

# **Determinação e análise de Áreas de Proteção Permanente: um estudo de caso do rio Juqueriquerê, em Caraguatatuba/SP.**

Danielle Silva de Paula  
Fernanda Rafaela Fernandes Carvalho

## **Resumo**

Este trabalho apresenta uma metodologia de determinação e análise de uso e ocupação do solo no interior de Áreas de Proteção Permanente (APP) localizadas na bacia do Rio Juqueriquerê. Em março de 1967, o município de Caraguatatuba, onde localiza-se a bacia em questão, sofreu com enchentes e deslizamentos de terra devido à grande intensidade de chuvas. Tal evento resultou em perdas materiais, humanas e, também, na mudança da estrutura da cidade. Visando identificar áreas de risco, frente a outros eventos climáticos que possam ocorrer, e também visando minimizar ações antrópicas indevidas este trabalho busca através de técnicas do geoprocessamento determinar as áreas de proteção permanente – APP, assim como caracteriza-las quanto ao tipo de uso. Para isto utilizamos imagens do RapidEye do ano de 2015, que associada ao mapeamento automático que esta em fase de desenvolvimento ficou evidenciado a presença de ocupação desordenada e proibida, visto estarem dentro dos polígonos que representam as APP, isto imediatamente apresentou o descumprimento da Lei 12.651/12 do Código florestal vigente. Desta forma concluímos que tal ferramenta alcançou seu objetivo em relação ao mapeamento automático de áreas de proteção permanente.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, geoprocessamento, Áreas de Proteção Permanente.

## **1 Introdução**

A ocupação desordenada do espaço urbano e o manejo inadequado das atividades antrópicas acarretam problemas ambientais sérios às cidades e, portanto, algumas estratégias de gestão são essenciais à sociedade para diminuição do impacto social, ambiental e econômico provocados por enchentes e alagamentos. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a ocupação do solo em Áreas de Proteção Permanente (APP) do rio Juqueriquerê, dentro da área urbana, localizado no município de Caraguatatuba.

A escolha do município de Caraguatatuba para o estudo deve-se ao fato deste ser considerado pelo Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais) como um dos cinquenta e seis municípios prioritários para monitoramento de desastres - tais como enchentes ou Movimentos em massa - das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Conforme desastre natural ocorrido em 1967, a cidade sofreu com enchentes e deslizamentos de terra devido ao grande volume pluviométrico registrado.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada uma cena do satélite RapidEye disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) do ano de 2015, da cidade de Caraguatatuba - SP. Para a delimitação da bacia hidrográfica foi utilizado um método automatizado de extração do leito do rio, desenvolvido por Namikawa, 2016, realizado através da linguagem algébrica no Sistema de Informações Geográficas SIG-SPRING (Câmara et al., 1996). E para a determinação da APP foi utilizada o software EXAPP, desenvolvido por Leonardi, realizado na plataforma (Rosim et al.). Após este processo os resultados foram sobrepostos com os setores censitários (IBGE) e comparados com as áreas caracterizadas com maior ou menor risco e vulnerabilidade social (IPVS).

## 2 Área de estudo

O município de Caraguatatuba (SP) está localizado na região Litoral Norte do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23° 30' 00" S e 45° 40' 00" W, conforme ilustra a Figura 1. Compreende uma área de 485,097km<sup>2</sup>, abrange uma população de aproximadamente 111.524 habitantes, portanto a densidade demográfica é de 207,88 (hab./km<sup>2</sup>), segundo IBGE (2014).

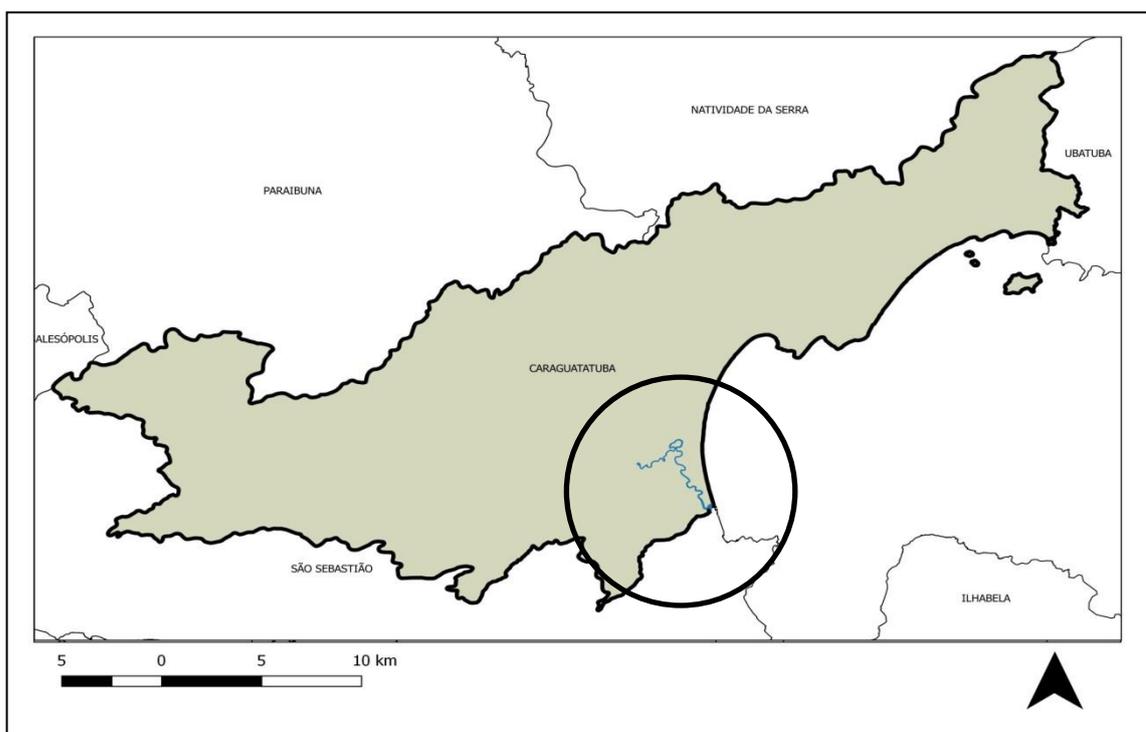


Figura 1 – Localização da área de estudo

A região do município de Caraguatatuba (SP) distribui-se em sentido NE-SW, comprimida entre a Serra do Mar e o oceano Atlântico. Tem como limites os municípios de São Sebastião, Paraibuna, Natividade da Serra e Ubatuba. Situa-se entre a Serra de

Juqueriquerê e a Ilha de São Sebastião, e a Serra de Parati no limite entre os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo.

## **2.1 Aspectos históricos, socioeconômicos e demográficos**

As mudanças no cenário econômico e territorial em Caraguatatuba (SP) avançaram em meados do século XX. Em 1910, o município de Caraguatatuba apresentava uma economia incipiente. Com 3562 habitantes, a maior parte dele residindo na zona rural, viviam da pesca artesanal e do plantio de cana, feijão, milho, mandioca e banana. O número de estabelecimentos públicos, residenciais e comerciais somava 22, além de uma Igreja, a de Santo Antônio (CAMPOS, 2000, p. 241). A partir de 1927, com a instalação da Fazenda dos Ingleses, a cidade passou a receber investimentos de infraestrutura rodoviária e, aos poucos, o município foi se integrando à região do Vale do Paraíba e ao Planalto, sendo beneficiado pela existência de entroncamento de acesso aos demais municípios da região (CAMPOS, 2000, p. 243).

Até a década de 1950, o município era formado por apenas três assentamentos localizados em Tabatinga, Massaguaçu e Porto Novo, e em 1951, tinha uma população de 7042 habitantes, dos quais apenas 1011 se localizavam na zona urbana e o restante na zona rural. Com o desenvolvimento das vias rodoviárias e do atrativo da paisagem natural, o turismo ganhou força e muitos investimentos imobiliários foram sendo realizados, propiciando a expansão do núcleo urbano e da construção de moradias de uso sazonal, conforme ilustrado na figura 5, um panfleto de divulgação de empreendimento. Outros núcleos foram formados pelos trabalhadores da construção civil que, em função do alto valor das terras urbanizadas, procuraram se estabelecer em loteamentos sem infraestrutura, com habitações precárias em áreas de riscos.

A partir da década de 1970, dentre os municípios do litoral paulista, a região do litoral Norte do Estado de São Paulo apresentou o maior crescimento demográfico para o período de 1970 a 2010, quando comparada com o restante do estado. Caraguatatuba teve taxa de crescimento populacional urbana de 2,67% a.a. 53 (entre os anos 2000/2010) e grau de urbanização de 95,87% em 2010 (CARMO et al., 2012). De acordo com os autores, a instalação da Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato (UTGCA) proporcionou o interesse das pessoas em procurar por imóveis nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião, com o objetivo de estabelecer atividades relacionadas ao petróleo e gás e ao sistema portuário. Verificaram, também, investimentos em atividades voltadas à educação

(escolas técnicas públicas e faculdades particulares), ao estabelecimento de um Centro de Detenção Provisória e à instalação de uma unidade de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

## **2.2 Desastre de 1967**

No ano de 1967, aconteceram três desastres significativos na região Sudeste. O primeiro ocorreu na noite de 22 para 23 de janeiro na Serra das Araras, no estado do Rio de Janeiro. Um forte temporal, com formação de nuvens cumulus nimbus em chaminé, com precipitação de 225mm/4h, antecedido por chuvas fracas, causou o deslizamento nas encostas, corrida de detritos, rolamento de blocos de 30 a 100 toneladas (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013) e a morte estimada de 1700 pessoas, superando o número de mortos (acima de 500) do desastre de 2011 que ocorreu na região serrana do Rio de Janeiro (PAIVA, 2011). O segundo evento ocorreu no dia 19 de fevereiro, quando chuvas de forte intensidade (181mm/24h) deflagraram uma série de desastres também na cidade do Rio de Janeiro e um número de 127 vítimas fatais (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013).

Já o terceiro desastre aconteceu nos dias 17 e 18 de março, quando começou a chover forte nas escarpas e baixadas de Caraguatatuba (SP), apresentando um acumulado, em 24 horas, de 115 mm e 420 mm, respectivamente. O total de chuva acumulada no mês de março foi de 945,6 mm no posto pluviométrico Light S.A. e 851 mm no posto da Fazenda São Sebastião, conhecida também como Fazenda dos Ingleses. Nas primeiras horas da manhã do dia 18, começaram a cair as primeiras barreiras e, no vale do rio Santo Antônio, o rio alargou-se de 10-20 m para 60-80 m. No período da manhã do dia 18, começaram a cair as primeiras barreiras no bairro Rio do Ouro, que causou o represamento do rio Santo Antônio, e horas 59 depois o represamento estourou, deslocando a ponte principal do rio. Por ação desse deslocamento, somente parte da cidade foi inundada (CRUZ, 1974). A área do rio Santo Antônio após a catástrofe de março de 1967 e sua situação registrada em ortofotos de 2010, podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3.



Figura 2 - Várzea do rio Santo Antônio após o desastre de 1967  
Fonte: Arquivo Público do Município de Caraguatatuba (1967).

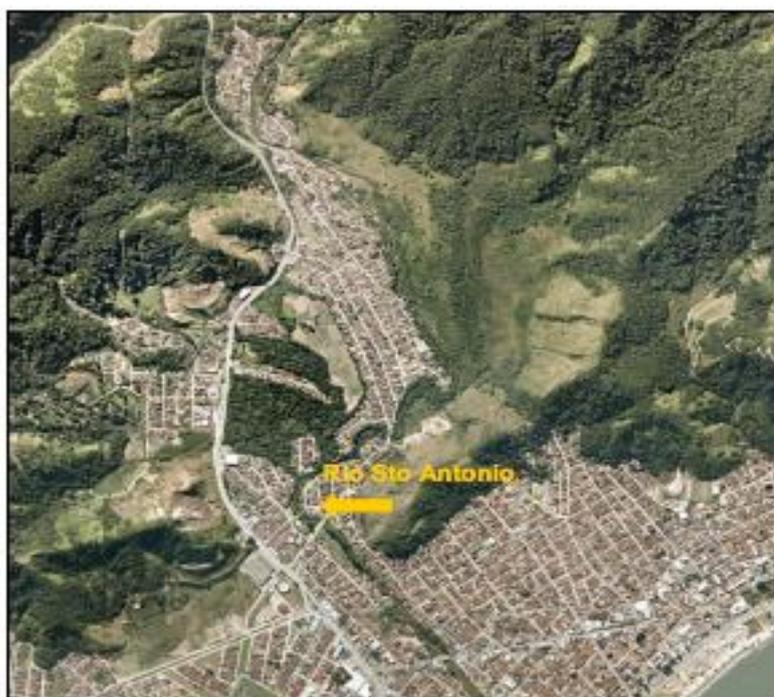


Figura 3 - Várzea do rio Santo Antônio em 2010  
Fonte: Emplasa (2010)

De acordo com Cruz et al. (1985), os totais anuais de chuva apresentaram uma média de 1.893,4 mm em 40 anos (1927-1967), conforme dados da São Paulo Light S.A., com maior concentração nos verões quentes e úmidos. No dia 19 de março de 1967, com um acumulado superior a 420 mm, o material carreado depositara-se nas baixadas de Caraguatatuba e de Massaguaçu, transportado até o mar pelos canais fluviais. Os autores salientam que esses fenômenos provocaram a aceleração dos processos marinhos de crescimento de pontais

arenosos e bancos submersos ao norte da enseada, ligados às desembocaduras dos rios Ipiranga e Santo Antônio.

A dimensão do desastre, como as cicatrizes dos deslizamentos nas vertentes escarpadas do vale do rio Santo Antônio; as casas encobertas por lama, troncos e detritos; as áreas de baixada inundadas; a limpeza do material carreado pelas chuvas e a procura por corpos soterrados.

### **3 Fundamentação Teórica**

O crescimento acelerado dos centros urbanos traz, na maioria das vezes, como consequência o consumo desregulado dos recursos naturais, que são comprometidos. Segundo Dias (2001), “O bem-estar da sociedade depende significativamente dos serviços ambientais fornecidos pela natureza, que incluem a regulação do clima na Terra, a formação dos solos, o controle contra erosão, o armazenamento de carbono, a ciclagem de nutrientes, o provimento de recursos hídricos em quantidade e qualidade, a manutenção do ciclo de chuvas, a proteção da biodiversidade, a proteção contra desastres naturais, elementos culturais, a beleza cênica, a manutenção de recursos genéticos, entre muitos outros. No entanto, as pressões crescentes resultantes da urbanização desordenada, do padrão de consumo insustentável, das mudanças nas dietas alimentares, do aumento populacional e mudanças climáticas, aliados a diversos outros fatores, são um sério desafio para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas, o que pode causar graves consequências ao provimento de serviços ambientais”. Sendo assim devemos zelar pela preservação dos recursos naturais, a fim de garantir o equilíbrio geológico, ecológico e para a qualidade de vida dos seres vivos.

Além do comprometimento dos recursos naturais, devemos considerar os riscos para as populações humanas, que devido à falta de políticas públicas direcionadas ao desenvolvimento estrutural urbano, sofrem cada vez mais com as condições espaciais não planejadas adequadamente. Segundo ALMEIDA, L. Q. “No Brasil, diante das condições geoambientais, principalmente das razões climáticas – a tropicalidade- e as formas de ocupação do espaço, os perigos naturais mais recorrentes tem relações com modificações substanciais no ciclo hidrológico natural, e essas modificações são mais perceptíveis nas cidades. A forma como ocorre à estruturação do território fomenta a frequência e a magnitude dos fenômenos naturais, tais como deslizamentos de terra e inundações”.

Devemos atentar também que além da ocupação de áreas irregulares, a forma como o homem modifica o espaço para atender suas necessidades é um enorme agravante para o meio

ambiente, para FLORENZANO (2011) “Muitos fenômenos naturais, como a erosão do solo e a inundação, são intensificados ou agravados pela ação do homem. A derrubada da vegetação, por exemplo, acelera os processos erosivos. A pavimentação das ruas das áreas urbanas, impermeabilizando o solo, e o lixo despejado nos rios são fatores que agravam o fenômeno da inundação nas grandes cidades”.

### **3.1 Áreas de riscos de deslizamento e inundação em assentamentos precários ou irregulares**

No ano 2006, a Fundação de apoio à pesquisa, ensino e extensão (FUNEP) realizou o relatório Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), baseado em convênio firmado entre a Prefeitura Municipal e a Caixa Econômica Federal/Ministério das Cidades, por meio do Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários/Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários. Esse programa teve por objetivo:

Apoiar os Estados, os municípios e o DF na prevenção e erradicação de riscos socioambientais que atingem famílias de baixa renda, moradoras de assentamentos precários em localidades urbanas, por meio da transferência de recursos do Orçamento Geral da União para o treinamento e a capacitação de equipes municipais, o planejamento das ações de redução de riscos e a articulação das ações dos três níveis de governo (FUNEP, 2006, p.1).

O Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) traz os resultados dos levantamentos, estudos e análises das:

- (a) condições atuais de riscos geológico-geotécnico a que estão submetidas as áreas de assentamentos precários ou irregulares<sup>7</sup> do município de Caraguatatuba;
- (b) intervenções estruturais necessárias para eliminar, reduzir e/ou controlar estas situações de riscos;
- (c) estimativas de custos para cada situação de riscos identificada,
- (d) a legislação ambiental e urbanística incidente sobre as áreas estudadas;
- (e) ações, projetos e programas compatíveis com as intervenções para redução de riscos e as alternativas de fontes de recursos a serem captados para este fim;
- (f) uma sugestão de escala de prioridades de intervenção para as situações de riscos estudadas;
- (g) o relato das atividades de informação e consulta realizada e
- (h) uma proposta estratégica para o gerenciamento, redução e erradicação dos riscos geológico-geotécnicos identificados nos assentamentos precários do município (FUNEP, 2006, p.1).

No PMRR (2006), levaram-se em conta todas as situações de riscos associadas a escorregamentos em encostas e solapamentos de margens de córregos no município de

Caraguatatuba que pudessem afetar a segurança estrutural das moradias localizadas nos assentamentos precários do município (FUNEP, 2006).

A população urbana que habitava o município em 2010 era de 95.878 pessoas e 30.694 domicílios, inseridos em 176 setores censitários 8 . Desses totais, 12.412 pessoas viviam em 3.834 domicílios distribuídos em 21 setores censitários. O número de pessoas vulneráveis vivendo nessas áreas, como crianças (0 a 5 anos de idade), jovens (6 a 14 anos de idade) e idosos (60 anos ou mais) totalizavam 4.296 pessoas. A renda média da população residente nessas áreas era em torno de 2,2 salários mínimos (1 s.m. = 510 reais), enquanto para os 176 setores eram de 2,8 salários mínimos (IBGE, 2011).

De acordo com o mapeamento de riscos de inundação e deslizamentos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2010), que teve por objetivo a elaboração de material de apoio para ações de prevenção e controle de áreas de riscos, verifica-se que as áreas de riscos de inundação estão localizadas na baixada e no entorno dos córregos, comprometendo a população que mora no entorno dessas áreas; e as áreas de risco alto e médio de deslizamento estão situadas no limite dos setores censitários, conforme Figura 4.

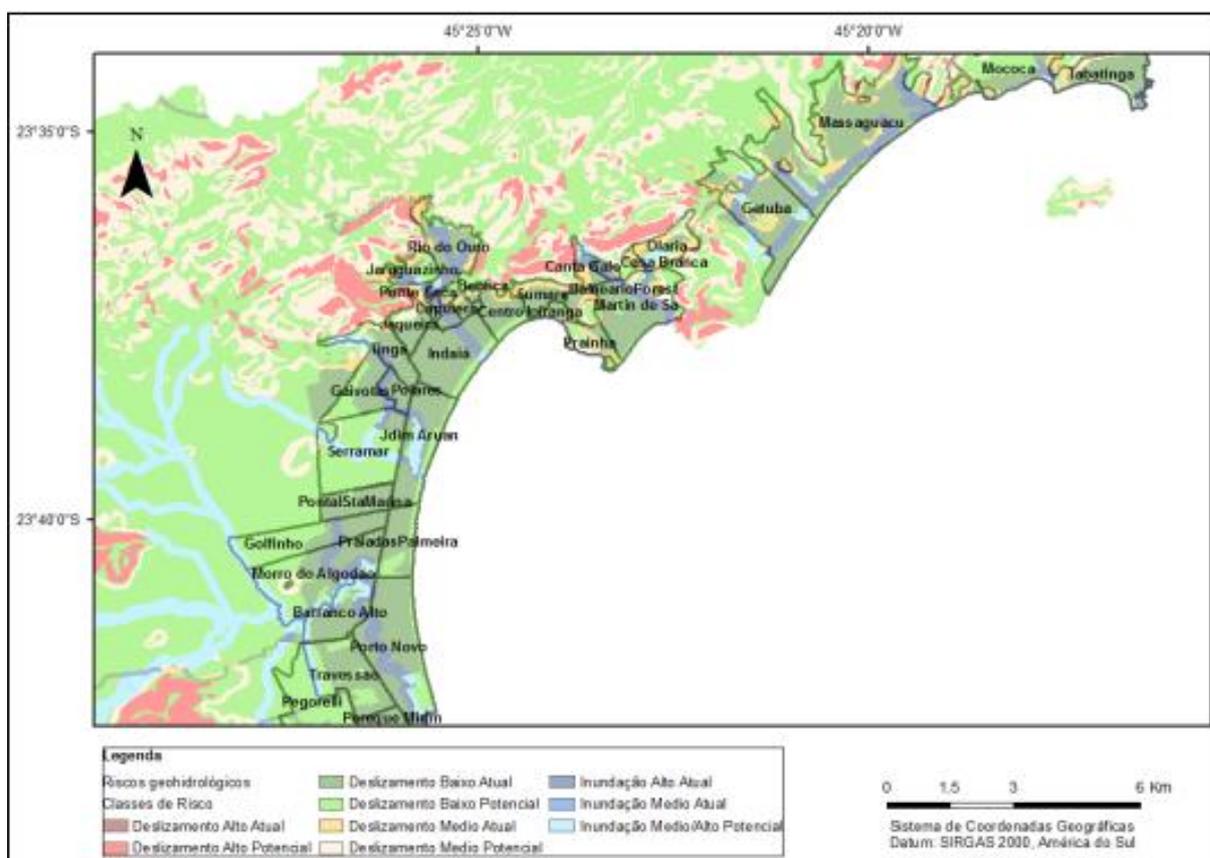


Figura 4. FONTE: IPT (2010).

Nota-se, pelo mapeamento realizado pelo IPT (2010), que a área urbana de Caraguatatuba apresenta, em toda a sua extensão, existência de riscos, em maior ou menor

grau, de deslizamento e de inundação. Essas áreas constituem-se um dos graves problemas que atingem a população de baixa renda em assentamentos precários urbanos, ocupando áreas próximas a morros, com encostas com declividade superior a 30% e em margens de córregos (IPT, 2010).

### **3.2 Indicadores socioambientais**

De acordo com Jannuzzi (2001), um indicador social é uma medida quantitativa com significado social, usada para substituir, quantificar um conceito social abstrato, de interesse teórico, para pesquisa acadêmica; ou é programático, para formulação de políticas. Para fins acadêmicos, o Indicador Social mantém conexão central entre os modelos explicativos da Teoria Social e a evidência empírica dos fenômenos sociais observados.

Há várias maneiras de se classificar os Indicadores Sociais. As mais usuais são definidas a partir da divisão por área temática de interesse: Demografia, Saúde, Educação, Mercado de Trabalho, Qualidade de Vida, Habitação, Infraestrutura Urbana, Segurança e Justiça, Renda e Pobreza, e Meio Ambiente. Assim, por exemplo, para os indicadores de Infraestrutura Urbana, pode-se utilizar o percentual de domicílios com energia elétrica; para os indicadores de Renda e Desigualdade, o nível de pobreza; e assim por diante. Há também classificações que agrupam várias temáticas e que são denominadas Sistemas de Indicadores Sociais, como os Indicadores Socioeconômicos, Condição de Vida, Qualidade de Vida, Desenvolvimento Humano ou Ambiental. Por exemplo, Taxa de Mortalidade Infantil é um indicador Demográfico utilizado para indicar as condições de atendimento à saúde ou de saneamento básico de determinada população.

Outra classificação se refere à divisão dos indicadores em Objetivos, quando se referem às ocorrências concretas da realidade social obtidas a partir de dados estatísticos públicos; e em Subjetivos, quando construídos a partir da avaliação de indivíduos ou de especialistas, por meio de pesquisas de opinião pública. Os Indicadores Sociais podem ser classificados também em Descritivos, quando descrevem características e aspectos da realidade empírica, como a Taxa de Mortalidade Infantil; e em Normativos, quando refletem juízos de valor ou critérios normativos com respeito à dimensão social, como a Proporção de Pobres. Esse indicador aponta para a insuficiência de meios para sobrevivência humana e utiliza várias metodologias.

Na abordagem dos índices sintéticos de vulnerabilidade sob a perspectiva social e ambiental, as autoras consideraram o índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSO)

definido por Zanella et al. (2013), o índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSA) segundo Almeida (2010), e o Heat Vulnerability Index (HVI) por Reid et al. (2012). Segundo as autoras, os índices IVSO e IVSA enfatizam as condições socioambientais e permitem uma melhor compreensão da situação de uma determinada localidade.

O Índice de vulnerabilidade socioambiental (IVSO), definido por Zanella et al. (2013), é formado pelo Índice Sintético de Vulnerabilidade Social, cuja composição dá-se pelos seguintes indicadores:

- Educação: mulheres responsáveis analfabetas; mulheres responsáveis sem instrução ou com até 3 anos de estudo; homens alfabetizados responsáveis por domicílios particulares permanentes; homens responsáveis por domicílios particulares permanentes sem instrução ou com até 3 anos de estudo;

- Renda: mulheres responsáveis sem rendimento ou com rendimento mensal de até 2 salários mínimos; homens responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento e com rendimento nominal mensal de até 2 salários mínimos;

- Qualidade da Habitação: domicílios particulares permanentes que não possuem abastecimento de água da rede e de poço ou nascente na propriedade e canalização em pelo menos um cômodo; domicílios particulares que não possuem banheiro ou sanitário ligado à rede de esgoto ou com fossa séptica; domicílios particulares permanentes que não possuem lixo coletado por serviços de limpeza ou caçamba e sem outro destino do lixo.

Já o Índice Vulnerabilidade Ambiental é composto pelos indicadores referentes à geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e qualidade da infraestrutura urbana. O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA), definido por Almeida (2010), reúne o Índice de Vulnerabilidade Social composto pelos indicadores educação, infraestrutura e habitação, presença de idosos e jovens; e o Índice de Vulnerabilidade Físico-Espacial, às inundações que têm como indicador a frequência de eventos de inundação.

As populações menos favorecidas economicamente, em especial aquelas que vivem em áreas urbanas irregulares ou em ambientes isolados como áreas costeiras, desertos ou ecossistemas florestais, dispõem de menor seguridade e menor gratificação quando têm acesso aos meios de subsistência e recursos. Também, com frequência, estão listadas como baixa prioridade nas intervenções governamentais com relação às medidas de mitigação aos perigos. Outras, ainda, vivem em regiões onde os sistemas políticos e econômicos afetam diretamente a estrutura econômica, os direitos do cidadão, as relações de gênero, e outros elementos da ideologia vigente, propiciando elevados níveis de vulnerabilidade (BLAIKIE et al., 1994).

No Brasil, a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) vinculada à Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo, desenvolveu o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Este índice tem por objetivo “identificar e localizar quais são os segmentos populacionais mais vulneráveis à pobreza” e examinar as condições de vida da população por meio dos dados de renda, escolaridade, saúde, trabalho, acesso a bens e serviços e mobilidade social (SÃO PAULO, 2013, p.5). Os indicadores selecionados para a elaboração do índice paulista de vulnerabilidade social (IPVS) encontram-se ilustrados na Figura 5.

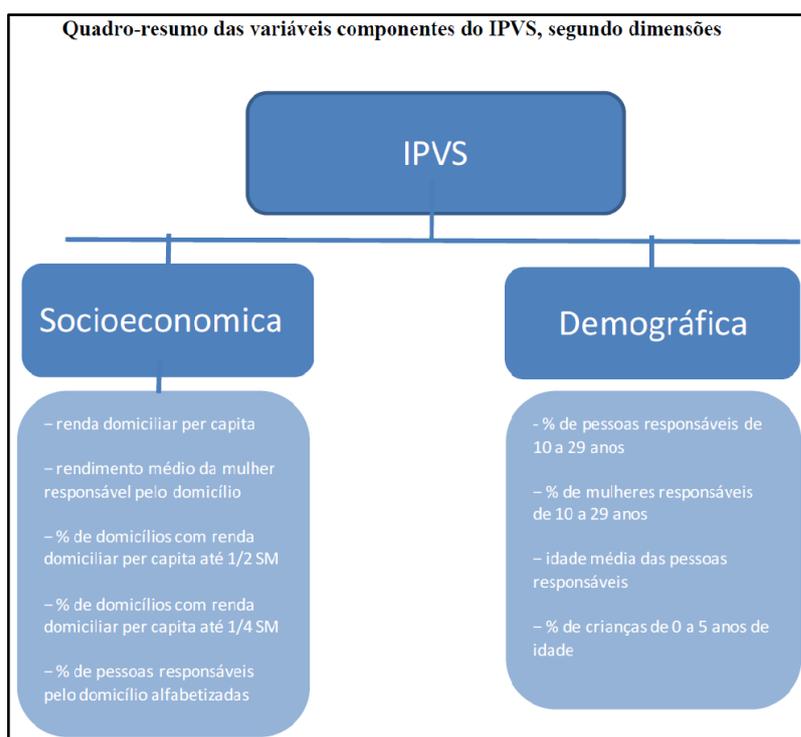


Figura 5. IPVS, Versão 2010. Variáveis

A Fundação Seade se pautou nos dados do Censo – Questionário do Universo, anos 2000 e 2010 – escala do setor censitário e análise estatística para a elaboração do IPVS. As variáveis preponderantes presentes no estudo do IPVS nos anos 2000 e 2010 se referem à renda, idade, educação e gênero e puderam ser confrontados com os resultados obtidos neste trabalho quanto à análise das componentes de criticidade e de capacidade de suporte das vulnerabilidades social e ambiental.

Os resultados do IPVS de 2000 e 2010 para o município de Caraguatatuba SP, mostram que, respectivamente, 48,5% e 51,4% da população estão inseridos no Grupo 1, 2 e 3 (baixíssima a baixa vulnerabilidade social), os quais são caracterizados por uma dimensão populacional com renda média à alta e forte presença de chefes de família jovens e idosos. No ano de 2000, o Grupo 4 (média vulnerabilidade social) englobava 17,15% da população de Caraguatatuba, e no ano de 2010 apresentou um percentual de 26,1% desse contingente.

Nesse Grupo, concentram-se famílias jovens (chefes de família jovens com menos de 30 anos) e de crianças pequenas. No Grupo 5 estão inseridas as famílias de vulnerabilidade alta do setor urbano, com um percentual de 13,2% e 21,6%, respectivamente. Na classe do Grupo 6 (vulnerabilidade muito alta), os resultados foram nulos para o ano de 2010 (SEADE, 2013), e a classe do Grupo 7 (vulnerabilidade alta, setores rurais) apresentou percentual de 0,9%, conforme Figura 6.

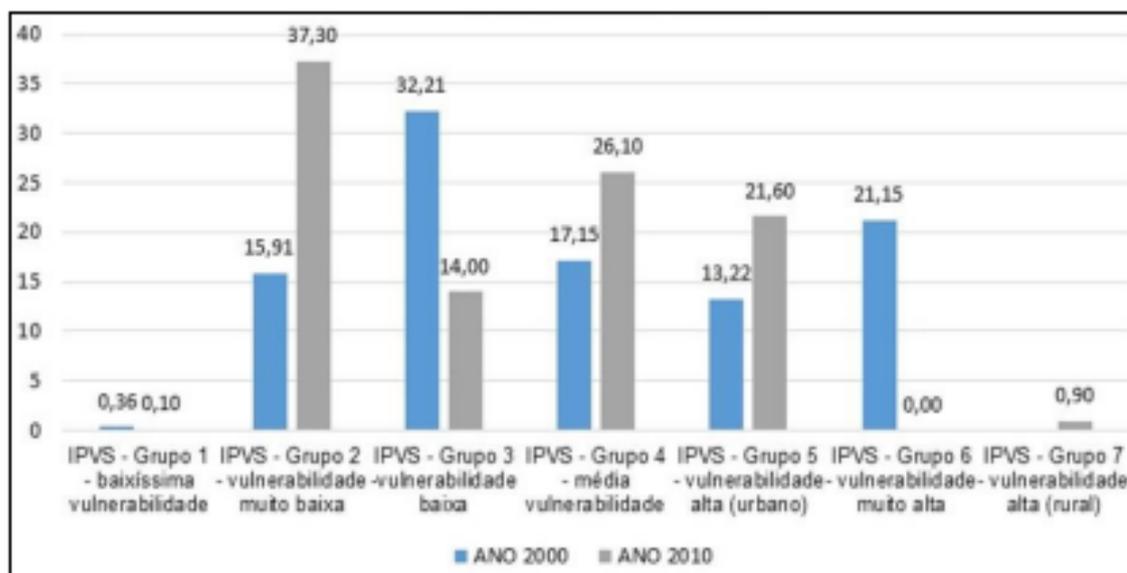


Figura 6 - IPVS de Caraguatatuba SP, anos 2000 e 2010.  
Fonte: IBGE. SEADE. 2012/2013.

Comparando-se ainda os resultados dos anos 2000 com os de 2010, constata-se que houve uma diminuição do percentual de população inserida na classe do Grupo 1 em 0,26%. Por sua vez, o Grupo 2 aumentou em 21,39%, e houve uma redução do percentual de população exposta em 18,21% no Grupo 3. Identifica-se, também, que os Grupos 4 e 5 apresentaram um aumento aproximado de 7%. O percentual do Grupo 6 foi de 21,15% em 2000 e 0% em 2010, indicando significativa redução de vulnerabilidade muito alta em 21,15% e possível melhoria nas condições de vida da população da área estudada. Como o Grupo 7 não fazia parte da metodologia de análise em 2000, não foi possível comparar a evolução da vulnerabilidade. Verifica-se, assim, que, em 2000, mais da metade da população (51,5%) estava inserida nas classes mais vulneráveis (média a muito alta vulnerabilidade social) e, em 2010, apresentou um percentual de (42,7%), indicando redução de 8,8%.

Contudo, faz-se importante salientar um importante trabalho que contribuiu metodologicamente na temática, o qual foi desenvolvido por Alves (2006), que identificou e caracterizou populações em situação de vulnerabilidades social e ambiental em São Paulo, com a construção de indicadores ambientais, no nível dos setores censitários. A metodologia se baseia na implementação de um projeto de Sistema de Informação Geográfica (SIG), tendo

como mapas base: a rede hidrográfica do município de São Paulo (CEM-Cebrap, escala 1:10.000), a malha dos setores censitários associada às variáveis do Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2000, escala 1:10.000) e o mapa da vulnerabilidade social (CEM-CEBRAP/SAS-PMSP, 2004) de São Paulo, o qual compreende oito grupos de vulnerabilidade (combinação de indicadores de privação social com indicadores demográficos para os 13 mil setores censitários existentes no ano 2000).

### **3.3 Código Florestal Brasileiro**

O código Florestal brasileiro é regulado atualmente pela lei número 12.651, de 25 de maio de 2012. Que estabelece normas gerais sobre a proteção de áreas de Preservação Permanente e áreas de Reserva Legal; a exploração floresta, o suprimento de matéria- prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prece instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

No capítulo II, Seção I a lei referente às Áreas de Preservação Permanente, o Art. 4o considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

Na Seção II do Regime de Proteção das Áreas de Preservação Permanente é estabelecido pelo Art. 7o que a vegetação situada em Área de Preservação Permanente deverá ser mantida pelo

proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

§ 1o Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei.

§ 2o A obrigação prevista no § 1o tem natureza real e é transmitida ao sucessor no caso de transferência de domínio ou posse do imóvel rural.

§ 3o No caso de supressão não autorizada de vegetação realizada após 22 de julho de 2008, é vedada a concessão de novas autorizações de supressão de vegetação enquanto não cumpridas as obrigações previstas no § 1o.

Art. 8o A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

§ 1o A supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, dunas e restingas somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública.

§ 2o A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente de que tratam os incisos VI e VII do caput do art. 4o poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda.

§ 3o É dispensada a autorização do órgão ambiental competente para a execução, em caráter de urgência, de atividades de segurança nacional e obras de interesse da defesa civil destinadas à prevenção e mitigação de acidentes em áreas urbanas.

§ 4o Não haverá, em qualquer hipótese, direito à regularização de futuras intervenções ou supressões de vegetação nativa, além das previstas nesta Lei.

Art. 9o É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.

## **4 Metodologia**

A base metodológica para os estudos de vulnerabilidades está pautada em Cutter (1996) e Mendes et al. (2009). Cutter (1996) analisa a vulnerabilidade do lugar, tendo como base vários elementos de análise de risco (probabilidade de ocorrência de um perigo/ameaça), os quais, combinados com ações de mitigação (planejamento, conhecimento prévio do perigo, entre outras formas) propiciam a identificação de um perigo potencial e a redução de riscos.

O perigo potencial, por sua vez, é obtido por meio de indicadores socioeconômicos, de percepção de riscos e da capacidade de resposta do indivíduo ou da sociedade, que definem a vulnerabilidade social e, os elementos do contexto geográfico (lugar, localização e

proximidade) determinam a vulnerabilidade biofísica ou tecnológica. A interação e intersecção desses elementos de vulnerabilidade resultam na vulnerabilidade do lugar. Em Cutter (2003, p. 64) “ao representar a vulnerabilidade local é importante considerar não apenas um dos elementos da vulnerabilidade – física ou social -, mas a sua intersecção”. Segundo a autora, o nível de exposição física e as diferentes condições sociais de determinada população são condicionantes de capacidade de resposta e de enfrentamento a desastres. Os procedimentos metodológicos da pesquisa são apresentados na Figura 7.

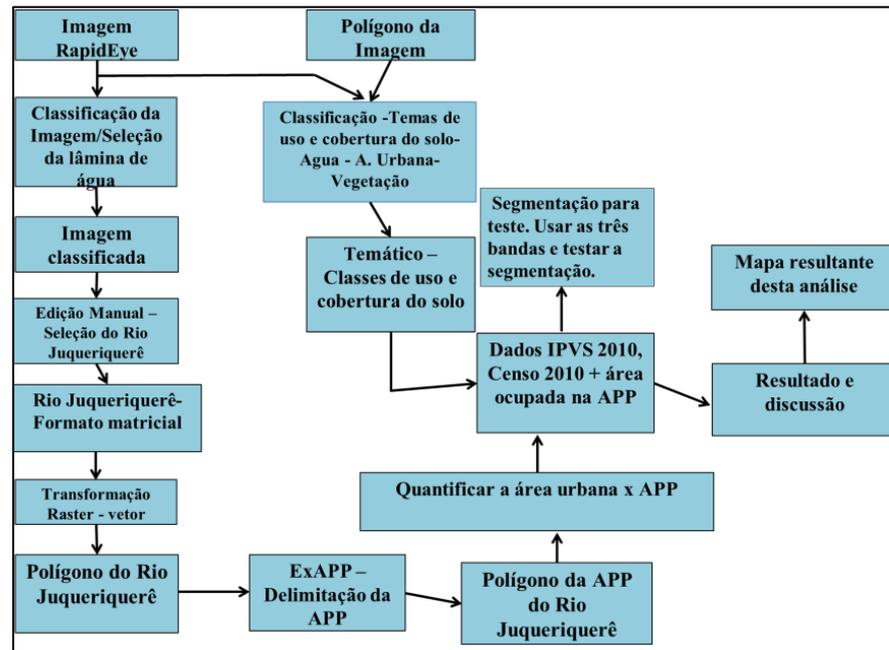


Figura 7. Procedimentos da metodologia.

#### 4.1 Definição da pesquisa e mapeamento das vulnerabilidades social e ambiental.

Quanto ao levantamento das bases cartográficas, produtos de sensoriamento remoto e equipamento de campo utilizados na pesquisa destacam-se:

- Malha digital dos setores censitários obtida junto ao IBGE, Censo 2000 e 2010, no formato shapefile (shp), escala aproximada 1:50.000, sistema de coordenadas geográficas e datum SIRGAS 2000;
- Base de dados de vulnerabilidade social paulista, base de dados do IPTS 2010, obtida junto ao SEADE, no formato CSV, para cada setor censitário.

Os dados do Censo Demográfico utilizados reúnem as características dos domicílios particulares e das pessoas que foram investigadas para a totalidade da população denominadas resultados do universo (IBGE, 2011). A área de abrangência compreende a área urbana do

município de Caraguatatuba (SP), agrupada por setores censitários. Os dados foram obtidos das planilhas no formato excel, disponibilizadas pelo IBGE, presentes no questionário básico<sup>10</sup> para o levantamento do Censo Demográfico 2010.

## 4.2 Processamento

Para o desenvolvimento da metodologia proposta neste trabalho foi escolhida a cena 2328113 da constelação de satélites RapidEye do ano de 2015, que corresponde a área do município de Caraguatatuba - SP . A imagem foi classificada de forma automatizada (figura 8), através do método desenvolvido em 2016 por Namikawa na linguagem LEGAL - SPRING, que com base no componente Matiz da transformação do espaço de cores RGB (siglas em inglês para vermelho, verde e azul) para o modelo HSV (matiz, saturação e valor), ranqueia em sete classes as lâminas de água: 1-WATER 2-WATER95, 3-WATER90, 4-WATER80, 5-WATER70, 6-WATER60, 7-WATER50, onde cada uma das classes é representada com cor correspondente a sua porcentagem de refletância do nível de água.

Após a transformação foram determinados os limiares de ângulo (matiz H) e intensidade (limiar I) para definir os pixels da lâmina de água (Figura 9). Através destes atributos foi possível manipular e analisar individualmente cada componente da imagem, I e H, ao contrário da composição RGB, que necessita uma combinação de cores para ser analisada. Com a extração da drenagem realizada foi possível limpar os pixel detectados com ruídos na imagem. Na figura 10 é possível observar parte do processo de limpeza dos ruídos.

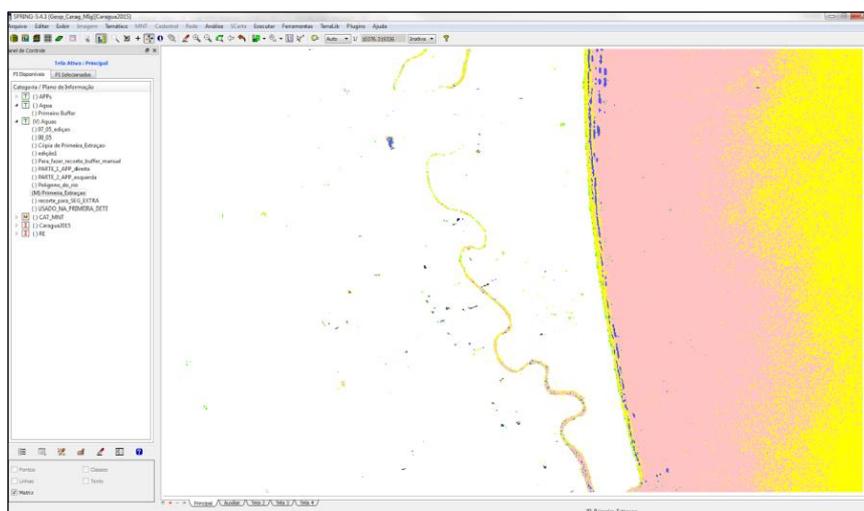


Figura8. Primeira classificação.

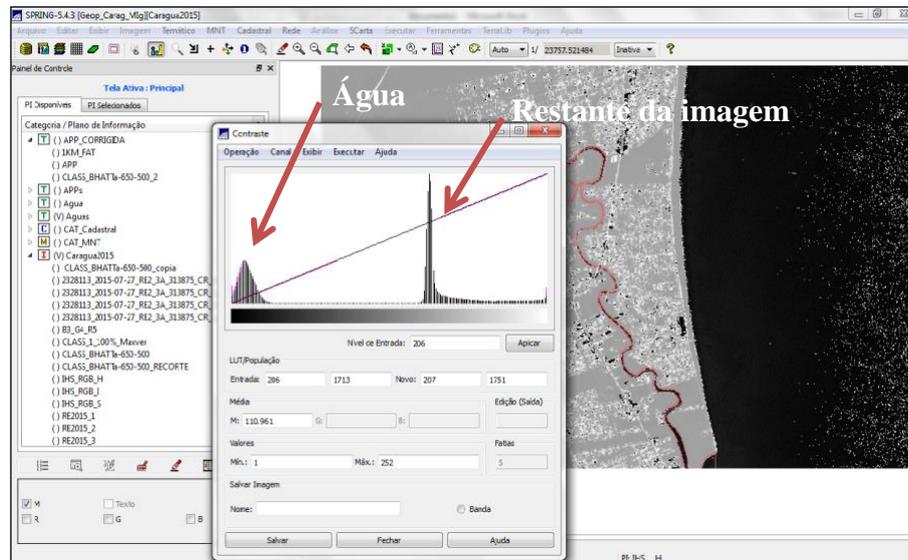


Figura 9. Histograma IHS.

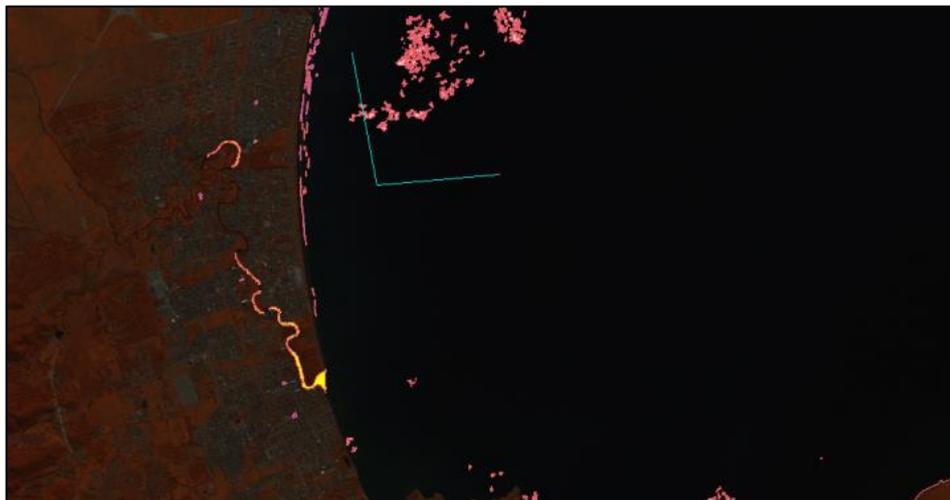


Figura 10. Limpeza dos ruídos.

Depois a correção manual dos polígonos detectados como ruídos e os rompidos dentro do leito do rio, foi iniciada a fase de determinação das APPs do rio conforme a lei nº 12.651/12, Art. 4 Parágrafo I do código florestal brasileiro vigente. Segundo a Lei, as APPs são áreas que devem ser preservadas de desmatamento e poluição, variando de tamanho conforme a medida da largura entre as margens do rio. Assim, em rios com extensão de 10 metros deve-se proteger no mínimo 30 metros ao redor da margem; já em cursos d'água de 200 a 600 metros de largura a APP deve ser de 200 metros e em casos de rios ainda maiores elas podem alcançar até 500 metros de largura. Esta etapa foi realizada através do software EXAPP (Leonardi et al) que está em processo de implementação na plataforma TerraHidro, portanto foi realizado pela equipe desenvolvedora interna da DPI- INPE. A Imagem abaixo mostra o polígono da APP em tom de rosa e o rio em azul.



1.380km<sup>2</sup>
 ~266 m<sup>2</sup>

Depois de concluir o processo de determinação foram realizadas algumas segmentações testes por regiões, que segundo Florenzano “A segmentação de imagens é um procedimento computacional aplicado antes de um algoritmo de classificação automática.”, no caso dessa imagem a segmentação mais compatível teve 650 de grau de similaridade e 500 de área do pixel. A classificação automática utilizada foi a supervisionada por regiões, que utiliza a distância Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Leão et al., 2007). Na figura 11 abaixo podemos observar o resultado da classificação.

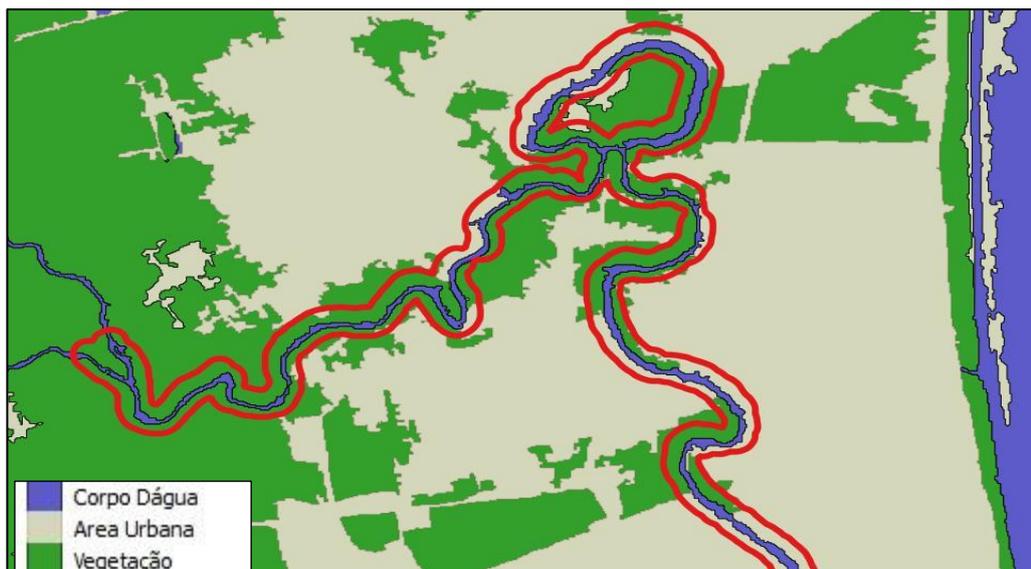


Figura 11. Resultado da classificação supervisionada Bhattacharya.

## 5 Resultados e discussão

Para a análise socioespacial dos dados, foram escolhidos dados do último censo do IBGE, em 2010, e os do mesmo ano obtidos pelo Instituto Paulista de Vulnerabilidade Social - IPVS, que possui novos indicadores relacionados ao nível de renda das famílias, sendo eles: a renda domiciliar *per capita* média, a proporção de domicílios com renda *per capita* de até um quarto do salário mínimo e a proporção de domicílios com renda *per capita* de até meio salário mínimo. Uma vez que o salário mínimo é referência básica para caracterizar a insuficiência de renda, podem ser considerados pobres aqueles domicílios cuja renda *per capita* é inferior a meio salário mínimo. E, entre os pobres, são considerados indigentes aqueles cuja renda *per capita* é inferior a um quarto do salário mínimo. Na figura 12 podemos observar o resultado da sobreposição da APP com a área urbana e área urbana ocupada dentro dos limites da APP, resultado da classificação supervisionada por regiões.

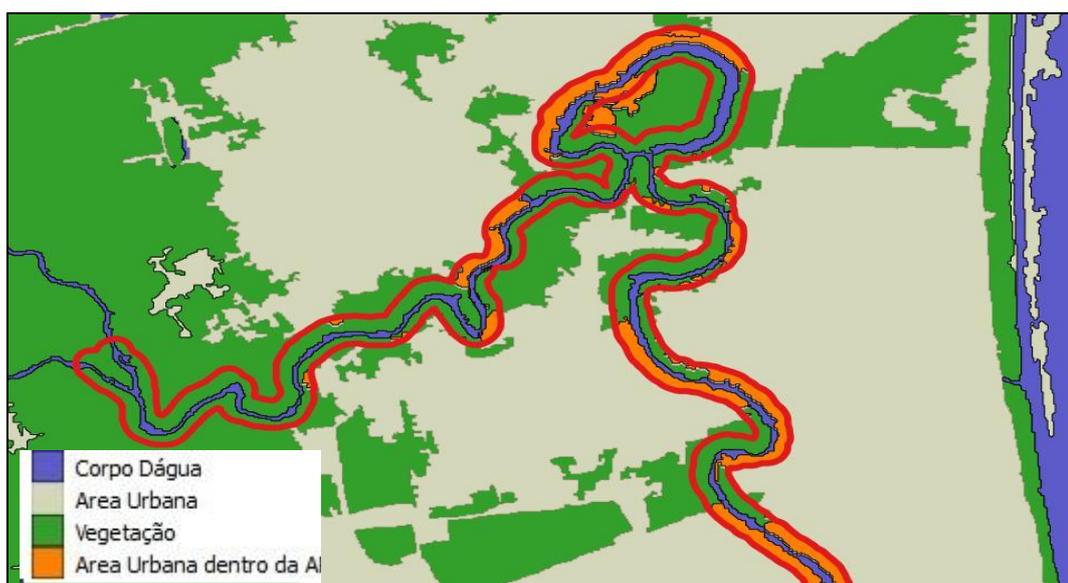


Figura 12. Sobreposição APP + Área urbana e área urbana dentro da APP.

Após a sobreposição podemos notar que existe uma considerável parte de ocupação inadequada dentro das APPs, para quantificar estas áreas foi realizado um processo de Medidas de classes no Spring, onde se concluiu que o resultado da área de ocupação inadequada possui aproximadamente 350 m<sup>2</sup>, correspondendo a 25.59% de APP.

Em seu estudo, Bortoletto (2016), apresenta um mapa de riscos de inundação e áreas afetadas por ocorrências de inundação/alagamento na região urbana de Caraguatatuba SP. A Figura 13 representa o mapa riscos e habitantes afetados por ocorrências de inundação na área urbana do município de Caraguatatuba SP. As áreas de desastres de inundação e alagamento

foram espacializadas, de acordo com o registro de ocorrências de desastres da Defesa Civil para o período de 2000 à 2015.

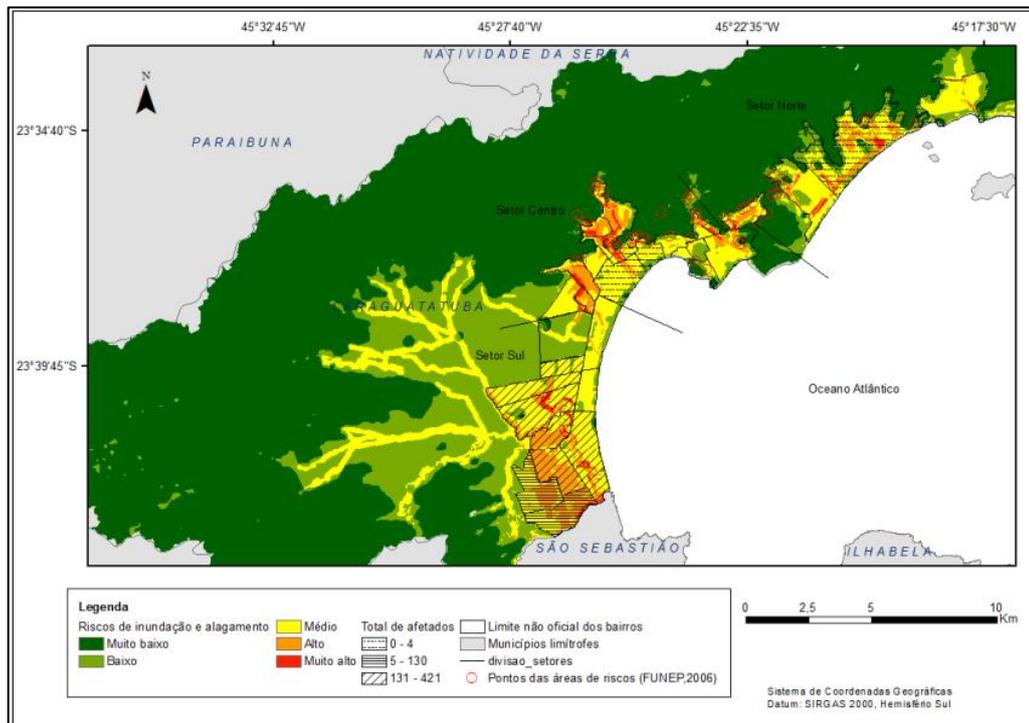


Figura 13. Áreas de risco (FONTE: Bortoletto)

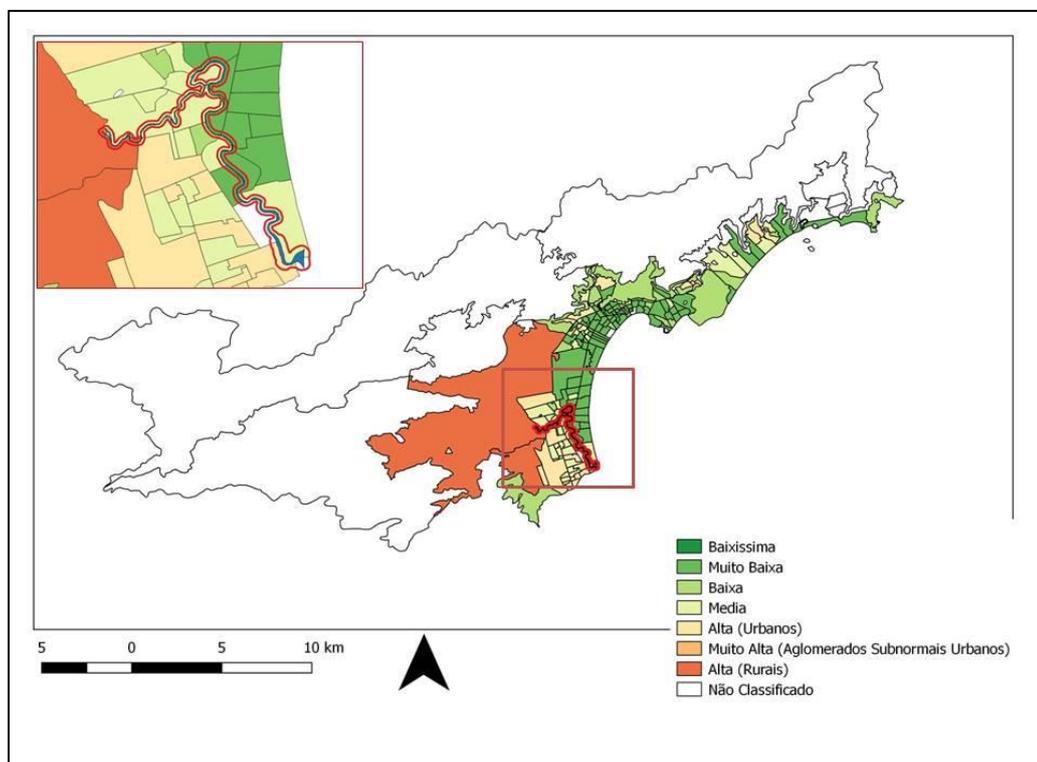


Figura 14. Sobreposição do índice de vulnerabilidade com o polígono do rio.

Nas figuras acima verifica-se que a área de abrangência desses desastres concentra-se em maior proporção no setor Sul, cuja área se encontra sobre terraços marinhos e de várzea,

do rio Juqueriquerê. Portanto, uma área naturalmente propícia à inundação. As áreas de risco médio a muito alto coincidem-se com as áreas de declividade inferior a 5% e com as áreas de ocorrência de desastres de inundação e alagamento. Sendo assim, podemos ressaltar que a ocupação irregular destas APPs agrava a situação de risco, pois as áreas de várzea ocupadas são planícies de inundação dos rios, e devem ser mantidas preservadas, a fim de garantir o equilíbrio ecológico e a segurança dos seres humanos. Podemos observar também, que existe ocupação irregular em áreas de baixa vulnerabilidade, que compreende a região turística do município, formada por empreendimentos hoteleiros. E caso ocorra à inundação dessas áreas, há riscos não só para os moradores residentes, mas também para os turistas.

## **6 CONCLUSÃO**

As APPs determinadas de acordo com o novo código florestal não estão sendo devidamente respeitadas, tendo uma ocupação de aproximadamente 350 m<sup>2</sup> dentro do perímetro urbano, o que resulta tanto na degradação ambiental, quanto num possível risco para as pessoas munícipes e turistas residentes no local. Já que a região de várzea, que compreende a APP, serve para garantir a permeabilidade durante períodos de intensas chuvas e deveria ser preservada.

Quanto às vulnerabilidades social e ambiental, pode-se observar que os indicadores sociais e ambientais se mostraram determinantes em apontar os diferentes graus de vulnerabilidade existentes na área urbana de Caraguatatuba. Pode-se concluir nesse estudo, que há uma correspondência direta entre a localização das pessoas e dos lugares quanto à vulneráveis ambientais, como também influencia nessa vulnerabilidade de aspectos relativos à sua condição socioeconômica.

## **REFERÊNCIAS**

**ALMEIDA, L. Q. “Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos. Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho - Região Metropolitana de Fortaleza, CE.”**

**ALVES, H. P. F; IWAMA, A. Y. M; D’ANTONA, A. O.; CARMO, R. L. Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas. Anais. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu MG, Brasil, de 20 a 24 de setembro de 2010.**

**BF de Souza Dias, Fátima Becker, Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade e Florestas Departamento de Conservação da Biodiversidade Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/psa\\_na\\_mata\\_atlantica\\_licoes\\_aprendidas\\_e\\_desafios\\_202.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf)**

**BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. & WISNER, B. 1994. At risk: natural hazards, people's vulnerability, and disasters. London: Routledge. 284 p.**

**BRASIL, 2012 Novo Código Florestal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)**

**BRASIL, MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). GeoCatálogoDoMinistérioDoMeioAmbiente. <<http://geocatalogo.mma.gov.br/sobre.jhtml> >. Acesso em 10/05/2017.**

**BORTOLETTO, K. C. Análise espacial do zoneamento urbano com as áreas de risco potencial de escorregamento e de inundação e áreas de vulnerabilidade socioambiental do município de Caraguatatuba, SP. UNESP. Presidente Prudente, 2015.**

**Camara, G., Souza, R.C.M., Freitas. U.M., Garrido, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. Computers & Graphics.**

**CAMPOS, J. F. Santo Antonio de Caraguatatuba: memória e tradução de um povo. Caraguatatuba. FUNDACC. 2000. p. 468.**

**CARMO, R. L.; MARQUES, C.; AMARANTE, Z. I. M. Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo. Campinas: Núcleo de Estudos de População / Unicamp, 2012.**

**CRUZ, O. A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba SP. Contribuição à Geomorfologia litorânea tropical. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de geografia. 1974.**

**CUTTER, S. L. A Ciência da Vulnerabilidade: Modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais. Portugal. 93, p.59-69. 2011.**

**CUTTER, S. L; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Social Science Quarterly, 84 (1), p.242-261. 2003.**

**FUNEP. Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão. Elaboração de Plano de Redução de riscos da Estância Balneária de Caraguatatuba (SP). Relatório Técnico. UNESP. Vol. 1, 2006.**

**FLORENZANO, Teresa Gallotti 2011“Iniciação em Sensoriamento Remoto”. 3º Edição ampliada e atualizada.**

**JANNUZZI, P. M. indicadores sociais no Brasil. Campinas, SP. Ed. Alínea. p. 141. 2001.**

**LEÃO, C.; Krug, L. A.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos, INPE, 2007.p.939-946. Disponível em:  
<<http://martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.15.01.10/doc/939-946.pdf> >**

**LEONARDI, S. S.; NAMIKAWA, L. M.; OLIVEIRA, J. R. DE F.; ROSIM, S. Delimitation of permanent protected areas of rivers in Brazil.**

**Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade e Florestas Departamento de Conservação da Biodiversidade Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios. Disponível em :  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/202/\\_arquivos/psa\\_na\\_mata\\_atlantica\\_licoes\\_aprendidas\\_e\\_desafios\\_202.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/psa_na_mata_atlantica_licoes_aprendidas_e_desafios_202.pdf)**

**NAMIKAWA, L. 2016 - Extração de Corpos d'Água Utilizando Imagens RapidEye: Metodologia Automatizada com Base no Componente Matiz da Transformação de Cores RGB para o Modelo HSV.**

**PAIVA, A. A maior tragédia do Brasil foi na Serra das Araras.**

**RAPIDEYE. Satellite Imagery Product Specifications. Available at <[http://www.rapideye.com/upload/RE\\_Product\\_Specifications\\_ENG.pdf](http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf)>. Acesso em 15/03/2017.**

**REID, C. E.; MANN, J.K.; ALFASSO, R.; ENGLISH, P. B.; KING, G. C.; LINCOLN, R. A.; MARGOLIS, H. G.; RUBADO, D. J.; SABATO, J. E.; WEST, N. L.; WOODS, B.; NAVARRO, K. M.; BALMES, J. R. Evaluation of a Heat Vulnerability Index on Abnormally Hot Days: An Environmental Public Health Tracking Study. Environ Health Perspect, vol. 120, n. 5, p.715-720. 2012.**

**SEADE. Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS). Caraguatatuba. Ranking 2012. 2014. Disponível em <http://indicesilp.al.sp.gov.br/view/pdf/iprs/mun3510500>.**

**ZANELLA, M. E.; OLÍMPIO, J. L.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza CE. Sociedade & Natureza, vol. 25, n. 2, p.317-331. 2013.**