

# PROPOSTA PARA MAPEAMENTO DE RISCOS ASSOCIADOS A MOVIMENTO DE MASSA E INUNDAÇÃO: O CASO DE UBATUBA, SP

Estéfano Seneme GOBBI <sup>1</sup> & Francisco Sergio Bernardes LADEIRA <sup>2</sup>

(1) Centro Universitário SENAC-SP. Avenida Engenheiro Eusébio Stevaux, 823 – Santo Amaro.  
CEP 04696-000. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: estefano.seneme@sp.senac.br

(2) Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas / UNICAMP.  
Rua João Pandiá Calógeras, 51 – Cidade Universitária. CEP 13083-970. Campinas, SP.  
Endereço eletrônico: fsbladeira@ige.unicamp.br

Introdução  
Métodos  
Caracterização da Área  
Aspectos Naturais de Ubatuba  
Escarpas cristalinas das Serra do Mar  
Planície Costeira Quaternária  
Resultados Obtidos no Canal do Rio Grande de Ubatuba  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – Na Serra do Mar são verificados periodicamente eventos de escorregamentos de massa nas vertentes escarpadas. Os escorregamentos são inerentes à região, propiciados pelo intenso intemperismo e associados concomitantemente a outros eventos em tempo geológico, como as consecutivas ingressões e regressões marinhas ocorridas no Quaternário. Como consequência destas ocorrências há uma carga de depósitos sedimentares alocados na Planície Costeira de Ubatuba, que é classificada como praia de bolso, ou seja, uma pequena zona de deposição de sedimentos, separada por indentações do Cristalino, tornando a área de sedimentação descontínua. Este trabalho visa identificar as áreas de depósitos marinhos, submersas na última ingressão marinha (verificada há aproximadamente cinco mil anos), com uma elevação da ordem de cinco metros em relação ao atual e a relação com os depósitos gravitacionais alocados na Planície Sedimentar, ocorridos posteriormente a variação glácio-eustática. Foram verificadas as evoluções dos níveis marítimos ao longo do Holoceno, bem como a tipologia e morfologia de sua sedimentação. Concomitantemente, foi verificada a ocorrência de escorregamentos e seus depósitos correlativos sobre a planície marinha. Desta maneira, foi possível identificar as áreas sujeitas a riscos, principalmente nas escarpas, próximas a encostas e leitos d'água.

**Palavras-chave:** Ingressão Marinha, Escorregamento de Massa, *Pocket Beachs*, Planície Costeira, Mapeamento de Riscos.

**ABSTRACT** – *E. S. Gobbi & F.S.B. Ladeira - Proposal for mapping the risks associated to landslide and flood: Ubatuba's event.* In Serra do Mar periodically are verified some events of landslides from scarped hogbacks. The landslides are inherent to the this region, propitiated by intensive bad weather, simultaneously associated to the other events occurred in geological time, as the successive marine ingressions and regresses in the Quaternary period. As a consequence of this events, there is a load of settling dregs situated on Ubatuba's Coastal Plain, which is classified as "pocket beach", a small zone of settling dregs, separated by advances of bedrock, making the area of discontinuous sedimentation. This work has the objective to identify areas of marine deposits, submerged in the last marine ingression (occurred about five thousand years ago) with an elevation of about five meters related to the actual and the relation with the gravitational dregs situated on the Sedimentary Plain. It was verified the evolutions of marine levels along the Holoceno, as well as the typology and morphology of its sedimentation. It was simultaneously verified the occurrence of landslides and the occurrence of a slide down and its correlative dregs over the marine plain. Thus, the risks to the occupation of the area are very relevant, especially in rugged areas, close to hills and rivers.

**Keywords:** Marine Ingression, Landslides, Pocket Beachs, Coast Plain, Mapping the Risks.

## INTRODUÇÃO

A Planície Costeira de Ubatuba, área caracterizada pelo predomínio de deposição de sedimentos, localiza-se no litoral norte paulista, Região Sudeste do Brasil. A principal característica deste segmento do litoral é o fato de as escarpas da Serra do Mar situarem-se muito próximas do Oceano, chegando em

alguns pontos, diretamente a este. De acordo com Muehe (1998b), no trecho entre a Ilha de Marambaia - RJ (44°W, 23°S) e a Ilha de São Vicente-SP (46°W, 24°S), o litoral é bastante recortado e apresenta enseadas, planícies costeiras incipientes e uma grande quantidade de vertentes escarpadas da barreira orográfica.

fica cristalina. Em específico, este trecho, denominado de Macrocompartimento do Litoral das Escarpas Cristalinas Norte, é caracterizado por pequenas praias de enseada (praias de bolso), separadas por avanços de rochas cristalinas que adentram a arrebentação. A batimetria desta área é controlada por canais de provável remanescência da regressão marinha do Pleistoceno, quando o nível médio do mar era aproximadamente 110 m inferior ao atual, (aproximadamente 17 Ka) (Muehe, 1998b).

As Planícies Costeiras do denominado *litoral norte paulista* são muito pequenas, sendo classificadas como *pocket beaches*, ou seja, pequenas áreas de sedimentação marinha, diferenciadas das Planícies Costeiras do litoral meridional de São Paulo, as quais são mais extensas e drenadas por volumosos rios, como no caso da Planície Costeira de Cananéia, dissecada pelo Rio Ribeira de Iguape.

Há cinco mil cento e cinquenta anos Antes do Presente (AP), por conta de uma variação glácio-eustática da ordem de cinco metros, o nível marinho elevou-se ao longo da costa, o que afetou a área onde hoje está construída a cidade de Ubatuba-SP. Esta última ingressão marinha constituiu uma das diversas alterações que caracterizaram o ambiente no período, como consequência de significativas mudanças climáticas (Suguio et al., 1985).

A delimitação da linha de cinco metros por Suguio et al. (1985), não pôde ser perfeitamente seguida, pois, desde que o nível relativo do mar iniciou sua regressão, ocorreram sucessivos escorregamentos de massa na área de estudo. Estes escorregamentos são comuns na região, que conta com as escarpas da Serra do Mar

muito próximas da zona de arrebentação marítima, de modo que por vezes seus esporões adentrem ao Oceano Atlântico, com as cristas de seus morros constituindo ilhas costeiras.

O fato de o Planalto Atlântico ser muito próximo do mar e localizar-se numa área de Clima Tropical Úmido, com altas temperaturas e índices pluviométricos elevados, intensifica em muito o processo de intemperismo sofrido pelas rochas cristalinas pré-cambrianas constituintes da Serra do Mar. Por conta deste processo, eventos de escorregamento de massa são comuns na região. Desta maneira, as deposições marinhas de ingressões vão sendo paulatinamente soterradas por depósitos gravitacionais, com as cotas altimétricas de suas respectivas localizações, sendo elevadas, por conta do volume do material depositado.

Conjuntamente com eventos de escorregamento de massa, também são verificados na área corridas de lama e rolamento de blocos, que vem a entulhar os fundos de vales dos corpos d'água. Estes blocos também podem ser encontrados esparsos, nas proximidades do sopé de morros e, de acordo com sua dimensão podem ser considerados indícios de pretéritos eventos de deposição coluvionar, constituindo-se em áreas com elevado risco de ocupação.

Portanto, em consonância com diversos autores, as áreas de Planície Costeira, por serem geologicamente muito recentes e por estarem sujeitas a constantes e pequenas mudanças climáticas, são de grande fragilidade ambiental e devem ser permanentemente monitoradas e estudadas, para que a ocupação antrópica e o desenvolvimento econômico não sejam comprometidos.

## MÉTODOS

O levantamento cartográfico que envolveu a análise da área inclui o uso de mapas e cartas como os mapas Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a), Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b), Pedológico do Estado de São Paulo (IAC, 1999), Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo (IGC, 1980), bem como as Cartas Topográficas 1:10.000 (Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, 1978).

As atividades de campo foram realizadas com auxílio de trado holandês (para perfuração e coleta de amostras), pedocomparador (para efeito de comparação entre os diferentes furos), equipamento de posicionamento global (GPS) e máquina fotográfica. Foram coletadas e analisadas amostras de solo/depósito até a profundidade de 1,2 m (a partir da superfície). Com estas amostras foi possível verificar a existência de depósitos marinhos ou gravitacionais na área analisada. A identificação dos depósitos foi feita por

análise textural, granulométrica e cor das amostras úmidas. As amostras de granulometria mais grossa, textura arenosa e cores tendendo ao “amarelo” da Carta Munsell foram enquadradas em depósitos marinhos. Já as amostras de matriz fina, textura argilosa e cores com predominância “vermelho” na já referida escala, foram classificadas como gravitacionais, ou seja, foram depositadas em algum evento de escorregamento de massa. Em perfis, como o da Figura 1, diferenciam-se os materiais sedimentares de gênese marinha (de granulometria mais grosseira; arenosos), dos fluviais (com seixos arredondados em meio a material de matriz mais fina) e dos gravitacionais (com clastos angulosos em meio a uma massa de material argiloso).

As tradagens eram realizadas em locais consideravelmente aplainados, por vezes com dificuldade de acesso e em outras com a impossibilidade de se atingir



**FIGURA 1.** Depósitos gravitacionais e fluviais em barranco na margem do Rio Grande.

a profundidade de 1,2 m, já que em algumas oportunidades foram encontrados fragmentos de rocha e em outras o lençol freático subaflorante que impediu a coleta de material. Além das tradagens foram

observados perfis expostos ao longo dos eixos de drenagem, o que permitiu em alguns pontos a observação dos materiais em mais de 1,20 m de profundidade.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

### ASPECTOS NATURAIS DE UBATUBA

De acordo com Cruz (1974) a Serra do Mar nas proximidades da Enseada de Ubatuba (Figura 2) tem direção N-S, com altitudes de 550 a 650 m, apresentando desdobramento em morros. Nas proximidades da Planície Costeira de Ubatuba as cotas do Planalto Atlântico são próximas a 1.000 m. A cobertura vegetal é classificada como Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica de Encostas, propiciando um ambiente internamente sombreado, abafado e úmido, com espessa serrapilheira e enraizamento intenso e denso.

O clima característico na área de estudo é classificado como Tropical Quente e Úmido, de temperaturas médias anuais de 19° C e apresenta os mais altos índices pluviométricos registrados em suas cotas mais elevadas (médias anuais próximas a 4.000 mm) e, nas cotas de menor altitude, 2.500 mm ao ano. Esta precipitação está concentrada no verão (em torno de 70%), de modo que nos meses de inverno são verificados os menores índices. Estes altos níveis de precipitação são propiciados pela grande umidade trazida por ventos provenientes do Oceano Atlântico e que se condensam ao atingir a barreira orográfica que a serra constitui (Monteiro, 1973).

Na área do município de Ubatuba predominam Sedimentos Marinheiros e Mistos e Sedimentos Continentais Indiferenciados. Estas áreas sedimentares são separadas pelo Complexo Costeiro – Maciço Joinvile. Existem ainda áreas continentais mais interiores cuja unidade litoestratigráfica predominante são as Suítes Graníticas Sintectônicas – Fácies Cantareira (IPT, 1981a).

A Província Costeira em questão teve sua formação durante o Holoceno e é constituída na área de estudo por Sedimentos Marinheiros e Mistos, constituídos por terrenos arenosos praias e depósitos marinhos retrabalhados por ações fluviais e eólicas, bem como Sedimentos Continentais Indiferenciados, caracterizados por depósitos continentais sedimentares elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e demais depósitos associados a encostas (IPT, 1981a).

A origem da Serra do Mar remonta ao final do Período Mesozóico (cerca de 65 milhões de anos atrás), com o soerguimento da faixa ocidental sudeste brasileira. No Paleoceno a gênese da Serra é completada, sendo formada originalmente a leste da atual, de modo a recuar por meio de processos erosivos durante todo o Terciário, fornecendo material para a abrasão,

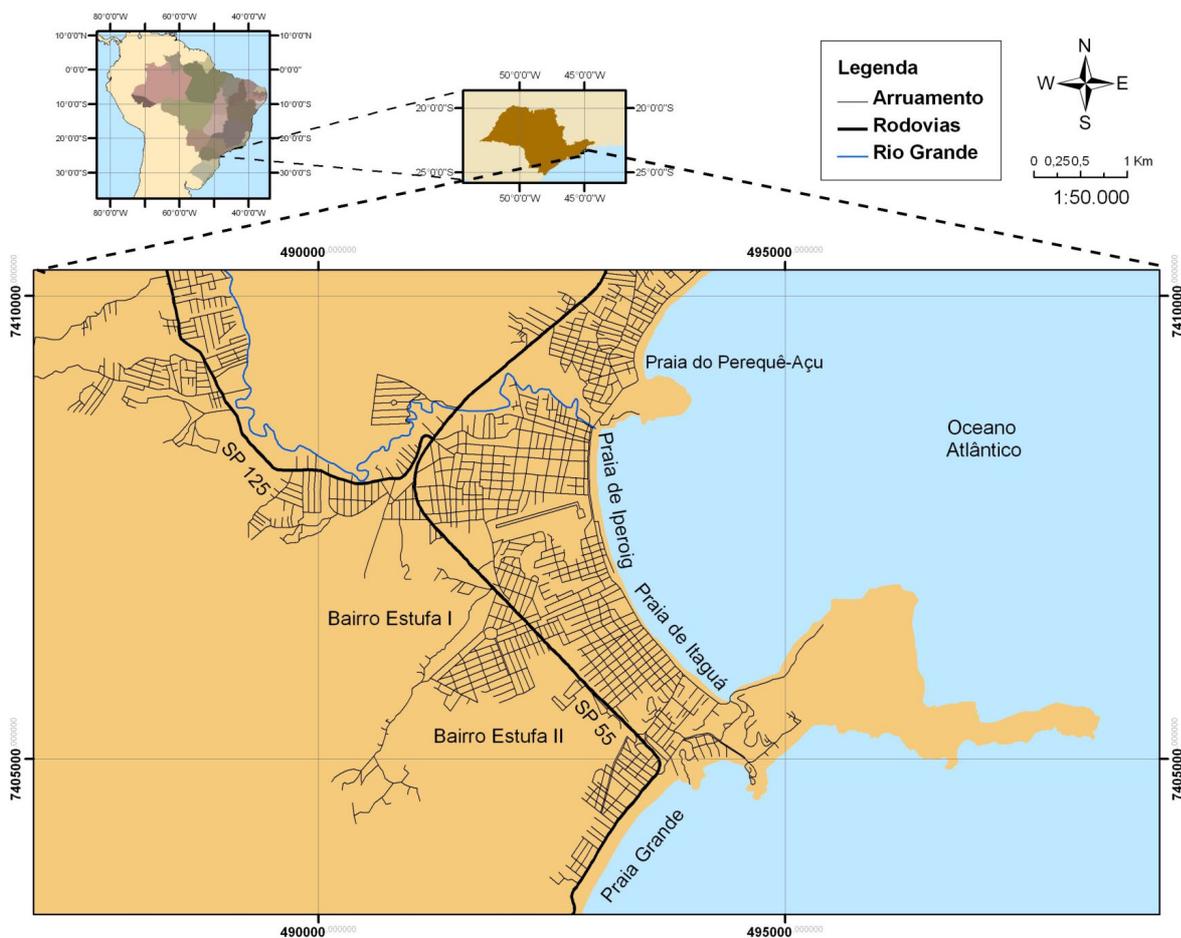


FIGURA 2. Mapa de localização de Ubatuba, SP.

constituindo assim a Província Costeira Paulista e originando os sedimentos depositados em transgressões marinhas (Cruz, 1974).

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981b), a região e proximidades de Ubatuba são constituídas por Planícies Costeiras e por Escarpas e Morros Litorâneos. Nas áreas de Serrania Costeira, como é o caso da Serra do Mar ocorrem Escarpas Festonadas, Serras Restritas e Morros Paralelos. Existem ainda as Baixadas Litorâneas, subdividas em Planícies Costeiras e Terraços Marinhas. De acordo com Ab'Saber (1956), as baixadas litorâneas são “planícies costeiras reduzidas e descontínuas, correspondentes a colmatagem flúvio-marinha recente, de antigas indentações nos sopés das escarpas de falha em recuo (...) No litoral norte, onde os esporões da Serra do Mar e os pequenos maciços e morros litorâneos isolados atingem diretamente as águas oceânicas, dominam costas altas e jovens”.

De modo genérico, as Planícies Sedimentares Litorâneas do Estado de São Paulo são compostas essencialmente por material arenoso de gênese marinha. A subdivisão pertinente à Planície Costeira é a do Litoral Norte, com modelado dominante de planície

marinha/fluvial/interdital, altimetria variável entre 0 e 20 m e declividades inferiores a 2%. Há, ainda, o Compartimento Caraguatatuba que se estende desde a Planície de Caraguatatuba até o estado do Rio de Janeiro, caracterizado por pequenas enseadas e “praias de bolso”, diferenciada do litoral sul paulista pela granulometria e mineralogia do material sedimentado (IPT, 1981b).

Associada aos eventos de mudanças climáticas em tempo geológico, a Serra do Mar vivenciou no Quaternário mudanças abruptas e significativas, servindo por vezes como área de refúgios biogeográficos e fornecedora de material para formação de ‘chãos de pedra’, na Planície Costeira. Atualmente, três principais processos atuam nos taludes escarpados de áreas tropicais úmidas: intemperismo, movimentos de massa e escoamento superficial e subsuperficial, estando intrinsecamente relacionados à declividade, comprimento das escarpas, espessura do material pedológico, estrutura geológica e condições climáticas (Santos, 2004).

A espessura dos solos nas áreas de vertente em geral é pequena, apresentando as maiores profundidades nas áreas de crista dos espigões e nos fundos

de vale, sempre relacionados aos movimentos de massa ocorridos no local, bem como à inclinação da vertente, à estrutura da rocha matriz e à pluviosidade. Assim sendo, em geral, abaixo da serrapilheira é encontrado o solo superficial, resultante de pedogênese, sobre o produto de intemperismo da rocha sã. Abaixo deste, ocorrem os saprolitos, resultantes de alteração do embasamento rochoso (Santos, 2004). No entanto, Sábio (2008) encontrou, mesmo em grandes declividades, solos espessos, não raro atingindo profundidades superiores a 5 m. Desta forma, a ocorrência de um manto pedológico mais profundo propicia que haja uma maior quantidade de material intempérico a ser mobilizado e conseqüentemente depositado na planície.

Existem ainda os solos desenvolvidos a partir dos colúvios, formados por rastejo, escorregamento ou erosão, encontrados nas áreas mais baixas da vertente. Há a alternância de material pedológico ora de predominância argilosa, ora arenosa, devido a eventos de escorregamento de massa e por conta da sedimentação marinha, respectivamente (Santos, 2004).

O município de Ubatuba possui uma considerável área urbanizada, alocada principalmente na Planície Costeira, devido a ocupação mais fácil e geradora de menores problemas ambientais (em relação às áreas de encostas da Serra do Mar). Esta ocupação não se dá de maneira contínua ao longo do território municipal, segmentando-se na forma de pequenas aglomerações, quase sempre alocadas nas áreas das pequenas planícies (praias de bolso), separadas pelos esporões do Planalto Cristalino que adentram ao Oceano Atlântico.

De acordo com a Carta de Utilização da Terra (IGC, 1980) o município possui em suas proximidades áreas identificadas como pastagens ou campos antrópicos, além de áreas de cobertura vegetal variável entre florestas e matas de capoeira. Ao longo do curso do Rio Grande Ubatuba e da Rodovia SP125 algumas culturas agrícolas também são praticadas, por serem locais de maior facilidade de acesso. Essas informações foram comprovadas em recentes atividades de campo.

## **ESCARPAS CRISTALINAS DA SERRA DO MAR**

As escarpas da Serra do Mar, quando comparimentadas em conjunto com a segmentação litorânea do Estado de São Paulo podem ser caracterizadas por apresentar uma maior proximidade com o Oceano Atlântico dando “a impressão de grandes muralhas maciças, recortadas profundamente pelos canais de drenagem” (Cruz, 1974). Com bordas superiores e inferiores geralmente aplainadas, nas proximidades dos municípios de Ubatuba e Parati, onde as nomenclaturas empregadas ao Planalto Cristalino são de Serra do Indaiá e Serra de Parati, por vezes é notado que espo-

rões adentram ao nível marítimo atual, emergindo na forma de pequenas ilhas de costa.

A susceptibilidade das encostas da Serra do Mar em eventos de movimentos de massa é ocasionada basicamente pela grande declividade das vertentes, pela alta pluviosidade apresentada na região, pelo material do manto de alteração e seu respectivo embasamento rochoso, exposto as intempéries do clima local. Agregados a estes fatores, a ação e ocupação humana nestes locais, com conseqüente retirada da cobertura vegetal, só vem a agravar um quadro de latente instabilidade estrutural. Deve ser considerado também que o nível d'água do lençol freático é considerado muito profundo na Serra do Mar, de modo que os horizontes inferiores drenem os superiores (Santos, 2004).

Vários autores diferenciam os eventos de movimento de massa, podendo ser segmentados, de modo que sua compreensão e estudo sejam facilitados, para o desenvolvimento de melhores formas de classificação, prevenção e contenção. Ainda podem ser destacadas características como o tipo do material, a velocidade e o mecanismo do movimento, o modo de deformação, a geometria da massa movimentada e o conteúdo de água (Fernandes & Amaral, 2000).

No caso específico de eventos de escorregamento, estes ocorrem após grandes eventos de precipitações em curtos espaços de tempo, saturando o solo, constituindo assim um verdadeiro desmonte hidráulico na ‘raiz’ do escorregamento. A presença de cobertura vegetal se constitui como único fator de proteção ao movimento de massa, de modo a propiciar a formação de serrapilheira, retenção de água na copa das árvores, diluição do tempo de acesso das chuvas ao solo e agrega os solos superficiais com raízes (Silva, 1999).

Segundo Fernandes e Amaral (2000), deslizamentos são fenômenos naturais contínuos de dinâmica externa, que modelam a paisagem da superfície terrestre. No entanto, a ação antrópica em áreas com potencial para escorregamentos proporciona prejuízos humanos e econômicos. No Brasil esta problemática não se faz diferente e é agravada pelas condições climáticas e pelos extensos maciços, ocupados.

## **PLANÍCIE COSTEIRA QUATERNÁRIA**

Muehe (1998a) define Planícies Costeiras como superfícies relativamente baixas, planas, alocadas nas proximidades do mar, com sua gênese associada à deposição de sedimentos fluviais e marinhos. Ao que diz respeito à área de deposição de sedimentos oriundos das cotas mais elevadas, o mesmo autor diz que “A crescente ocupação do espaço costeiro e sua utilização econômica com impactos, cuja somatória tende a provocar alterações levando a degradação da paisagem e dos ecossistemas, podendo chegar à própria inviabi-

lização das atividades econômicas vêm despertando na sociedade a convicção da necessidade de através de pesquisas científicas e de ações de gerenciamento e monitoramento, encontrar uma situação de equilíbrio entre uso e preservação do meio ambiente”.

Muehe (1998b) salienta que é uma característica marcante das zonas costeiras a instabilidade decorrente de mudanças naturais ou antrópicas, resultando em alteração na disponibilidade de sedimentos, no clima de ondas e na altura do nível relativo do mar. Desta maneira, áreas de atividade de processos costeiros são de extrema fragilidade ambiental. A morfologia resultante desses processos é muito vulnerável e determinada por variáveis como a disponibilidade de sedimentos, a geologia, a variação do nível do mar, modificações geodais, diferenciação das ondas, etc.

Ruellan (1944, segundo Ab’ Saber, 1955), afirma que as glaciações quaternárias “tiveram uma influência direta na geomorfologia do Brasil”, possibilitando a oscilação do nível dos mares e multiplicando os aspectos das formas litorâneas brasileira. Desta forma, pode-se destacar a relevante importância nas invasões marinhas no que diz respeito ao modelado do litoral do estado de São Paulo, de modo que a variabilidade paisagística e geomorfológica venha a possibilitar uma maior biodiversidade, contribuindo para uma maior quantidade de espécies da fauna e da flora. Concomitantemente, a exploração econômica destas áreas, bem como a ocupação humana, passam a ser determinadas pelas dificuldades que o meio natural impõe, de modo que algumas áreas ofereçam a possibilidade de implantação de portos, já que muitas vezes estes locais já constituem ‘áreas portuárias naturais’.

Deste modo, o litoral setentrional paulista se diferencia do austral, principalmente pela erosão fluvial. Na região do ‘Vale do Ribeira’, drenada pelo Rio Ribeira do Iguape, há uma maior Planície Costeira quando esta é comparada às áreas dos municípios de Ubatuba e Caraguatatuba. Devido à proximidade das escarpas do Planalto Cristalino à atual cota topográfica de arrebentação não há grandes áreas de interflúvios encaixados, com a compartimentação realizada pelos esporões que avançam ao nível marinho atual, ligadas a ilhas costeiras pelo embasamento rochoso pré-cambriano. Por não apresentar grandes áreas de bacias hidrográficas, a erosão e deposição aluvionar é reduzida, de forma que há uma maior predominância de deposições coluvionares, com suas gêneses relacionadas a escorregamentos de massa.

Na segmentação da Geomorfologia Litorânea, Muehe (1998b) indica que a região abrangida por este estudo, pertence à subdivisão Sudeste do litoral brasileiro e, há a presença de pequenas enseadas, vertentes do complexo cristalino, reduzidas planícies costeiras e

ilhas. São características destes locais a presença de sedimentação de areias muito finas e lama, ocorridas em ambientes de pouca energia, bem como a ausência de cordões litorâneos. Martin & Suguio (1976) também estabelecem que os dois compartimentos litorâneos diferenciam-se pela sua gênese: o setentrional em ambiente de submersão e o austral, de emersão.

Conforme Martin & Suguio (1976), grande parte da sedimentação das pequenas Planícies Costeiras do litoral norte tem seu material oriundo de transgressões glácio-eustáticas holocênicas e depósitos continentais, há cinco mil e três mil anos atrás. Ainda segundo os autores, estas transgressões vêm a aplainar a área a qual o mar invadiu e, no caso das encostas com a Serra do Mar a diferenciação geomorfológica e da vegetação se evidenciam na paisagem.

Os depósitos sedimentares verificados na área são identificados como predominantemente arenosos e na plataforma continental são encontradas areias muito finas e de lamias, sedimentadas em períodos de pouca energia. Com relação à sedimentação ainda pode ser verificada, embasado na hipótese de flexura continental, uma redução na quantidade de depósitos, pois houve a subsidência da plataforma continental de Ubatuba e emersão de áreas próximas à Baixada Santista (Muehe, 1998b).

Em particular na região de Ubatuba, onde as Planícies Costeiras são consideravelmente reduzidas, encontram-se terraços entre 50 e 60 m, que preteritamente eram segregadas por esporões isolados da Serra do Mar e, na atualidade, são ilhas de constituição cristalina com suas ligações ao continente afogadas por caráter eustático (Ab’ Saber, 1955).

Segundo Martin & Suguio (1976), a Planície Costeira da região de Ubatuba é uma formação Cenozóica, com gênese sedimentar continental e marítima. Na transgressão marinha ocorrida há cinco mil anos, as águas do Oceano Atlântico entraram em contato com cotas altimétricas mais elevadas do Complexo Costeiro, constituindo paleobaías. Estes locais de deposição sedimentar, devido a sua fragilidade e pouca consolidação, foram erodidos por meio de ação pluvial e fluvial, de modo que a drenagem local se encarregou de realocá-los em cotas inferiores, aproximando-se de cotas baixas, ou seja, do nível do mar. Este material arenoso, após sua deposição por alúvio, foi aplainado e remodelado nas posteriores invasões marinhas até a atualidade, onde em determinadas localidades já não é encontrado superficialmente, sendo soterrado por escorregamentos de massa provenientes de colapsos do manto pedológico da escarpa cristalina da Serra do Mar.

Diferentemente da gênese da maioria das Planícies Sedimentares Costeiras Paulistas, que têm em sua origem formações associadas como lagunas e ilhas

barreira, a formação da Planície Costeira de Ubatuba pode ser correlacionada com a de Boiçucanga, que é originada a partir da ingressão marinha, com deposição sedimentar. Posteriormente, com a regressão do nível do mar, são formados cordões litorâneos, que se limitam com as aluviões oriundos da Serra do Mar por interdição. A ausência da formação de restinga estaria associada à morfologia local e a alta energia litorânea (Suguio & Martin, 1976).

Christofoletti (1974) afirma que são fatores fundamentais constituintes e integrantes da Geomorfologia Litorânea a geologia das costas escarpadas, o clima vigente na região, a incidência de ventos, fatores bióticos, oceanográficos e principalmente a eustasia. Alguns autores colocam em causas tectônicas os movimentos eustáticos, outros em ciclos de sedimentação oceânica. No entanto, é reconhecido que nos casos de períodos eustáticos de longa duração a influência de fases interglaciais é visível. Nestes períodos ingressões marinhas ocorrem, de modo que o nível das águas oceânicas atinja lugares atualmente emersos, provocando erosão de áreas como as de sopés da Serra do Mar. Atualmente há consideráveis distâncias da arrebentação das ondas e das tábuas médias das marés, das áreas preteritamente imersas.

A Planície Costeira de Ubatuba possui como cota altimétrica máxima 40 m, contando em sua área com alguns morros isolados de composição cristalina. Ainda no território municipal, além dos sedimentos continentais e marinhos, ocorrem os de manguezais, pântanos flúvio-lagunares e de baías. A predominância na região é de Espodossolos, caracterizados por sua porção arenosa ser constituída basicamente por quartzo, apresentando uma textura grosseira e com pouca capacidade de retenção de água. Na porção norte do litoral paulista são verificadas as seguintes feições geomorfológicas: Terraços Marinhos, Planícies Fluviais, Planícies Flúvio-Marinhas e Planícies Marinhas (Mendes & Pereira, 2004).

Baseado nas curvas de variação do nível relativo do mar em vários setores do litoral brasileiro durante os últimos 7.000 anos construídas por Suguio et al. (1985) e levando em consideração a proximidade geográfica entre a área de estudo e as cidades de Angra dos Reis (RJ) e Santos (SP), bem como sua semelhança morfoestrutural, pode-se realizar uma correlação com a transgressão marinha ocorrida em Ubatuba em período concomitante. De acordo com os autores supracitados, há aproximadamente 5.150 anos o nível marinho atingiu 5 m acima do atual, de modo que ao longo de toda a área da região com cotas inferiores foram depositados sedimentos marinhos, evidenciados pelas tradagens realizadas em trabalhos de campo para este estudo. Para Suguio et al. (1985) ao longo dos 5.000 anos A.P., houve duas bruscas oscilações na

curva de regressão do nível relativo do mar. Segundo os autores estas variações têm ocorrência associada à deformação geodal do Planeta. Esta mesma deformação seria responsável pela variação do nível altimétrico ao longo da linha de costa brasileira, de modo que se a altitude for associada à altura geodal e não a cotas altimétricas, será verificada entre as reconstruções do nível marinho em Angra dos Reis (RJ) e Paranaguá (PR) que apresentou uma variação de 2,5 m.

Segundo Suguio et al. (1985), a maior evidência de antigos níveis marinhos reside na ocorrência de depósitos sedimentares de praia alocados em área com cotas altimétricas superiores e distantes da atual linha de arrebentação. Entretanto, estas evidências somente se tornam válidas para ingressões marinhas, de modo que no caso de regressões a comprovação se torne dificultada. De acordo com Martin (1982), o nível marítimo é determinado por diversos fatores, representado na equação a seguir:

$$A + O + L + R + P + B + S + SS + G + F + J = K$$

de modo que cada representação gráfica represente a quantidade de água contida em: A = Atmosfera, O = Oceanos e Mares, L = Lagos e Reservatórios, R = Rios e Canais, P = Pântanos, B = Ciclos Biológicos, S = Solos, SS = Subsolos, G = Geleiras, F = Fuga de umidade atmosférica para o espaço sideral, J = Água Juvenil e K = Valor Constante.

Há ainda interferência por conta de intensidade de ventos, pressão, temperatura e salinidade da água, no entanto estes fatores somados não alteram em mais de dois metros o nível marinho relativo. Todas estas determinantes supracitadas possuem relevância nos estudos de variação do nível relativo dos mares, porém são preponderantes as informações que dizem respeito à eustasia e isostasia. De acordo com Suguio, et al. (1985), movimentos isostáticos podem ser definidos como a variação da quantidade de material continental, com sua variabilidade associada a processos erosivos, acumulação de depósitos em bacias sedimentares, formação ou desaparecimento de calotas glaciais e ingressões sobre as plataformas continentais.

No entanto, o deslocamento da linha de costa, de acordo com Muehe (1998a) é proporcional à quantidade de sedimentos – variável de acordo com suas características granulométricas e mineralógicas, da energia da onda, da inclinação do fundo marinho e da amplitude da oscilação do nível do mar. Segundo Martin (1982), é de grande importância a reconstrução de antigas linhas de costa, pois em um futuro não muito distante há a possibilidade de haver prejuízos socioeconômicos devidos à adensada ocupação humana nas áreas litorâneas, ocasionada pela pouca variabilidade altimétrica destas áreas.

## RESULTADOS OBTIDOS NO CANAL DO RIO GRANDE DE UBATUBA

Visando buscar evidências para a confecção de uma linha limite para a última ingressão marinha ocorrida na Planície Costeira de Ubatuba, procurou-se nas imediações do canal do Rio Grande de Ubatuba locais de interface entre os depósitos sedimentares. Este canal está posicionado entre a base de um esporão da Serra do Mar e a zona limítrofe da sedimentação da última ingressão marinha, diferenciada ao longo de perfis verticais por meio de suas respectivas distribuições ao longo do espaço. Apesar de a linha da cota altimétrica de cinco metros adentrar ao continente, bem como a de dez metros, estas não podem ser utilizadas como parâmetros para delimitar o limite da última ingressão marinha por dois motivos: pela inerente escavação do canal fluvial que o corpo d'água desempenha em formas erosivas e, também, pelas ocorrências de escorregamentos posteriores à ingressão de modo a soterrar os sedimentos de praia. Os depósitos de matriz mais fina, associada à grande quantidade de matéria orgânica, vêm a constituir em uma camada mais superficial, nas proximidades do talvegue do rio, materiais de deposição gravitacional.

Pelo Mapa da Transgressão Marinha em Ubatuba (Figura 3), pode-se notar que, com base nas cotas atuais, obtidas no Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (1978), a linha limite da deposição de sedimentos de praia atinge cotas superiores em relação à marca altimétrica de cinco metros. Este fato decorre do material coluvionar proveniente das escarpas, de modo que a delimitação não segue a altimetria estabelecida por Suguio et al. (1985) para Santos e Angra dos Reis, por haver diferenciação entre a quantidade de material depositado sobre a camada sedimentar marinha, como pode ser verificado nas colunas que simbolizam as tradagens.

O canal de drenagem do Rio Grande de Ubatuba, já bastante meandrante, apresenta em alguns pontos uma grande quantidade de blocos rolados, de modo que seu leito apresente-se entulhado. Cruz (1974) descreve que o vale do Rio Grande de Ubatuba não apresenta alvéolos, mas um “corredor que se alarga levemente a montante, entulhado de taludes de detritos”. Já a bacia hidrográfica do Rio Perequê-Mirim, outra linha de drenagem da Planície Costeira, é

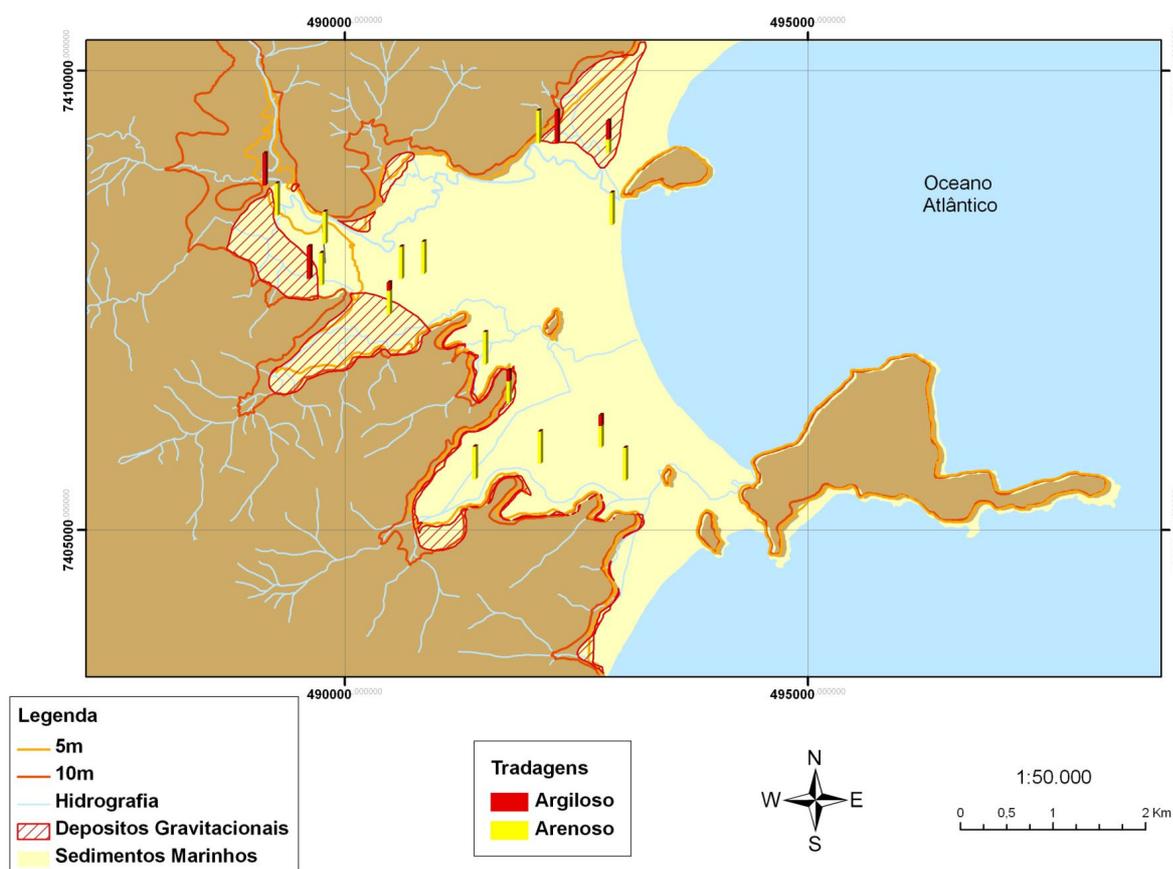


FIGURA 3. Mapa de localização das tradagens, de depósitos gravitacionais e marinhos.

caracterizada por pequenos alvéolos interiores, também com depósitos detríticos. Ambas as bacias proporcionam um recuo considerável da Serra com relação ao nível marítimo, de modo que suas áreas de cabeceira fiquem caracterizadas com verdadeiros boqueirões, contribuindo para que as ingressões marinhas pudessem adentrar ainda mais ao continente, aumentando a área de contato com o Cristalino.

Como se pode verificar no mapa, a ingressão marinha isolou atuais morros constituídos litologicamente por rochas cristalinas, em pequenas ilhas costeiras, que posteriormente vieram a se constituir a porção emersa, ligados por meio da deposição de areia. Estas antigas ilhas possuíam uma variação altimétrica proporcional à área, de modo que as de maior dimensão atingiam cotas superiores aos cem metros, enquanto as de menor expressão espacial não ultrapassavam os 40 m.

É possível observar também que, no período culminante da ingressão, a já incipiente Planície Costeira de Ubatuba foi totalmente submergida, de maneira que a zona de arrebenção do Oceano Atlântico não ocorria mais na planície, mas na realidade atingindo diretamente as escarpas da Serra do Mar, realizando intemperismo físico e químico, de modo a propiciar o recuo do paredão rochoso e obter material para a sedimentação.

É notável na base cartográfica que nas áreas em que ocorre um maior distanciamento das cotas altimétricas de 5 e 10 m, fica evidente que estas áreas se constituem como locais de depósitos coluvionares, por apresentarem um grau de declividade intermediário entre a baixa declividade da zona de deposição marinha e a íngreme topografia do Planalto Atlântico. Desta forma estas áreas foram classificadas como pretéritos locais receptores de depósitos praias, como evidenciam as colunas na Figura 3. Em tradagem mais profunda, foi verificado que, nas localidades próximas ao canal

do Rio Grande de Ubatuba, descartando-se o material coluvionar (1,1 m), nota-se que quanto mais antigos os sedimentos marinhos, maior era a energia de deposição: 1,1 m até 1,7 encontra-se areia fina; de 1,7 a 2,6 m, areia de maior granulometria e de 2,6 a 3,1 m, verifica-se a presença de clastos com até 0,8 cm. A partir desta profundidade o nível do lençol freático é alcançado e não é mais possível tradar.

Observa-se na representação cartográfica que à medida que ocorre um maior distanciamento das escarpas da Serra, a quantidade proporcional da área ocupada pelos depósitos marinhos aumenta, em detrimento dos materiais de depósitos gravitacionais.

Assim sendo, a linha litorânea não era tão indentedada o quanto evidenciam as linhas das cotas altimétricas, de modo a se tornar mais semelhante à atual, ainda que mais recortada. Ou seja, o recorte da pretérita linha de costa não seguia exatamente as atuais cotas topográficas, retrabalhadas por conta dos escorregamentos da região, mas sim, com uma configuração mais próxima à visualizada na Figura 3.

Entretanto, a ocorrência de eventos de escorregamentos de massa ainda constitui um risco à ocupação da planície costeira, bem como para os habitantes da área que, nas proximidades dos leitos de rios estão sujeitos a possíveis corridas de lama e a rolamentos de blocos provenientes das encostas. Estes são verificados no trecho em que o Rio Grande de Ubatuba atinge a planície e tem seu canal entulhado pelos blocos de constituição gnáissica provenientes das declividades mais elevadas da Serra do mar (Figura 4), bem como em algumas áreas próxima ao contato das escarpas com a planície (Figura 5). A ocorrência destes matacões é limitada pela existência de um morro residual que estrangula o vale do canal do Rio Grande. A partir deste morro, até a foz do rio, não é mais verificada a presença de blocos em meio ao material sedimentado.



**FIGURA 4.** Trecho do talvegue do Rio Grande entulhado por blocos.



**FIGURA 5.** Matacões em meio à Planície Sedimentar, depositados por ação gravitacional.

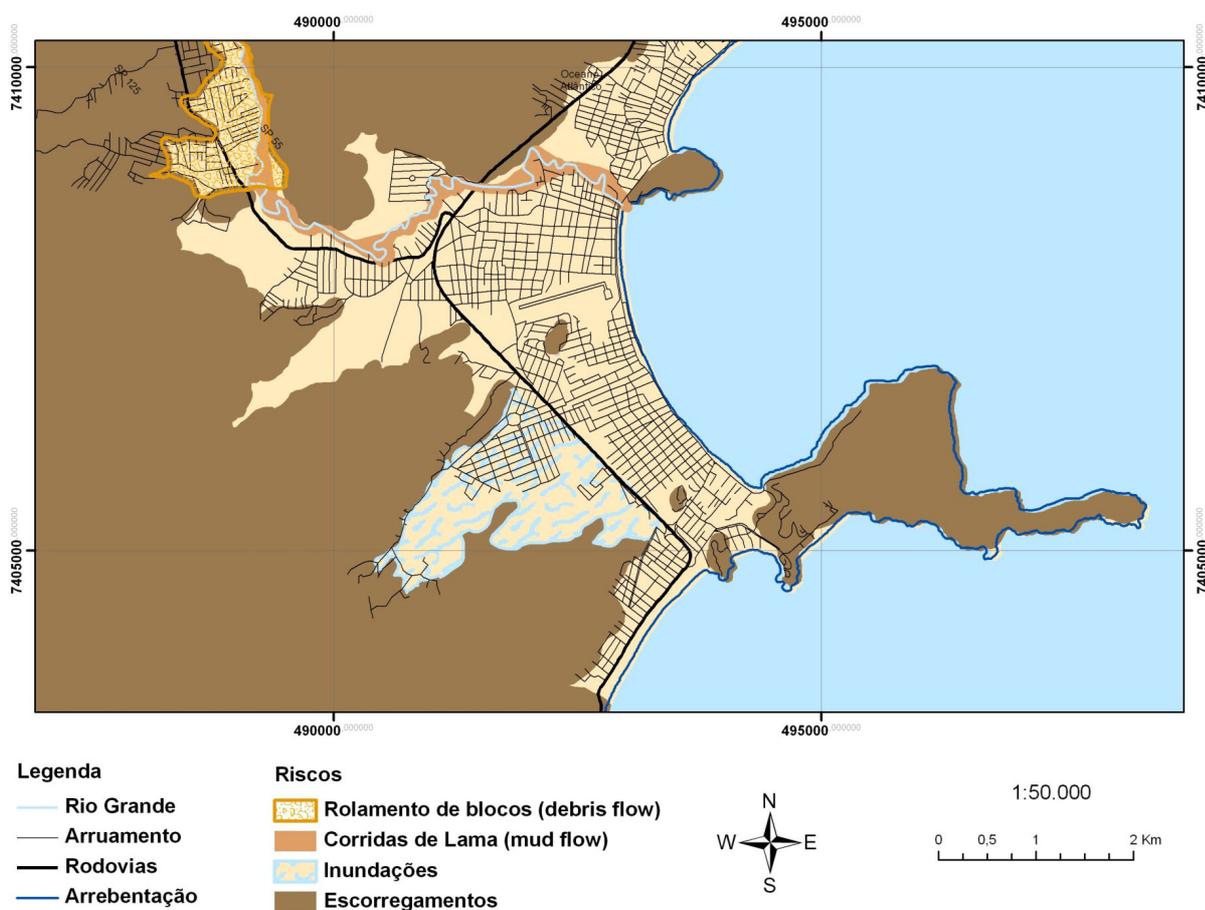
Extrapolando a área do canal do Rio Grande de Ubatuba, foi verificada em tradagem a ocorrência de uma área com solo sob condições hidromórficas, com uma profundidade média do lençol freático próximo a um metro, no período mais seco do ano. Esta área apresenta uma ocupação residencial já consolidada, com freqüentes inundações verificadas nas últimas décadas. As construções da localidade (residências, torres de energia elétrica e etc.) são feitas de modo a atingirem determinada altura do solo, para que não sejam afetadas pelas inundações recorrentes a área. A localidade ainda apresenta valas de drenagem para dar vazão à água concentrada na área. Nas tradagens realizadas no local, foi verificado que a área é caracterizada por processos hidromórficos, e foi drenada para a construção de casas, assim como se pode notar na Figura 6.

Desta maneira, os riscos associados a movimentos de massa e inundações justapostos com o arruamento de Ubatuba (Figura 7) caracterizam as localidades impróprias à ocupação antrópica de maneira que nestas

áreas os riscos já elencados se constituem de maneira mais contundente, por estarem mais próximos as encostas.



**FIGURA 6.** Valeta aberta para a drenagem em bairro residencial – Risco de inundações.



**FIGURA 7.** Mapa de Riscos de Ubatuba, SP.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos trabalhos de campo realizados, bem como nos dados coletados, unidos à bibliografia pesquisada, pode-se confeccionar o Mapa de Tradagens e de Depósitos Gravitacionais e Marinheiros e o Mapa de Riscos de Movimentos de Massa e Inundações para o município de Ubatuba, tendo como ponto de partida a identificação de processos de movimento de massa que ocorreram em tempos pretéritos, alguns anteriores mesmo à ocupação humana na área.

De acordo com as observações das tradagens em suas respectivas localidades, aliadas às informações das curvas de variação do nível relativo do mar no Quaternário (Sugiuo et al., 1985), foram realizadas interpretações tendo como base folhas topográficas, que resultaram no traçado da paleolinha da costa há 5.150 A.P. e na demarcação das áreas de risco nesta planície litorânea.

A melhor compreensão de conceitos por meio deste estudo de caso como escorregamentos de massa, variações glácio-eustáticas, ingressões marinhas, deposições sedimentares, entre tantas outras apenas vem a corroborar com a idéia de quão complexos e importantes são os estudos geomorfológicos, principalmente no que diz respeito às áreas de grande fragilidade natural, intensificada pela ocupação.

Desta maneira, ao se traçar a linha-limite da deposição de sedimentos gravitacionais e marinheiros foi possível identificar as áreas de recente formação geológica e por conseqüência as mais instáveis, em função da possibilidade de recorrência dos eventos já verificados preteritamente.

As áreas próximas a leitos de rios (como o Rio Grande) constituem-se como de grande risco, decorrente do fato destes canais serem o principal exutório à carga sedimentar proveniente das encostas da Serra do Mar, atingindo a planície no formato de corridas de lama.

No canal fluvial existem também os riscos de rolamentos de blocos que, removidos por ação pluvial, gravitacional e fluvial atingem a planície em sua área limítrofe com as Escarpas Cristalinas. Estas áreas também servem como delimitadoras da pretérita ação abrasiva/deposicional do mar, na região em que o vale do Rio Grande é estrangulado por um morro residual (contato entre a planície sedimentar e o Planalto Atlântico), os blocos de rocha se fazem presentes, caracterizando mais um risco à ocupação da área.

Entretanto, o maior risco vigente na área são os escorregamentos de massa. Inerentes às Escarpas Cristalinas, são intensificados a partir da retirada da cobertura vegetal e ocupação antrópica. Sua área de ocorrência abrange as altas declividades (fornecedoras de material), bem como o limite com a planície, pois é neste local que os sedimentos gravitacionais tendem a se acumular e promover o soterramento tanto dos depósitos pretéritos quanto das ocupações humanas ali alocadas.

Concomitantemente com estes riscos, existem áreas de inundação na planície. Estas áreas são propiciadas pela cobertura superficial bastante arenosa, vulnerável a oscilações da maré e aos altos índices pluviométricos verificados na região. Soma-se a estes dados o padrão anastomosado que a drenagem assume ao adentrar na planície, tendendo a formar áreas alagadiças, como verificadas nos bairros residenciais.

Assim sendo, pode-se conformar o procedimento de tradagens como eficiente para a verificação e delimitação de áreas sujeitas à recepção de material gravitacional proveniente de escorregamentos de massa, corridas de lama e queda de blocos, pois, por meio das análises dos materiais retirados da subsuperfície, pode-se diferenciá-los no que diz respeito a sua origem (gênese e deposição) e delimitar suas áreas de ocorrência, determinando, portanto, a abrangência dos riscos em questão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Projeto Serra do Mar (nº 04/09649-0) pelo aporte acadêmico e ao Prof. Fernando Seneme. O segundo autor agradece o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de produtividade.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AB'SABER, A.N. Contribuição à Geomorfologia do Litoral Paulista. Rio de Janeiro: **Revista Brasileira de Geografia**, n. 1 p. 3-44, 1955.
2. AB'SABER, A.N. A Terra Paulista. São Paulo: **Boletim Paulista de Geografia**, n. 23, p. 1-49, 1956.
3. CHIRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 100 p., 1974.
4. CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na Área de Caraguatatuba-SP: Contribuição a Geomorfologia Litorânea Tropical**. São Paulo, 1974. 167 p. Tese (Doutorado)

- em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
5. FERNANDES, N.F. & AMARAL, C.P. Movimentos de Massa: uma abordagem Geológico-Geomorfológica. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs.), **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 3, p. 123-194, 2000.
  6. IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo** – 1:500 000. Campinas, 1999.
  7. IGC – INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS / USP. **Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo** – Folha Santos SF 23 Y-D. 1:250 000. São Paulo, 1980.
  8. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo** – 1:500 000. São Paulo, 1981.
  9. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo** – 1:500 000. São Paulo, 1981.
  10. MARTIN, L.; MÖRNER, N.; FLEXOR, J.; SUGUIO, K. Reconstrução de Antigos Níveis Marinhos do Quaternário. **Publicação Especial IG-USP & SBG**, p. 1-136, 1982.
  11. MARTIN, L. & SUGUIO, K. **O Quaternário Marinho do Litoral do Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, v. 1, p. 281-293.
  12. MENDES, I.A. & PEREIRA, S.C. Impactos Ambientais vinculados à urbanização: O caso de Ubatuba – SP. Rio Claro: **Geografia**, v. 29, n. 2, p. 281-293, 2004.
  13. MONTEIRO, C.A.F. DE. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo, estudo geográfico sob forma de Atlas**. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP, 1973.
  14. MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs.), **Geomorfologia: Um atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 6, p. 253-308, 1998.
  15. MUEHE, D. O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs.), **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 7, p. 273-350, 1998.
  16. PALMIERI, F. & LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs.), **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 2, p. 59-122, 2000.
  17. PLANO CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folhas: SF-23-Y-D-III-4-SE-C** (Ubatuba I), **SF-23-Y-D-III-4-SE-D** (Ubatuba II), **SF-23-Y-D-III-4-SE-E** (Ubatuba), **SF-23-Y-D-III-4-SE-F** (Enseada de Ubatuba). Escala 1:10 000, 1978.
  18. PREFEITURA MUNICIPAL DE UBATUBA. Sítio da Prefeitura Municipal de Ubatuba. Disponível em: [www.ubatuba.sp.gov.br](http://www.ubatuba.sp.gov.br). Acessado em: 15nov2006.
  19. ROSS, J.L.S. Geomorfologia Ambiental. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs.), **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, Cap. 8, p. 351-388, 1998.
  20. SABIO, G.P.P. **Cálculo de Volume de Manto Intempérico de Encostas de Regiões Tropicais Úmidas: o caso da bacia do rio Tavares, Ubatuba – SP**. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
  21. SANTOS, A.R. DOS. **A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes**. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 122 p., 2004.
  22. SILVA, A.S.; GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p., 1999.
  23. SUGUIO, K. & MARTIN, L. Mecanismos de Gênese das Planícies Sedimentares Quaternárias do Litoral do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, v. 1, p. 295-305.
  24. SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

*Manuscrito Recebido em: 7 de maio de 2010  
Revisado e Aceito em: 24 de abril de 2011*