escarpa do tipo misto, ou seja, além de ser estrutural, é do tipo erosivo, pertencente aos relevos cuestiformes. E todas as considerações feitas evidenciam que a compartimentação morfológica atual da área da escarpa é herança de combinações regionais de processos que se alternaram muitas vezes no decurso do tempo geológico-geomorfológico, em que as formas de relevo e o modelado associado resultaram da atuação conjunta dos processos que foram responsáveis pela evolução morfogenética iniciada ainda no Mesozóico Inferior.

3 A COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA ATUAL

Para se obterem informações mais detalhadas quanto à compartimentação morfológica de determinada paisagem, além dos estudos sobre morfogênese, o mais apropriado é a confecção de mapas geomorfológicos que representem adequadamente, de acordo com a escala, o conjunto das formas de relevo nela existentes.

De acordo com PITTY (1982), o mapeamento constitui procedimento básico nos estudos geomorfológicos, pois viabiliza a descrição completa e objetiva da área de estudo.

Assim, utilizando cartas topográficas, mapas geológicos, fotografias aéreas e dados pontuais de campo construiu-se um esboço geomorfológico da área de estudo na escala de 1:50.000 (em anexo), onde foi possível individualizar três grandes compartimentos de relevo: (a) a escarpa, (b) as colinas, os morros testemunhos e (c) as planícies aluviais. Optamos por não sobrecarregar o esboço com excesso de informações, de modo a torná-lo legí-

vel, sendo representados apenas aqueles elementos básicos que consideramos necessários para a compreensão da morfodinâmica na compartimentação atual.

A partir da identificação dos três grandes compartimentos morfológicos representados no esboço em anexo, foi possível caracterizá-los, associando a composição litológica, a variação altimétrica, a disposição da rede de drenagem, as condições de solo e a cobertura vegetal.

3.1 O COMPARTIMENTO DA ESCARPA

O compartimento da escarpa encontra-se entre 150 e 950 metros de altitude, e caracteriza-se pela sucessão de vertentes íngremes, com declividade de moderadamente forte a forte, exibindo, em média, 10 a 20°.

No conjunto, a escarpa apresenta-se muito festonada, pela drenagem obseqüente, que desemboca na depressão subseqüente ocupada pelo Rio dos Sinos.

Sob o ponto de vista litológico, a escarpa foi esculpida nas rochas vulcânicas da Serra Geral, de idade juro-cretácea, que se divide em duas unidades. Uma é composta por basaltos e andesitos toleíticos de cor cinza-escura e preto-acinzentada (DMPM, 1989) com disjunção vertical dominante e com intercalações de lentes arenosas. Esta unidade, que forma a seqüência básica dos der-

rames, encontra-se, aproximadamente até o nível de cotas altimétricas de 500 metros, constituindo, portanto, os primeiros derrames.

A outra unidade, que corresponde à seqüência ácida, é composta por riocitos porfiríticos de cor cinza-castanha (DNPM, 1989), com disjunção horizontal dominante, limita-se às altitudes superiores aos 500 metros e representa os derrames mais jovens.

Esta variação litológica existente no conjunto das rochas vulcânicas, a básica e a ácida, reflete-se de modo diferenciado na morfologia das vertentes da escarpa, ou seja, até aproximadamente a cota altimétrica de 500 metros o comprimento médio dos declives das vertentes é de 100-120 metros. E acima da cota altimétrica de 500 metros, os declives das vertentes possuem comprimento médio em torno de 50-60 metros, sendo este o segmento mais íngreme de toda a área escarpada.

Os vários derrames formam grandes lentes, que variam, em espessura, de 50 a 60 metros. Localmente, foi possível visualizar a extensão lateral de algumas lentes por 6 ou 7 quilômetros, até onde a espessura se afina nas bordas. Devido às diferenças na decomposição dos derrames, e, conseqüentemente, às diferenças na resistência à erosão diferencial, as vertentes se apresentam escalonadas.

O terraceamento das rochas vulcânicas relacionado com a sucessão dos derrames encontra-se mais preservado próximo às cabeceiras dos rios, onde os vales retilíneos e estreitos exibem com nitidez os patamares de rochas.

Ancorados no sopé das vertentes escalonadas encontram-se depósitos superficiais de encostas, com grãos e blocos de tamanhos variados, junto a um solo argiloso, sendo que, próximo ao fundo dos vales dos rios Paranhana e da Ilha formam extensos depósitos de tálus e leques aluviais.

Associados aos derrames vulcânicos, estão os "sill" e diques de diabásio. Sob o ponto de vista morfológico, alguns tipos de "sills", aqueles mais resistentes à erosão, devido à composição silicosa, formam vertentes muito íngremes.

Neste compartimento, a espessa camada de solo, que se forma a partir de rochas vulcânicas, por vezes muito diaclasadas, em condições de clima úmido, favorece o desenvolvimento de densa mata subtropical alta que tem sido gradativamente substituída por cultivos em pequenas propriedades.

A Figura 17 mostra uma paisagem típica da escarpa.



Figura 17 - Visão panorâmica de um setor da escarpa, próximo à cota altimétrica de 600 metros.

3.2 O COMPARTIMENTO DAS COLINAS E DOS MORROS-TESTEMUNHOS

A seqüência de colinas sedimentares, com vertentes convexizadas e interflúvios planos, que circundam as terras baixas e as amplas várzeas da drenagem tributária do Rio dos Sinos, encontram-se até o nível de cotas altimétricas de 100-150 metros.

A declividade, oscilando em média entre 8º e 15º, é de moderada a moderadamente forte, conferindo ao conjunto de colinas aspecto bastante ondulado.

A Formação Botucatu, de idade triássico-jurás-

sica é a litologia dominante, apresentando arenitos de cor rosa, de granulometria fina a média e estratificação cruzada, acanalada e de grande porte, depositados sob condições de ambiente eólico (COTTAS et alii, 1986).

Também estão presentes neste compartimento os morros-testemunhos da litologia basáltica, que evidenciam o longo processo de recuo pelo qual passou a área escarpada.

Relacionada com o solo raso e arenoso, a cobertura vegetal está representada por mata arbórea e arbustiva associada a uma vegetação rala dos campos. Em muitas áreas, esta vegetação original tem sido removida para a realização de atividades agrárias em pequenas propriedades.

A Figura 18 mostra um conjunto de colinas em terrenos sedimentares da Formação Botucatu.

3.3 O COMPARTIMENTO DAS PLANÍCIES ALUVIAIS

As planícies aluviais ocupam as áreas mais baixas, em níveis de cotas altimétricas inferiores a 50 metros, e acompanham o curso do Rio dos Sinos e seus afluentes. É o compartimento das terras planas, formadas por depósitos fluviais subatuais e atuais indiferencia-



Figura 18 - Vista parcial de uma seqüência de colinas da Formação Botucatu.

dos, onde estão presentes os cascalhos e areias de canais fluviais e lamias das planícies de inundação.

O relevo é praticamente nulo, e a declividade das vertentes, muito fraca, não ultrapassa os 3º, em média.

A Figura 19 mostra um setor da planície aluvial ao longo do Rio dos Sinos.

Ainda neste compartimento, ao longo dos vales do curso dos rios Paranhana e da Ilha, ocorrem depósitos gravitacionais de encosta, incluindo tálus e leques aluviais subatuais e atuais. Em geral, encontram-se na base das vertentes íngremes da escarpa, até as cotas altimétricas de 40-50 metros. Com relação à litologia, consti-



Figura 19 - Planície aluvial, ao longo do curso médio do Rio dos Sinos, nas proximidades da cidade de Taquara.

tuem-se de conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos e lamitos.

A cobertura vegetal das planícies compreende as matas-galerias que acompanham os cursos d'água, e a vegetação de campo que ainda se encontram bastante preservadas.

Assim, a partir da identificação e caracterização dos compartimentos de relevo presentes na área de estudo, torna-se mais acessível compreender alguns aspectos da morfodinâmica de suas vertentes.

4 OS MOVIMENTOS COLETIVOS DE SOLO E ROCHA INTEMPERIZADA E A MORFODINÂMICA DAS VERTENTES

O entendimento dos processos morfoclimáticos atuais de determinada paisagem tem como objetivo último proporcionar a compreensão global da funcionalidade dessa paisagem.

Os processos morfoclimáticos atuais dependem da dinâmica climática através da sucessão habitual do tempo, da atuação de fatos climáticos não-habituais, da ocorrência de processos espasmódicos, bem como a hidrodinâmica global da área (AB'SABER, 1969). Os referidos processos, quando atuam externamente, podem ser de dois tipos: lineares e areolares. Os processos lineares referem-se ao trabalho dos rios nos talwegues dos vales. Os processos areolares atuam por quase toda a parte do relevo, nos interflúvios, nas vertentes e nos próprios fundos de vale (AB'SABER, 1975).

Nesta pesquisa, tratamos apenas dos processos

areolares que atuam ao longo das vertentes, particularmente, os movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada.

A geomorfodinâmica das vertentes da área escarpada em estudo encerra toda uma gama de processos responsáveis pela dinâmica natural de uma determinada paisagem morfológica, tais como, o intemperismo, o escoamento, a infiltração, a pedogênese e os movimentos de massa; sendo que, no decurso do tempo geomorfológico, esta paisagem tem evoluído de forma organizada e integrada com as condições em que se processam as relações entre seus elementos.

No entanto, a atividade antrópica parece estar interferindo decisivamente nas condições de equilíbrio da sua evolução natural, na medida em que atua na eliminação da cobertura vegetal.

De modo geral, a cobertura vegetal reduz a ação de determinados processos, favorecendo a estabilidade das vertentes. Por outro lado, verifica-se que, após a remoção da vegetação, ocorre o desencadeamento de alguns tipos de processos que são capazes de provocar a instabilidade das encostas.

No desenvolvimento desta investigação, duas etapas foram intensivamente exploradas, a da observação e da experimentação. Com isto, foi possível realizar estu-

dos de detalhe em torno dos movimentos de massa, que, além de serem processos morfodinâmicos decisivos para o estágio evolutivo atual da escarpa, têm se tornado os principais responsáveis pela ruptura da dinâmica natural da paisagem, provocando até a instabilidade das vertentes, justamente por ser este o processo mais vulnerável à ação humana, especialmente quando atua na remoção da vegetação.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PLUVIOSIDADE NA ÁREA DA ESCARPA

Conhecer as características da pluviosidade na área da escarpa é fundamental para o estudo dos movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada por rastejo, porque, justamente, este tipo de rastejo designado de periódico ou sazonal é influenciado tanto pela gravidade quanto pelas condições climáticas.

A escarpa que constitui objeto deste estudo faz parte do meio subtropical úmido, em que as chuvas são bem distribuídas por todos os meses do ano, atingindo totais pluviométricos em torno de 1500-2000 milímetros anuais.

As Figuras 20, 21 e 22 contêm informações sobre a precipitação pluvial mensal, estacional e anual, bem como o número médio de dias de chuva por estação, no período de 1931-1960, em duas estações meteorológicas: Ta-

E S T A Ç Ã O METEOROLÓGICA	MESES												TOTAL
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Taquara	136	141	118	116	121	137	125	116	132	118	91	108	1.459
São Francisco de Paula	221	213	175	186	155	100	151	128	242	210	119	164	2.162

Figura 20 - Precipitação pluvial mensal (mm) no período de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989).

E S T A Ç Ã O METEOROLÓGICA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
	Taquara	385	355	378
São Francisco de Paula	598	516	479	571

Figura 21 - Precipitação pluvial estacional (mm) no período de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989).

E S T A Ç Ã O METEOROLÓGICA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
	Taquara	28	28	28
São Francisco de Paula	37	33	31	37

Figura 22 - Número médio de dias de chuva estacional no período de 1931-1960 (Atlas Agroclimático, v. 3, IPAGRO, 1989).

quara, localizada na base da escarpa, e São Francisco de Paula, situada no topo da escarpa. Segundo essas figuras, na área da escarpa não há uma estação seca definida nem, tampouco, um período de concentração de chuvas, as quais se distribuem regularmente ao longo de todos os meses do ano.

Como o período de 1931-1960 corresponde a uma Normal Climatológica de Standard, os índices pluviométricos são médias normais.

Durante o período experimental do rastejo, também foram observados os totais pluviométricos mensais registrados nos anos de 1988 a 1990 nas estações meteorológicas localizadas nas cidades de Taquara e São Francisco de Paula.

A Figura 23 informa sobre os totais pluviométricos mensais.

Comparando os totais pluviométricos médios mensais e anuais do período de 1931-1960 com os registros pluviométricos mensais e anuais do período das experimentações, ou seja, de outubro de 1988 até dezembro de 1990, constata-se que não há diferenças significativas entre ambos, sendo as poucas alterações verificadas referem-se ao fato de que os registros do período de 1931-1960 envolvem médias, enquanto os registros do período 1988-1990 são dados empíricos.

E S T A Ç Ã O METEOROLÓGICA	MESES												TOTAL
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1988													
Taquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	119	60	
São Francisco de Paula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	202	146	121	
1989													
Taquara	171	38	101	215	87	101	129	167	222	129	117	38	1.515
São Francisco de Paula	198	79	199	280	142	111	205	237	262	196	187	137	2.233
1990													
Taquara	136	157	90	198	102	165	47	30	155	210	165	107	1.562
São Francisco de Paula	222	160	135	178	134	227	109	86	235	237	249	170	2.142

Figura 23 - Precipitação pluviométrica mensal (mm) no período de 1988-1990 (Dados fornecidos pelo IPAGRO).

Com isto é possível afirmar, com certa segurança, que não houve, durante o período das experimentações, nenhum episódio espasmódico de natureza pluviométrica que tenha podido alterar a essência do movimento de massa, do tipo rastejo, presente nas vertentes da área em estudo.

4.2 TAXAS DE DESLOCAMENTO, POR RASTEJO, DOS MATERIAIS NAS VERTENTES

Após decorrer o prazo de dois anos, mais especificamente nos meses de novembro e dezembro de 1990, procedemos à abertura dos perfis, para efetuar a avaliação do deslocamento dos filetes de areias coloridas na superfície das oito vertentes, e o respectivo cálculo da

taxa de movimentação. As medidas foram obtidas diretamente no terreno a partir da trena comum.

Para o total de 24 pontos da amostra, distribuídos nas oito vertentes, encontramos as situações que a seguir são caracterizadas, com relação à taxa de deslocamento em superfície, do filete de areias coloridas, em dois anos.

Na vertente 1, de litologia arenítica, fraca declividade e cobertura vegetal herbácea e arbustiva, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 2,0 centímetros/2 anos;
- no meio: 1,8 centímetros/2 anos;
- na base: 0,6 centímetros/2 anos.

A Figura 24 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 1.

O filete de areias coloridas injetado no ponto localizado na base da Vertente 1 pode ser visualizado na Figura 25.

A Figura 26 mostra o filete de areias injetado no ponto localizado no terço médio da Vertente 1.

Na Vertente 2, de litologia arenítica, forte declividade e cobertura vegetal arbórea e arbustiva, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

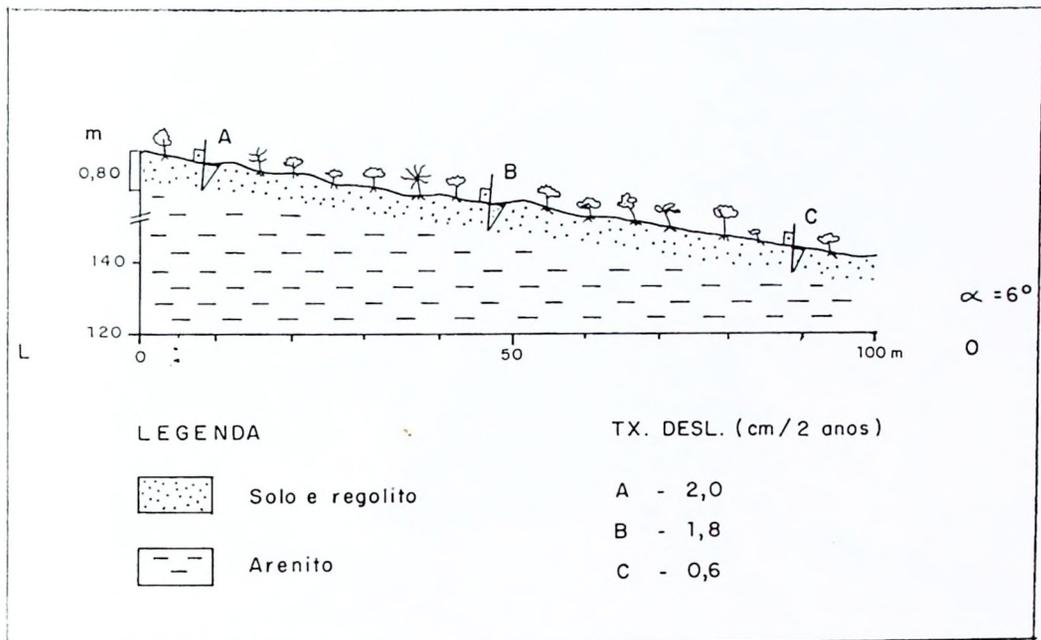


Figura 24 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 1.



Figura 25 - Filete de areias coloridas injetado em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade e coberta pela vegetação (terço inferior da Vertente 1).



Figura 26 - Filete de areias injetado em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade (terço médio da Vertente 1).

- no topo: ponto não localizado;
- no meio: 3,2 centímetros/2 anos;
- na base: 1,8 centímetros/2 anos.

A Figura 27 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 2.

A Figura 28 exhibe a coluna de areias injetada no ponto localizado na base da Vertente 2.

Na Vertente 3, de litologia arenítica, fraca declividade e cobertura vegetal ausente, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 2,8 centímetros/2 anos;
- no meio: 2,3 centímetros/2 anos;
- na base: 0,8 centímetros/2 anos.

A Figura 29 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 3.

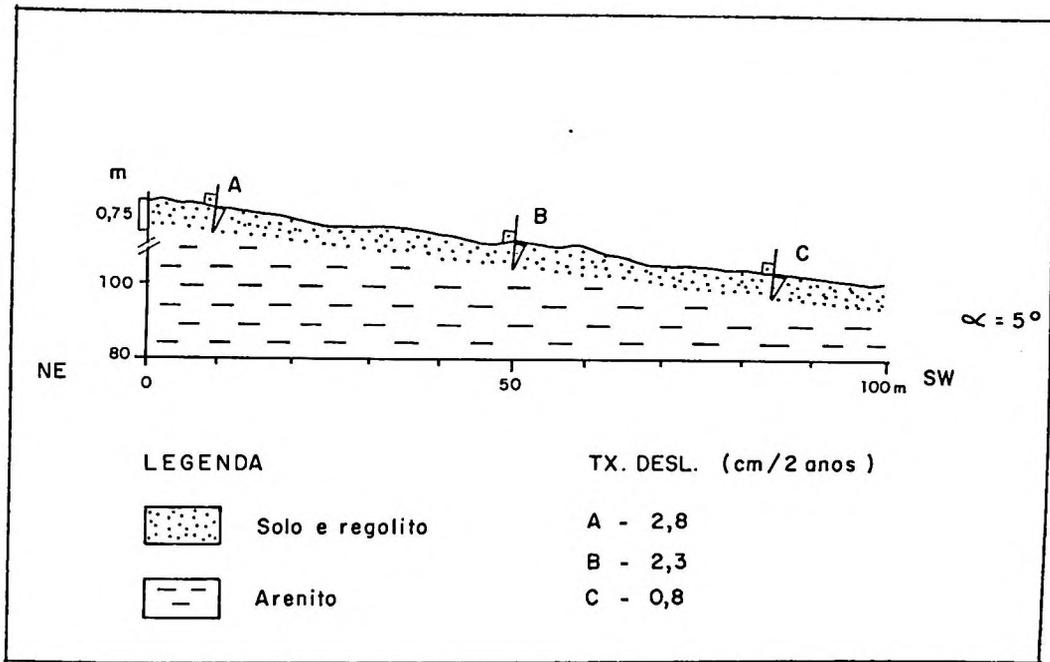


Figura 29 - Perfil Esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 3.

A coluna de areias injetada no ponto localizado na base da Vertente 3 está visível na Figura 30.

Na Vertente 4, de litologia arenítica, forte declividade e sem cobertura vegetal, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:



Figura 30 - Coluna de areias injetada em vertente de litologia arenítica, com fraca declividade e sem cobertura vegetal (terço inferior da Vertente 3).

- no topo: 5,3 centímetros/2 anos;
- no meio: ponto não localizado;
- na base: 2,3 centímetros/2 anos.

A Figura 31 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 4.

Na Vertente 5, de litologia basáltica, fraca declividade e com cobertura vegetal arbórea fechada, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 2,3 centímetros/2 anos;
- no meio: 1,6 centímetros/2 anos;

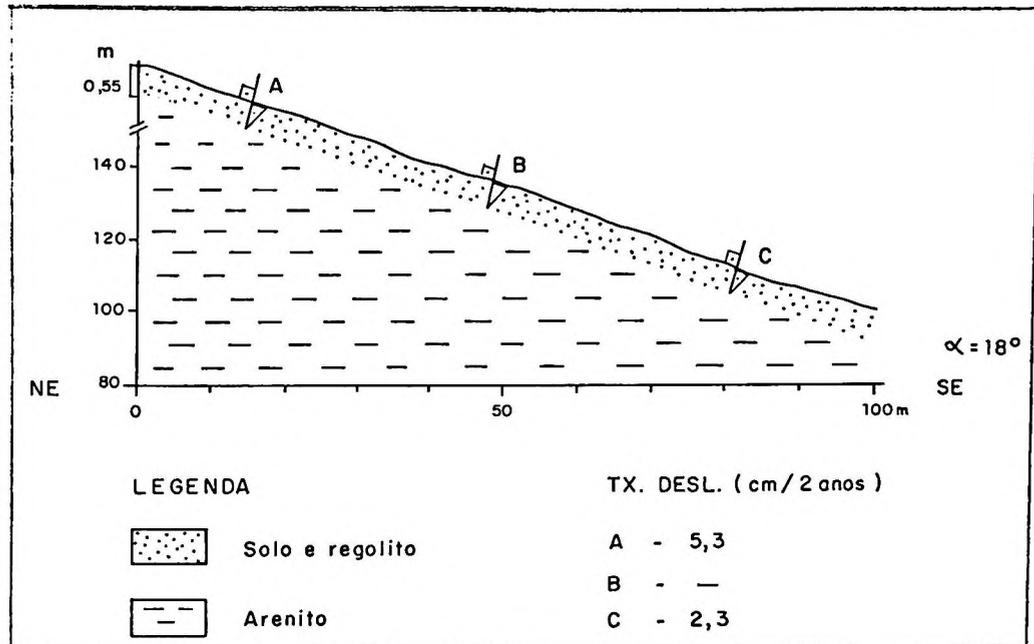


Figura 31 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 4.

- na base: 0,7 centímetros/2 anos.

A Figura 32 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 5. O filete de areias coloridas injetado no ponto localizado na base da Vertente 5 pode ser visualizado na Figura 33.

A Figura 34 mostra a coluna de areias coloridas injetada no ponto localizado no terço médio da Vertente 5.

Em função da presença de muitas raízes, a abertura da trincheira nesta vertente danificou parcialmente a coluna de areias coloridas, no entanto, mesmo assim,

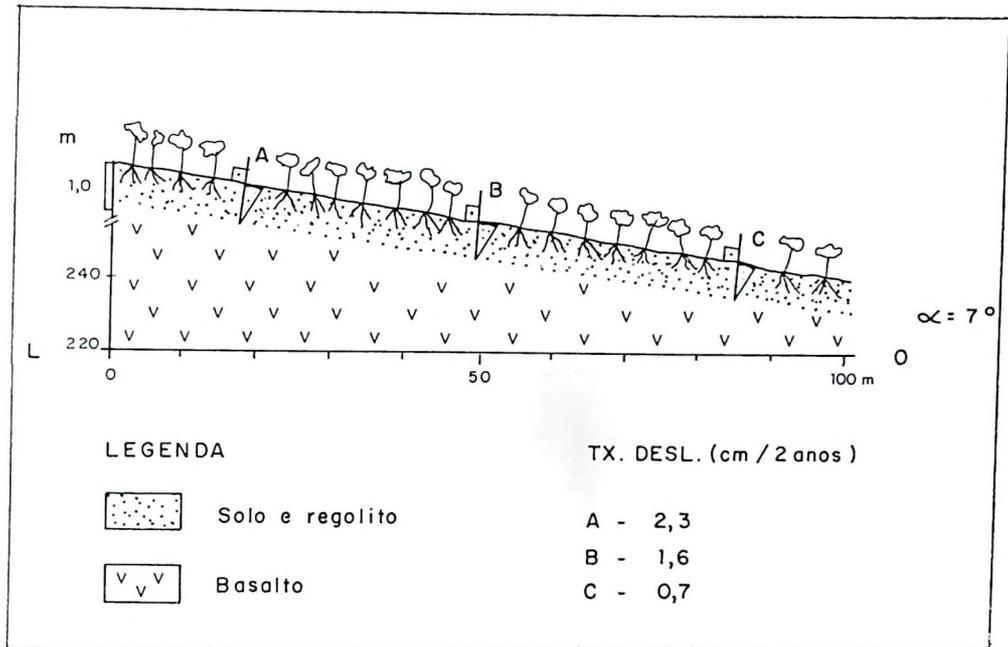


Figura 32 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 5.



Figura 33 - Coluna de areias coloridas intejadas em vertente de litologia basáltica, com fraca declividade e cobertura vegetal densa (terço inferior da Vertente 5).



Figura 34 - Coluna de areias coloridas intejada em vertente de litologia basáltica, com fraca declividade e cobertura vegetal densa (terço médio da Vertente 5).

foi possível efetuar as medições.

Na Vertente 6, de litologia basáltica, forte declividade e coberta por uma densa mata subtropical, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 3,1 centímetros/2 anos;
- no meio: 2,6 centímetros/2 anos;
- na base: 1,5 centímetros/2 anos.

A Figura 35 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 6.

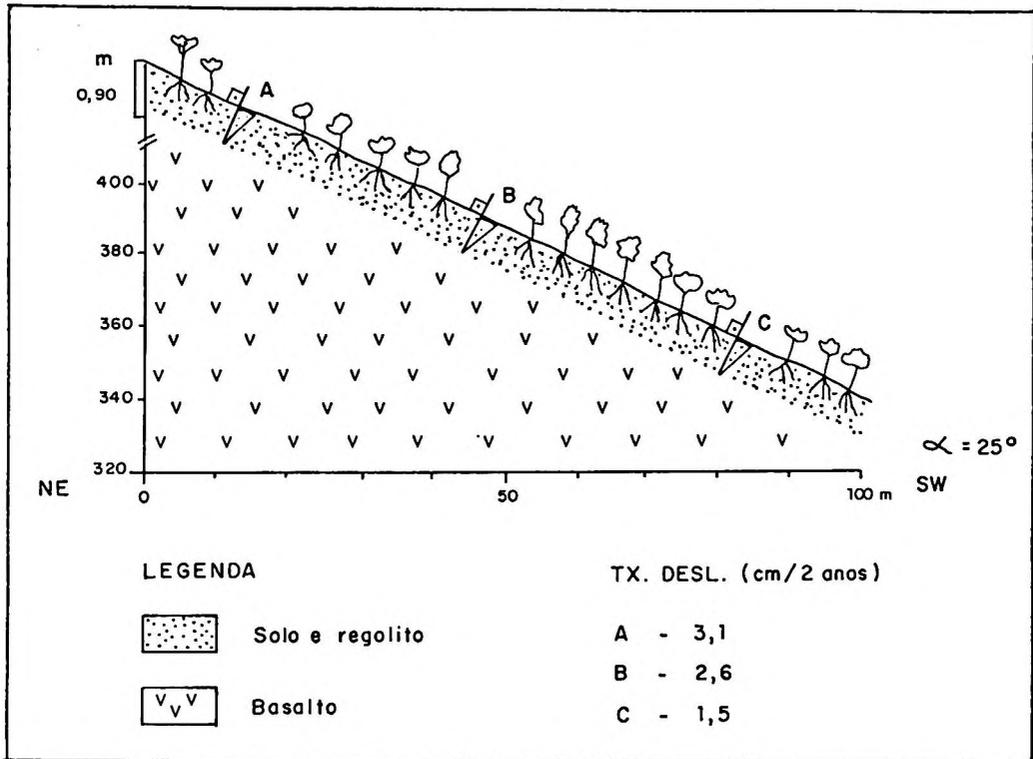


Figura 35 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 6.

O filete de areias coloridas injetado no ponto localizado no terço médio da Vertente 6 está ilustrado na Figura 36.

Na Vertente 7, de litologia basáltica, fraca declividade e sem qualquer cobertura vegetal, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 2,6 centímetros/2 anos;
- no meio: 1,9 centímetros/2 anos;
- na base: ponto não localizado

A Figura 37 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 7.



Figura 36 - Filete de areias coloridas injetado em vertente de litologia basáltica, com forte declividade e cobertura vegetal densa (terço médio da Vertente 6).

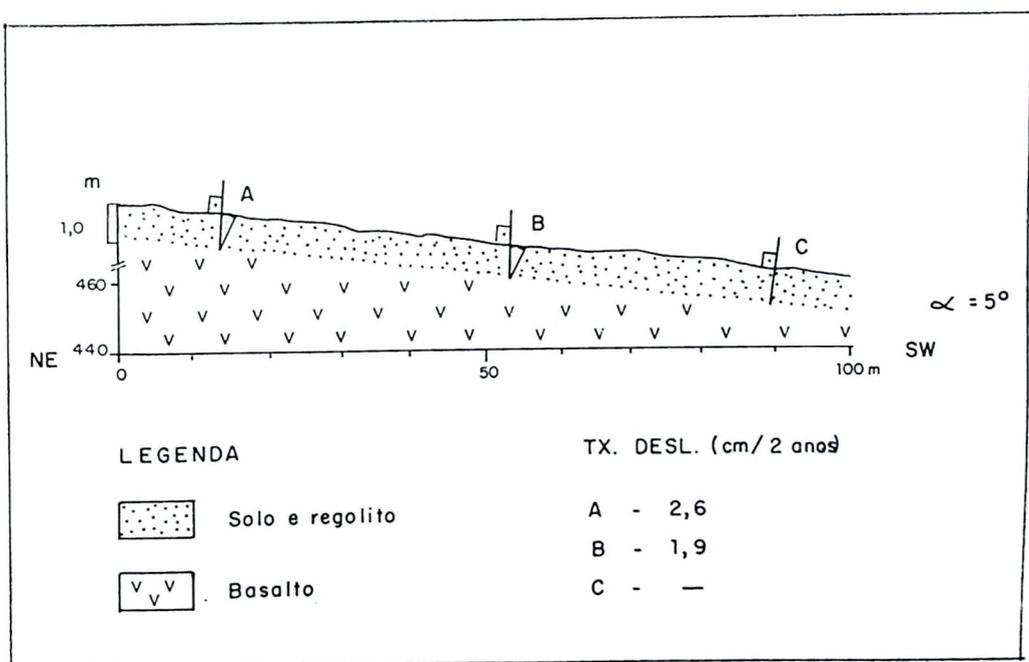


Figura 37 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 7.

Na Vertente 8, de litologia basáltica, forte declividade e sem cobertura vegetal, encontramos as seguintes taxas de deslocamento:

- no topo: 4,2 centímetros/2 anos;
- no meio: 3,2 centímetros/2 anos;
- na base: ponto não localizado

A Figura 38 representa um perfil esquemático localizando os pontos no topo, no meio e na base da Vertente 8.

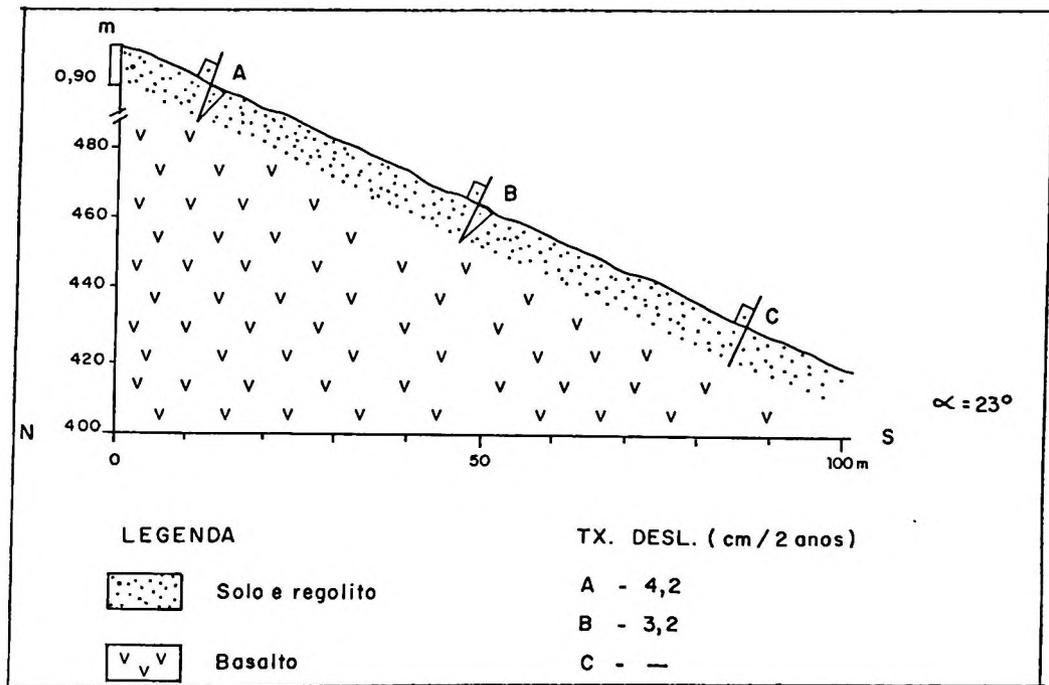


Figura 38 - Perfil esquemático localizando os pontos no topo (A), meio (B) e base (C) da Vertente 8.

A coluna de areias coloridas injetada no ponto localizado no terço médio da Vertente 8 está visível na Figura 39.



Figura 39 - Coluna de areias coloridas injetada em vertente de litologia basáltica, com forte declividade e sem cobertura vegetal (terço médio da Vertente 8).

O deslocamento do filete de areias coloridas forma um triângulo retângulo com a superfície da vertente (Figura 12). Visando encontrar a taxa de deslocamento do filete de areias a uma profundidade de 20 centímetros, foram efetuados cálculos matemáticos a partir da semelhança de triângulos, pois a reta paralela à superfície da vertente, em profundidade forma um outro triângulo menor, portanto inscrito no triângulo maior.

Os cálculos foram realizados para todos os filetes de areias localizados nas oito vertentes.

A Figura 40 resume todos os resultados obtidos a partir da abertura das trincheiras nas oito vertentes. Com base nestes resultados, constata-se que:

- em todos os pontos amostrados e localizados houve determinado deslocamento na coluna de areias em direção à jusante da vertente;
- no total de 24 pontos amostrados, apenas 4 não foram encontrados, pois as estacas de localização foram removidas;
- em todos os pontos localizados no topo e no meio da vertente, as taxas de deslocamento são maiores que as dos pontos localizados na base;
- em todos os pontos amostrados e localizados verifica-se que com o aumento da profundidade diminui a taxa de deslocamento dos materiais por rastejo;
- tanto nos terrenos de litologia arenítica como nos terrenos de litologia vulcânica, as vertentes de forte declividade apresentam taxas de deslocamento maiores que as vertentes de fraca declividade;

VERTEN- TE	LITO- LOGIA	DECLI- VIDADE	COBERTURA VEGETAL	TAXAS DE DESLOCAMENTO (cm/2 anos)	
				NA SUPER- FÍCIE	20cm DE PROFUND.
1	arenito	60	arbustiva	base: 0,6 meio: 1,8 topo: 2,0	0,5 1,3 1,5
2	arenito	150	arbórea	base: 1,8 meio: 3,2 topo: -*	1,2 2,2 -
3	arenito	50	ausente	base: 0,8 meio: 2,3 topo: 2,8	0,6 1,7 2,0
4	arenito	180	ausente	base: 2,3 meio: -* topo: 5,3	1,4 - 3,4
5	basalto	70	arbórea	base: 0,7 meio: 1,6 topo: 2,3	0,5 1,2 1,8
6	basalto	250	mata	base: 1,5 meio: 2,6 topo: 3,1	1,2 2,0 2,4
7	basalto	50	ausente	base: -* meio: 1,9 topo: 2,6	- 1,5 2,0
8	basalto	230	ausente	base: -* meio: 3,2 topo: 4,2	- 2,4 3,2

* Estes pontos não foram localizados

Figura 40 - Características das vertentes em estudo com as respectivas taxas de deslocamento, por rastejo periódico durante 2 anos.

- tanto nos terrenos de litologia arenítica como nos de litologia vulcânica, as vertentes que não possuem cobertura vegetal exibem taxas de deslocamento maiores que as vertentes cobertas pela vegetação.

Considerando a constatação de GERRARD (1981) sobre taxas de deslocamento do rastejo, em áreas subtropicais úmidas com topografia suave, oscilarem entre 1 a 10 milímetros ao ano, pode-se afirmar que os resultados quantitativos obtidos através do experimento são compatíveis para uma área escarpada sob atuação de clima também subtropical úmido.

Com relação à técnica empregada nos experimentos, além das limitações já citadas anteriormente, é procedente mencionar, também, que não fornece medidas tão precisas quanto seria o indicado, pois as medições são efetuadas de forma até rudimentar. E deve-se salientar ainda que esta técnica é mais apropriada para medir o deslocamento de materiais em superfície, pois, dando continuidade a uma série de cálculos matemáticos para encontrar a taxa de deslocamento em diferentes profundidades, verificou-se que em todos os casos, independente do comprimento do filete de areias injetado na vertente, justamente no vértice do triângulo formado pela intersecção das duas retas que representam a coluna original e a coluna deformada pelo movimento em profundidade (Figura

12), o deslocamento é praticamente zero, o que torna questionável a aplicabilidade desta técnica para o cálculo do rastejo em ^{sub}superfície.

4.3 A REMOÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E A INSTABILIDADE DAS VERTENTES

Apesar do movimento de massa do tipo rastejo, pelas características próprias em que ocorre o deslocamento dos materiais, ser o menos agressivo à dinâmica das vertentes, pode tornar-se particularmente drástico ao dar-se a retirada da vegetação, principalmente quando se verificam processos degradacionais associados, tais como ravinamentos, voçorocamentos, e deslizamentos, de que resulta a instabilidade das vertentes.

CASTLE (In SAWYER, 1975) ressalta a importância que a cobertura vegetal assume na proteção do solo, em relação ao movimento do tipo rastejo. A perda do solo através do rastejo é balanceada pelo progressivo intemperismo das rochas e, devido ao lento deslocamento, uma pequena espessura de solo permanece constante.

Porém, quando removida a cobertura vegetal, este balanço é rompido. Ocorre, também, que, em certas condições de solo, de vertente e de clima, a remoção do solo pode ser grandemente acelerada, atingindo taxas que excedem a produção de um novo solo. Nestas condições, a re-

sultante da perda de solo, que em alguns casos pode ser severa, tem como efeito a erosão do solo, podendo culminar com processos degradacionais em estágios bastante avançados.

Durante o levantamento de dados no campo, fizeram-se algumas observações relativas a vários perfis de solo, porém dois que estão expostos no corte da estrada RS-20, que liga Taquara a São Francisco de Paula, foram escolhidos para detalhamento por apresentarem boas condições de preservação e terem os horizontes muito nítidos - um em terrenos de litologia arenítica, e outro em terrenos de litologia vulcânica, particularmente a basáltica. O perfil esquemático destes dois tipos de solo está representado na Figura 41.

O perfil destes dois solos contém diferenças substanciais. O solo formado em terreno arenítico apresenta-se muito raso, limitando-se à parte superior do perfil, com espessura aproximada de 35 centímetros. Já o solo desenvolvido em terreno basáltico exibe uma espessura considerável, com cerca de 2 metros.

Essa diferenciação está diretamente associada com a composição mineralógica das duas litologias. AZAMBUJA (1970) destaca que, sob condições de clima úmido, o produto final do intemperismo do arenito é predominantemente a areia (mais de 95%), resultando em solos are-

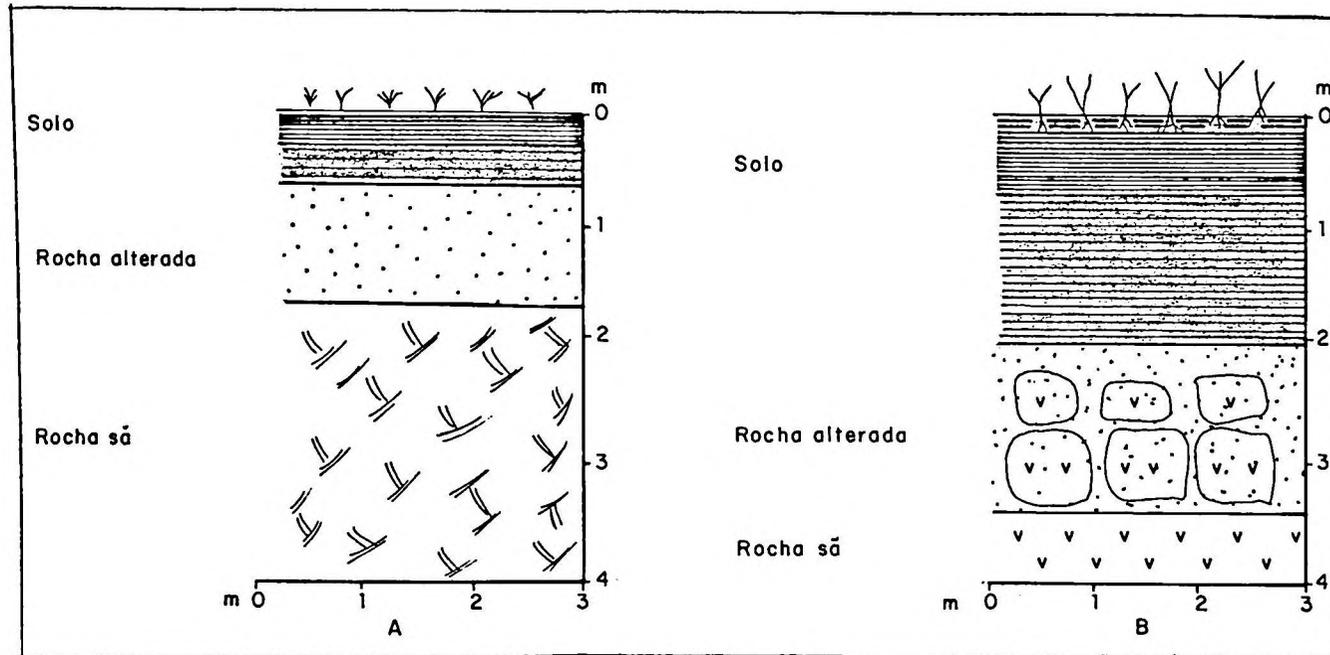


Figura 41 - Perfis do manto de alteração desenvolvidos em rochas areníticas (A) e em rochas vulcânicas (B) expostos em cortes na estrada RS-20, que liga Taquara à São Francisco de Paula.

nosos. Já o produto final do intemperismo do basalto é a argila, resultando em solos argilosos.

Os solos arenosos da formação Botucatu, presentes na área de estudo, são bastante rasos, dispendo, portanto, de limitada quantidade de nutrientes e de reduzida capacidade no armazenamento da água. Em função disto, a cobertura vegetal característica da área é do tipo campestre, principalmente nos interflúvios, associada a uma mata arbustiva e arbórea, nas encostas e nos vales.

Em superfície, estes solos mostram grande susceptibilidade aos processos degradacionais do tipo ravinamento e voçorocamentos, por ocasião da retirada da cobertura vegetal. Já os solos argilosos, oriundos das rochas vulcânicas, que são bastante profundos, e ricos em nutrientes o suficiente para manterem uma densa mata subtropical alta, ficam sujeitos aos processos de deslizamentos quando ocorre a eliminação da cobertura vegetal.

A grande espessura dos solos oriundos das rochas vulcânicas pode ser atribuída, também, a seu intenso diaclasamento, facilitando, assim, a percolação da água em profundidade e, conseqüentemente, a pedogênese.

De modo geral, com base nos resultados dos experimentos realizados nas vertentes da área da escarpa, constata-se que tanto nos terrenos de litologia arenítica como nos de litologia vulcânica, as vertentes sem cober-

tura vegetal apresentam taxas de deslocamento de materiais maiores do que as vertentes cobertas pela vegetação. E, em função das características de solo, observa-se que os primeiros são mais vulneráveis ao surgimento de processos de ravinamento e voçorocamento, enquanto os outros são passíveis de sofrerem movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada mais intensos.

A partir destas constatações, foi possível avaliar a vulnerabilidade das vertentes da escarpa diante da remoção da cobertura vegetal e o conseqüente desencadeamento de processos degradacionais.

Ainda é importante considerar que, nas condições de pluviosidade na área da escarpa, não têm ocorrido processos espasmódicos que possam alterar a essência do movimento de rastejo nas vertentes. No entanto, as condições de precipitação pluvial são suficientemente capazes de desencadear processos degradacionais quando a cobertura vegetal é removida.

Assim, nas vertentes dos terrenos areníticos sem cobertura vegetal, ocorrem ravinas e voçorocas em diferentes estágios de desenvolvimento. Estes processos aumentam de intensidade com o incremento da declividade das vertentes.

No caso das vertentes em terrenos vulcânicos sem cobertura vegetal, constata-se que, quanto maior a

declividade, maior é a susceptibilidade aos deslizamentos coletivos de solo e rocha intemperizada.

As ravinas são formas de erosão, nas vertentes, que se originam ao longo das linhas de drenagem superficial, resultando em entalhes, no solo, com seção em "V", que podem evoluir até estágios bem avançados, quando os entalhes passam a ter grandes extensões com seção em "U", que são as voçorocas, intensas formas erosivas que avançam rumo à montante das encostas (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

O principal agente no desencadeamento do processo é a água, mas ele só atua nas áreas sem cobertura vegetal.

Os deslizamentos de solo e rocha intemperizada estão diretamente relacionados com as condições de pluviosidade da área, mas, da mesma forma, só ocorrem quando há remoção da vegetação.

Embora pertencendo a um domínio morfoclimático diverso daquele onde se encontra a área de estudo, é oportuno citar os estudos que BISHOP e STEVENS (1964; apud GUIDICINI e NIEBLE, 1984) realizaram sobre a correlação entre desmatamento e movimentos de massa no sudeste do Alasca, que revelam haver aumento na frequência dos deslizamentos e, conseqüentemente, na área por eles afetada, após a retirada da cobertura vegetal. Esta correla-

ção está adequadamente representada na Figura 42.

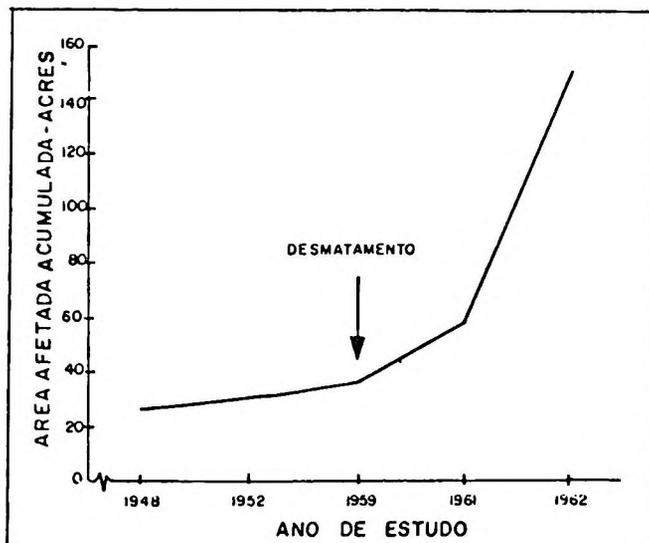


Figura 42 - Correlação entre desmatamento de vertente e ocorrência de deslizamentos (BISHOP e STEVENS, 1964; apud GUIDICINI e NIEBLE, 1984)

Assim, atribui-se à cobertura vegetal um importante papel na proteção do solo, pois o desmatamento na área de estudo pode favorecer tanto o aparecimento de processos erosivos como de movimentos de massa mais intensos, que chegam a comprometer a estabilidade das vertentes.

PRANDINI et alii (1976) destacam a atuação da cobertura vegetal, tanto com relação aos aspectos mecânicos quando hídricos na estabilização das encostas.

Do mesmo modo, GUIDICINI e NIEBLE (1984) explicam que a vegetação, através de seu sistema radicular, promove a estabilização das encostas atuando sob dois aspectos, o mecânico e o hidráulico. O aspecto mecânico se

manifesta diretamente através da estruturação do solo, conferindo-lhe um substancial acréscimo na resistência ao cisalhamento; e o aspecto hidráulico opera diretamente através do estabelecimento de escoamento hipodérmico (subsuperficial) que desvia e/ou reduz a intensidade da infiltração efetiva na rocha.

Durante os trabalhos de campo, foram observadas algumas áreas em terrenos areníticos em que houve remoção da cobertura vegetal. As vertentes, mesmo com fraca declividade, encontram-se em avançado processo de ravinamento. A Figura 43 ilustra um ravinamento em estágio inicial e a Figura 44 mostra um ravinamento em estágio avançado.



Figura 43 - Vista parcial de uma vertente em estágio inicial de ravinamentos.



Figura 44 - Vista parcial de uma vertente em terrenos areníticos com avançado estágio de ravinamento.

Já em terrenos vulcânicos, identificamos áreas em que, como resposta à retirada da cobertura vegetal, ocorreram deslizamentos coletivos de solo e rocha intemperizada, mas apenas nas vertentes de forte declividade. A Figura 45 mostra uma área de deslizamentos recentes.

No esboço geomorfológico em anexo, que contém informações sobre a compartimentação do relevo, a constituição litológica e a disposição da drenagem, também estão representadas as áreas de degradação ambiental que se encontram em diferentes situações de instabilidade possíveis de ocorrer, após a remoção da cobertura vegetal quando, então, tem início o desencadeamento de processos degradacionais.



Figura 45 - Vista parcial de um deslizamento ocorrido em uma vertente íngreme da escarpa em estudo.

Em função das características litológicas e topográficas apresentadas pelas vertentes em estudo e a conseqüente variação nas taxas de deslocamento dos materiais por rastejo; e em função da susceptibilidade ao desenvolvimento de processos degradacionais que podem surgir com a remoção da cobertura vegetal, é proposta, em termos de prognose ambiental, uma setorização para o conjunto de vertentes que compõe a área de estudo, em três níveis de instabilidade:

- áreas de fraca instabilidade: são aquelas localizadas em terrenos de litologia vulcânica, cujas vertentes possuem fraca declividade. Nestas áreas, muito raramente poderão ocorrer

deslizamentos, que provavelmente estarão relacionados com eventuais episódios pluviais espasmódicos concentrados;

- áreas de instabilidade média: são aquelas circunscritas em terrenos de litologia arenítica, com vertentes de fraca declividade, mas passíveis de surgimento de ravinas, e aquelas localizadas em terrenos de litologia vulcânica com vertentes de declividade moderada, portanto sujeitas a deslizamentos por ocasião de episódios pluviais concentrados;
- áreas fortemente instáveis: são aquelas áreas situadas em terrenos de litologia arenítica, cujas vertentes apresentam declividade moderada e forte. Tais áreas são as mais vulneráveis ao surgimento de ravinamentos e voçorocamentos. E as áreas localizadas em terrenos de litologia vulcânica com vertentes de fortes declividades, onde os deslizamentos são freqüentes.

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Ao chegarmos à etapa final deste trabalho, algumas considerações precisam ser feitas em torno da temática proposta e dos resultados alcançados.

Visando à melhor compreensão da dinâmica da paisagem na área da escarpa, todo o processo investigatório foi realizado no sentido de elucidar questões referentes à relação entre movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada, a remoção da cobertura vegetal e a instabilidade das vertentes. Para tanto, envolveu estudos específicos sobre a morfogênese e a morfodinâmica da área, que foram sistematizados em duas escalas distintas espaço-temporais, a regional e a de detalhe.

E, do mesmo modo que o desenvolvimento desta pesquisa seguiu uma seqüência escalar espaço-temporal, as discussões e as conclusões seguiram ordenação semelhante.

Assim, com base em estudos regionais e de detalhe, foi possível compreender alguns aspectos da morfogênese e da morfodinâmica da escarpa sul-sudeste do Planal-

to Meridional no Rio Grande do Sul.

Em nível regional, com base na reconstituição morfogênética da área em estudo, conclui-se, que até o final do Terciário, tanto o vulcanismo como a tectônica foram, efetivamente, os agentes endógenos, juntamente, com os paleoclimas, os responsáveis pela morfogênese da escarpa e que, a partir do Terciário Superior, particularmente no Quaternário, os processos que atuaram na evolução da paisagem foram principalmente de ordem exógena, vinculados às mudanças climáticas cíclicas, quando os processos denudacionais, devido a sua intensidade, se tornaram suficientemente capazes de gerar certos compartimentos topográficos com formas de relevo e modelados associados. Entre eles, destaca-se a presença de uma notável escarpa esculpida em terrenos de litologia vulcânica.

Sob o ponto de vista genético, a escarpa em estudo é do tipo misto, ou seja, tanto a tectônica como a erosão foram decisivas na evolução morfogênética.

Ao que tudo indica, no Terciário Superior a drenagem já apresentava configuração semelhante à atual. Com relação à organização dos canais de drenagem, deduz-se que o Rio dos Sinos, afluente do Jacuí, foi um rio obsequente, encaixado no setor sudeste do Planalto Meridional, outrora com maiores altitudes e localizado bem mais para o sul. Mas, devido ao processo denudacional que pro-

piciou o recuo da escarpa, o Rio dos Sinos passou a subsequente, ocupando a depressão localizada na frente da escarpa, para onde, atualmente, convergem todos os afluentes obseqüentes da sua margem direita, os quais foram os responsáveis pelo festonamento e recuo considerável da escarpa.

No estudo dos processos morfodinâmicos realizados nas vertentes, não se tomaram em consideração os processos lineares e os areolares de superfície que atuam ao longo dos interflúvios, porque exigem, igualmente, investigação minuciosa, com base em experimentos por longo período de tempo, o que extrapolaria, portanto, os limites em que se circunscribe a presente pesquisa. Assim, optamos pelo detalhamento dos processos areolares, especificamente os movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada por rastejo, uma vez que são processos típicos das áreas subtropicais úmidas.

O rastejo, identificado pela velocidade e pelo modo como o material se desloca, constitui um dos principais movimentos de massa responsáveis pela evolução e pela dinâmica natural das vertentes da área da escarpa. E, embora seja o mais lento e imperceptível movimento de materiais, em condições de remoção da vegetação, pode constituir fator extremamente comprometedor da estabilidade das vertentes. Ou seja, dependendo da declividade e da natureza do manto de alteração, as vertentes sem cobertu-

ra vegetal podem tornar-se palco de atuação de processos degradacionais específicos.

Constata-se que a área de estudo está sujeita à atuação de dois tipos de processos degradacionais, em suas vertentes, que têm início a partir da remoção da cobertura vegetal: os ravinamentos e voçorocamentos, e os deslizamentos. Os processos do primeiro tipo ocorrem em terrenos de litologia arenítica e independem da declividade das vertentes; já os do segundo tipo se desenvolvem em terrenos de litologia vulcânica, predominantemente, em vertentes de forte declividade. Ambos podem ser facilmente visualizados na paisagem, ainda que em exemplos isolados.

Os resultados alcançados por intermédio de experimentos realizados em oito vertentes, totalizando 24 pontos de amostra, evidenciam variação significativa nas taxas de deslocamento de materiais por rastejo nas áreas de litologia arenítica e nas de litologia vulcânica. As variações resultam, sobretudo, da natureza litológica da declividade e da presença, ou não, da cobertura vegetal nas vertentes, enfim o estudo experimental comprova a hipótese formulada no início do trabalho.

A partir de tais resultados foi possível identificar três situações de instabilidade para o conjunto de vertentes que compreende a área de estudo, todas relacionadas com a possível retirada da cobertura vegetal:

áreas de fraca instabilidade, áreas de instabilidade média e áreas fortemente instáveis.

As áreas de fraca instabilidade limitam-se às vertentes de fraca declividade de litologia vulcânica, onde o deslocamento de materiais por rastejo se verifica a taxas bem baixas. Por ocasião da remoção da cobertura vegetal destas vertentes, muito raramente poderão ocorrer deslizamentos, que provavelmente se relacionem com episódios pluviais espasmódicos concentrados. Tal fato não é muito comum, dadas as condições de pluviosidade do clima subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas por todos os meses do ano, que atuam na área.

As áreas de instabilidade média referem-se às vertentes de fraca declividade, em terrenos areníticos, e às vertentes de moderada declividade em terrenos vulcânicos. Quando desmatadas, facilmente originam-se, nas vertentes areníticas pouco íngremes, ravinas que, em determinadas circunstâncias, podem evoluir até voçorocas. Nas vertentes vulcânicas mais íngremes, como efeito do desmatamento, podem ocorrer deslizamentos, que, por ocasião de um episódio pluvial mais intenso, carrega solo e material intemperizado vertente abaixo, expondo completamente a rocha sã.

As áreas fortemente instáveis coincidem com as vertentes areníticas, com declividade moderada e forte, e com as vertentes vulcânicas, de forte declividade, onde o

rastejo se processa com taxas de deslocamento muito elevadas. Aquelas, quando ficam desprovidas de vegetação, se tornam extremamente vulneráveis respectivamente aos ravamentos e voçorocamentos, em diferentes estágios de desenvolvimento, e estas a deslizamentos freqüentes.

Os resultados obtidos a partir do estudo experimental evidenciaram a estreita relação que existe na área da escarpa, entre movimentos coletivos de solo e rocha intemperizada por rastejo, remoção da cobertura vegetal e instabilidade das vertentes.

O estudo de detalhe realizado nas vertentes da escarpa envolvendo o movimento de massa do tipo rastejo vem, mediante os resultados que proporcionou, corroborar o que GILBERT (1877) já destacava, ou seja, a importância dos processos geomorfológicos para a evolução da paisagem.

Nesta abordagem, é fundamental citar TRICART (1977), que propõe uma classificação ecodinâmica para os vários tipos de meios, quando, então, distingue três tipos, em função da atuação dos processos morfodinâmicos atuais: meios estáveis, meios em transição e meios instáveis. Esta noção de estabilidade limita-se ao modelado, que abarca a interface atmosfera-litossfera.

De acordo com tal classificação, o conjunto da escarpa sob condições climáticas atuais, pode ser consi-

derado um meio em transição, cuja dinâmica natural das vertentes se caracteriza pelo equilíbrio permanente entre a pedogênese e a morfodinâmica. Nestas condições, o solo da escarpa em profundidade, se desenvolve continuamente, enquanto na parte superior está sujeito a uma ablação lenta, porém constante, em função do rastejo.

No entanto, quando há remoção da cobertura vegetal, a morfodinâmica pode acelerar até o ponto de superar a pedogênese, passando a meios instáveis, onde a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural.

Uma vez detectada a fragilidade da área escarpada em estudo, ressalta-se a importância da cobertura vegetal para manter o equilíbrio morfodinâmico natural da escarpa.

Assim, entendemos que a cobertura vegetal deve ser considerada um fato estabilizador das vertentes, sob movimentação de rastejo, pois sua remoção cria condições propícias ao desencadeamento de outros processos degradacionais, como ravinamento, voçorocamentos e até movimentos de massa mais agressivos.

Após obtermos melhor compressão da dinâmica natural na paisagem da escarpa, torna-se essencial comentar como se estão processando as relações homem-natureza na área.

Independente de seguir uma postura metodológica

específica, constatamos uma problemática ambiental na área de escarpa, decorrente de uma forma de apropriação e transformação da natureza pelo homem, qual seja, o de utilizar amplamente os recursos da natureza, sem dela conhecer a essência, e, por conseguinte, suas limitações.

Efetivamente, o que se constata é que as vertentes têm sido gradativamente desmatadas - num primeiro momento, para extração de madeiras nobres; posteriormente com a finalidade de desenvolvimento de práticas agrárias em pequenas propriedades, pois esta é uma área de colonização européia, que teve início ainda no final do século passado.

As atividades desenvolvidas em pequenas propriedades consistem na intensa e contínua exploração do espaço agrário, que atua sobre a cobertura original sem a previsão de medidas que visem reconstituí-la ou substituí-la.

Assim, concluímos este trabalho reconhecendo a ação antrópica como suficientemente capaz de desencadear certos processos geomorfológicos que modificam substancialmente a morfodinâmica natural das vertentes da área da escarpa.

Ainda é preciso ressaltar que muitos estudos precisam ser feitos na área da escarpa, seja qual for o nível de tratamento. Para melhor entendimento da funcio-

nalidade atual da paisagem, são indispensáveis: estudos mais aprofundados, no que se refere à morfogênese, principalmente na identificação e interpretação de indicadores paleoclimáticos; investigação detalhada também em torno dos processos lineares e areolares de superfície; bem como o emprego de experimentos mais eficientes para o cálculo do rastejo, de modo a se obterem resultados mais precisos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação : análise crítica. *Rev. do Inst. de Geografia*, São Paulo : USP, v. 4, n 1/2, p. 5-23, 1983.
- 2 _____. Significado e propriedades do relevo na organização do espaço. *Boletim de Geografia Teórica*, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, p. 154-62, 1985.
- 3 AB'SABER, A. N. O relevo brasileiro e seus problemas. In : AZEVEDO, A. *O Brasil, a terra e o homem*. São Paulo : Ed. Nacional, 1964. v. 1. p. 135-250.
- 4 _____. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Rio Grande do Sul. *Geomorfologia*, São Paulo, IGEO-USP, v. 11, p. 1-17, 1969a.
- 5 _____. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, São Paulo, IGEO-USP, v. 18, p. 1-23, 1969b.
- 6 _____. **Formas do relevo; Texto básico; Projeto brasileiro para o ensino da geografia**. São Paulo : Edart, 1975. 80 p.
- 7 _____. **Potencialidades paisagísticas brasileiras. Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro : SUPREN-IBGE, 1977a. v. 1.
- 8 _____. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. *Geomorfologia*, São Paulo, IGEO-USP, v. 52, p. 1-23, 1977b.
- 9 ALMEIDA, F. F. M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, v. 24, n. 3-34, 1956
- 10 ANDRADE, G. O.; BIGARELLA, J. J.; LINS, R. C. Contribuição à geomorfologia e pelecimatologia do Rio Grande do Sul e Uruguai. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v. 8/9, p. 123-31, 1963.

- 11 AZAMBUJA, M. A. E. **Intemperismo, origem e formação dos solos.** Porto Alegre : CEUE-UFRGS, 1970.
- 12 AZEVEDO, A. O planalto brasileiro e o problema de classificação de suas formas de relevo. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v. 2, p. 43-50, 1949.
- 13 BARR, D. J. & SWANSTON, D. N. Measurement of creep in a shallow slide-prone till soil. **American Journal Science**, New Haven, n. 269, p. 467-80, 1970
- 14 BERNARDES, N. Bases geográficas do povoamento do Estado do Rio Grande do Sul. **Separata do Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro : CNG-IBGE, v. 171-172, 1963.
- 15 BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global; esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, IGEO-USP, v. 13, p. 1-27, 1971.
- 16 BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução de vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, v. 16-17, p. 85-115, 1965.
- 17 BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, v. 16-17, p. 117-82, 1965.
- 18 BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D.; RIEHS, P. J. Considerações a respeito das mudanças paleo-ambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Simpósio Internacional sobre o Quaternário. Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Curitiba-Porto Alegre, v. 47, p. 411-64, 1975.
- 19 CARSON, M. A. & KIRBY, R. J. **Hillslope form and process.** Cambridge : Cambridge Univ. Press., 1972. 475 p.
- 20 CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no Planalto de Goiânia.** (Uma análise quantitativa de resultados experimentais). São Paulo : FFLCH-USP, Departamento de Geografia, 1983. Tese de Doutorado.
- 21 _____. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo : Ed. Contexto, 1991, 147 p.
- 22 COTTAS, L. R.; GODOY, A. M.; GERALDES, M. C. Novas considerações petrográficas e estratigráficas sobre as formações Pirambóia e Botucatu da Bacia Sedimentar do Paraná. **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**. 34. Anais. Goiânia, 1986. v. 1, p. 191-4.
- 23 CRUZ, O. **A Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba. Contribuição à geomorfologia tropical litorânea.** São Paulo : IGEO-USP, 1974. Série Teses e Monografias, v. 11.

- 24 _____ . Estudos dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área da Caraguatatuba - SP. São Paulo : FFLCH-USP, 1982. 151 p. Tese de Livre Docência,
- 25 _____ . A escala temporal-espacial nos estudos dos processos geomorfológicos atuais. Uma questão de método. *Geomorfologia*, São Paulo, IGEO-USP, 1985. 33 p.
- 26 _____ . A Serra do Mar e a preservação de suas vertentes. *Orientação*, São Paulo, IGEO-USP, v. 7, p. 39-45, 1986.
- 27 DENIS, P. L'Amérique du Sud. In : BLANCHE, P. V. & GALLOIS, L. *Geographie Universelle*. Paris : Armand Colin, 1927. v. 15.
- 28 DNPM. Ministério das Minas e Energia. *Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Escala de 1 : 1.000.000, 1989.
- 29 DOMINGUES, A. J. P.; LIMA, G. R.; ALONSO, M. T. A.; BULHÕES, M. G. Serra das Araras : os movimentos coletivos de solo e aspectos da flora. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, IBGE, v. 33, p. 3-52, 1971.
- 30 FREIRE, E. S. M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. *Construção*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 95, p. 10-8, 1965.
- 31 GERRARD, A. J. *Soils and landforms; An integration of geomorphology and pedology*. London : George Allen & Unwin, 1981. 219 p.
- 32 GILBERT, G. K. *The geology of the Henry mountains*. Washington : United States Geographical and Geological Survey, 1877.
- 33 GONÇALVES, J. M. & SANTOS, N. M. Análise das classificações do relevo para o Rio Grande do Sul. *Boletim Gaúcho de Geografia*, Porto Alegre, AGB-POA, v. 13, p. 2-20, 1985.
- 34 GUIDICINI, G. & NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo : Edgard Blücher, 1984. 196 p.
- 35 HADLEY, R. F. Colored sands, marbles rods and roles. In : *Field methods for the study of slope and fluvial process*. *Revue de Geomorphologie Dynamique*, Paris, v. 17, n. 4, p. 158-9, 1967.
- 36 HAUSMAN, A. Comportamento do freático nas áreas basálticas do Rio Grande do Sul. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v. 18, 19, 20, p. 177-214, 1966.
- 37 HOEK, E. & BRAY, J. W. *Rock slope engineering*. London : Institute of Mining and Metallurgy, 1977.
- 38 IPAGRO. *Atlas agroclimático*, 1989. v. 3. Secretaria da Agricultura, Porto Alegre, RS.

- 39 LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo : Atlas, 1986. 231 p.
- 40 LEINZ, V. & AMARAL, S. E. **Geologia geral**. São Paulo : Ed. Nacional, 1975. 360 p.
- 41 LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; ISOTTA, C. A. L. Contribuição ao estudo do magnetismo basáltico mesozóico da Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Simpósio sobre o manto superior. v. 40, p. 167-81, 1968.
- 42 LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial process in geomorphology**. San Francisco : W.H. Freeman, 1964. 522 p.
- 43 LISBOA, N. A.; SCHUCK, M. T. G.; EICK, N. C.; CARRARO, C. C. Identificação de uma estrutura tectônica elíptica na formação Serra Geral (RS), através de imagens do Landsat, radar e aerofotos. **SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA**. 2. Anais. Florianópolis : 1985. p. 131-5.
- 44 MACAR, P. **Principles de geomorphologie normale**. Liège : Fondation Universitaire de Belgique, Ed. Vaillant-Carmanne, 1946. 304 p.
- 45 MONTEIRO, C. A. F. Geomorfologia. In : **Grande Região Sul - Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro : IBGE, 1963. v. 4, p. 117-69.
- 46 MORRIS, R. H. **Geologia geral das quadriculas de Gravataí, Taquara e Rolante - Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : 1963. Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS. v. 5, p. 1-38.
- 47 MOUSINHO, M. R. & BIGARELLA, J. J. Movimentos de massa no transporte dos detritos de meteorização das rochas. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, nº 16 e 17, 1965, p. 43-84.
- 48 MÜLLER, I. L. **Notas para o estudo da geomorfologia do Estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria : Departamento de Geociências UFSM, 1970, 37 p. Publicação Especial nº 1,
- 49 NOGUEIRA, P. C. Regiões fisiográficas do Estado do Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, nº 6, 1948.
- 50 NUNES, A. J. C. Landslides in soils of decomposed rock due to intense rainstorms. In : **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS ENGINEERING**, 7. Anais. México : Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1969. v. 2, p. 547-54.
- 51 PETRI, S. & FÚLFARO, V. **Geologia do Brasil; (Fanerozóico)**. São Paulo : Ed. EDUSP, 1983. 631 p.
- 52 PITY, A. F. **The nature of geomorphology**. London : Methuen,

1982. 161 p.
- 53 PRANDINI, F. L.; GUIDICINI, G.; BOTTURA, J. A.; POÇANO, W.; SANTOS, A. R. Atuação da cobertura vegetal na estabilidade das encostas: uma resenha crítica. *Anais do II Congresso Brasileiro Florestas tropicais*. Mossoró : IPT, Publicação 1074. 1976. 22 p.
- 54 RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. Liv. Selbach. 456 p. Série Jesuítas no Sul do Brasil. 1956. v. 6.
- 55 RITTER, D. F. *Process geomorphology*. Iowa : W. C. Brown, 1978. 387 p.
- 56 ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro : uma nova proposta de classificação. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, USP*, v. 4, p. 25-39, 1985.
- 57 RUHE, R. V. *Geomorphology: geographic process and superficial geology*. Boston : Houghton Mifflin, 1975. 246 p.
- 58 RYBAR, J. On movement measured by survey of a deforming hole. *Revue de Geomorphologie Dynamique, Paris*, v. 17, n. 4, p. 159-60, 1967.
- 59 SAWYER, K. E. *Landscape studies, an introduction to geomorphology*. London : Edward Arnold, 1975. 148 p.
- 60 SCHUCK, M. T. G. O.; LISBOA, N. A.; HAERTEL, V.; DANI, N. Correlação de dados morfotectônicos e geomorfogenéticos com espessura do manto de alteração do Planalto Sulriograndense através de técnicas de sensoriamento remoto. *Simpósio Latino Americano de Percepção Remota*. 4. Bariloche : 1989. p. 657-67.
- 61 SCHUMM, S. A. Seasonal variations of erosion rates and processes on hillslopes in Western Colorado. *Zeitschrift für Geomorphologie, Berlin*, n. 5, p. 215-38.
- 62 SHARPE, C. F. S. *Landslides and related phenomena*. New York : Columbia University Press, 1938. 137 p.
- 63 SOIL SURVEY STAFF. *Soil survey manual*. Washington : USDA, Agric. Handbook, 25 DC, nº 18, 1951.
- 64 SUERTEGARAY, D. M. A. *A trajetória da natureza : um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí - RS*. São Paulo : FFLCH-USP, 1987. Tese de Doutorado.
- 65 TER-STEPANIAN, G. 1966. Types of depth creep of slopes in rock masses. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS. Lisboa : ISRM, LNEE, p. 157-60.

- 66 TERZAGHI, K. & PECK, R. B. *Soil mechanics in engineering practice*. New York : Wiley, 1967.
- 67 TERZAGHI, K. *Mecanismos dos escorregamentos de terra*. 1967. São Paulo : Escola Politécnica da USP, 41 p. Transcrito da Revista Politécnica, nº 167, 1952.
- 68 TRICART, J. L'évolution des versants. *L'information Géographique*, n. 21, p. 108-15, 1957.
- 69 TRICART, J. & CAILLEUX, A. *Introduction à la géomorphologie climatique*. Paris : SEES, 1965. 306 p.
- 70 TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro : SUPREN-IBGE, 1977. 97 p.
- 71 _____. Paisagem e ecologia. *Interfácies - escritos e documentos*, São Paulo : UNESP, n. 76, p. 1-54, 1982.
- 72 VARGAS, M. Estabilização de taludes em encostas de gneisses decompostos. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS. 3. Anais. Belo Horizonte : Associação Brasileira de Mecânica dos Solos, 1966. v. 1, tema 6, 24 p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1 AB'SABER, A. N. Nem todas as escarpas basálticas brasileiras são cuestras. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 2, n. 4 p. 47-8, 1959.
- 2 AHNERT, F. A comparison of theoretical slope models with slope in the fields. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. Supplementband, v. 9, p. 88-101, 1970.
- 3 _____. Brief description of a comprehensive three dimensional process - Response model of land form development. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N. F. Supplementband, v. 25, p. 29-49, 1976.
- 4 ALBRITTON, O. C. *The fabric of geology*. Stanford : Friedman, Cooper & Co., 1963.
- 5 ALMEIDA, F. F. M. Relevo de cuestras na Bacia do Paraná. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, v. 3, p. 21-33, 1949.
- 6 _____. Botucatu, um deserto triássico da América do Sul. DNPM. *Notas Prel. Estudos* n. 86, 1954.

- 7 BAULING, H. **Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie**. Strasbourg : Fondation Bauling, 1966.
- 8 BIGARELLA, J. J. & MOUSINHO, M. R. Significado paleológico e paleoclimático dos depósitos rudáceos. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, (16/17): 7-16, 1965.
- 9 BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n. 16-17, p. 117-82, 1965.
- 10 BIRKELAND, P. **Pedology, weathering and geomorphological research**. London : Oxford University Press, 1974. 285 p.
- 11 BIROT, P. **Les méthodes de la morphologie**. Paris : PUF, 1955. 177 p.
- 12 _____. **Morphologie structurale**. Paris : PUF, 1958. 2 t.
- 13 _____. **Le cycle d'érosion sous les différents climats**. Rio de Janeiro : Fac. Fil. da Universidade do Brasil, 1960. 137 p.
- 14 BRASIL. **Mapa geomorfológico do Brasil; na escala de 1:50.000.000**. IBGE, 1968.
- 15 _____. Ministério da Agricultura. **Geomorfologia do Rio Grande do Sul**. Mapa na escala de 1:750.000. INCRA, 1972.
- 16 _____. Ministério do Exército. **Cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército; folhas de Taquara, Rolante, Canela e São Francisco de Paula - RS, na escala de 1:50.000**. 1973 e 1980.
- 17 _____. Ministério do Exército. **Carta topográfica do Serviço Geográfico do Exército; folha de Gravataí, na escala de 1:250.000**. 1983.
- 18 BRAUN, W. A. G. Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 3-54, 1961.
- 19 CARRARO, C. C. et alii. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Instituto de Geociências - UFRGS, 1974.
- 20 CARTER, G. & NOBES, M. J. The application of erosion slowness theory to hillslope formation. **Earth Surface Process**, v. 5, n. 2, p. 131-41, 1980.
- 21 CHORLEY, R. J.; SCHUMM, A.; SUGDEN, D. E. **Geomorphology**. London, New York : Methuen, 1984.
- 22 CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo : Ed. Edgard Blücher, EDUSP, 1974. 188 p.

- 23 _____ . Geografia física. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, UNESP, v. 11, n. 21-22, p. 5-18, 1981.
- 24 _____ . A significância contextual da geografia física. In : *Simpósio sobre a teoria e ensino da geografia*. Belo Horizonte : SESU/MEC, UFMG, 1983. Textos para discussão. v. 1. p. 15-20.
- 25 CLOWES, A. & COMFORT, P. *Processes and landform*. Oliver & Boyd. 288 p.
- 26 CRUZ, O. A geografia física, o geossistema, a paisagem e o estudo dos processos geomórficos. *Boletim de Geografia Teorética*, Rio Claro, UNESP, v. 15, n. 29/30, p. 53-60, 1985.
- 27 DACKOMBE, R. & GARDINER, V. *Geomorphological field manual*. Allen and Unwin, 1982. 254 p.
- 28 DAVIS, W. N. The geographical cycle. *The Geographical Journal*, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.
- 29 DE PLOEY, J. The evaluation of soil erosion and man's impact in Africa. *An. Acad. Bras. de Ciên.*, v. 47, p. 165-72, 1975.
- 30 DEMO, P. *Metodologia científica em ciências sociais*. São Paulo : Atlas, 1987. 254 p.
- 31 DERRUAU, M. *Précis de geomorphologie*. Paris : Masson Ed., 1962. 415 p.
- 32 EMBLETON, C. & THORNES, J. *Process in geomorphology*. E. Arnold, 1979. 430 p.
- 33 ENGELN, O. D. *Geomorphology*. The Macmillan Company, London : 1953. 655 p.
- 34 ENGELS, F. *A dialética da natureza*. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1979.
- 35 FAIRBRIDGE, R. W. Society and geomorphology. In: *Environmental geomorphology*. New York : Donald Coates Edit., 1971.
- 36 FÚLFARO, V. J. A evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pelo "trend surface analysis". *Geol. Esc. Eng. São Carlos, USP*, n. 14, 112 p. 1971.
- 37 FÚLFARO, V. J. & LANDIM, P. M. B. Interpretação do tectonismo cratônico - O craton brasileiro e a Bacia Sedimentar do Paraná. *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*. 27. Anais. 1973. v. 2. p. 187-8.
- 38 GALLIANO, A. G. *O método científico : teoria e prática*. São Paulo : Harbra, 1979. 200 p.

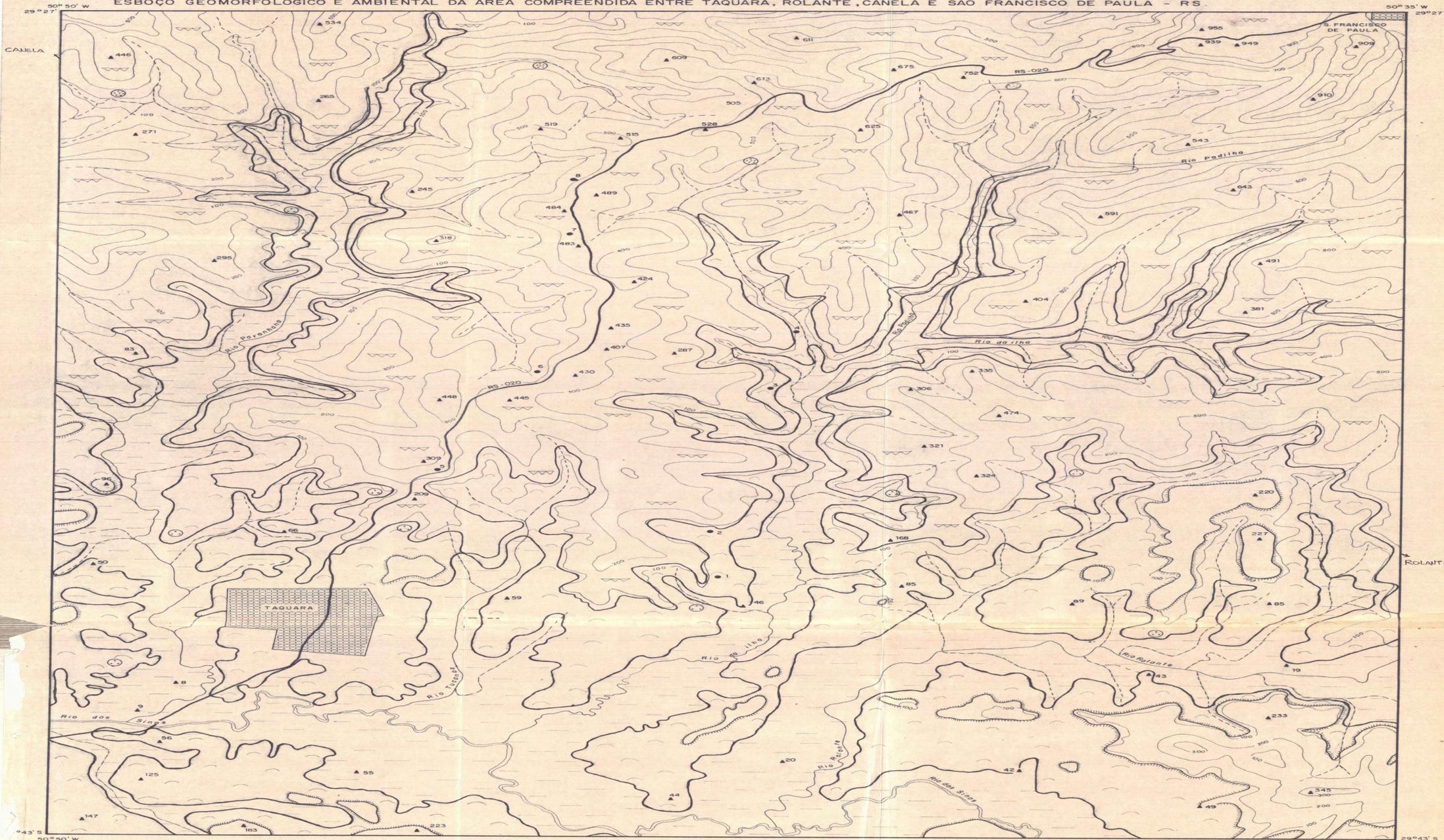
- 39 GERASIMOV, I. P. *El hombre, la sociedad y el medio ambiente*. Moscú : Ed. Progreso, 1976. 435 p.
- 40 GOMES, A. M. B. *Aspectos da evolução geomorfológica da Escarpa Oriental do Planalto Meridional durante o Quaternário*. Porto Alegre : UFRGS, 1976. 98 p. Tese de Livre Docência,
- 41 GOUDIE, A. S. *Geomorphological techniques*. London : George Allen and Unwin, 1981.
- 42 GRAY, D. H. Effects of forest clear-cutting on the stability of natural slope. *Bull. Assoc. Engineering Geologists*, v. 7, n. 1-2, p. 45-66, 1970.
- 43 GRICORIJEV, A. A. The theoretical fundaments of modern physical geography. In : *The interactin of sciences in the study of the earth*. Moscow : Progress Publisher, 1968.
- 44 GUIDICINI, G. & IWASA, O. Y. *Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical úmido*. São Paulo : IPT, 1976. Relat. 1080.
- 45 KING, C. A. *Techiques in geomorphology*. London : Edward Arnold, 1966.
- 46 _____. *Morphology of the earth*. Edinburgh : Oliver, 1967.
- 47 KIRBY, M. J. & MORGAN, R. P. C. *Soil erosion*. New York : John Wiley & Sons, 1980. 312 p.
- 48 KIRBY, M. J. *Hillslope hydrology*. New York : John Wiley & Sons, 1979. 389 p.
- 49 LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do Sul do Brasil. *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras, USP*, v. 103 n. 5, p. 1-61, 1949.
- 50 LOBECK, A. K. *Geomorphology*. London : MacGraw Hill, 1939. 731 p.
- 51 LOCZY, L. & LADEIRA, E. A. *Geologia estrutural e introdução à geotectônica*. São Paulo : Ed. Edgard Blücher, CNPq, 1980.
- 52 MACHADO, F. P. *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro : IBGE, 1950. 91 p.
- 53 McCULLACH, P. *Modern concepts in geomorphology; Science in geography*. Oxford Un. Press, 1978. 128 p.
- 54 MENDES, J. C. Algumas considerações sobre a estratigrafia da Bacia do Paraná. *Bol. Paranaense de Geografia*, v. 4/5, 1961.
- 55 MOISE, E. E. & DOWNS, F. L. *Geometria moderna*. São Paulo : Ed-

- gard Blücher, 1971. v. 1.
- 56 MONTEIRO, C. A. F. *A geografia no Brasil (1934-1977); Avaliação e tendências*. São Paulo : IGEP- USP, 1980. 155 p. Série Teses e Monografias. n. 37.
- 57 MOREIRA, A. A. N. & LIMA, G. R. Relevo. In : *Região sul; Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro : IBGE, 1977. v. 5. p. 1-34.
- 58 MORGAN, R. P. C. *Soil erosion*. London : Longman, 1979. 111 p.
- 59 MOSLEY, M. P. & ZIMPFER, G. L. Explanation in geomorphology *Zeitschrift für geomorphologie*. N. F. Supplementband, 1976, v. 20, n. 4, p. 381-90.
- 60 ORELLANA, M. M. P. A geomorfologia no planejamento do meio-ambiente (geomorfologia ambiental). *Notícia geomorfológica*, Campinas, v. 16, n. 31, p. 3-15, 1976.
- 61 _____. Geografia e meio ambiente. *Geografia*, Rio Claro, UNESP, v. 11/12, p. 207-9, 1981.
- 62 _____. A geomorfologia no contexto social. In : *Simpósio sobre a teoria e ensino da geografia*. Belo Horizonte : SESU/MEC, UFMG, 1983. Textos para discussão. v. 2. p. 13-35.
- 63 PENCK, W. *Morphological analysis of land forms; A contribution to physical geology*. London : McMillan & Co. Ltd., 1953.
- 64 RAMOS, A. N. Aspectos paleoestruturais da Bacia do Paraná e sua influência na sedimentação. *Bol. Técn. Petr.*, v. 13, 1970.
- 65 RANZANI, G. *Manual de levantamento dos solos*. São Paulo : Ed. Edgard Blücher, 1969.
- 66 REYNAUD, A. *Epistemologie de la geomorphologie*. Paris : Masson, 1971. 125 p.
- 67 ROUGERIE, G. Méthode d'étude expérimentale des phénomènes d'érosion en milieu naturel. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, Paris, v. 5, set./out. 1954.
- 68 SALAMUNI, R. Índícios de sedimentação cíclica no Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia*, n. 4/5, 1961.
- 69 SCHEIDEGGER, A. E. *Theoretical geomorphology*. Barlim Springer Verlag, 1970. 435 p.
- 70 SCHMIDT, A. *The concept of nature in Marx*. London : New Left Books, 1976.
- 71 SCHUMM, S. A. & LIGHTY, R. W. Time, space and casuality in geomorphology. *American Journal of Science*, v. 236, p. 110-9,

1965. New Haven Conn.
- 72 SILVA, B. C. N. & SILVA, S. B. M. *Elaboração de projetos de pesquisa em geografia; uma orientação*. Salvador, UFB-PROED, 1986. 36 p.
- 73 SPARRS, B. W. *Geomorphology*. London : Longman, 1972.
- 74 STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology. In : *Encyclopedia of geomorphology*. New York : Reinhold Publ. Corp., 1968. p. 898-912.
- 75 _____. Slope analysis. In: FAIRBRIDGE, R.W. *Encyclopedia of geomorphology*. New York : Reinhold Publ. Corp., 1968. p. 998-1001.
- 76 _____. *Physical geography*. New York : John Wiley & Sons, 1970.
- 77 SUGUIU, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo : Edgar Blücher, 1973.
- 78 THOMAS, M. F. *Tropical geomorphology*. MacMillan, 1974. 332 p.
- 79 THORNBURY, W. *Principles of geomorphology*. New York : John Wiley & Sons, 1957. 618 p.
- 80 THORNES, J. B. & BRUNSDEN, D. *Geomorphology and time*. London, New York : Methuen, 1977. 208 p.
- 81 TRICART, J. *L'epiderme de la terre; Esquisse d'une geomorphologie appliquée*. Paris : Masson, 1962. 160 p.
- 82 _____. *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Paris : Masson 1965. 496 p.
- 83 _____. As relações entre morfogênese e pedogênese. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 8, n. 15, p. 5-18, 1968.
- 84 _____. *Précis de géomorphologie; Géomorphologie structurale*. Paris : SEDES, 1968.
- 85 _____. La geomorphologie dans les études intégrées d'aménagement du milieu naturel. *Ann. de Geogr.*, v. 82, n. 452, p. 421-53, 1973.
- 86 TRICART, J. & KILLIAN, J. *L'écogeographie et l'aménagement du milieu naturel*. Paris : Maspero, 1979. 325 p.
- 87 TROPMAIR, H. Natureza e sociedade. In : *Simpósio sobre a teoria e ensino da geografia*. Belo Horizonte : SESU/MEC, UFMG, 1983. Textos para discussão.
- 88 VALVERDE, O. O Planalto Meridional do Brasil. In : *CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA 18*. Guia de excursão n. 9. Rio de

Janeiro : CNG-IBGE, 1957.

- 89 VARGAS, R. *Introdução à mecânica dos solos*. São Paulo : EDUSP, 1977. 509 p.
- 90 YOUNG, A. *Slopes*. Edimburg : Clayton-Oliver and Boyd, 1972. 288 p.



CONVENÇÕES

TOPOGRAFIA

- ▲ Ponto cotado
- 100- Curva de nível
- Ponto amostrado

HIDROGRAFIA

- Drenagem fluvial
- - - Drenagem pluvial

Tabela em anexo de nível sobre numerada

COMPARTIMENTOS DE RELÉVIO

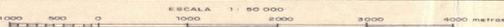
- Escarpa
- Colinas sedimentares e morros testemunhos
- Planícies aluviais

LEGENDA

DINÂMICA AMBIENTAL

- Áreas de deslizamentos
- Áreas de ravinamentos e/ou voçorocamentos

SITUAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO DO RS



ESCALA 1:50.000

BASEADO EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DE TAQUARA, ROLANTE, CANELA E SÃO FRANCISCO DE PAULA, NA ESCALA DE 1:50.000. SBB - ME - 1974 E 1980 - F. MORRIS (1983). ELABORADO POR: NEIDA PACHECO.