MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE UBATUBA/SP

G.S. Oliveira, G.A.M. Asciutti, M. Dantas-Ferreira

RESUMO

Este trabalho tem o presente objetivo de elaborar um Mapa de Fragilidade Ambiental do município de Ubatuba, São Paulo, conforme a metodologia proposta por Ross em 1994. Foram necessários os layers com informações do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (IAC,2002), a declividade foi gerada pelas imagens Topodata e o Uso e Ocupação do Solo do município gerado através da imagem de satélite Landsat8, datada de 19 de janeiro de 2015. Os mapas foram convertidos para o formato Raster, onde os layers foram cruzados por álgebra de mapas no Software ArcMap 10.2 (ESRI) com auxílio da ferramenta "Raster Calculator". Todos os dados obtidos foram classificados de 1 – Muito Fraca a 5 – Muito Forte, indicando as áreas de maior fragilidade ambiental. Através do mapa e dos resultados obtidos constatou-se que 96,57% da área total do município encontra-se em área de fragilidade classificada como Alta (34,80%) e Muito Alta (61,77%). Isto ocorre devido à combinação dos altos valores de declividade das encostas da Serra do Mar e do solo arenoso encontrado na planície costeira. Outro fator a ser levado em consideração, é a alta pluviosidade encontrada no município, aliada ao relevo e pedologia pode potencializar a susceptibilidade de ocorrência de processos erosivos extremos ocasionando deslizamentos de terras por desagregação das partículas de solo, transporte de construções em áreas com alta fragilidade, alteração na paisagem cênica, uma vez que o ambiente é preocupação de todos. Portanto, com o auxílio do programa SIG para análise espacial recomenda-se que a ocupação humana no município de Ubatuba deve ser bem regulamentada, planejada e controlada para evitar a ocupação de áreas de riscos ambientais.

Palavra-chave: Ubatuba, fragilidade, ambiental, pedologia, erosão, risco, mapeamento, geoprocessamento.

1 INTRODUÇÃO

A ocupação antrópica desordenada e sem planejamento ambiental e territorial frequentemente é tema de grandes discussões, pois os desastres causados pela natureza aumenta consideravelmente e as vezes de forma imprevisível. Neste sentido torna-se indispensável estudar a susceptibilidade do ambiente frente a expansão das construções em área urbana.

Segundo Oliveira, et al. (2015) o uso de técnicas de geoprocessamento aliadas ao sistema de informações geográficas (SIG) comprovam ser extremamente viáveis para determinar o potencial natural da ocorrência de processos geológicos e visualização espacial de áreas exposta a riscos ambientais, permitindo a adoção de práticas conservacionistas para planejar de forma sustentável a urbanização e construções.

De acordo com Ross (1994) "a fragilidade dos ambientes, dada uma intervenção antrópica, depende de suas características genéticas". É que todo ambiente se encontra naturalmente

em um estado de equilíbrio dinâmico e as alterações diferentes componentes da natureza podem quebrar esse equilíbrio.

Portanto, este trabalho tem como objetivo mapear espacialmente a fragilidade ambiental natural do município de Ubatuba/SP, conforme a metodologia proposta por Ross em 1994, correlacionando o meio físico encontrado e o uso e ocupação do solo. Já que o município tem 80% do seu território como área de conservação.

1.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Ubatuba/SP localiza-se no litoral norte do Estado de São Paulo, fazendo limite com os municípios de Cunha e São Luiz do Paraitinga ao norte, Caraguatatuba e Natividade da Serra a oeste e Parati/RJ a leste. Está distante aproximadamente 250km da capital São Paulo/SP. A Fig. 1 apresenta o croqui de localização da área de estudo.

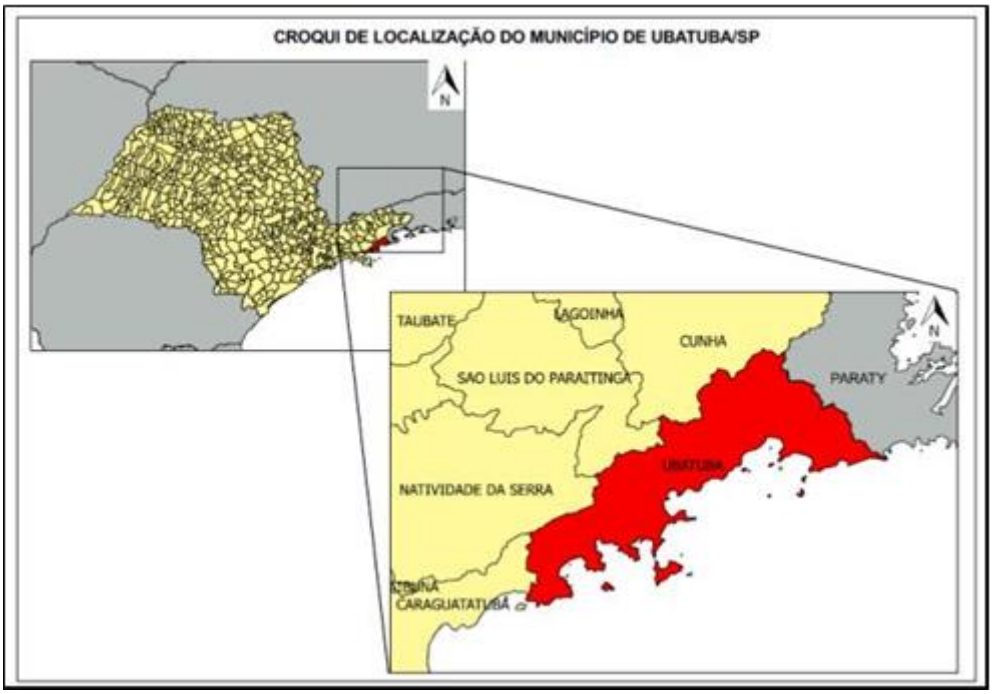

Fig. 1: Mapa de localização do Município de Ubatuba/SP

De acordo com o censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2013) Ubatuba ocupa área de 723,883 km^2, com população estimada em 2015 de 86.392 habitantes, densidade demográfica de 108,87 habitantes/km^2 e índice de desenvolvimento humano municipal IDHM de 0,751.

A intensificação da ocupação humana no Litoral Norte do Estado de São Paulo ocorreu a partir da década de 1950, principalmente após a inauguração da Rodovia BR-101 em 1970. Atualmente, há uma perspectiva elevada do aumento da ocupação devido aos projetos de grande magnitude que estão sendo implantados na região, voltados à exploração de gás e petróleo (GALLO JR., 2014).

Devido às características do meio físico, como substrato rochoso predominantemente de rochas ígneas e metamórficas nas zonas serranas e sedimentares nas Planícies, associada a declividades altas, extensos comprimentos de rampas e alta pluviosidade da região da Serra do Mar, tornam o município de Ubatuba naturalmente uma zona de alta suscetibilidade a

escorregamentos (JORGE, 2004). Em regiões de maior densidade populacional como a região da praia da Enseada existe uma muito alta (42%) e alta (16%) de susceptibilidade a ocorrência de escorregamento segundo a pesquisa desenvolvida na região por TOMINAGA (2007).

1.2 Uso e ocupação do Solo

O Município de Ubatuba apresenta 62.055,12ha de seu território recoberto por vegetação nativa (IF, 2010), predominantemente pertencente à fisionomia Floresta Ombrófila Densa do Bioma Mata Atlântica (SMA, 2012).

Por sua importância ecológica, Ubatuba está inserido em quatro unidades de conservação integral, sendo: Floresta Nacional da Serra da Bocaina, Parque Estadual da Serra do Mar, Parque Estadual da Ilha Anchieta, Estação Ecológica Tupinambás, e de uma demarcação de Terras Indígenas da Boa Vista e da área natural tombada, representadas no mapa abaixo. (Fig. 2). (SMA,2000).

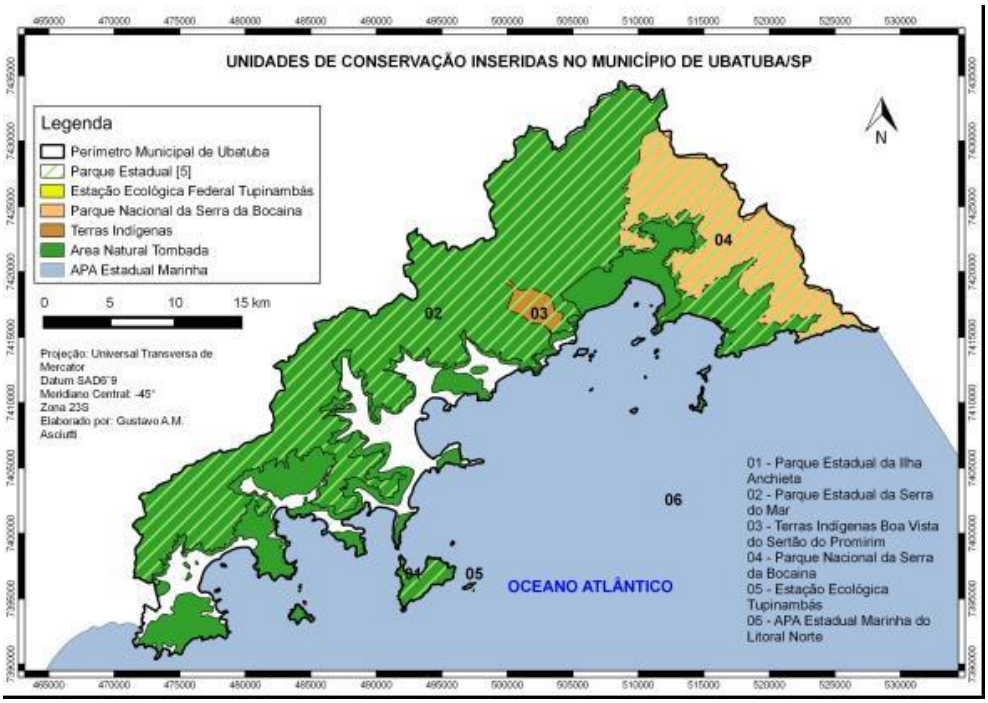

Fig. 2: Mapa das Unidades de Conservação Inseridas no Município de Ubatuba/SP (SMA,2000)

A agricultura é pouco representativa no município, ocupando cerca de 1.703,7 hectares, onde as principais culturas são a Banana (425,9ha), Pastagens (289,5ha), Mandioca (207,7ha) e Cacau (122,0ha), conforme o Projeto LUPA (CATi, 2007).

Em Ubatuba as áreas mais urbanizadas estão assentadas sobre os terraços marinhos, mas começam a avançar em direção aos fundos de vale e ao Parque Estadual Serra do Mar, começando a gerar problemas ambientais. Porém segundo o zoneamento ambiental elaborado por (JORGE, 2004) os maiores problemas ambientais são registrados em zonas de maior densidade populacional.

1.5 Clima

Conforme o Mapa de Clima do Brasil (IBGE, 2002), o município apresenta três subdivisões do Clima Tropical Brasil Central, sendo as áreas costeiras classificadas como "quente super úmido" e "subquente super úmido", já nos pontos de maior altitude, "mesotérmico brando super úmido". Isto significa que na parcela litorânea, próximo ao nível do mar, as temperaturas médias mantem-se acima dos 15ºC, já nas parcelas de maior altitude varia entre 10 e 15ºC.

De acordo com os dados pluviométricos históricos registrados no ponto E2-052, localizado em Ubatuba (SIGRH, 2016), a quantidade média de chuvas varia de aproximadamente 300mm à 120mm durante o ano, sendo os meses de junho a agosto os mais secos. Devidos esses altos índices pluviométricos o município torna-se naturalmente muito suscetível a processos geológicos. Na Fig. 3 abaixo consta o gráfico das médias mensais de pluviometria compreendidos entre os anos de 1945 a 2015.

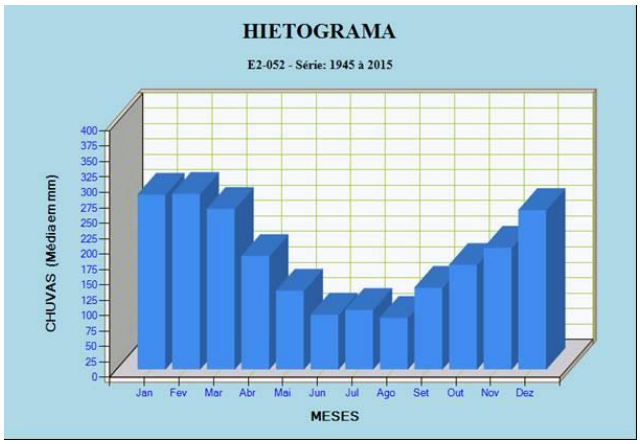

Fig. 3: Hietograma das médias históricas dos dados de pluviometria em Ubatuba/SP (SIGRH, 2016)

1.3 Pedologia

Conforme o Mapa Pedológico desenvolvido pelo IAC em 2002, na área de estudo ocorrem duas classificações principais de tipos de solo, os Cambissolos, nos pontos de maior declividade da Serra do Mar e os Espodossolos, localizados nas planícies próximas à costa.

Os Cambissolos ocorrem geralmente em terrenos forte ondulados a montanhosos, não apresentando horizonte A húmico e de uso restrito decorrente a sua pequena profundidade, ocorrência de pedras e pelo relevo com declividade acentuada.

Os Espodossolos são solos geralmente ácidos, de textura predominantemente arenosa, originários de materiais arenoquartzosos, sob condições de clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado ou ondulado. Este tipo de solo não apresenta aptidão agrícola, sendo indicados para áreas de conservação ambiental (EMBRAPA, 2016). A Fig. 4 apresenta um exemplo de área com predominância de Espodossolos.

Fig. 4: Vista geral de área e vegetação com predominância de Espodossolos (EMBRAPA, 2016)

1.4 Geomorfologia

Na área de estudo, a geomorfologia é caracterizada pelas unidades: Província Costeira e Zona de Baixadas Litorâneas. A Província Costeira funciona como um rebordo do Planalto Atlântico delimitado por escarpas abruptas com forma quase linear da Serra do Mar, onde são apresentadas cotas que variam de 1200m até a cota zero (MAZZOCATO, 1998). A Serra do Mar inclusa na província costeira apresenta um frontão serrano que limita as planícies formando uma extensa escarpa erosiva com perfis mais ou menos retilíneos de grandes declives e altitudes de até 1000m (Cruz, 1974).

As planícies costeiras são descontínuas formadas por colmatagem flúvio-marinha recente que se desenvolvem nas reentrâncias dos sopés das escarpas de falhas de recuo. Pequenos maciços e morros litorâneos isolados podem atingir diretamente o oceano dominando costas altas e jovens (AB'Saber, 1954). A Planície Flúvio-Marinha faz parte da baixada litorânea com uma altitude entre 4 e 12m, sendo sujeita a inundações periódicas em função do regime pluviométrico. A Planície Marinha faz parte das baixadas litorâneas com altitudes entre 1 e 8 m e sofre influência das marés, erosão costeira e da dinâmica marinha. Estas duas planícies são ameaçadas por agentes exógenos (IG, 1996).

O relevo elevado aliado à proximidade do oceano é responsável pelo favorecimento da ocorrência de chuvas orográficas na região, ocasionando o aumentando da umidade do ar, do escoamento superficial e do fluxo fluvial e, consequentemente, os escorregamentos e movimentos de massas nas encostas íngremes (ROCHA, 2011). As Fig. 5 e 6 abaixo apresentam imagens que ilustram as características da geomorfologia da área de estudo.

Figuras 5 e 6: à dir.: Imagem ilustrando as escarpas da Serra do Mar em primeiro plano e ao fundo a cidade de Ubatuba e a Planície Costeira (fonte: arquivo pessoal); à esq.: Escorregamento de terra em Caraguatatuba (fonte: Rocha, 2011)

De acordo com os resultados obtidos no Zoneamento Ambiental feito na região as áreas que devem ser preservadas são às planícies Flúvio-marinha, às desembocaduras de rios e às áreas de escarpas e morros (JORGE, 2004).

2 METODOLOGIA

2.1 Elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental

O Mapa de Fragilidade Ambiental Natural do município de Ubatuba/SP foi elaborado seguindo a classificação desenvolvida por Ross em 1994. Este método baseia-se no conceito de ecodinâmica definido por TRICART em 1977 e, segundo Ross, a fragilidade ambiental exige a correlação das características dos elementos do estrato geográfico que dão suporte à vida. As unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima.

No fluxograma (Figura 6) abaixo é possível visualizar os documentos cartográficos que foram utilizados para gerar o documento final

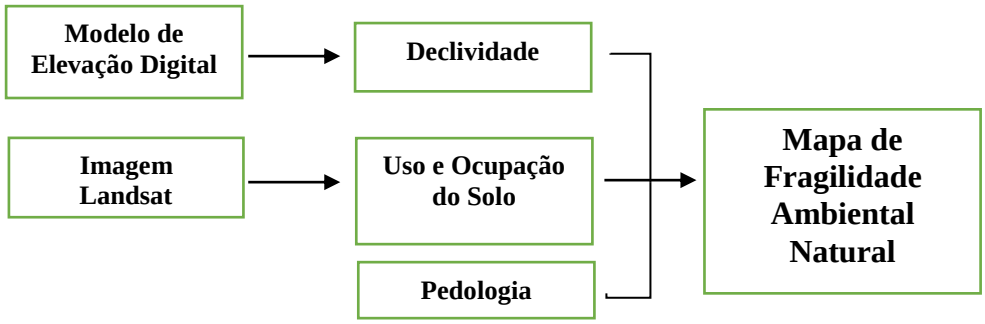

Fig. 6: Fluxograma da metodologia para análise da fragilidade ambiental

Este modelo propõe que as variáveis Declividade, Pedologia e Uso e Ocupação do Solo sejam hierarquizadas em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade, variando de 1 (mais estável) a 5 (menos estável), conforme tabelas abaixo.

Tabela 1: Classificação da declividade segundo ROSS (1994)

Classe	Nome da Classe	Intervalo de declividade
1	Muito Fraca	até 6%
2	Fraca	de 6 a 12%
3	Média	de 12 a 20%
4	Alta	de 20 a 30%
5	Muito Alta	acima de 30%

Tabela 2: Classificação de solos adaptada de ROSS (1994)

Classe	Nome da Classe	Tipo de solo
1	Muito Fraca	Latossolo Roxo, Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa
2	Fraca	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa
3	Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna
4	Alta	Podzólico Vermelho Amarelo, textura média/arenosa e Cambissolos
5	Muito Alta	Podzolizados com Cascalho, Litólicos e Areias Quatzozas, Espodossolos

Tabela 3: Classificação de uso e ocupação do solo segundo ROSS (1994)

Classe	Nome da Classe	Uso e Ocupação do Solo
1	Muito Fraca	Florestas e Mata/ Área Urbana
2	Fraca	Capoeira e Pastagem
3	Média	Silvicultura
4	Alta	Culturas de Ciclo Curto
5	Muito Alta	Áreas Desmatadas, de queimadas e solo exposto

Da combinação dos algarismos (ex: 111, 123, 245, 423, 555) citados acima, é possível hierarquizar os graus de fragilidade natural. Nesta convenção, o conjunto numérico 111 representa todas as variáveis favoráveis (fragilidade muito baixa), e o conjunto numérico 555 apresenta todas as variáveis desfavoráveis (fragilidade muito forte).

Para elaboração do mapa é considerando o dígito de maior valor como o predominante para a classificação da Fragilidade Ambiental. A tabela 4 apresenta a descrição das classificações quanto à metodologia de ROSS.

Tabela 4: Classificação da fragilidade segundo ROSS (1994)

Classe	Nome da Classe	Descrição
1	Muito Fraca	Pouco dissecadas a planas, pouca drenagem e baixo potencial erosivo.
2	Fraca	Dissecação baixa, pouca drenagem e baixo potencial erosivo.
3	Média	Dissecação média a alta, densidade de drenagem de média a alta, sujeitas a fortes atividades erosivas.
4	Alta	Muito dissecadas, alta densidade de drenagem, sujeitas a processos erosivos agressivos.
5	Muito Alta	Dissecação muito intensa, densidade de drenagem alta em vales muito entalhados, processos erosivos intensos.

O mapa de declividade foi elaborado utilizando imagens de altitude do satélite TOPODATA, número 23s45_zn e 23s465_zn que compreendem toda a área de estudo. Foi gerado de forma automatizada utilizando-se o software QGis.

Já para elaborar a mapa de Uso e Ocupação utilizou-se o método de Classificação Supervisionada da imagem do Satélite LandSat8, datada de 19 de janeiro de 2015, em cor verdadeira e fusionada à banda Pancromática, aumentando a resolução espacial de 30 para 15 metros. Os dados gerados foram validados através da comparação das imagens do software Google Earth.

O mapa pedológico foi elaborado utilizado nesta pesquisa foi o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo desenvolvido pelo IAC em 2002 na escala 1:500.000.

3 RESULTADOS

O relevo constitui no primeiro dígito da Carta de Fragilidade Ambiental. A declividade foi escolhida como a variável de maior representatividade do relevo. Na tabela 5 e figura 7 pode-se visualizar as classes de declividades área de estudo, onde ocorre o predomínio da classe 5 que corresponde a áreas acima de 30% e 404,3566 km².

Tabela 5: Declividade e área da Carta de Fragilidade Ambiental

Classe	Declividade	Área (Km²)	Área (%)
1	0-6%	84,9081	11,96%
2	6-12%	46,2768	6,52%
3	12-20%	68,5023	9,65%
4	20-30%	105,7730	14,90%
5	Acima de 30%	404,3566	56,97%
	Total Geral	709,8167	100,00%

Com relação a pedologia foram encontradas três classificações de solo, conforme tabela 6 e figura 7, sendo os Cambissolos (93,50%) e os Espodossolos (6,48%) em praticamente todo o território e Latossolo Vermelho-amarelo em uma pequena porção (0,02%) no planalto acima da Serra do Mar. Os Espodossolos não estavam contemplados nas classes de Ross, porém, de acordo com suas características arenosas e de baixa estabilidade (EMBRAPA, 2016), o mesmo foi considerado neste estudo como "Muito Forte".

Tabela 6: Tipo de solo e área da Carta de Fragilidade Ambiental

Classe	Tipo de Solo	Área (Km²)	Área (%)
3	Latossolo	0,1411	0,02%
4	Cambissolo	643,0793	93,50%
5	Espodossolo	44,5662	6,48%
	Total	687,7865	100,00%

Quanto ao uso e ocupação, conforme Tabela 7 e Fig. 7, a área que correspondente a cobertura é vegetação e área urbana com 612,37 Km², sendo (86,14%), Capoeira e pastagem (96,63 Km² e 6,48%) predominando em maior parte do território e áreas desmatadas, queimadas e solo exposto (1,87 Km² e 0,26%) em menor quantidade, porém estas áreas favorecem a degradação do ambiente aumentando a fragilidade ambiental.

Tabela 7: Uso e ocupação territorial

Classe	Uso e Ocupação	Área (Km²)	Área (%)
1	Vegetação e área urbana	612,37	86,14%
2	Capoeira e pastagem	96,63	13,59%
3	Silvicultura	0,00	0,00%
4	Culturas de ciclo curto	0,00	0,00%
5	Áreas desmatadas, queimadas e solo exposto	1,87	0,26%
	Total	710,87	100,00%

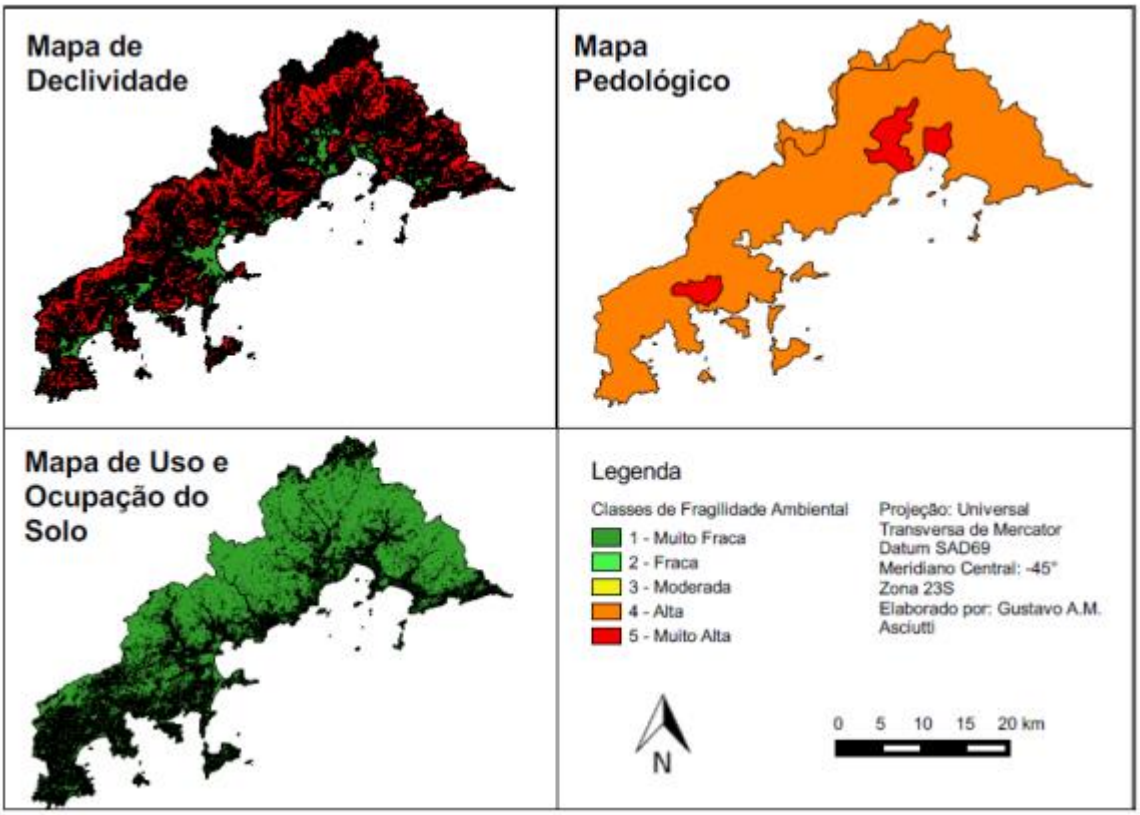

Fig. 7: Mapas de Declividade, Pedologia e de Uso e Ocupação do Solo reclassificados conforme a fragilidade ambiental

3.4 Mapa de Fragilidade Ambiental

Utilizando-se dos mapas elaborados conforme descrito nos itens acima, elaborou-se o Mapa de Fragilidade Ambiental apresentado na Fig. 8 abaixo.

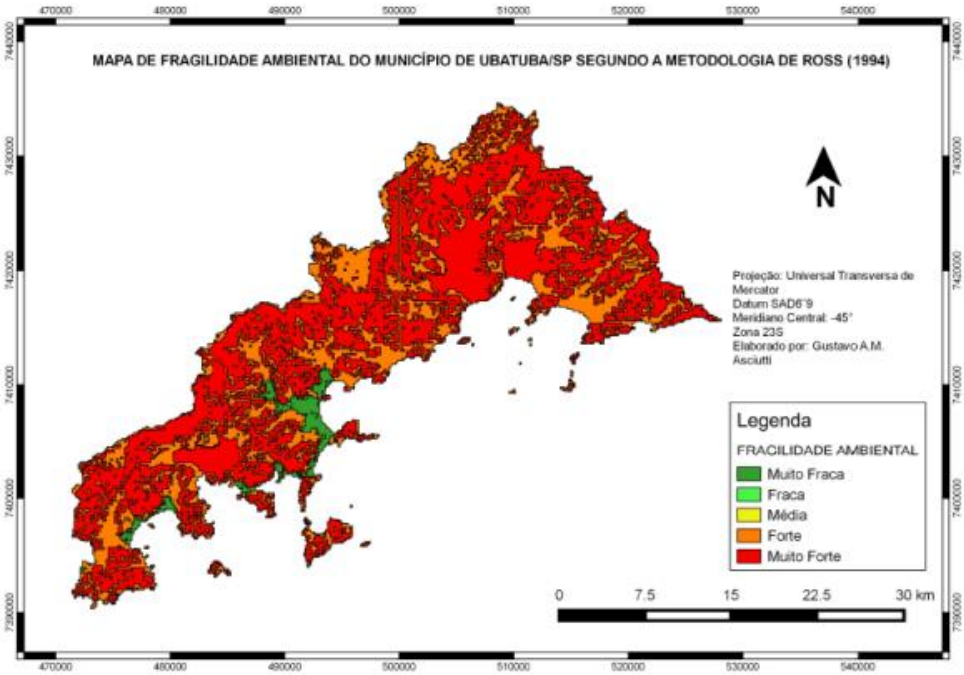

Fig. 8: Mapa de Fragilidade Ambiental do Município de Ubatuba/SP

Através do mapa de fragilidade ambiental elaborado, calculou-se que 96,57% do município de Ubatuba encontra-se em áreas de Fragilidade Ambiental Forte (34,80%) e Muito Forte (61,77%), conforme apresentado no gráfico abaixo (Figura 9)..

Estes resultados estão relacionados principalmente às características do meio físico do município, entre eles o **relevo acidentado**, que apresenta 56,97% da área total do município com **declividade superior a 30%**, e a predominância da ocorrência de Cambissolos (93,5%) e Espodossolos (6,48%), representando respectivamente áreas de Fragilidade Ambiental Forte e Muito Forte. A Fig. 9 apresenta um gráfico mostrando a classificação das áreas de fragilidade.

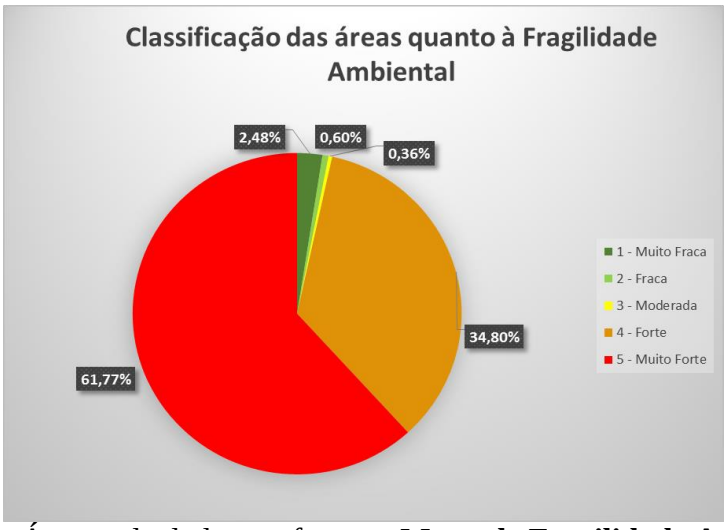

Figura 9: Áreas calculadas conforme o **Mapa de Fragilidade Ambiental**

4 CONCLUSÕES

O município de Ubatuba apresenta a maior parte de seu território classificada como de Fragilidade Ambiental Muito Forte e Forte em 61,77% e 34,80% respectivamente de sua área. Estes resultados mostram que quase a totalidade do munícipio tem potencial de ocorrência de processos erosivos agressivos a intensos, devido em grande parte aos valores elevados de declividade encontrados nas encostas da Serra do Mar e dos tipos de solo predominantes.

O potencial erosivo encontrado, aliado aos os altos índices pluviométricos apresentados na área de estudo pode agravar a estabilidade geológica e aumentar o risco de ocorrência de processos geológicos.

Devido à alta fragilidade ambiental e o potencial erosivo encontrados principalmente nas encostas da Serra do Mar, a expansão da ocupação humana deverá respeitar os fatores limitantes impostos pelo terreno e evitar a remoção da vegetação nativa que recobrem as áreas de instabilidade. Essas recomendações já deveriam estar sendo aplicadas, pois apenas 20% do município não é considerado área de conservação. Porém a especulação imobiliária vem pressionando a ocupação desses terrenos frágeis ambientalmente.

5 BIBLIOGRAFIA

AB'Saber, A. N. (1954). Geomorfologia do Estado de São Paulo. *Aspectos Geográficos da Terra Bandeirante*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

CATi. (2007). Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. *Levantamento das Unidades de Produção Agrícola*. Campinas, São Paulo, Brasil: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento.

Cruz, O. (1974). *A Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba, contribuição à Geomorfologia Litorânea e Tropical*. São Paulo, SP, Brasil: IGEOG - USP.

EMBRAPA. (05 de 04 de 2016). *EMBRAPA*. Fonte: EMBRAPA: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais

GALLO Jr., H.; Olivato, D. (2014) *Ordenamento Territorial e Gestão de Riscos na Região do Litoral Norte de São Paulo – Brasil Multidimensão e territórios de risco.* Presented at the 2014. Coimbra, 2014. Disponível em <https://digitalis.uc.pt/handle/10316.2/34939>.

IAC. (2002). Instituto Agronômico de Campinas. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo*. Campinas, SP, Brasil.

IBGE. (2002). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Clima do Brasil - Escala 1.500.000*. Brasilia, Distrito Federal, Brasil.

IBGE. (2013). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas do Censo Demográfico de 2010*. Brasilia, Distrito Federal, Brasil.

IF. (2010). Instituto Florestal do Estado de São Paulo. *Inventário Florestal do Estado de São Paulo*. São Paulo, São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

IG. (1996). Instituto Geológico do Estado de São Paulo. *Mapa Geomorfológico do Município de São Sebastião - Projeto Carta de Risco a Movimentos de Massa e Inundação do Município de São Sebastião*. São Paulo, SP, Brasil: Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

JORGE, M. C. O. (2004) *Zoneamento Ambiental do Município de Ubatuba – SP*. Rio Claro, São Paulo Brasil. Tese de Doutorado: Universidade Estadual Paulista –UNESP; Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento.

MAZZOCATO, M. E. (1998). Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplcados ao zoneamento urbano da Bacia do Rio Una. São José dos Campos, São Paulo, Brasil: (INPE-6820-TDI/641) Dissertação Mestrado em Sensoriamento Remoto.

OLIVEIRA, G. S., COSTA, B. O., LIRA, T. A. M., SANTOS, R. P. e VANZELA, L. S. (2015) Geotecnologias Aplicadas Ao Potencial Natural De Erosão Em Bacia Hidrográfica - SP, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, São Pedro. Resumos... São Paulo: CONBEA.

ROCHA da, K. N. D; (2011) Relações entre a vulnerabilidade social e a fragilidade ambiental do Litoral Norte Paulista: O caso dos municípios de Ilhabela, São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba. Campinas, São Paulo Brasil. Dissertação de Mestrado: Universidade de Campinas – UNICAMP: Instituto de Geociências.

ROSS, J. L. (1994). Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. *Revista do Departamento de Geografia numero 8*.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SMA. Atlas das Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 2000. 64 p. mapas.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SMA/COORDENADORA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – CPLA. Zona Costeira Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2012. São Paulo: SMA/CPLA, 2012

SIGRH. (05 de 04 de 2016). *Sistema Informação para Gestão de Recuroso Hídricos do Estado de São Paulo*. Fonte: SIGRH: http:/www.sigrh.sp.gov.br