

# ANÁLISE DA FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO PARA AS ILHAS DE SÃO SEBASTIÃO E DOS BUZIOS: ESTUDO DE CASO<sup>1</sup>

Marcio ROSSI<sup>2</sup>  
João Roberto Ferreira MENK<sup>3</sup>  
Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS<sup>4</sup>  
Amanda de Fátima Martins CATARUCCI<sup>5</sup>

## RESUMO

A área de estudo compreende as ilhas de São Sebastião e dos Búzios com ambiente natural bem preservado e se situa no litoral norte do Estado de São Paulo. O trabalho teve como objetivo adaptar e aplicar metodologia para análise da fragilidade do meio físico, buscando identificar zonas com diferentes graus de fragilidade, propiciando, por meio do mapeamento, subsidiar planos de uso da área. Foram obtidos diversos mapas que indicam os diferentes graus de fragilidade da área quanto aos aspectos e atributos dos principais elementos (litologia; densidade de lineamentos de fraturas; classes de declive; tipologia de vertente; tipologia, textura e profundidade de solos; e, vinculados às Unidades Básicas de Compartimentação - UBC que compõem o meio. Estabeleceram-se diferentes níveis de fragilidade para cada elemento, e com o cruzamento sucessivo de mapas temáticos desses elementos se obteve mapa síntese com os graus de fragilidade das áreas estudadas. O meio físico apresentou-se, de modo geral, bastante frágil com 65,6% da área total estabelecida na classe de fragilidade alta devido, principalmente, ao declive; 23,7% na classe muito alta, definido pela estrutura do relevo e litologia; 6,5% na classe média/alta, condicionado pela profundidade e textura dos solos e 2,8% na classe média, também definida pelo declive. O procedimento adotado foi eficaz na definição dessas classes.

Palavras-chave: meio físico; mapeamento; sistema de informação geográfica; Ilhabela; Serra do Mar.

## 1 INTRODUÇÃO

O arquipélago de Ilhabela localiza-se no litoral norte do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23°42'00"S à 23°57'12"S e 45°00'01"W à 45°28'12"W. É compreendido pelas ilhas de São Sebastião, de Búzios e da Vitória, além das ilhotas das Galhetas, Castelhanos e Lagoa,

## ABSTRACT

The study was developed in São Sebastião and Búzios islands, located in São Paulo State sea shore, Brazil, where natural environment is preserved. Aiming at adjusting and applying methodology to analyze environment fragility and identify zones of different fragility degree, by mapping and subsidy land use planning. Maps were obtained, which indicated different fragility degree concerning characteristics of main environment elements: lithology; density of fracture lines; declivity classes; slope typology; soil typology, texture and depth; and, basic units of relief. Each element was, one by one, analyzed and settled different fragility levels in order to obtain several thematic maps. From successional crossing of thematic maps, it was obtained a synthesis map with fragility degree of the study area. Physical environment, generally speaking, is very fragile; from the total area 65,6% is of high fragility due mainly to declivity; 23,7% is of very high fragility due to relief structure and lithology; concerning soil depth and texture 6,5% is of middle/high fragility; and, 2,8% is of middle fragility, also defined by declivity. The proceeding was efficient for fragility class definition.

Key-words: physical environment; mapping; geographical information system; Ilhabela; Serra do Mar.

na Baía de Castelhanos; do Codó, Figueira e Enchovas, na Enseada das Enchovas; das Cabras (Santuário), no canal de São Sebastião; da Serraria, a NE da ilha de São Sebastião; da Sumitica a SO da ilha dos Búzios, e dos Pescadores e das Cabras a N da ilha da Vitória. O trabalho centrou-se nas ilhas de São Sebastião e dos Búzios ocupando área de 34.331,08 ha (FIGURA 1).

(1) Aceito para publicação em novembro de 2005.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: rossi@iflorestal.sp.gov.br

(3) Instituto Agrônômico, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: menk@fasternet.com.br

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: imattos@iflorestal.sp.gov.br

(5) Estagiária – FUNDAP, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

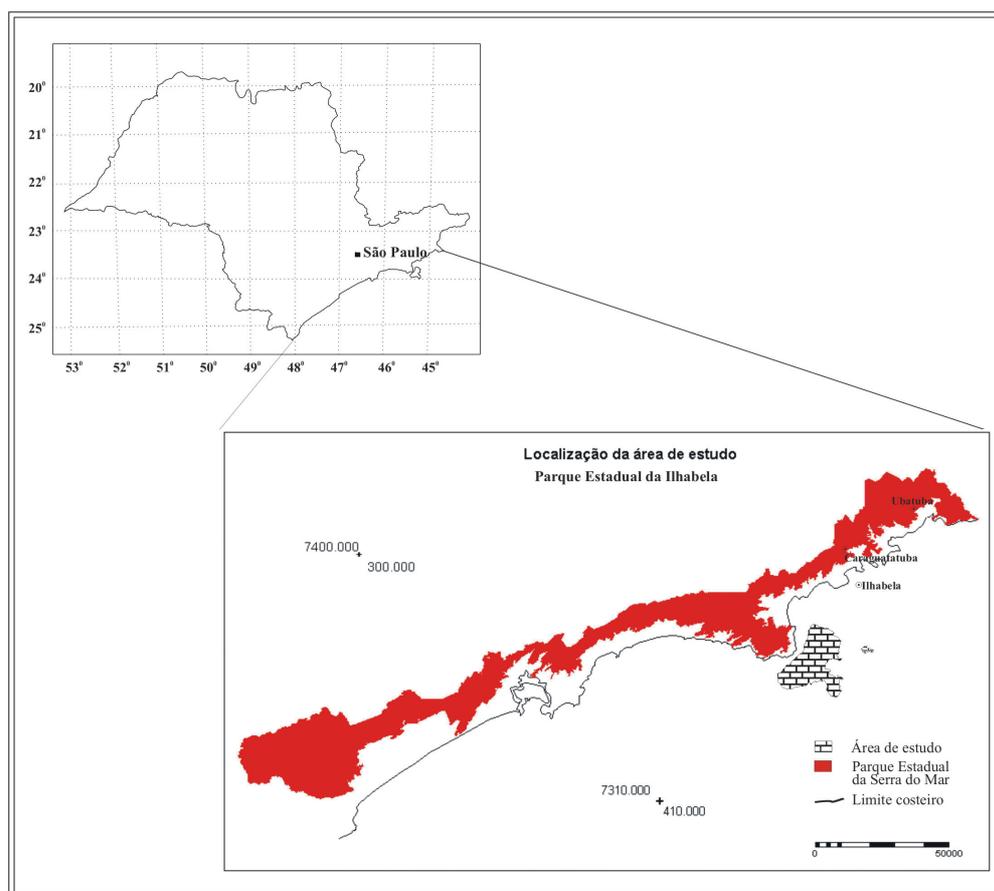


FIGURA 1 – Mapa de localização das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

Köppen *apud* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1981a) classifica o clima da região em que está inserido o arquipélago de Ilhabela como sendo do tipo Af, Tropical Super Úmido sem estação seca na zona das baixadas litorâneas, passando para o tipo Cfa, Mesotérmico Úmido sem estação seca, com verão quente, em direção à serra costeira.

Segundo Monteiro (1973) as regiões envolvidas no trecho costeiro ao sul da ilha de São Sebastião apresentam crescente aumento da participação das massas polares, devido ao aumento da latitude, e possuem pluviosidade mais acentuada em relação ao setor norte do litoral. É uma região predominantemente controlada por massas tropicais e polares. A elevação e proximidade da serra, aliadas à direção oposta às correntes do sul, permitem que esse trecho central do litoral paulista, seja a área de maior pluviosidade do estado. Os índices anuais ficam entre 1.500 mm e 2.500 mm, podendo chegar até 4.500 mm em certos trechos.

Segundo Hennies & Hasui (1977), a ilha de São Sebastião é constituída, predominantemente, por rochas granitóides pré-cambrianas, com foliação

orientada direção NE, penetradas por intrusões mesozóicas em forma de diques, três “stocks” de rochas alcalinas e um menor básico-alcalino, denominados Corpos Alcalinos do Litoral Norte pelo IPT (1981b), já identificados por Freitas (1947), o da Serraria, de São Sebastião e núcleo da Península do Boi (stock do Mirante), havendo outros menores e estão distribuídas nas porções norte, sudeste e sudoeste da ilha de São Sebastião, centro-leste da ilha dos Búzios e embasando a ilha da Vitória. Segundo Rossi *et al.* (2002), as principais rochas encontradas dentro dessa litologia são os sienitos.

As rochas mais antigas pertencem ao chamado “Complexo Costeiro”, conforme classificado por IPT (1981b). Na ilha de São Sebastião, Rossi *et al.* (2002) identificam uma unidade de gnaisses, constituídos de gnaisses porfiroblásticos e granito-gnaisses porfiroblásticos, migmatizados. São rochas deformadas, metamorfozadas, que podem se apresentar de pouco a muito fraturadas. Para a ilha de Búzios IPT (1981b) constata a ocorrência de granulitos intensamente migmatizados e feldspatizados.

As rochas eruptivas básicas, segundo Hennies & Hasui (1977), se apresentam, principalmente, como diques de diabásio de espessuras variáveis e extensão apreciável. Distribuem-se numa faixa paralela à costa ocidental da ilha, na direção SW-NE, estendendo-se do extremo sul da ilha até a região central, onde se bifurcam, e permanecem encobertos pelas estruturas litológicas, até reaparecerem no extremo norte da ilha, paralelos a estes existem outros diques de menor extensão, observados nas zonas central e centro-sul da ilha.

Os autores salientam que os grandes diques básicos se destacam no relevo, constituindo cristas lineares ou linhas de morros de direção NE, sendo as mais salientes encontradas na região central da ilha.

Hennies & Hasui (1977) mencionam, ainda, a presença de um stock menor, denominado stock das Canas, localizado no extremo norte da ilha, formada por rochas básico-alcálicas. Há, também, diques alcalinos de portes e aspectos variados, podendo aparecer como delicados veios ou corpos tabulares de alguns metros, predominando a direção NE, e diques de rochas ultrabásicas observadas na costa NE da ilha, voltada para o canal de São Sebastião, podendo estes cortar inclusive o corpo básico-alcálico. As bordas de intrusão encontram-se caracterizadas, no relevo, por elevações destacadas ou por arcos de serras anelares.

Freitas (1947) destaca que na costa ocidental da ilha de São Sebastião, ao longo do canal, a ausência de arrebentação das ondas e o domínio da sedimentação causada pelo jogo das correntes marinhas e dejeção fluvial permitem a existência de um maior número de praias, em decorrência do menor poder abrasivo.

Segundo IPT (1981a), o arquipélago pertence à Província Costeira, e se caracteriza, geomorfologicamente, por relevos de denudação predominantemente do tipo montanhoso e por uma pequena área de planícies costeiras.

Ross & Moroz (1997) classificam-no como pertencente à Província do Planalto Atlântico, inserido na unidade regional de relevo “Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos”, cujo modelado dominante é constituído por escarpas e cristas e morros altos.

Nessa unidade, o relevo se apresenta bastante dissecado, com vales de grande entalhamento e alta densidade de drenagem com padrão dendrítico, adaptado às direções das estruturas que estão relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos.

Hennies & Hasui (1977) caracterizam o relevo como muito acidentado, onde se sobressaem os picos culminantes da ilha. Entre essas áreas, o relevo é de morros ou colinas, menos acidentados, incluindo algumas planícies fluviais.

Na costa ocidental da ilha de São Sebastião, as altitudes variam de 200 a 300 m e na porção sudeste chegam a 520 m. Porém, prevalecem altitudes acima de 900 m, ocupando a porção central da ilha. Na ilha de Búzios, as altitudes alcançam até 400 m, e na ilha da Vitória não ultrapassam 240 m. Os declives dominantes nos modelados escarpados são de 20-30% e > 30%, e nos morros altos de 20 a 30%.

A área de planícies costeiras é constituída por terrenos baixos e mais ou menos planos, próximos ao nível do mar, com baixa densidade de drenagem (IPT, 1981a). Denominadas por Ross & Moroz (1997) de planícies marinhas, estendem-se numa estreita faixa na costa ocidental da ilha de São Sebastião, na direção centro-norte. São formadas por sedimentos recentes do tipo marinho e misto, de deposição flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue.

Na caracterização da compartimentação geomorfológica do Parque Estadual de Ilhabela, Rossi *et al.* (2002) definem duas unidades fisiográficas distintas no domínio de Planícies Litorâneas: as Planícies-Terraços e os Depósitos de Tálus/Colúvio. As Planícies-Terraços, representadas pelos terraços marinhas, sofrem maior influência do mar e fazem limite com as planícies flúvio-lacustres pela hidrografia ou orografia. Seu ambiente é caracterizado pela presença de cordões arenosos que acompanham a linha de costa, formados por sedimentos praias, principalmente areias finas a médias.

Os Depósitos de Tálus/Colúvio referem-se aos depósitos de materiais colúvio-aluvionares de dimensões variadas, de frações arenosas a matacões, observáveis em fotografias aéreas e presentes nas encostas de escarpas.

São provenientes do transporte fluvial, formados a partir das acumulações de sedimentos continentais diversos, sobretudo areno-argilosos, que podem ser regularmente retrabalhados. Segundo Rossi *et al.* (2002), se localizam, em geral, próximos ao sopé das encostas, formando a superfície de contato entre as escarpas com a planície. Ocupam uma pequena área na região central da costa ocidental da ilha de São Sebastião e são datados do Quaternário holocênico (IPT, 1981b).

Segundo IPT (1981a), predominam eventos de escorregamentos e rastejo nos depósitos coluvionares de meio encosta. Por serem, os corpos de tálus, provenientes de escorregamentos envolvendo solo e rocha, é possível verificar quedas de blocos devido à remoção dos materiais terrosos subjacentes.

Nas áreas de planícies costeiras, Ross & Moroz (1997) identificam a ocorrência de solos do tipo aluviais, podzol hidromórficos, hidromórficos e orgânicos. Por ser uma área sujeita a inundações periódicas, com presença de lençol freático pouco profundo e de sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações, possui susceptibilidade muito alta à ocorrência de processos do meio físico.

Rossi *et. al.* (2002) detalham a unidade de Escarpas e Morros Litorâneos de Ross & Moroz (1997) do Parque Estadual de Ilhabela, identificada como “Domínio de Escarpas” pelos autores. Subdividem-na em unidades de paisagem, e as caracterizam, de acordo com a morfologia apresentada, nas seguintes unidades: Escarpas em Anfiteatro, Escarpas Retilíneas, Morros e Serras Restritas Paralelas, Morros e Serras Restritas Convexas, Morros e Serras Restritas Agudos e, finalmente, Depósitos de Tálus e Colúvios.

As Escarpas em Anfiteatro são definidas como encostas muito entalhadas, sendo freqüente a ocorrência de cabeceiras de drenagem e grotas profundas de forma côncava, caracterizadas por padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico, de densidades diversas.

As Escarpas Retilíneas possuem encostas retilíneas e verifica-se à ocorrência de afloramentos rochosos. Apresentam-se, nesse caso, caracterizadas pela unidade de padrão de drenagem subparalelo a paralelo, cujo entalhamento dos vales é maior que 500 m, e as declividades superiores a 45%.

Os Morros e Serras Restritas Convexas possuem topos convexos observáveis e distribuídos em manchas homogêneas, obedecendo ao padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico.

Os Morros e Serras Restritas Agudos possuem topos predominantemente agudos, observáveis muitas vezes em cristas assimétricas e simétricas, obedecendo ao padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico, predominando a unidade de baixa densidade de drenagem.

Nas unidades de relevo descritas acima predominam solos do tipo Cambissolos, Neossolos Litólicos e Afloramentos Rochosos, conforme descrito por Ross & Moroz (1997).

Possuem fragilidade potencial muito alta, pois estão associados às formas muito dissecadas, com vales entalhados a vales pouco entalhados, alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas. São, portanto, áreas sujeitas a processos erosivos agressivos com ocorrência de movimentos de massa e erosão linear.

Conforme apresentado por IPT (1981a), na serrania e morraria costeira a vegetação original predominante é composta por espécies arbóreas, epífitas, lianas, arbustivas e herbáceas disseminadas, constituindo a Mata Tropical Latifoliada. A intensa vegetação existente na serrania costeira garante certa inibição na manifestação de fenômenos de erosão hídrica.

Brasil (1983) inclui a região de Ilhabela ao Domínio Fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa, apresentando-se, também, nas subformações de Floresta Montana e Floresta Submontana. Denominada, também, Mata Atlântica, a floresta recobre a cadeia de montanhas e os rebordos do Planalto Atlântico, chamada de Serra do Mar em São Paulo, e acompanha a costa do Brasil de norte a sul, podendo estender-se para o interior. Descreve a vegetação da Floresta Montana pela presença de um estrato dominante em torno de 25 m de altura, composta de macrofanerófitas e outro estrato repleto de meso e nanofanerófitas de diversas espécies das famílias Rubiaceae, Myrtaceae e Melastomaceae, além das Palmae, Pteridophytae, Bromeliaceae e grande quantidade de epífitas e lianas. Ocupam a faixa de altitude de 500 a 1.500 m no relevo e são embasadas por rochas pré-cambrianas ou alcalinas cretáceas, como as da ilha de São Sebastião.

A Floresta Submontana ocupa as áreas dissecadas, na faixa de altitude entre 50 e 500 m, sobre rochas pré-cambrianas, e caracteriza-se por possuir estrutura fanerófitica, com ocorrência de caméfitas, epífitas e lianas e a presença de um estrato de até 25-30 m de altura. De acordo com Brasil (1983), é comum a presença de plântulas de regeneração de espécies do estrato inferior, assim como de algumas criptófitas e caméfitas das famílias Rubiaceae, Myrtaceae e Melastomataceae.

Para Lino (1992), a vegetação caracteriza-se por uma fisionomia alta e densa, com elevado número de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos. A vegetação dos níveis inferiores vive em um ambiente sombrio e úmido, sempre dependente do estrato superior, com grande número de lianas, epífitas, fetos arborescentes e palmeiras.

Ao longo da costa ocidental da ilha de São Sebastião, estende-se uma faixa estreita classificada por BRASIL (1983) como Vegetação Secundária sem Palmeira, referente à presença de vegetação alterada pela ação antrópica. Portanto, é descaracterizada da vegetação original e dominada por indivíduos secundários.

Diversos estudos enfocam os riscos, vulnerabilidade e fragilidade de áreas. Nalon (2000) sugere um modelo de avaliação de risco de escorregamento para a área do Parque Estadual da Serra do Mar, região de Cubatão, a partir do processamento e análise dos dados obtidos dos mapas temáticos de cobertura vegetal, pedologia, litologia, morfologia, hipsometria, clinografia, exposição de vertentes e da precipitação pluviométrica – considerados dados de instabilidade – somado a um modelo estatístico multivariado, a análise discriminante. Gerou, assim, tabelas de resultados para cada combinação do cruzamento dos dados das variáveis categóricas nas áreas com e sem escorregamento, com as variáveis independentes (fatores de instabilidade).

Com a aplicação da análise discriminante obteve, então, para cada área de escorregamento e sem escorregamento, a porcentagem de ocorrência de cada variável em seu interior. Os dados dessa tabela gerada foram introduzidos no SIG, gerando um mapa de risco de escorregamento da área de estudo, agrupando-se as probabilidades de ocorrência de escorregamentos em classes de risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Augusto Filho (1994) desenvolveu uma proposta metodológica de cartas de riscos de escorregamento, na escala 1:10.000, voltadas às condições ambientais e socioeconômicas brasileiras, através do uso da cartografia digital e sistema de informações geográficas – IDRISI 4.0 – para o município de Ilhabela, a partir de mapas temáticos de hipsometria, geologia, geotecnia, declividade, uso do solo, cicatrizes de escorregamentos e grupos de uso do solo (ocupação).

Utilizando modelos fenomenológicos de escorregamentos, posteriormente readequados por meio de retroanálises regionais, o autor definiu as unidades de análise em setores de encosta e bacias hidrográficas, com predomínio de escorregamentos e corridas de massa, respectivamente.

A análise da frequência desses processos em relação aos condicionantes de declividade, litologia e uso e ocupação do solo permitiu o zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos, agrupados em quatro classes homogêneas, três relativas ao solo e uma à rocha, e o zoneamento de suscetibilidade

às corridas de massas, classificadas quanto ao risco baixo, médio e alto. Esses resultados conjugados ao zoneamento da ocupação quanto aos danos humanos (sociais) e econômicos (classificação das formas de uso e ocupação) chegou-se, finalmente, a zonas de risco atual e de risco potencial, subsidiando medidas corretivas ou de planejamento.

Souza *et al.* (1998) propuseram um método de mapeamento de fragilidades geoambientais, para dar suporte ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Baixada Santista, SP. A metodologia assemelha-se ao método descrito em São Paulo (1996) e Souza *et al.* (1998), aplicado para a região de São Sebastião. A área estudada foi compartimentada em unidades fisiográficas relacionando elementos da geologia, geomorfologia, geotecnia, cobertura vegetal, solos e gênese geológica. A partir daí, as fragilidades geoambientais foram associadas às suscetibilidades naturais de ocorrência de riscos geológicos e hidrológicos relacionados a movimentos de massa, inundação e erosão costeira, e classificadas de acordo com os graus alto, médio e baixo de risco.

Anbalagan & Singh (1996) adotam um método para a construção de mapas de risco, a partir do entendimento de que o risco é uma função da probabilidade do perigo e do potencial de perdas (de vidas, propriedades, estradas, etc.). O mapa de risco indicaria, então, as prioridades para o manejo do perigo de escorregamentos, entendido como a probabilidade de ocorrência do perigo, que se refere à existência de fenômenos naturais, como desmoronamentos, quedas de blocos, entre outros.

A partir daí, estabelecem-se Zonas de Perigo de Escorregamento (ZPE), que dividem a área estudada em zonas de variação quanto ao grau de estabilidade, baseado na significância estimada dos fatores causadores da indução de instabilidade. Os mapas de ZPE são preparados a partir de um mapa de facetas de declividade, derivado de um mapa topográfico. A faceta é uma porção da vertente que apresenta relativa similaridade com as características da declividade, quanto à direção compatível da vertente e a sua inclinação. Os mapas de ZPE podem ser preparados a partir de um sistema de categorias numéricas chamados Fator de Avaliação de Perigo de Escorregamento (FAPE). A partir do mapa de ZPE, a relação entre a probabilidade de perigo e o potencial de perdas pode ser obtida. Para a probabilidade de perigo são estipuladas cinco classes: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo.

O potencial de perda é obtido pela estimativa da extensão do prejuízo aproximado, caso ocorra um escorregamento. O prejuízo pode ser classificado em duas categorias: de perda de vidas e prejuízos, e perdas de terras e propriedades; para cada categoria são estabelecidos índices, que classificam a área estudada, quanto ao potencial de perda, em Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo. O histórico do total de perdas passadas pode ser utilizado como base para a elaboração de categorias.

O mapa de risco é obtido, então, a partir das taxas de risco determinadas através de uma matriz, que indicam a relação entre a probabilidade do perigo e o potencial de perdas. Para cada categoria do potencial de perdas é estabelecida uma matriz diferente, dessa forma há produção de mapas de risco distintos: um equivalente ao potencial de perda quanto à vida de pessoas e outro quanto ao prejuízo de terras e propriedades.

Turrini & Visintainer (1998) realizam a adaptação da metodologia de cartografia numérica na definição de áreas de perigo de escorregamentos sugerida por Anbalagan. Os autores estabelecem como fatores de perigo: a erodibilidade e degradabilidade das rochas e depósitos do Quaternário; a permeabilidade do solo para identificar as áreas predispostas à pressão hidráulica; o raio geométrico entre as descontinuidades e as declividades, a espessura dos depósitos quaternários; o ângulo das declividades, e o uso do solo. O método consiste na construção de mapas temáticos de cada fator de predisposição a escorregamentos. Em cada mapa o território é dividido em áreas homogêneas, e com base na importância do fator representado, estabelecem-se valores entre 0 e 2, de acordo com a influência que cada fator apresenta naquela área. Dessa forma, os valores máximos atribuídos aos fatores erodibilidade; permeabilidade; estrutura; inclinação das declividades; uso de solo e cobertura vegetal são 2. Os mapas temáticos construídos são sobrepostos e a variável parcial das categorias é somada ou multiplicada.

O mapa resultante contém “microfacetas” e de acordo com as categorias estabelecidas – que são representativas da influência total dos cinco fatores – para cada microfaceta, indica-se a estabilidade daquela porção da vertente.

Esse mapa, no entanto, não pode ser usado porque a quantidade de zonas obtidas dessa maneira torna a interpretação muito difícil; portanto, é necessária a reclassificação dos valores para obter-se, então, o mapa final de perigo de escorregamentos.

Besio *et al.* (1998) propõem a criação de um modelo experimental de planejamento integrado, a partir da combinação de taxas de risco natural do território por mapeamento da área através da determinação detalhada da capacidade de uso do solo.

Consiste na individualização do risco hidrológico e geomorfológico, sendo possível, a partir daí, calcular o risco de escorregamentos. O risco é expresso pela multiplicação do “Perigo”, definido como a potencialidade destrutiva de um fenômeno alcançado em um determinado período de tempo e área; com o “Elemento de Risco”, relativo à população, propriedades e indústrias, e a “Vulnerabilidade”, que consiste no grau de perda, sustentado por um elemento particular ou grupo de elementos expostos a um risco determinado por um fenômeno natural de certa intensidade. O risco total é dado a partir da predisposição ao desencadeamento do risco dado pela fragilidade dos elementos naturais (litologia, declividade, uso do solo e vegetação) e a intensidade dos fenômenos referentes a uma condição natural. Somado à predisposição do risco estão os elementos referentes ao risco (população, indústria, rodovias) que dão o grau de vulnerabilidade ao risco total. O mapa de risco ambiental é a síntese dos resultados da previsão de risco descrito nos mapas.

Como se pode notar, procurou-se no presente trabalho demonstrar os vários procedimentos que podem ser adotados e os muitos autores que tratam do risco de desenvolvimento a processos de movimento de massa, ou seja, o perigo de ocorrência destes associado às perdas de vidas ou patrimônio. Esses estudos também estabelecem índices que fornecem os graus de suscetibilidade à ocorrência do evento.

Neste trabalho, a abordagem é feita avaliando-se a fragilidade do ambiente somente quanto aos seus aspectos físicos de forma qualitativa, por meio dos atributos do meio, e não quanto aos seus riscos associados.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivos identificar e mapear classes de fragilidade quanto aos aspectos do meio físico, através de interpretações dos atributos de cada elemento estudado, utilizando-se processos e tratamentos de geoestatística.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi elaborado estudo dos atributos do meio físico das ilhas de São Sebastião e dos Búzios, por meio de cruzamento de informações do meio físico (litologia; densidade de lineamentos de fraturas; classes de declive; tipologia de vertente; tipologia, textura e profundidade de solos, vinculados às Unidades Básicas de Compartimentação - UBC) gerando um mapa que reflete a importância dos atributos pesquisados, sintetizados em uma análise da fragilidade do meio físico.

Dessa forma, foi elaborado um mapa da fragilidade do meio físico adaptando-se os procedimentos de Ross (1990) e Mattos *et al.* (1996), que identifica diferentes graus de fragilidade utilizando as informações dos elementos do meio físico. Para tanto, foram utilizadas as informações obtidas através dos mapeamentos e levantamentos realizados no Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA), fase 2, por Rossi *et al.* (2002) e informações bibliográficas e cartográficas já existentes. A integração foi realizada por meio de Sistema de Informações Geográficas em programa Ilwis 3.0, sendo posteriormente exportada para o programa ARC View.

Para essa análise foram gerados mapas e tabelas dos seguintes elementos: Unidades Básicas de Compartimentação - UBC, estrutura do relevo, litologia (grau de deformação, fraturamento, bandeamento), densidade de lineamentos de fraturas (lineamentos por 4 km<sup>2</sup>: < 10; 10-25; 25-45; > 45), solos (tipo, textura e profundidade), declives (classes: 0-2°; 2-5°; 5-15°; 15-30°; > 30°) e informações bibliográficas. Para cada elemento estudado foram estabelecidos graus de fragilidade (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) e gerados mapas que foram integrados posteriormente.

A compartimentação da paisagem, estabelecendo-se UBCs, foi definida, inicialmente, pela divisão em grandes domínios de relevo em setores morfológicos distintos: Escarpas e Serras, e Planícies Litorâneas, com base na divisão de unidades morfoesculturais de Ross & Moroz (1997). Esses setores foram subcompartimentados segundo características de conjunto observadas na interpretação de imagens de satélite Landsat 5, bandas 3, 4 e 5 de 1993, em escala 1:50.000, conforme critérios de homogeneidade textural (tipo, densidade, arranjo, estruturação e organização dos elementos texturais) e assimilação de informações bibliográficas, principalmente de Ross & Moroz, *op. cit.*, p. 163,

na caracterização das densidades e padrões de drenagem, na dimensão interfluvial e grau de entalhamento dos vales, e também de IPT (1981) e Vedovello (2000a, b), na caracterização das formas e nomenclatura adotadas.

Os mapas e as informações produzidas, e/ou compiladas de trabalhos publicados, foram cruzados, procedendo-se primeiro a uma generalização e simplificação das informações e utilizando-se como indexador de todos os elementos estudados as UBCs, seguindo as principais etapas:

- 1) cruzamento da classe de declive com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC) para obtenção da classificação da fragilidade quanto ao declive por UBC e por célula de 20 m;
- 2) cruzamento dos lineamentos de fratura com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da densidade de fraturamento por UBC e posterior classificação da fragilidade do fraturamento por célula de 20 m;
- 3) cruzamento dos solos com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade dos solos por UBC e por célula de 20 m;
- 4) cruzamento da litologia com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade da litologia por UBC e por célula de 20 m;
- 5) cruzamento da estrutura (textura do relevo e da drenagem) com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade da estrutura por UBC e por célula de 20 m, e
- 6) integração e cruzamento dos conjuntos de fragilidade relativos ao declive, fraturamento, solo, litologia e estrutura do relevo pelo grau máximo de fragilidade dos componentes do meio físico.

A seguir são detalhados os passos para a obtenção dos mapas e tabelas intermediários de fragilidade.

### UBC

Partiu-se das Unidades Básicas de Compartimentação - UBC, transformando os polígonos gerados no programa Ilwis 3.0 para o formato raster de maneira a colocar um identificador único para cada delineamento da UBC, estabelecendo-se, assim, uma tabela contendo a identificação dos polígonos e das UBCs (FIGURA 2).

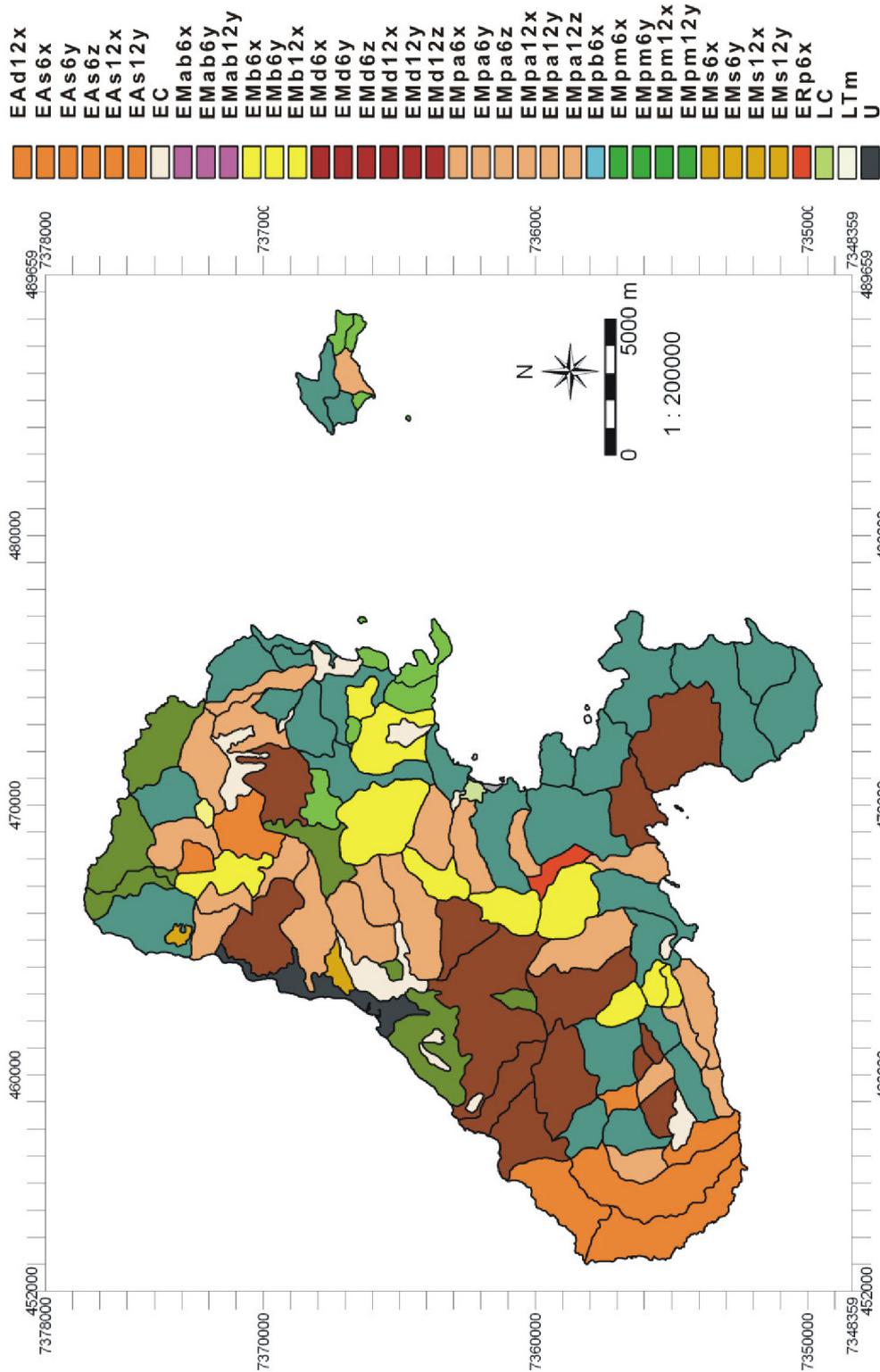


FIGURA 2 - Mapade Unidades Básicas de Compartimentação das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

## Fraturamento

Utilizando-se a tabela acima foi estabelecida uma agregação, agrupamento dos lineamentos de fraturas por identificador de cada UBC e efetuada uma contagem (estabelecimento de área e porcentagem).

Essa área e porcentagem foi utilizada para estabelecer uma base e determinar o grau de fragilidade decorrente do fraturamento mapeado, seguindo o padrão de número de fraturamento/4 km<sup>2</sup>, que na escala trabalhada (1:50.000) equivale à contagem de fraturamento x 4.000.000 m<sup>2</sup>/área obtida anteriormente (m<sup>2</sup>). O índice obtido dessa operação foi reclassificado segundo os parâmetros: < 10 = baixo; entre 10 e 25 = médio; entre 25 e 45 = alto; > 45 = muito alto. Com essa informação se estabeleceu um raster, que foi associado ao raster da UBC para obtenção de um mapa de fragilidade de fraturamento (FIGURA 3).

## Solos

A partir de um mapa de solos poligonizado, estabeleceu-se um raster que foi cruzado com o raster da UBC para obter a tabela dos identificadores da UBC para cada unidade de mapeamento de solos.

Para cada tipo de solo foi estabelecido um grau de fragilidade em função de atributos como: textura (arenosa = baixa, média = alta, argilosa e muito argilosa = média, binária = alta a muito alta), profundidade efetiva (raso = muito alta, pouco profundo = alta, profundo = média), capacidade de infiltração de água (CI) (alta CI = baixa, baixa CI = média, CI irregular = alta), arranjo dos horizontes e camadas dos solos (descontinuidade = alta, homogeneidade = baixa) e contato com a rocha subjacente (abrupto impermeável = muito alto, abrupto fragmentado = alto, descontínuo = médio, brando = baixo). Assim, se obteve um mapa da fragilidade dos solos contendo as seguintes classes: muito baixa = solo E; médio = solos C12 e PV12; média/alta = solos C6 e C12A; alta = C6A, PV6 e RL12, e muito alta = RL6 (FRAGSOLOS), em que: E = espodossolo; C6 = cambissolo háplico formado sobre gnaisses porfírbásticos; C6A = cambissolo háplico formado sobre gnaisses porfírbásticos com dissecação mais pronunciada; C12 = cambissolo háplico formado sobre sienitos; C12A = cambissolo háplico formado sobre sienitos com dissecação mais pronunciada; PV6 = argissolo formado sobre gnaisses porfírbásticos; PV12 = argissolo formado sobre sienitos; RL6 = neossolo litólico formado sobre gnaisses porfírbásticos, e RL12 = neossolo litólico formado sobre sienitos (FIGURA 4).

## Geologia

A partir das UBCs criou-se uma tabela individualizando as unidades geológicas e estabelecendo o grau de fragilidade de cada unidade geológica encontrada, seguindo os índices: baixo = sienitos (12); médio = gnaisses porfírbásticos (6); alto = cordões marinhos; muito alto = depósitos fluviais de encosta (colúvios) na escarpa (EC) e colúvios e elúvios na planície litorânea (LC), resultando em um mapa raster de fragilidade de geologia (FIGURA 5).

## Estrutura

A partir das UBCs criou-se uma tabela individualizando as unidades estruturais e estabelecendo o **grau de fragilidade** de cada unidade encontrada, seguindo os índices: baixo = para áreas compostas por EC, LC e LTm; médio = para áreas com grau de estruturação X; alto = para áreas com grau de estruturação Y, e muito alto = para áreas com grau de estruturação Z, resultando em um mapa raster de fragilidade estrutural (FIGURA 6).

**Grau de estruturação (X):** correspondendo à disposição aleatória, possui pouca visibilidade dos elementos texturais e, predominantemente, se associa às formas de relevo com alta densidade de drenagem, de arranjo textural desordenado, tropia tridirecional e assimetria forte, com interflúvios em disposições irregulares e lineamentos/alinhamentos de relevo e lineações de drenagem pouco perceptíveis.

**Grau de estruturação (Y):** correspondendo à disposição intermediária, os elementos texturais possuem organização definida e visível, embora sejam menos ordenados que as zonas de forte grau de estruturação, possuindo, predominantemente, formas de relevo com média densidade de drenagem, arranjo textural ordenado, tropia variável e assimetria forte.

**Grau de estruturação (Z):** correspondendo à disposição ordenada, os elementos texturais possuem organização definida e facilmente observável quando caracterizados por conjunto de formas de relevo com grande rugosidade topográfica. Geralmente se associa a relevos de baixa ou média densidade de drenagem, com interflúvios em disposições regulares e grandes lineamentos/alinhamentos de relevo, assim como lineações de drenagem. Esse grau de estruturação predominantemente se associa às formas de relevo com arranjo textural ordenado, tropia unidirecional e assimetria fraca.

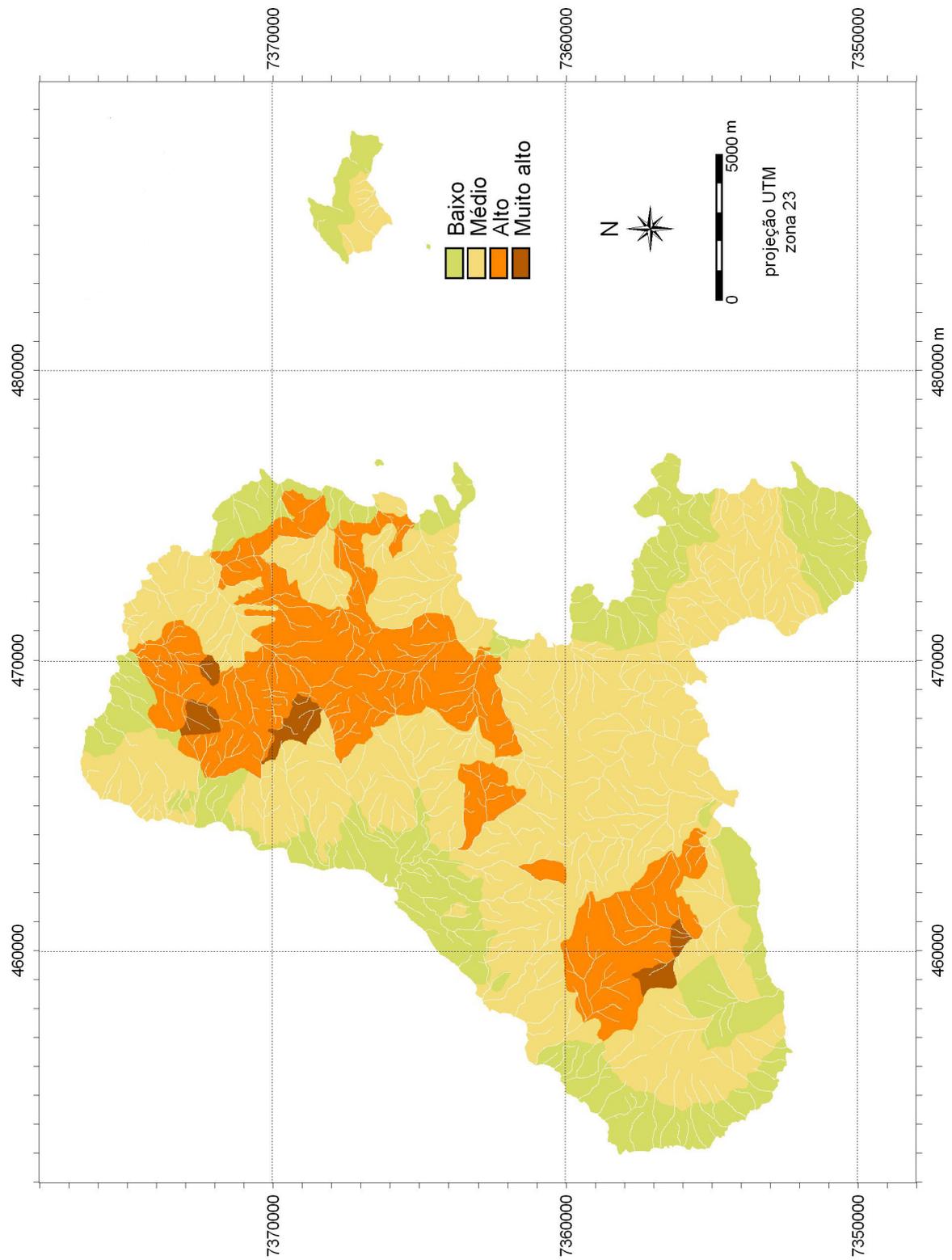


FIGURA 3 - Fragilidade quanto ao grau de fraturamento das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

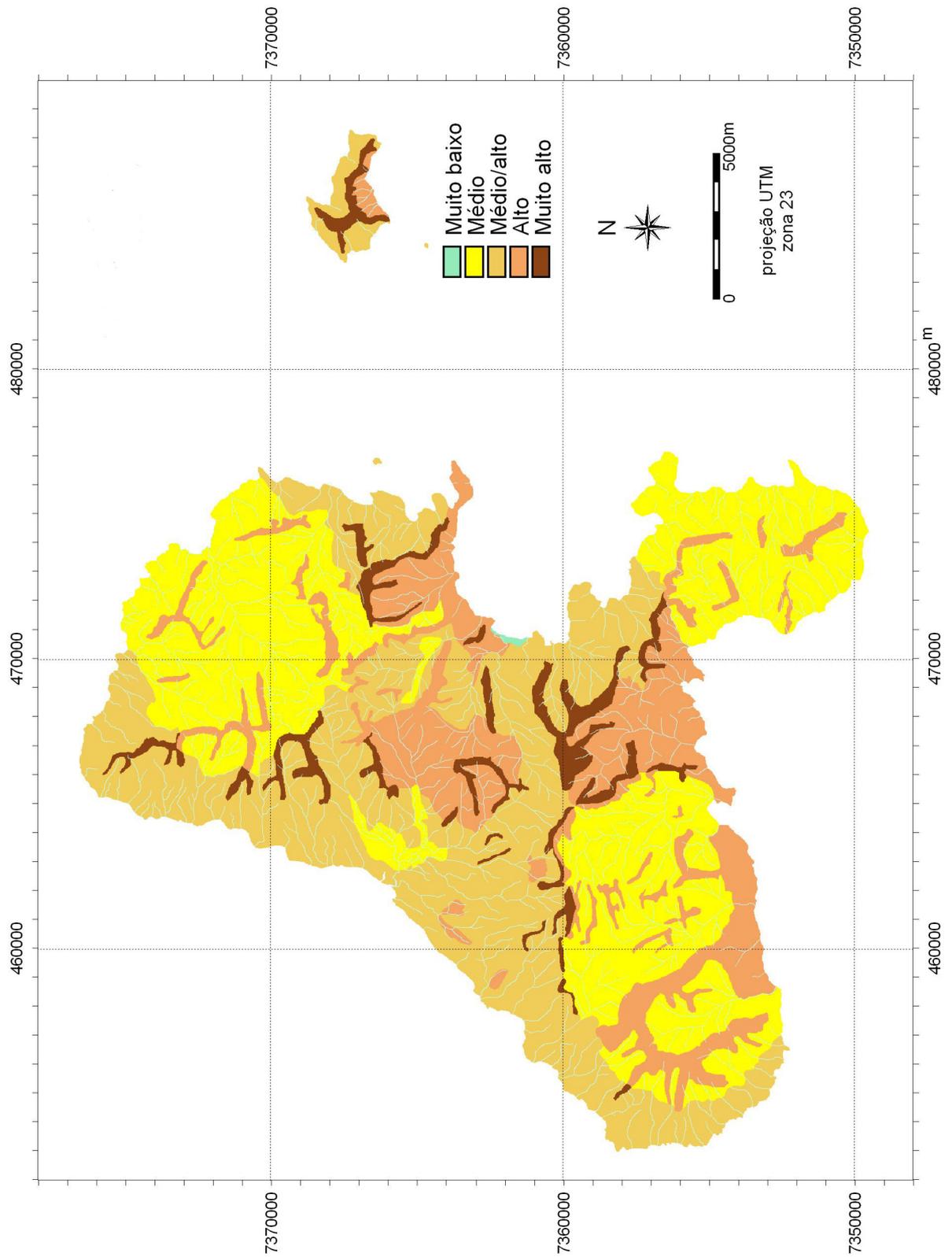


FIGURA 4 - Fragilidade quanto ao solo das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

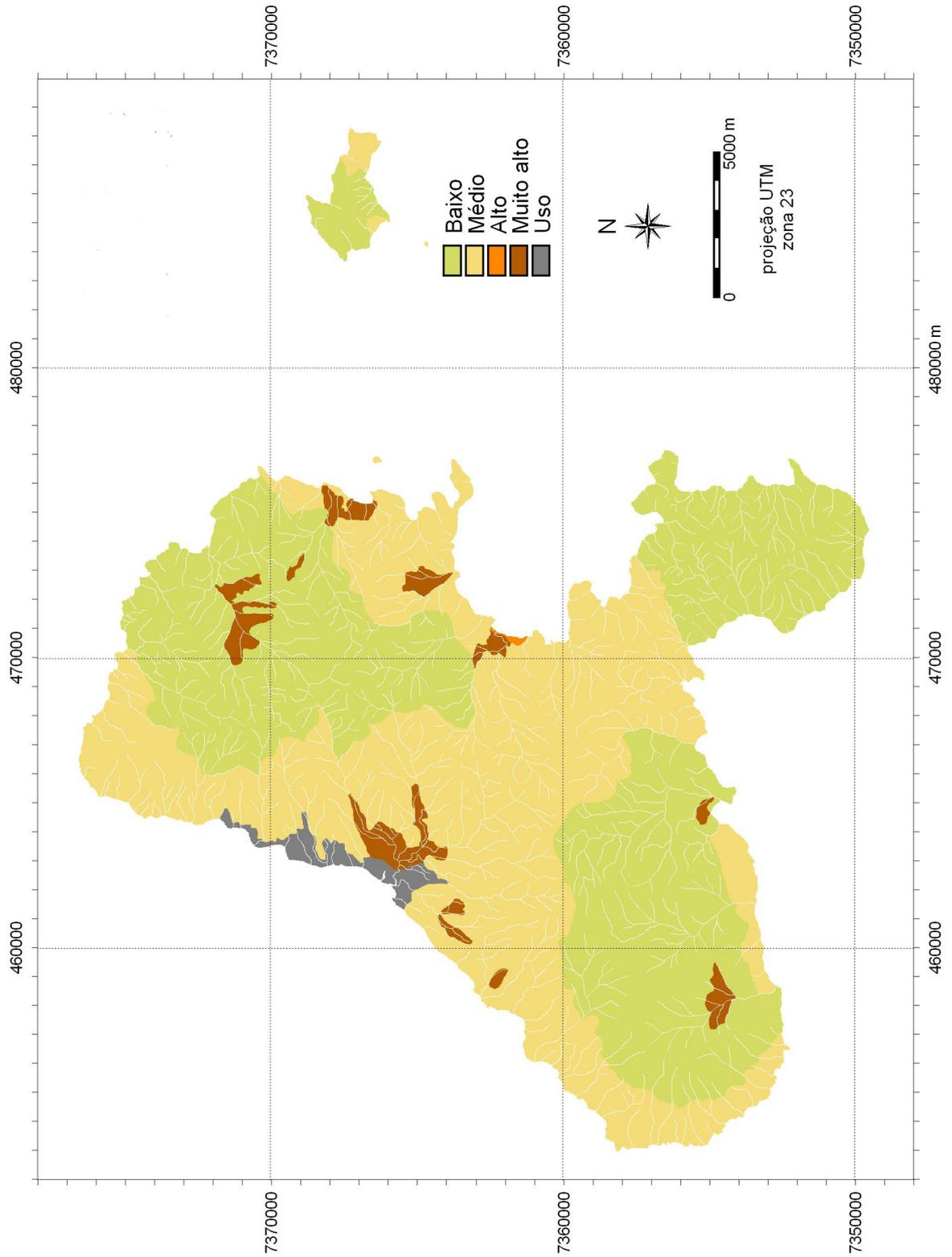


FIGURA 5 - Fragilidade quanto à geologia (litologia) das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

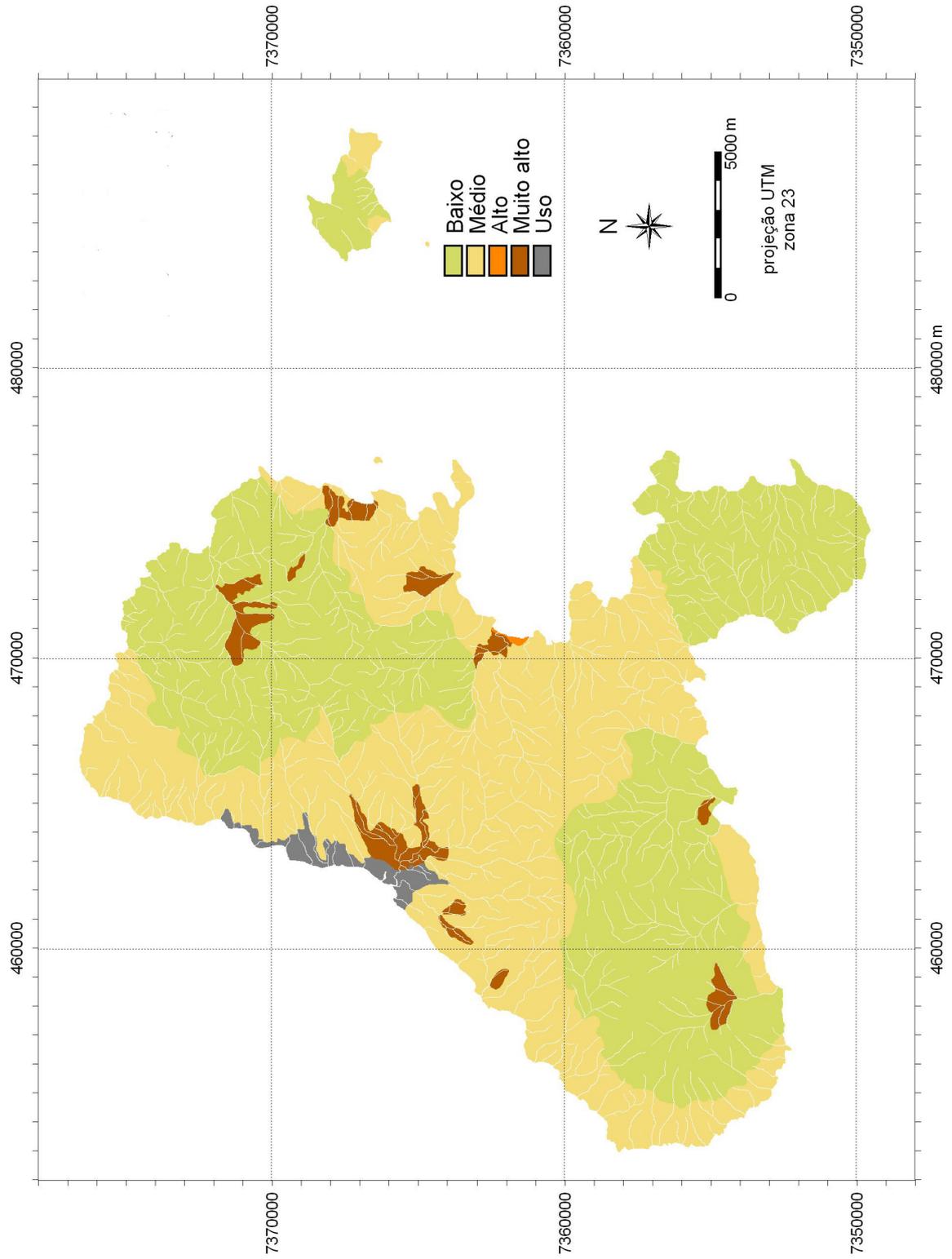


FIGURA 6 - Fragilidade quanto à estrutura das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

## Declive

A partir de um modelo digital do terreno, obtido com as curvas de nível, gerou-se um mapa raster de classes de declive. Esse raster foi cruzado com o mapa raster das UBCs identificadas, obtendo uma tabela de ligação, UBC e classe de declive recodificada. Utilizando-se essa tabela e os seguintes identificadores: 1 = 0 a 2°; 2 = 2,1 a 5°; 3 = 5,1 a 15°; 4 = 15,1 a 30°; e 5 > 30°, obteve-se um mapa raster de classes de declive identificadas (FIGURA 7). Cruzando-se esse mapa raster com o raster UBC identificada obteve-se um mapa raster de combinações de UBC e classes de declive.

Assim, por meio de cruzamentos sucessivos desses mapas foi obtido o mapa final de fragilidade da área, definido segundo os passos descritos a seguir:

1. cruzou-se a FIGURA 7 (declividade) com a FIGURA 4 (solos), ambos raster, e se obteve uma tabela, em que cada pixel do mapa resultante pode ser identificada pela combinação da UBC, classe de declive e fragilidade do solo (mapa intermediário da UBC identificada x classe de declive x solos = UBCidDecSolos);
2. nessa tabela foram inseridas colunas com a identificação das UBCs, com as classes de declives e com as classes de fragilidade de todos os elementos estudados;
3. ainda na tabela, também foi criada uma coluna de fragilidade para indicar as fragilidades parciais (de cada elemento estudado) considerando sempre o maior grau como o dominante, ou seja, se um dos elementos do cruzamento atingisse um grau elevado, a classe final assim seria considerada (fragilidade final);
4. o mapa final da fragilidade (FIGURA 8) foi obtido a partir do mapa raster intermediário (UBCidDecSolos) e do atributo fragilidade final da respectiva tabela de mesmo nome (Fragilidade), e
5. para a apresentação final, em formato de vetor, o arquivo raster Fragilidade foi poligonizado.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Grande parte dos estudos citados na bibliografia refere-se, principalmente, aos graus de risco das áreas aos processos de erosão, ou seja, a potencialidade de ocorrência do processo erosivo frente aos prováveis prejuízos em benfeitorias e vidas humanas.

Neste trabalho são apresentadas as unidades básicas de compartimentação (FIGURA 2) para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios, que abrangem as folhas topográficas de São Sebastião, Caraguatubá e Paranabi e o mapa de fragilidade do meio físico com as classes de fragilidade associadas às UBCs (FIGURA 8).

A TABELA 1 apresenta a caracterização das Unidades Básicas de Compartimentação - UBC adotadas, e a TABELA 2, a distribuição das classes de fragilidade da área por UBC.

As UBCs são assim descritas:

As características de conjunto consideradas variaram de acordo com o domínio geomorfológico observado:

- Escarpas e Serras: dimensão, disposição e forma dos declives, padrão e densidade de drenagem e disposição e forma interfluvial, além do entalhamento dos vales e declives, e
- Planícies Litorâneas: localização de áreas uniformes segundo o tipo de sedimentação, apresentando cores, tons e rugosidades fotográficas homogêneas.

O Domínio das Escarpas e Serras consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas. Esse domínio se caracteriza por espigões digitados (interflúvios formando promontórios) intercalados a anfiteatros côncavos e paredões retilíneos. Os processos denudacionais também são predominantes, implicando, igualmente, em ambiente de alta energia.

O Domínio das Planícies Litorâneas abrange o litoral da área, salvo os limites caracterizados como área urbana. A faixa, ou orla litorânea, correspondente a esse domínio se constitui no espaço onde ocorrem processos geomórficos marinhos e continentais, cujas interações atmosféricas e antrópicas se concentram na zona intertidal. Nesse domínio é predominante o processo de acumulação.

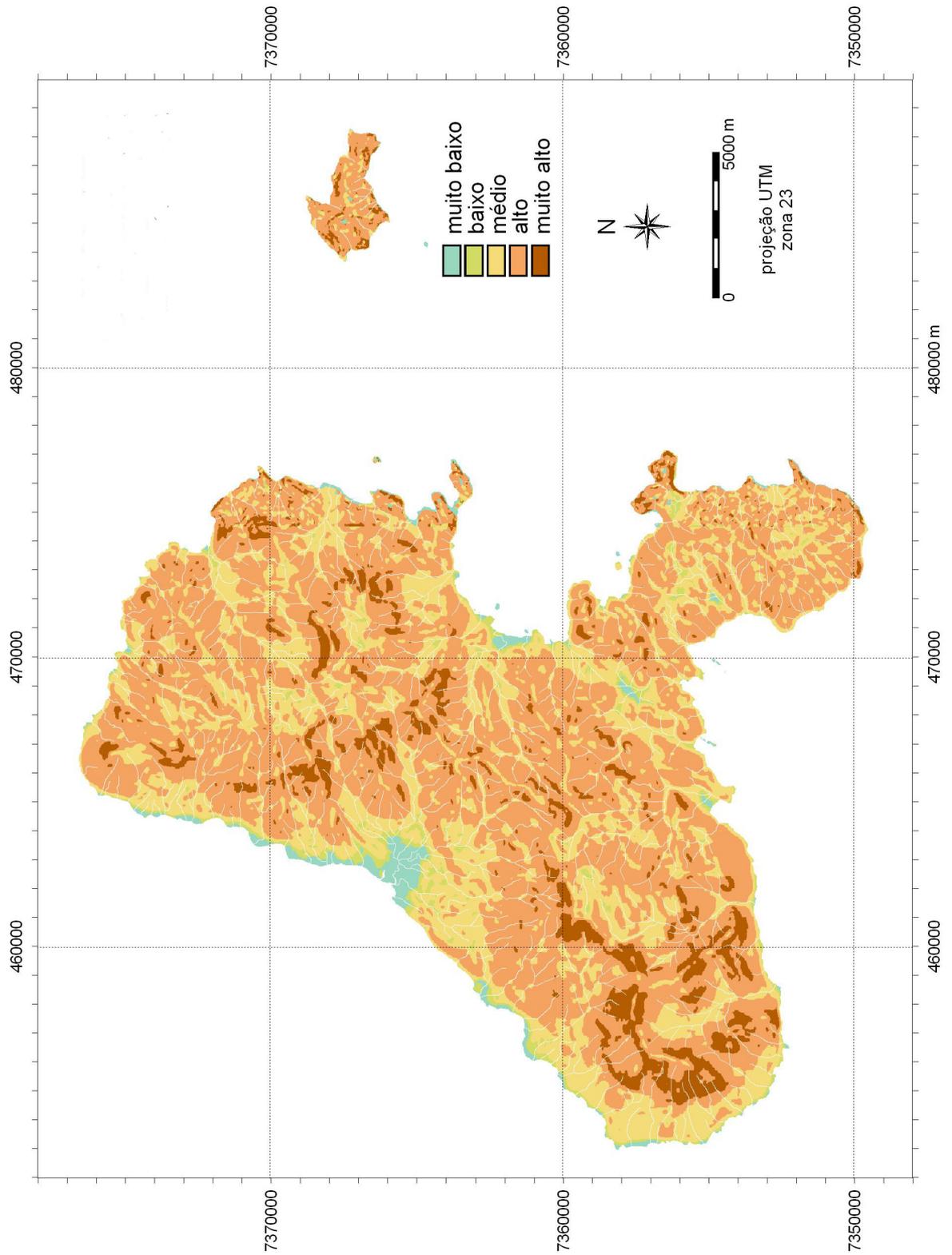


FIGURA 7 - Fragilidade quanto ao declive das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

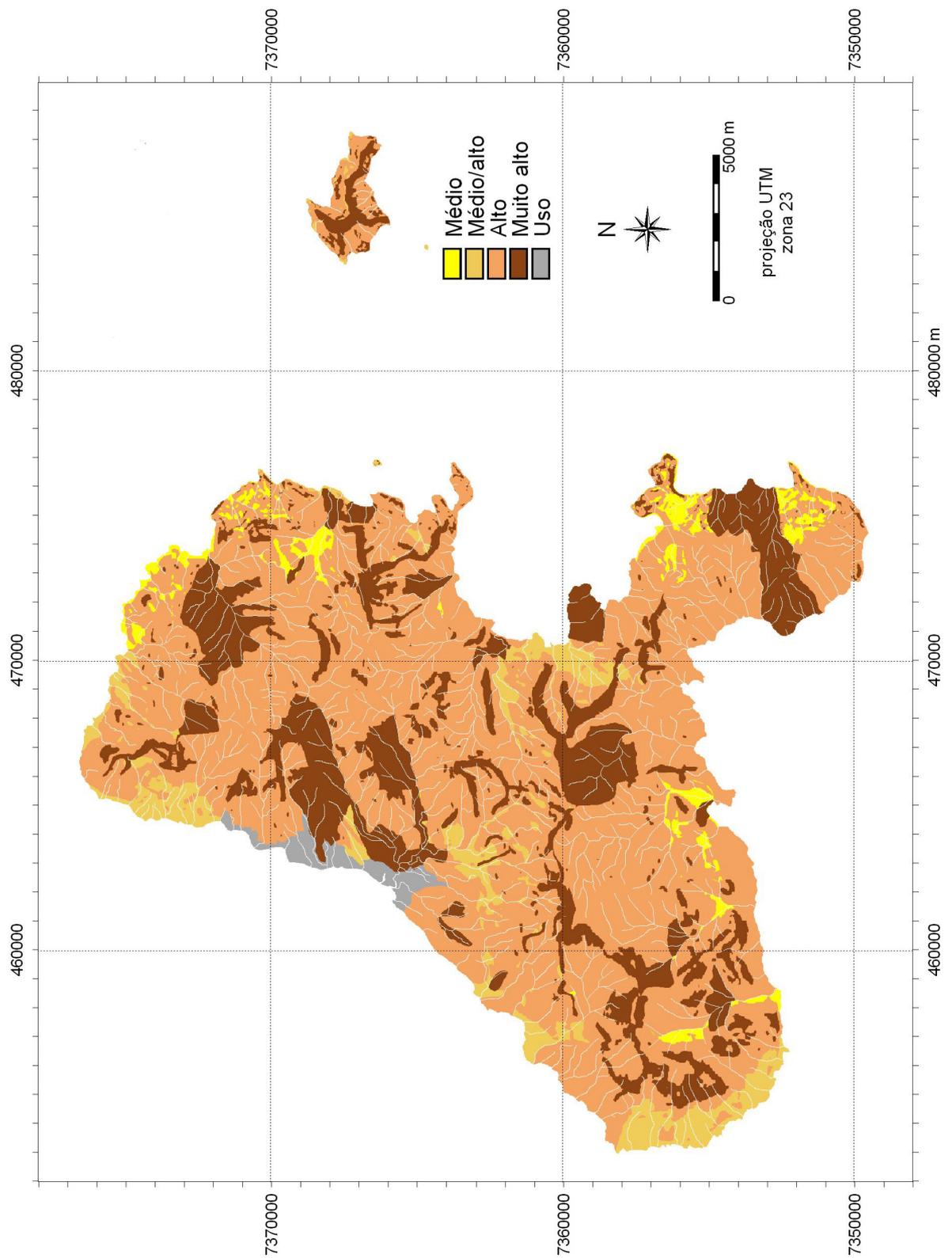


FIGURA 8 - Fragilidade das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

TABELA 1 – Unidades Básicas de Compartimentação - UBC das ilhas de São Sebastião e dos Búzios e suas caracterizações.

Unidade Básica de Compartimentação	Domínio	Morfologia (modelado)	Densidade de canais de drenagem (qualitativa)	Dimensão Interfluvial Média (m)	Entalhamento do vale (m)	Declividade (%)	Padrão de Drenagem	Densidade de Drenagem (número de crênulas)	Grau de Estruturação	
EAdX	Anfiteatro (A)		Dendrítico Aberto (d)	-	< 800	30 - 45	Dendrítico	5 - 10	Baixo (X)	
EASX			Dendrítico Denso (s)	-	> 500	> 45	Dendrítico	> 10	Baixo (X)	
EASy			Subparalelo a Paralelo (p)	-	> 500	> 45	Subparalelo a Paralelo	5 - 10	Médio (Y)	
EASz				-						Alto (Z)
ERpX	Retilínea (R)								Baixo (X)	
EC	Depósito de Tálus/Colúvio (C)								-	
EMpbX	Escarpa (E)	Morros e Serras Restritas Paralelos (M <sub>p</sub> )	baixa (b)	> 200	< 250	< 20	Subparalelo	0 - 5	Baixo (X)	
EMpmX			média (m)	200 - 400	250 - 300	20 - 30	Subparalelo	5 - 10	Baixo (X)	
EMpmY			alta (a)	< 200	> 250	> 30	Subparalelo	> 10	Médio (Y)	
EMpaX										Baixo (X)
EMpaY										Médio (Y)
EMpaZ										Alto (Z)
EMbX	Morros e Serras Restritas Convexas (M)		baixa (b)	> 200	< 250	< 20	Subparalelo	0 - 5	Baixo (X)	
EMbY										Médio (Y)
EMdX			Dendrítico Aberto (d)	- 500	150 - 300	20 - 30	Dendrítico a Subparalelo	5 - 10	Baixo (X)	
Medi			Dendrítico Denso (s)	< 200	> 300	> 30	Dendrítico a Subparalelo	> 10	Médio (Y)	
EMdZ										Baixo (X)
EMsX										Médio (Y)
Meci	Morros e Serras Restritas Agudos (Ma)		baixa (b)	> 800	< 150	< 30	Dendrítico a Subparalelo	0 - 5	Baixo (X)	
EMabX									Médio (Y)	
EMabY										Baixo (X)

Em que: E = escarpas e morros; Ad = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico aberto; As = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico denso; C = depósitos de tálus e colúvio; Mab = morros e serras restritas agudos com densidade de drenagem baixa; Mb = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem baixa; Md = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem média e padrão dendrítico aberto; Ms = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem alta e padrão dendrítico denso; Mpa = morros e serras restritas paralelas com alta densidade de drenagem; Mpb = morros e serras restritas paralelas com baixa densidade de drenagem; Mpm = morros e serras restritas paralelas com média densidade de drenagem; Mpp = morros e serras restritas paralelas com padrão de drenagem subparalelo a paralelo; L = planície litorânea; Tm = planícies e terraços marinhos; X, Y, Z = são graus de estruturação do relevo: baixo, médio e alto, respectivamente.

TABELA 2 – Distribuição das classes de fragilidade por Unidades Básicas de Compartimentação (UBC).

Unidade Básica de Compartimentação	Classes de fragilidade			
	%			
	média	média/alta	alta	muito alta
EAd12X				100
EAs12X	12		85	3
EAs12Y			96	4
EAs6X	1	1	76	22
EAs6Y			77	23
EAs6Z				100
EC				100
EMab12Y			75	25
EMab6X		14	62	24
EMab6Y			67	33
EMb12X	15		81	4
EMb6X		25	66	9
EMb6Y			94	6
EMd12X	21	1	65	13
EMd12Y			90	10
EMd12Z				100
EMd6X	1	30	56	13
EMd6Y			91	9
EMd6Z				100
EMpa12X	6		67	27
EMpa12Y			89	11
EMpa12Z				100
EMpa6X	1	8	84	7
EMpa6Y			78	22
EMpa6Z				100
EMpb6X		68	31	1
EMpm12X	11		43	46
EMpm12Y			66	34
EMpm6X		80	20	
EMpm6Y			95	5
EMs12X			82	18
EMs12Y			94	6
EMs6X		25	65	10
EMs6Y			80	20
ERp6X			54	46
LC				100
LTm			100	

Em que: E = escarpas e morros; Ad = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico aberto; As = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico denso; C = depósitos de tálus e colúvio; Mab = morros e serras restritos agudos com densidade de drenagem baixa; Mb = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem baixa; Md = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem média e padrão dendrítico aberto; Ms = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem alta e padrão dendrítico denso; Mpa = morros e serras restritas paralelas com alta densidade de drenagem; Mpb = morros e serras restritas paralelas com baixa densidade de drenagem; Mpm = morros e serras restritas paralelas com média densidade de drenagem; Rp = escarpas retilíneas com padrão de drenagem subparalelo a paralelo; L = planície litorânea; Tm = planícies e terraços marinhos; 6 = gnaisses porfiroblásticos; 12 = sienitos; X, Y, Z = são graus de estruturação do relevo: baixo, médio e alto, respectivamente.

A análise da fragilidade do meio físico para a ilhas de São Sebastião e dos Búzios, permite observar que estas ilhas são constituídas, em sua maior parte, por níveis de fragilidade alto e muito alto (FIGURA 8 e TABELA 3).

O grau de fragilidade muito alto tem suas maiores glebas definidas pela estrutura do relevo, que associadas à fragilidade quanto à geologia (litologia), definem grandes porções, como é o caso das glebas situadas a NE da ilha de São Sebastião, na Enseada do Poço e duas grandes glebas logo acima da cidade de Ilhabela, estas duas áreas foram também definidas em função da ocorrência de colúvios/tálus, com contribuição do grau de fraturamento; outra gleba de tamanho considerável pode ser observada no espaço que vai da Ponta do Diogo até o Saco da Pirambura, definida principalmente em função do grau de estruturação; existem, também, uma grande gleba na Ponta do Costão e outra na porção centro-sul da ilha, definidas principalmente pelo grau de estruturação.

Ainda quanto ao grau de fragilidade muito alto, é possível verificar a ocorrência de pequenas glebas associadas às altas vertentes com declividades acima de 30°, portanto, o elemento declividade é fator preponderante na definição destas manchas que se distribuem especialmente ao longo dos interflúvios principais, isto ocorre a SO da ilha de São Sebastião sendo uma pequena porção que é determinada pelo grau de fragilidade do fraturamento e da geologia. Os solos que ocorrem nessa mesma situação, ao N e NE apresentam grau muito alto de fragilidade.

Portanto, o grau muito alto de fragilidade ocorre em 23,7% da área total das ilhas, sendo que duas áreas são muito importantes do ponto de vista da fragilidade, as situadas logo acima da cidade de Ilhabela, que podem vir a comprometer as condições de estabilidade das vertentes.

O grau médio de fragilidade, de modo geral, na ilha de São Sebastião, está condicionado primeiramente pelas restrições quanto ao declive (de 5,1 a 15°), e subordinadamente por aspectos dos solos (como densidade de drenagem e profundidade) e grau de estruturação.

TABELA 3 – Graus de fragilidade, área e porcentagem de ocorrência nas ilhas de São Sebastião e de Búzios.

Grau de Fragilidade	Área (ha) de ocorrência nas duas ilhas principais	Porcentagem de ocorrência
Médio	956,76	2,8
Médio/alto	2.244,16	6,5
Alto	22.539,76	65,6
Muito alto	8.121,20	23,7
Uso	469,20	1,4
Total	34.331,08	100,0

O grau de fragilidade médio/alto tem como fator preponderantemente limitante a fragilidade quanto aos solos (profundidade e textura), e subordinadamente ao declive, embora a declividade, por apresentar maior detalhamento, seja o elemento que permite limitar os delineamentos.

O grau alto de fragilidade deve-se, principalmente, às declividades da classe de 15,1° a 30° de forma generalizada na ilha de São Sebastião. Ao sul da ilha, na Enseada das Anchovas deve-se, principalmente, ao grau de fragilidade dos solos e ao grau de estruturação, o mesmo ocorre à leste na baía dos Castelhanos. No centro da ilha, o grau alto é estabelecido pelo fraturamento, pela estrutura e pelos solos, já ao norte e nordeste, se tem o fraturamento e a estruturação como principais limitadores.

A noroeste e a oeste da ilha de São Sebastião o grau alto é delimitado principalmente pelas altas declividades e pela estrutura do relevo.

Na ilha dos Búzios, o grau muito alto é definido principalmente pela fragilidade dos solos, que ocorre nos interflúvios e nas altas vertentes, e nas demais áreas pelos declives. O grau alto, ao sul e sudeste, ocorre devido ao solo e à estruturação.

Buscando sintetizar a compreensão da participação de cada elemento estudado nas classes de fragilidade, e quantificá-la relativamente, se estabeleceu a TABELA 4, em que são demonstradas as porcentagens de atuação da litologia, do fraturamento, da estrutura do relevo, da declividade e dos solos.

TABELA 4 – Classes de fragilidade e suas porcentagens de ocorrência em área e em relação à cada elemento estudado.

Classe de fragilidade	Litologia (%)	Fraturamento (%)	Estrutura do relevo (%)	Declividade (%)	Solos (%)
MB (muito baixo)	–	–	–	–	0,1
B (baixo)	49,9	24,2	3,5	1,9	–
M (médio)	46,6	52,1	45,9	2,7	37,7
M/A (médio a alto)	–	–	–	29,6	35,5
A (alto)	0,1	22,1	42,6	58,4	21,1
MA (muito alto)	3,4	1,6	8,0	7,4	5,6

#### 4 CONCLUSÕES

- A metodologia de análise do meio físico, constituída pela elaboração de tabelas e mapas e sobreposição de dados, mostrou-se uma ferramenta para a definição das classes de fragilidades.
- O meio físico apresenta-se, de modo geral, bastante frágil, tanto na área referente à ilha de São Sebastião como na de Búzios, devendo ser considerado estes aspectos e resultados quando da implantação de empreendimentos ou manejo da área.
- O cruzamento sucessivo dos mapas temáticos, utilizando-se atributos específicos de cada elemento do meio físico e estabelecendo diferentes níveis de fragilidade para cada elemento, permitiu construir mapa síntese com os graus de fragilidade das áreas estudadas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBALAGAN, R; SINGH, B. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountains terrains – a case study from Kumaun Himalaya, India. **Engineering Geology**, New York, v. 43, n. 4, p. 237-246, 1996.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP.** 1994. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas e Fundações) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BESIO, M. *et al.* Risk maps: theoretical concepts and techniques. **Journal of Hazards Materials**, v. 61, p. 299-304, 1998.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória.** Rio de Janeiro, 1983. 780 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 32).

FREITAS, R. O. Geologia e petrologia da ilha de São Sebastião. São Paulo. **Bol. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Geol.**, São Paulo, v. 85, n. 3, p. 1-244, 1947.

HENNIES, W. T.; HASUI, Y. Contribuição ao reconhecimento da ilha de São Sebastião. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1977. p. 613-654.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981a. Escala 1:1.000.000. (Publicação IPT, 1183).

\_\_\_\_\_. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981b. Escala 1:1.000.000. (Publicação IPT, 1184).

LINO, C. F. (Ed.). **Consórcio Mata Atlântica/ UNICAMP: plano de ação - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.** Campinas: UNICAMP, 1992. v. 1. (Referências básicas).

MATTOS, I. F. de A. *et al.* Levantamento do meio físico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Caetetus - SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 8, n. 15, p. 388-393, 1996.

ROSSI, M. *et al.* Análise da fragilidade do meio físico para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios: estudo de caso.

MONTEIRO, C A de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo:** estudo geográfico sob forma de Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

NALON, M A. **Mapeamento de risco de escorregamento na região de Cubatão, SP.** 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia – FFLCH/USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997. Escala 1: 500.000.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p. (Coleção Repensando a Geografia).

ROSSI, M.; MORAES, J. F. L. de; DONZELLI, P. L. (Coord.). **Relatório final:** levantamento do meio biofísico/Projeto Serra do Mar -PPMA - fase II. São Paulo: Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda. - PLANTEC, 2002. 100 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. **Carta de risco a movimentos de massa e inundação do Município de São Sebastião.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico: Prefeitura Municipal de São Sebastião, 1996. 77 p. + anexos (15 mapas).

SOUZA, C. R. de G.; HOLL, M. C.; VEDOVELLO, R. Método de mapeamento integrado do meio físico como suporte ao zoneamento ecológico-econômico da baixada santista, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABGE, 1998. CD-ROM.

TURRINI, M. C.; VISINTAINER, P. Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of Dolomites, Italy. **Engineering Geology**, New York, v. 50, p. 255-265, 1998.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação-UBCs.** 2000a. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

VEDOVELLO, R. **Roteiro para elaboração dos serviços do PPMA - II fase.** São Paulo: Instituto Geológico, 2000b. p. 1-4. (Apostila).