

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DAS BACIAS DOS RIOS CUBATÃO E MOJI, MUNICÍPIO DE CUBATÃO (SP)

RIBEIRO, R. R.¹

¹Instituto Geológico-SMA/SP. Av. Miguel Stéfano nº 3.900 - Cep 04301-403 – Fone 5073-5511 r/2071 – São Paulo (SP) rrribeiro@igsma.sp.gov.br

SOUZA, C. R. de G.²

²Instituto Geológico-SMA/SP. Av. Miguel Stéfano nº 3.900 - Cep 04301-403 – Fone 5073-5511 r/2050 – São Paulo (SP) celia@igeologico.sp.gov.br

RESUMO

O trabalho busca contribuir para o conhecimento geomorfológico da Serra de Cubatão durante o Quaternário, por meio do estudo de formas, processos e influência antrópica. Foram levantados parâmetros geológicos, geomorfológicos, neotectônicos, pedológicos, hidrográficos, vegetacionais, de circulação e poluição atmosféricas, sócio-econômicos e históricos. A interpretação de fotos aéreas de 1:25.000, datadas de 1962 e 1994, permitiu gerar uma Carta Morfológica, na qual foram mapeadas feições neotectônicas (facetas triangulares e trapezoidais), evidências de processos erosivos (sulcos, ravinas e movimentos de massa) e deposicionais (terraços e barras fluviais, tálus, colúvios e leques aluviais). As feições neotectônicas, dispostas em degraus, foram hierarquizadas em sete gerações de famílias de facetas dispostas segundo diferentes direções, a saber: 1ª - NE, 2ª - NW, 3ª - NNE, 4ª - NWW, 5ª - NS, 6ª - NE e 7ª - NW, mapeadas na Carta de Facetas. A disposição dessas feições na área de estudo permitiu compartimentar as duas bacias de drenagem (Cubatão e Moji) em 15 unidades morfológicas. Comparando as situações de 1962 e 1994, concluiu-se que o tipo e a intensidade dos processos erosivos foram afetados principalmente pelos seguintes fatores: litologia do embasamento cristalino pré-cambriano, orientação das facetas neotectônicas (gerações de famílias de facetas), estruturação tectônica (principalmente NE e NW), pluviosidade, circulação atmosférica local e intervenções antrópicas na área de estudo (Pólo Industrial de Cubatão, ocupações antrópicas irregulares, obras lineares de engenharia civil, dragagens no interior do Estuário Santista e na Bacia de Santos, mineração, desmatamento, entre outros), todos interferindo no balanço sedimentar final. As unidades morfológicas que apresentaram forte aumento em frequência, intensidade e distribuição espacial dos processos erosivos, entre 1962 e 1994, situam-se principalmente na porção da Serra de Cubatão frontal ao Estuário Santista e no baixo curso do Rio Moji. As evidências de processos deposicionais foram sintetizadas na Carta de Depósitos Quaternários. Leques aluviais, terraços fluviais e colúvios são, na maioria das vezes, áreas preferenciais para a ocupação antrópica. Finalmente, a classificação das Unidades Morfológicas em críticas e estáveis pode ser útil como critério de definição de políticas públicas com vistas à minimização de riscos geológicos que atingem os Bairros Cota e o Pólo Industrial.

Palavras-chave: geomorfologia, quaternário, facetas triangulares, Serra de Cubatão, processos erosivos

INTRODUÇÃO

O município de Cubatão localiza-se na Baixada Santista, ocupando terrenos da planície estuarino-lagunar e do sopé até altas vertentes da Serra de Paranapiacaba-Cubatão. A porção nordeste do município é drenada pela bacia hidrográfica do Rio Moji, e a sudoeste pela bacia do Rio Cubatão. Desde a década de 1950, várias áreas de vertentes do município de Cubatão têm sido palco de ocupação antrópica desordenada, causando resultados muitas vezes catastróficos, com perdas de vidas humanas e de propriedades. Essas características físicas e sociais conferem ao município alta suscetibilidade e

vulnerabilidade a perigos geológicos, configurados por processos de movimento de massa (escorregamentos, deslocamentos, rastejo, sulcos, ravinas) e processos hidrológicos, como inundações.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma contribuição ao conhecimento da evolução geomorfológica das bacias dos Rios Cubatão e Moji, no município de Cubatão, durante o Quaternário, por meio da análise das formas, processos e atividade antrópica.

Os resultados desta poderão contribuir com o Projeto SIIGAL - “Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro” (Souza, 2005) e diversos outros instrumentos de políticas públicas existentes para a área, tais como: Plano Preventivo de Defesa Civil para Escorregamentos na Serra do Mar, Projeto de Proteção da Mata Atlântica (Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cubatão), Plano Emergencial de Cubatão (para a ocorrência de emergências no Pólo Industrial e área retroportuária do Porto de Santos-CODESP), e conservação de recursos hídricos (Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista e Companhia de Saneamento Básico de São Paulo-SABESP).

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 1) compreende a Serra de Paranapiacaba-Cubatão, que integra o conjunto de relevos da Serra do Mar e os interflúvios das bacias dos rios Cubatão e Moji. É cortada pela Zona de Falhamento de Cubatão (Sadowski, 1974), que se prolonga pelo alinhamento dos vales dos rios Moji e Cubatão (Figura 1), dividindo-se em dois blocos estrutural e litologicamente distintos: o Bloco Norte, constituído por ectinitos e migmatitos essencialmente estromatíticos, e o Bloco Sul, composto por migmatitos essencialmente ofthalmíticos e de paleossoma de composição gnáissica.

Densos núcleos habitacionais, conhecidos por “Bairros Cotas”, estão localizados nas vertentes da bacia do Rio Cubatão, sobre depósitos de encosta e em áreas originalmente do Parque Estadual da Serra do Mar.



Figura 1. Área de Estudo

A planície costeira no interior do Estuário Santista é formada por sedimentos marinhos correlatos às Formações Cananéia (Transgressão-Regressão Cananéia, pleistocênica) e Formação Ilha Comprida (Transgressão-Regressão Santos, holocênica), sedimentos lagunares e fluviais holocênicos a atuais (Suguo & Martin, 1978). Em Cubatão predominam sedimentos lagunares fluviais e mistos, estando a maior parte da área urbana assentada nessa planície.

As atividades econômicas do município estão relacionadas ao Pólo Industrial de Cubatão e à forte atividade retroportuária. Grandes equipamentos lineares atravessam o município: ferrovias Estrada de Ferro Santos-Jundiaí e Sorocabana, as rodovias Anchieta, Imigrantes, Piaçagüera-Guarujá e Pedro Taques, além de aquedutos e oleodutos. Importantes sistemas de captação e estações de tratamento de água superficial encontram-se junto aos vales dos rios Cubatão e Pilões, e abastecem a população dos municípios de Cubatão, Santos, Guarujá e São Vicente.

MATERIAIS E METODOS

Para estudar a evolução geomorfológica das bacias dos Rios Moji foram elaborados os seguintes documentos cartográficos: a Carta de Geração de Famílias de Facetas, a Carta de Evidências de Processos Erosivos e a Carta de Depósitos Quaternários. Essas cartas foram geradas a partir da interpretação de fotografias aéreas de 1962 (vôo USAF) e 1994 (vôo BASE S.A.), ambos os vôos na escala de 1:25.000. Foram tratadas as seguintes feições geomórficas: rede hidrográfica; evidências de processos erosivos atuais e pretéritos, como escoamento superficial concentrado (sulcos e ravinas), erosão lateral (leito

e margens de drenagens), movimentos de massa ou gravitacionais (escorregamentos, corridas de detritos, etc); evidências de processos deposicionais (depósitos de colúvios, tálus, leques aluviais e fluviais) e feições morfotectônicas (facetas trapezoidais e triangulares). A integração de todas essas cartas resultou na Carta Morfológica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

a) Carta de Geração de Famílias de Facetas

Foram identificadas facetas triangulares e trapezóides, feições estas indicadoras de atividade neotectônica (Demeck 1972; Loczy e Ladeira, 1976; Bloom 1991). Os arranjos obtidos permitiram a organização dessas feições em famílias de facetas (Ribeiro, 2003). A união de um grupo de famílias de facetas de mesma orientação e direção, dispostas paralelamente uma em relação à outra (em degraus), permitiu a identificação de uma Geração de Famílias de Facetas (figura 2).

Na área em estudo foi possível mapear sete gerações de famílias de facetas dispostas segundo diferentes direções, a saber: 1^a - NE, 2^a - NW, 3^a - NNE, 4^a - NWW, 5^a - NS, 6^a - NE e 7^a - NW (Ribeiro et al., 2003; Ribeiro, 2003). Essas gerações ocorrem dispostas em degraus, em ambas as bacias da área de estudo (figuras 2 e 3). As gerações aparentemente mais antigas apresentam maiores dimensões e situam-se nos níveis topográficos inferiores. As gerações mais recentes, de menores dimensões, são encontradas preferencialmente nas cotas superiores das vertentes. Dentro de cada geração existem famílias de facetas paralelas e também dispostas em degraus escalonados (*en echelon*) ao longo do perfil das vertentes.

b) Carta de Evidências de Processos Erosivos

Com o intuito de avaliar a dinâmica das evidências de processos erosivos em um curto período de tempo, a Carta de Evidências de Processos Erosivos (figura 4) foi gerada com a sobreposição dos processos mapeados em 1962 e em 1994.

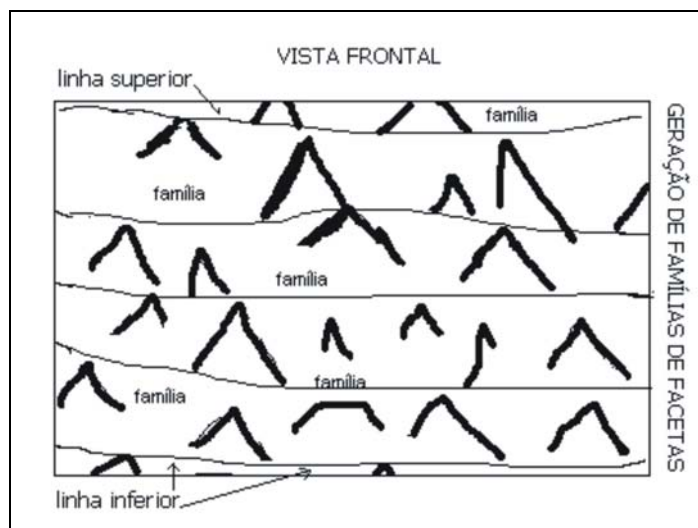


Figura 2. Facetas triangulares e sua disposição em Famílias de Facetas (na horizontal) e um grupo de famílias (na vertical), constituindo assim uma Geração de Facetas (Ribeiro, 2003).

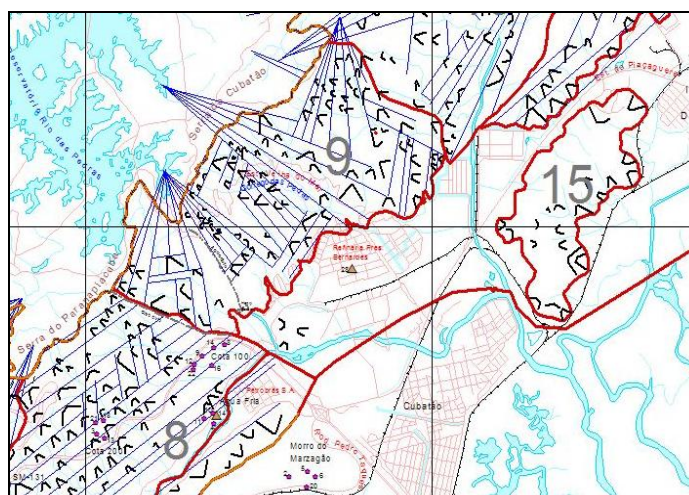


Figura 3. Fragmento da Carta de Facetas onde se observa a ocorrência de Gerações de Família de Facetas existentes nas Unidades Morfológicas de n^{os} 8, 9 e 15, situadas na Serra de Cubatão (Ribeiro, 2003).

Os processos erosivos (movimentos de massa, erosão por escoamento concentrado e erosão lateral) estão distribuídos em toda a área de estudo, com menor ocorrência nas áreas às margens direita do Rio Cubatão e esquerda do Rio Moji. As maiores concentrações de processos estão nas sub-bacias dos rios Cubatão de Cima (3^a ordem; direção do eixo do canal NS), Pilões (4^a ordem; direção NW-NS), Perequê (3^a ordem; direção NS-NW), dos pequenos rios entre as sub-bacias de Pilões e Perequê (várias drenagens sub-paralelas de 1^a e 2^a ordens e direção NW), pequenos rios que drenam a margem direita do Rio Moji (várias drenagens sub-paralelas de 1^a a 3^a ordens e direção NW).

A análise da dinâmica dos processos erosivos indica forte aumento na frequência, na intensidade e na distribuição espacial dos mesmos entre 1962 e 1994, principalmente no

trecho da Serra de Paranapiacaba-Cubatão frontal à planície costeira/estuário e no baixo curso do Rio Moji.

A Figura 5 compara a soma de evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas), nos anos de 1962 e 1994, por unidade morfológica. O vale do Rio Cubatão é dividido pelas unidades morfológicas de n°s 1 a 8, que englobam a cabeceira do Rio Cubatão até o seu encontro com a planície lagunar-estuarina de Cubatão, respectivamente. O mesmo ocorre para o vale do Rio Moji, dividido pelas unidades morfológicas de n°s 14 a 11. Na área central, representada pelas unidades morfológicas de n°s 9 e 10, compreendendo parte da planície lagunar-estuarina, ocorre a presença das indústrias do parque industrial de Cubatão.

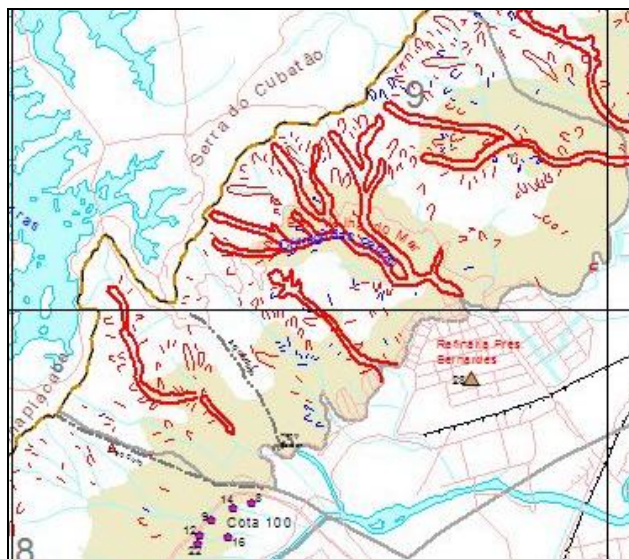


Figura 4. Fragmento da Carta de Processos Erosivos mostrando a dinâmica de processos erosivos (ravinas e escorregamentos), em 1994 (em vermelho) e em 1962 (em azul), na Serra de Cubatão (Ribeiro, 2003).

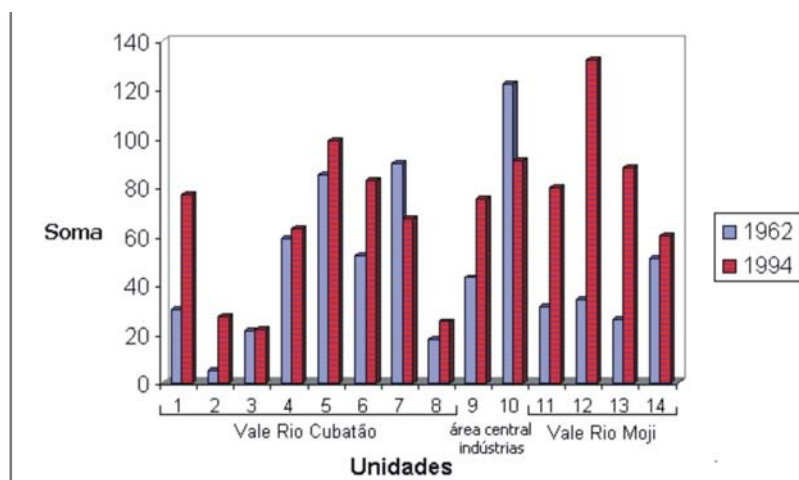


Figura 5. Soma de evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas), nos anos de 1962 e 1994, por Unidade Morfológica, obtidas de fotos aéreas (Ribeiro, 2003).

Na Figura 6 observa-se a soma de evidências de escorregamentos, nos anos de 1962 e 1994, por Unidade Morfológica.

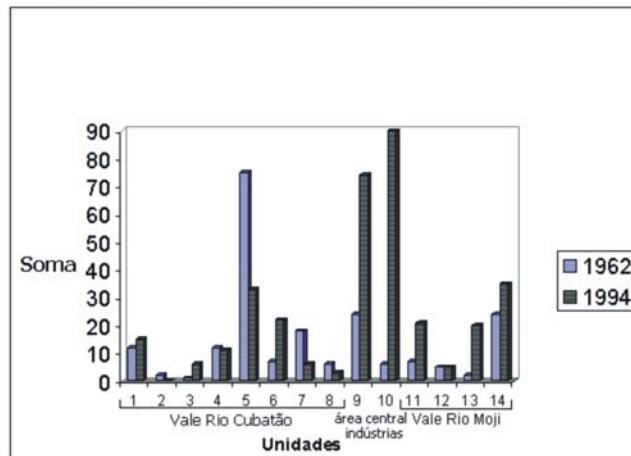


Figura 6. Soma de evidências de escorregamentos, nos anos de 1962 e 1994, por Unidade Morfológica, obtidas de fotos aéreas (Ribeiro, 2003).

c) Carta de Depósitos Quaternários

Foram mapeados depósitos quaternários associados às encostas e à rede de drenagem: colúvios, tálus, leques aluviais e terraços fluviais, conforme mostra a figura 7.

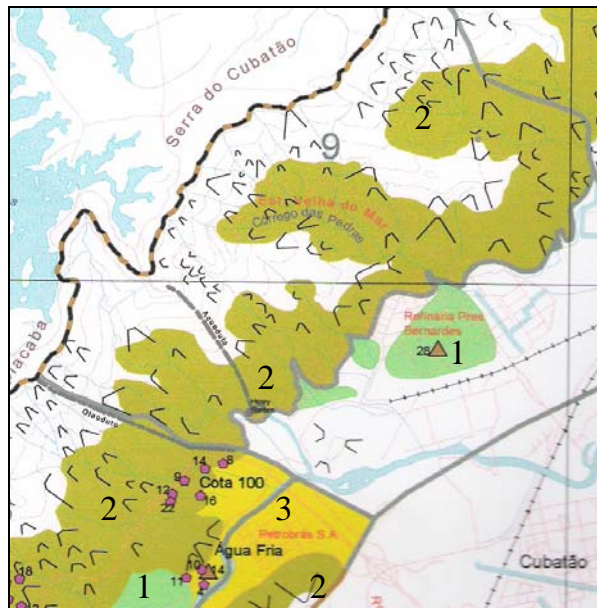


Figura 7. Carta de Depósitos Quaternários: (1) leques aluviais, (2) colúvios e (3) terraços fluviais

É interessante notar que há uma certa correlação entre o tipo de depósito sedimentar e a ocupação humana na área. Sobre leques aluviais encontram-se sítios e chácaras, nas rampas de colúvios assentam-se os Bairros Cotas e sobre os terraços fluviais estão ocupações irregulares (ex. Água Fria). É possível encontrar também grandes empreendimentos implantados diretamente sobre leques aluviais.

d) Carta Morfológica

Por meio da constituição das Gerações de Famílias de Facetas na área de estudo foi possível delimitar 15 unidades morfológicas (Ribeiro, 2003). Cada unidade foi caracterizada por meio dos parâmetros formas, processos e intervenção antrópica a partir da fotointerpretação dos vãos de 1962 e 1994).

Na figura 8 são apresentadas as importâncias relativas de fatores pré-disponentes de processos erosivos e distribuições pelas Unidades Morfológicas (nºs de 1 a 15), para o ano de 1994.

Observando a figura 8, verifica-se a forte atuação da poluição nas vertentes situadas na Serra de Paranapiacaba-Cubatão frontal à planície costeira/estuário e no baixo curso do Rio Moji (unidades morfológicas de nºs. 7 a 15). Kerr et al., (2001) destaca que as escarpas da Serra de Paranapiacaba-Cubatão são diretamente afetadas pela emissão de aerossóis, vapor d'água e diversos poluentes provenientes do Pólo Industrial de Cubatão. Tal fato tem provocado a contaminação dos solos e a degradação da Mata Atlântica, aumentando a deflagração de processos erosivos. Outros fatores predisponentes ao aumento das evidências de processos erosivos são a variabilidade litológica existente neste trecho, a frequência de facetas triangulares e a ocorrência de geração de família de facetas.

Fenômeno/Unidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Variações litológicas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Frequência de Facetas por Área (ha)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Gerações de facetas		●		●	●		●	●	●	●	●	●	●		
Pluviosidade	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Poluição	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Desmatamento e Degradação				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Evidências de processos erosivos (sulcos/escorregamentos), por área (ha)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Varição de evidências de processos erosivos (Sulcos e Escorreg.) de 1962 para 1994, por área (ha)	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Leques por área (ha)					●	●	●	●	●			●	●		
LEGENDA:	● - Fraca					● - Moderada					● - Forte				

Figura 8. importâncias relativas de fatores pré-disponentes de processos erosivos e distribuições pelas Unidades Morfológicas (nºs de 1 a 15), para o ano de 1994 (Ribeiro, 2003).

Como outras possíveis causas de deflagração de evidências de processos erosivos na área de estudo, Fúlfaro e Ponçano (1974) sugerem que o soerguimento da Serra do Mar em São Paulo pode provocar mudanças naturais na inclinação das encostas, resultando no aparecimento de fenômenos de instabilidade. Hasui et. al (1994) sugerem que as estruturas NE e NW são as que se destacam como os maiores problemas geotécnicos da Serra do Mar na região adjacente ao Estuário Santista. Na implantação dos túneis na segunda pista da Rodovia dos Imigrantes (ECOVIAS, 2001), as zonas geomecânicas consideradas mais críticas são e aquelas associadas às estruturas de direção NW.

Souza (2003) alerta que os processos naturais (elevação atual do nível do mar) e os processos resultantes de intervenção antrópica tem provocado um desequilíbrio do balanço sedimentar do Estuário Santista. Como um das conseqüências, o sistema naturalmente tende a repor os seus sedimentos e materiais removidos, acelerando os processos erosivos à montante das bacias de drenagem

CONCLUSÕES

A origem dessas facetas parece ser produto da implantação de mini-grábens, responsáveis pela origem dos sistemas fluviais da área. Esta hipótese é reforçada pelas seguintes características: presença da estrutura *en echelon* (em degraus) dentro de cada geração de facetas (blocos em falhamento normal, típico de um regime tectônico extensional); tanto as facetas quanto as vertentes dos vales dos canais principais mergulham rumo ao centro desses vales; a direção de mergulho da foliação predominante nos maciços rochosos é oposta ao do plano de inclinação das facetas/vertentes. Tais características poderiam distinguir uma escarpa de origem tectônica (escarpa de falha), de uma escarpa de linha de falha (exumação-erosiva), que é formada pela erosão estruturalmente controlada (Bloom, 1991).

O aumento dos processos erosivos na área de estudo tem como principais fatores predisponentes a maior variabilidade litológica e a dispersão atmosférica dos poluentes oriundos principalmente do Pólo industrial de Cubatão e a conseqüente degradação da cobertura vegetal.

Não foi possível avaliar o quanto que as facetas triangulares condicionam a deflagração de processos erosivos. Contudo, vale ressaltar que a alteração no equilíbrio morfodinâmico nas vertentes em estudo pode provocar a exumação destas feições neotectônicas.

A classificação das unidades morfológicas em críticas e estáveis pode ser útil como critério de definição de políticas públicas a serem estabelecidas para a Baixada Santista, com vistas à minimização das consequências de riscos geológico-geotécnicos que atingem os Bairros Cota e o Pólo Industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOOM, A. L. *Geomorphology: a systematic analysis of late Cenozoic landforms*. New Jersey: Prentice Hall, 1991. 515 p.

DEMÉCK, J. *Manual of detailed geomorphological mapping*. Prague. Czechoslovak: Academy of Sciences, IGU, 1972. 220p.

ECOVIAS. Relatório Técnico de Recompartmentação dos Maciços dos Túneis (TD-01, TD-02, TD-03/04) – *Projeto Executivo*. Concessionária ECOVIAS dos Imigrantes. Comissão de Concessões Rodoviárias, Secretaria Estadual dos Transportes, 2001. 15 p. No prelo.

FÚLFARO, V. & PONÇANO, W. L. Recent tectonic features in the Serra do Mar region, State of São Paulo, Brazil, and its importance to Engineering Geology. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 1993, São Paulo, Proceedings... São Paulo: IAEG. 1993. v. 1, seções II-7.1 a II-7.7.

HASUI, Y; MIOTO, J.A. & MORALES, N. Geologia do Pré-Cambriano. In: F.F Falconi & A. Negro Jr. *Solos do Litoral de São Paulo*. São Paulo: ABMS, 1994, p. 41-67.

KERR, A.F.S. et al. A dispersion study of the aerosol emitted by fertilizer plants in the region of Serra do Mar Sierra, Cubatão, Brazil. *International Journal of Environment and Pollution*, 2001 n° 1-6, p. 251-263. 2001.

LOCZY, L. & LADEIRA, E. A. *Geologia estrutural e introdução a geotectônica*. Rio de Janeiro: Edgard Blüncher - CNDCT, 1976. 528p.

RIBEIRO, R. R. *Evolução geomorfológica da Serra de Cubatão, em São Paulo*, 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RIBEIRO, R. R., SOUZA, C. R. DE GOUVEIA, SUGUIO, K. & SOUZA, A. P. Facetas triangulares e riscos geológicos: exemplo de estudo na Serra do Mar, na região de Cubatão (SP). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 9, 2003, Recife, Anais... Recife: ABEQUA, 2003. CD ROM.

SADOWSKI, G.R. *Tectônica da Serra de Cubatão*. 1974. 159 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências-USP, São Paulo, 1974

SOUZA, C. R. DE G. A ciência e o poder público: uma experiência na qual todos venceram. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 9, 2003, Recife, Anais eletrônicos... Recife: ABEQUA, 2003. CD-ROM

SOUZA, C.R. de G. Um sistema geográfico de informações para o litoral de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, XI, 2005, São Paulo,

Anais eletrônicos... São Paulo: DG-USP, AGB, UGB, ABClima. CD-ROM (trabalho completo).

SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COSTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. Anais...São Paulo: Special Publication IGCB/IGUSP/SBG. 55 pp.