

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Cristina F.S. Meirelles¹
Elisabete Cristina Kono¹
Maria Raquel P.S. Pacheco²
Rosângela Pacini Modesto²

RESUMO — Tendo em vista solucionar os problemas de escorregamentos de terra na Serra do Mar, em Cubatão, buscou-se, através de uma área piloto (Ubatuba — estado zero) elaborar um estudo visando ao estabelecimento de critérios e indicadores para avaliação dos níveis de susceptibilidade do meio, com o objetivo de fornecer uma metodologia específica para análise ambiental de quaisquer áreas similares à piloto.
Palavras-chave: Ubatuba, escorregamento, impacto, metodologia.

ABSTRACT — In order to solve land slide problems in Serra do Mar, Cubatão, an effort has been made to set up criteria and indicators to evaluate environmental susceptibility levels in order to obtain a specific methodology for environmental analysis of any area which is similar to the pilot one.
Key words: Ubatuba, slippery place, impact, methodology.

INTRODUÇÃO

O planejamento de qualquer área passa pela compreensão geográfica e social. Percebe-se, entretanto, que no estudo do meio natural, voltado para este propósito, negligenciam-se perigosamente as interações existentes entre os vários elementos da Natureza, restringindo-se a inventariá-los — ou quando muito a superpô-los sem qualquer esquema metodológico mais consistente.

Nesse sentido, a preocupação primeira deste trabalho envolveu uma pesquisa bibliográfica, para proporcionar a discussão e o entendimento de conceitos básicos que norteiam a pesquisa geográfica (geografia física). Assim, os conceitos mais discutidos foram os de fisiografia, ecossistema, geossistema e paisagem.

Este estudo visou à qualificação das áreas do município de Ubatuba em relação ao seu potencial ambiental e, concomitantemente, ao estabelecimento de critérios e indicadores para avaliação dos níveis de vulnerabilidade do meio, com a finalidade de fornecer uma metodologia específica para a análise ambiental de quaisquer áreas similares à piloto.

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Considerando que essa análise está restrita aos aspectos naturais, optou-se pela adoção de um método de abordagem específico, que tivesse como base essencialmente a cartografia. Para tanto, utilizou-se do trabalho "Variação Espacial da Capacidade de Uso da Terra" (Simielli, M.E.R.), cuja proposta metodológica segue as proposições feitas por Rimbart (1964) e Libault (1971), sistematizando um roteiro de investigação em quatro níveis: compilatório, correlatório, semântico e normativo (ver Figura 1).

Nível Compilatório — Corresponde à fase inicial da pesquisa, com coleta de dados e sua respectiva compilação. Em seguida, procede-se à hierarquização desses dados, com a seleção das variáveis essenciais e mais significativas. Nesse primeiro nível, a cartografia aparece como instrumento de análise, onde a distribuição dos fenômenos é analisada isoladamente.

Em função do objetivo anteriormente citado, as variáveis selecionadas e respectivas cartas de análise propostas foram as seguintes: cartas de processos erosivos, de declividade, de orientação de vertentes, de formas das vertentes, de cobertura vegetal, de hipometria.

Tratando-se da análise do meio físico, para avaliação da susceptibilidade das vertentes frente aos processos erosivos, há que precizar a importância desta variável como ponto de controle e res-

¹Geógrafas da CETESB.

²Estagiárias de Geografia da CETESB.

pectiva apreciação de sua correlação com as demais variáveis. Assim, foram mapeadas as cicatrizes de escorregamentos passíveis de serem reconhecidas em fotos aéreas em escala 1:45.000, utilizando-se como base a carta geomorfológica da Sudelpa-Superintendência de Desenvolvimento do Litoral Paulista.

Já a declividade é um indicador importante para a determinação dos valores críticos, a partir dos quais aumenta o potencial de ocorrência de processos erosivos, principalmente os movimentos de massas. As classes estabelecidas foram definidas com o apoio da bibliografia e das restrições legais.

O exame das fotografias aéreas da Serra do Mar, em Cubatão (1977, 1985) mostrou maior incidência de escorregamentos nas vertentes voltadas para norte, nordeste e leste, ou seja, para as áreas de maior incidência solar. Isso levou à formulação da hipótese de que fenômenos de movimentos de massa poderiam estar também correlacionados às diferenças do grau de insolação. Por esse motivo, elaborou-se a Carta de Orientação de Vertentes.

A indicação dos segmentos das vertentes, isto é, dos trechos convexos, côncavos ou retilíneos é também importante, uma vez que em cada um desses segmentos existe a predominância de processos específicos. Por exemplo: para o estabelecimento das áreas mais suscetíveis aos movimentos de massa, o setor retilíneo, quando aliado a altas inclinações, oferece grandes riscos. Na análise dos loteamentos em áreas de vertentes e nas áreas de exploração mineral, esse indicador deverá ser considerado, uma vez que permitirá apontar não só as áreas vulneráveis, mas também diagnosticar os tipos de riscos existentes (ver Figura 2).

Tendo em vista que a cobertura vegetal é o produto da interação entre os diversos componentes da natureza, ela comporta vários níveis de análise. Em um zoneamento ambiental do meio físico, o seu estudo pode contribuir na identificação de desequilíbrios naturais, resultantes ou não da atuação do homem, ou ainda permitir inferências acerca de possíveis atividades existentes na área. Assim, efetuou-se o mapeamento da cobertura vegetal do município de Ubatuba, visando à identificação e localização espacial das diferentes comunidades vegetais, além de evidenciar áreas de desmatamento e de uso agrícola.

Na Carta Geológica, os indicadores litologia e estrutura foram selecionados por proporcionarem subsídios para a identificação de áreas potencialmente mais vulneráveis. O primeiro, porque fornece a natureza da rocha, cuja importância repousa no fato de que rochas diferentes possuem propriedades e características físico-químicas diferenciadas e, portanto, apresentam maior ou menor resistência frente aos processos de intemperismo. O segundo, porque indica as áreas de falhas e fraturas, que são tectonicamente mais frágeis.

A confecção da Carta Hipsométrica tem como objetivo permitir melhor visualização dos compartimentos morfotopográficos. Assim, verificada a variação de altitude da área de estudo, foram estabelecidas sete classes: 0-100, 100-200, 200-400, 400-600, 600-800, 800-1.000 e acima de 1.000. Os intervalos de 100 m nas duas primeiras classes se justificam pela necessidade de melhor visualização das áreas de contato ou transição das planícies para as vertentes.

As propriedades físico-químicas do solo variam segundo os produtos do intemperismo, destacando-se entre eles os minerais de argila. Estes, dependendo do teor de umidade, apresentam propriedades de materiais sólidos (baixo teor de umidade), plásticos ou viscosos (teor de umidade acima do limite de liquidez). Nos dois primeiros casos, a argila mantém um grau de coesão que lhe é intrínseca, apresentando forte resistência ao cisalhamento. Entretanto, com o excesso de umidade e conseqüente rompimento de sua estrutura interna, a argila passa a agir como um líquido viscoso, dando início a movimentos de massa mais rápidos, como o escorregamento, a corrida de lama etc.

Apesar da importância fundamental que o estudo das formações superficiais, incluindo o solo, representa para a análise e explicação da dinâmica dos processos erosivos, não foi possível trabalhá-los devido à insuficiência de dados para o município de Ubatuba.

No que diz respeito aos movimentos de massa, assinala-se a importância do índice pluviométrico como elemento de análise. É ponto pacífico que uma pluviosidade elevada e concentrada em algumas poucas horas é fator essencial para o desencadeamento de movimentos de massa, sejam eles de pequena ou de grande

proporção. Entretanto, para que isso ocorra é necessário que esse material esteja saturado em decorrência de chuvas frequentes, porém equitativamente distribuídos no tempo. E a velocidade de saturação desse material depende principalmente de suas propriedades físico-químicas e de sua estruturação interna. Portanto, não se desconsiderou o estudo do clima, tido por muitos autores como o principal fator no que concerne aos movimentos de massa. Ocorre, porém, que a sua importância é relativa e só pode ser bem entendida quando analisada em justaposição com outros elementos. O estabelecimento de limites pluviométricos críticos não pode ser pensado sem se levar em consideração o estudo das Formações Superficiais.

Nível Correlatório — É nesta fase que, de posse dos dados coletados (Nível 1), parte-se para a sistematização e ordenação das variáveis selecionadas: têm-se então os primeiros ensaios de correlação (ver Figura 3). Num primeiro momento, fez-se o cruzamento da variável fixa — processos erosivos — com as demais, uma a uma. Ex.: processos erosivos x declividade, processos erosivos x orientação de vertentes e assim sucessivamente. O objetivo é o de obter um ensaio de correlação parcial que resulte numa primeira qualificação quanto à situação dos processos erosivos frente às demais variáveis do meio físico. Para tanto, todas as cicatrizes de escorregamento, contidas na Carta de Processos Erosivos, foram numeradas e codificadas de acordo com a sua classificação. Exemplo: a erosão superficial, representada pelo símbolo Σ , recebeu a codificação *d*, seguindo-se a numeração de *1* a *n*, de acordo com o número de ocorrência. O mesmo procedimento foi atendido para as demais classificações.

Nível Semântico — É nessa fase do trabalho que se dá a passagem do nível de análise para a síntese. Trabalha-se não mais com cada variável em si, mas com o seu conjunto, estabelecendo-se suas inter-relações e interdependências (ver Figura 4). Assim, partiu-se para uma nova etapa de correlação. Nesta fase, todas as variáveis — declividade, orientação de vertentes etc. — já cruzadas com a variável fixa (processos erosivos) foram agora cruzadas entre si, abarcando-se todos os cruzamentos possíveis. Exemplo: declividade x orientação de vertentes, declividade x cobertura vegetal, declividade x forma das vertentes, orientação de vertentes x formas das vertentes etc.

O intuito desta etapa é o de verificar o grau de correlação existente entre as variáveis em questão (exemplo: declividade x orientação de vertentes) e, ao mesmo tempo, averiguar em que grau ambas se correlacionam com a variável fixa — processos erosivos.

Para melhor compreensão, cabe ressaltar que, nesta segunda etapa de correlação, a variável fixa — processos erosivos —, já se encontra embutida em todas as outras variáveis. Não se trata, portanto, de uma correlação aleatória das variáveis entre si, mas sim de uma correlação direcionada, cujo ponto de convergência se encontra centrado numa única variável. Assim, tem-se que, do cruzamento declividade x orientação de vertentes obtém-se: declividade e processos erosivos x orientação de vertentes e processos erosivos (primeira etapa de correlação + segunda etapa de correlação).

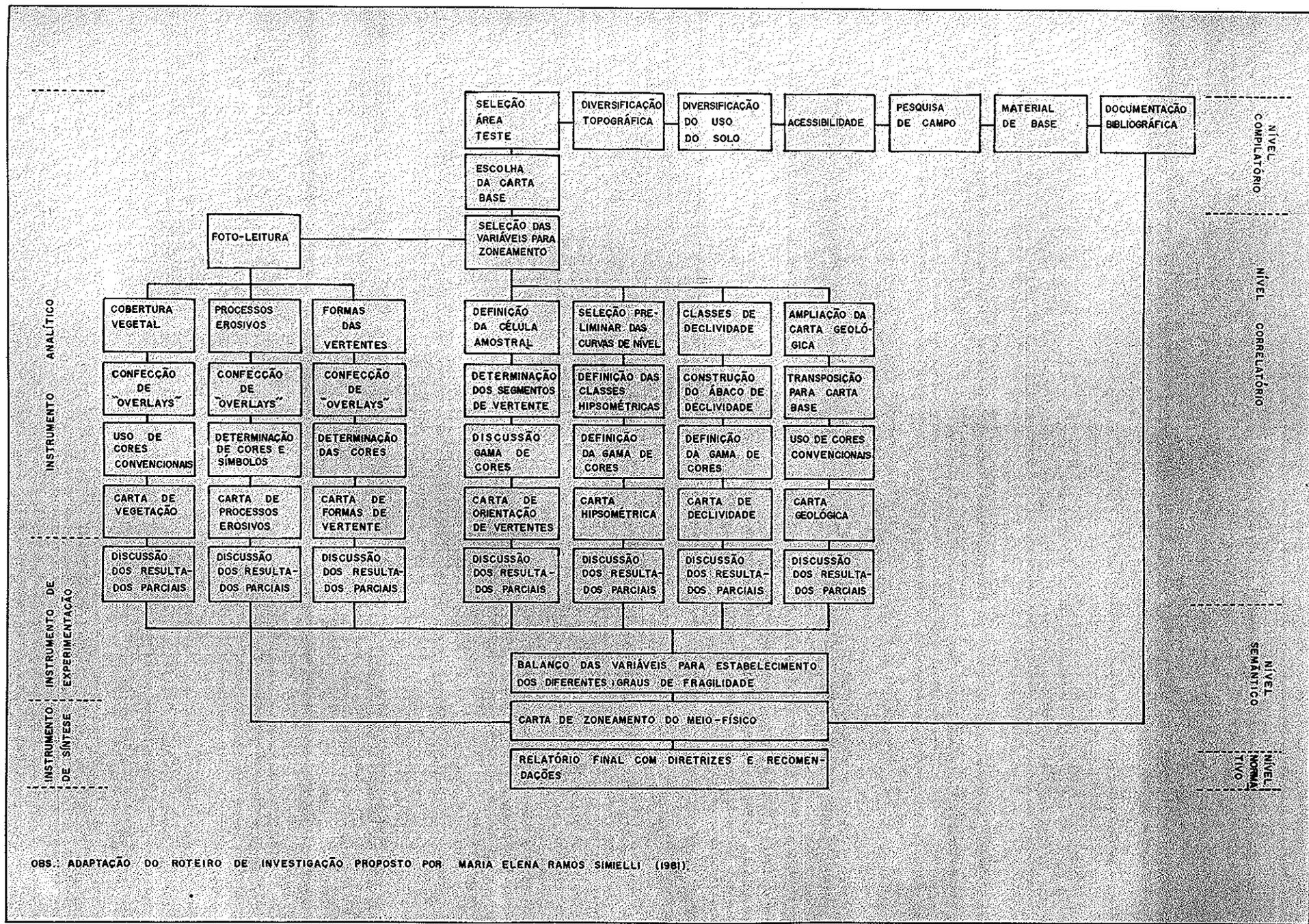
Nível Normativo — É a expressão do resultado do trabalho, através da sistematização de um modelo de análise que é função dos níveis precedentes. Tem-se então uma proposta metodológica passível de ser aplicada a outras áreas do Estado, particularmente em áreas litorâneas.

ANÁLISE

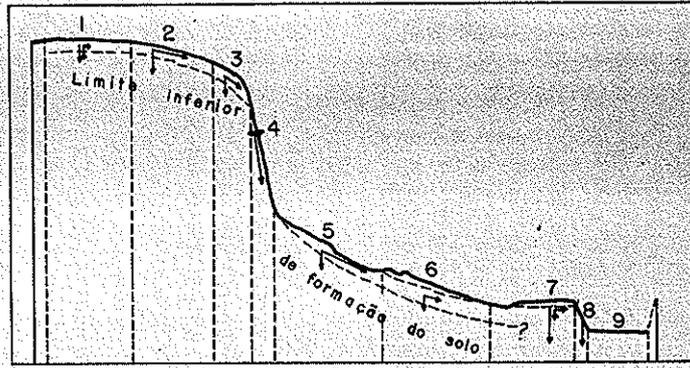
Da primeira fase de correlação chegou-se à conclusão de que, no tocante à declividade, os movimentos de massa rápidos ocorrem a partir de 15° sendo, porém, mais frequentes a partir de 25°. Quanto à orientação de vertentes, observa-se um maior número de escorregamentos na face SE; nas faces L e NE eles também ocorrem, porém com menor frequência.

No que diz respeito à cobertura vegetal, os movimentos de massa rápidos cortam indistintamente as matas de vertentes. No que concerne à hipsometria, não se observa a ocorrência de escorregamentos em altitudes inferiores a 200 m. Em termos litológicos, as áreas mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos de maior intensidade são aquelas compostas por migmatitos e gnaisses.

FIGURA 1 — Roteiro de investigação sobre zoneamento do meio físico — Um ensaio metodológico de cartografia temática.



OBS.: ADAPTAÇÃO DO ROTEIRO DE INVESTIGAÇÃO PROPOSTO POR MARIA ELENA RAMOS SIMIELLI (1981).



Unidade da vertente	Processo geomórfico dominante
1 — Interflúvio (0°—1°)	Processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial
2 — Declive com infiltração (2°—4°)	Eluvição mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial
3 — Declive convexo com reptação	Reptação e formação de terracetes
4 — Escarpa (ângulo mínimo de 45°)	Desmoronamentos, deslizamentos, intemperismo químico e mecânico
5 — Declive intermediário de transporte	Transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial
6 — Sopé coluvial (ângulos entre 26° e 35°)	Reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; formação de cones de dejeção; transporte de material; reptação; ação subsuperficial da água
7 — Declive aluvial (0°—4°)	Deposição aluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água
8 — Margem de curso de água	Corrosão, deslizamento, desmoronamento
9 — Leito do curso de água	Transporte de material para jusante pela ação da água superficial; gradação periódica e corrosão

Fonte: CHRISTOFOLETTI, A. — Geomorfologia. 1974, p. 36.

FIGURA 2 — As nove unidades hipotéticas no modelo de vertente apresentado por Dalrymple, Blong e Conacher (1968). (As setas indicam a direção e intensidade relativa do movimento da rocha intemperizada e dos materiais do solo pelos processos geomórficos dominantes.) As características de cada unidade são sumariadas no quadro acima.

Variáveis Fixas Processos Erosivos	TABELA DE CORRELAÇÃO PARCIAL I											
	d											
Outras Variáveis	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
DECLIVIDADES	0-14°	07	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	15-24°	23	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
	25-34°	34	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	35-44°	06	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
	maior que 45°	04	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
ORIENTAÇÕES	Z	16	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	N	12	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	NE	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	E	07	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	SE	03	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	S	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	SW	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
COBERTURAS VEGETAIS	W	11	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
	NW	30	14	11	04	02	02	02	02	02	02	02
	NP	17	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	MV	04	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	MR	05	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
MORFOLOGIA	C	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	DV	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Sh.PI	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	M.PI	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Mg	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Cf	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
MORFOLOGIA	Cp	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	0-100m	15	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	100-200m	06	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	200-400m	16	07	02	02	02	02	02	02	02	02	02
	400-600m	07	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
LITOLOGIA	600-800m	03	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	800-1000m	03	04	02	02	02	02	02	02	02	02	02
	maior que 1000m	04	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Sed. inconsol.	05	04	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Granito BR19	13	10	06	06	06	06	06	06	06	06	06
MORFOLOGIA	gnéis. p.Étna	02	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	migmat. p.Étna	04	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	transam.	21	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Granitoides intr.	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Complexo UBAT	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
MORFOLOGIA	Predomínio Cav.	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Convexo	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Retilíneo	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Romoso/Colado	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	Paralelo	02	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01

FIGURA 3 — Primeira matriz de correlação de variáveis para indicação de suscetibilidade ambiental.

TABELA DE CORRELAÇÃO II

FIGURA 4 — Segunda matriz de correlação de variáveis para indicação de suscetibilidade ambiental.

Acerca das formas, os movimentos de massa rápidos ocorrem principalmente em setores retilíneos, embora haja registro de sua ocorrência também em segmentos côncavos. Uma paisagem é produto da interação de vários fenômenos e expressa um dos aspectos do real, a aparência. Compreendê-la, significa chegar à sua essência, ou seja, entender os movimentos que engendram o seu desenvolvimento e evolução.

A análise dos quadros revela uma predominância de cicatrizes de escorregamentos em áreas de rochas gnáissico-migmatíticas transamazônicas. O metamorfismo, condicionando estruturas de bandeamento, e a grande porcentagem de feldspatos em sua composição mineralógica, proporcionando taxas elevadas de minerais de argila podem ser fatores importantes no processo de elaboração de uma maior instabilidade. Observa-se, todavia, que essas rochas ocupam grande extensão no município de Ubatuba e localizam-se principalmente na porção superior das escarpas serranas, em classes hipsométricas elevadas, o que lhe confere declividades normalmente acentuadas.

As áreas convexas de maior expressão são representadas pelos topos de encostas (divisores de drenagem) associados às rupturas de declives que são os limites superiores das áreas retilíneas, fornecedoras e transportadoras de material solto. A esses setores retilíneos aliam-se declives acentuados e escoamento superficial concentrado, o que eleva a potencialidade de risco dos movimentos de massa rápidos. Nesses setores, declives a partir de 15° são suficientes para o desencadeamento de processos erosivos de maior ímpeto, sendo porém mais frequentes quando os declives ultrapassam a marca de 25°. Nos segmentos convexos, onde se tem o predomínio do escoamento superficial difuso, os processos erosivos não ocorrem em proporções consideráveis.

No que se refere às áreas côncavas, delimitaram-se os anfiteatros de erosão cuja suscetibilidade à erosão decorre: de sua localização nas vertentes; de sua forma em depressão; e da presença de inúmeros canais de drenagens de primeira, segunda e, eventualmente, terceira ou quarta ordens, desembocando num único canal principal. Essas características fisionômicas e processuais justificam uma segunda denominação a essas áreas, em função de seu potencial hídrico: bacias de recepção.

As áreas de anfiteatro são mais suscetíveis à erosão quando associadas a declividades superiores a 25°; em Ubatuba, isso ocorre com maior frequência em altitudes superiores a 600 m. Na leitura das Figuras 1 e 2 deve-se considerar que: os setores retilíneos são predominantes em relação aos segmentos côncavos e convexos; as declividades de maior expressão espacial são aquelas referentes às classes 2 e 3, em contraste com a pequena proporção das classes 4 e 5; essa última (acima de 45°), áreas de preservação permanente (Código Florestal), é bastante rara no município de Ubatuba.

A variável orientação de vertentes, como já citado, pretendia avaliar uma hipótese feita em Cubatão acerca da possível interferência do índice de radiação solar sobre a formação do solo, condicionando-o, de uma certa forma, a uma maior ou menor suscetibilidade à erosão das vertentes. Os resultados obtidos mostram maior incidência de escorregamentos nas vertentes voltadas para SE, NE e E, sendo os dois últimos quadrantes também bastante significativos em Cubatão.

Muito se tem dito acerca do papel da cobertura vegetal e o desencadeamento de escorregamentos. Entretanto, a tese mais difundida refere-se ao seu papel enquanto agente estabilizador das encostas. O mapeamento da cobertura vegetal (em Ubatuba) obedece aos limites impostos pela escala e qualidade do material-base utilizado e, também, às necessidades do objetivo proposto.

Topograficamente, foi possível fazer-se a distinção de comunidades vegetais pertencentes às vertentes serranas, à planície litorânea e ao planalto.

CONCLUSÃO

Entende-se que as interações que envolvem os mecanismos e processos desencadeadores de escorregamentos são demasiado complexas, não permitindo afirmações categóricas e definitivas. O presente trabalho encerra certamente muitas lacunas decorrentes principalmente da escala e da abrangência da área de estudo, bem como da ausência de informações básicas, o que impossibilitou avanços no sentido de uma quantificação.

De acordo com o objetivo proposto, procurou-se extrair de cada variável os indicadores mais significativos, embora cientes de que cada uma delas seria, em outra situação, objeto de pesquisas singulares. A partir daí, duas preocupações nortearam esse trabalho: o estabelecimento, no sentido qualitativo, de indicadores de áreas suscetíveis a movimentos coletivos do solo em larga escala; demonstrar que os escorregamentos na Serra do Mar não podem ser atribuídos a uma simples relação causal. Na natureza existem movimentos internos, inerentes a cada fenômeno, e movimentos externos, que os envolvem em um contexto maior. Os dois movimentos são inseparáveis.

REFERÊNCIAS

- 1 — AB'SÁBER, A. N. — Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. In: *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, IBGE, 17(1): 3-48, jan/mar 1955.
- 2 — CRUZ, O. — *A serra do mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia tropical litorânea*. São Paulo, IGEOGUSP, 1974 (Série teses e monografias, n.º 11).
- 3 — IPT, São Paulo — *Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana*. São Paulo, 1980 (monografias n.º 3).
- 4 — LEFEBVRE, H. — *Lógica Formal/Lógica Dialética*. Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira S.A., 1983, 301 p.
- 5 — OGAWA, H. et alii — Estudos Legais e Físicos para Caracterização das Áreas do Parque Estadual da Serra do Mar. In: *IV Congresso Brasileiro de Silvicultura*. 98-102, maio/1983.
- 6 — SIMIELLI, M. E. R. — *Variação espacial da capacidade de uso da terra, um ensaio metodológico de cartografia temática, aplicado ao município de Jundiá*. São Paulo, IGEOGUSP, 1981 (Série teses e monografias n.º 41).
- 7 — TRICART, J. — *Paisagem e Ecologia*. São Paulo, 1981. Tradução de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.