

Análise de vulnerabilidades às mudanças climáticas: proposta de abordagens por setores censitários e áreas de ponderação em Caraguatatuba e Santos, São Paulo

Allan Yu Iwama de Mello ¹
Lívia Rodrigues Tomás ²
Álvaro de Oliveira D'Antona ³

¹ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/NEPAM
13083-867- Campinas - SP, Brasil
allan.iwama@gmail.com

² Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/NEPO
Caixa Postal 6166 - 13081-970 - Campinas - SP, Brasil
liviatomas@gmail.com

³ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/FCA
13484-350- Limeira - SP, Brasil
alvaro.dantona@fca.unicamp.br

Abstract. This work aims to develop analysis to quantify the different levels of vulnerability to climate change, considering especially the different scales of phenomena, including aggregation of data that interact in different situations. Caraguatatuba and Santos were defined as study areas, which municipalities with environment global change and most population, respectively. The analysis is based on Census units and Ponderation areas, to identify vulnerabilities in different scales. This work seeking to identify the limitations and advantages of the scale analysis, mainly, considering the contexts that requires a downscaling or upscaling to identify vulnerabilities in Caraguatatuba and Santos.

Palavras-chave: vulnerability, climate change, scales, vulnerabilidade, mudanças climáticas, escalas.

1. Introdução

Entre os diversos efeitos das mudanças globais, pode-se destacar aqueles associados ao aumento do nível médio dos oceanos e a maior frequência e intensidade de eventos extremos climáticos, muitas vezes implicando em variações dos níveis das marés, riscos de inundações, enchentes, alagamentos e deslizamentos (IPCC, 2007). Além disso, as zonas costeiras são as áreas de maior risco no mundo e serão as porções mais afetadas pelas mudanças ambientais globais (KRON, 2008).

No Brasil, na esfera federal, a *Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC – Lei n.º 12.187/2009)* estabeleceu diretrizes que promovam o desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas como forma de identificar vulnerabilidades para que sejam adotadas medidas de adaptação adequadas. No estado de São Paulo, a *Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC – Lei n.º 13.798/2009)*, com o compromisso de estabelecer o compromisso do Estado frente ao desafio das mudanças climáticas globais, tem por objetivo dispor sobre as condições para as adaptações necessárias aos impactos derivados das mudanças climáticas, entre outras diretrizes.

Apesar da questão das mudanças climáticas ter entrado definitivamente nas agendas da comunidade científica, dos governos e da sociedade civil em quase todos os países do mundo com o lançamento dos relatórios do IPCC em 2007, nem todos os aspectos das mudanças climáticas têm sido percebidos com a mesma atenção. Por um lado, a consciência da necessidade de ações para redução das emissões de gases estufa já está relativamente consolidada entre os governos, comunidade científica e sociedade civil. Por outro lado, a premente necessidade de redução da vulnerabilidade às mudanças climáticas ainda é pouco percebida pelos governantes e mesmo pela sociedade civil. (IPCC, 2007; HUQ et al., 2007).

Nesse contexto, este trabalho busca desenvolver metodologias e análises, que permitam mensurar e quantificar os diferentes graus de vulnerabilidade às mudanças climáticas nas áreas urbanas, sobretudo considerando as diferentes escalas de ocorrência dos fenômenos, que incluem agregações de dados que interagem de diferentes maneiras e em distintas situações. Para isso, tem sido cada vez mais evidente uma abordagem interdisciplinar (FERREIRA, 2000; BRAGA et al., 2006; HOGAN e MARANDOLA Jr., 2007; MARANDOLA Jr., 2009; MORAN, 2009; FERREIRA et al., 2010). Para a análise da vulnerabilidade socioambiental, busca-se identificar a coexistência, cumulatividade ou sobreposição espacial de situações de pobreza/privação social e de situações de exposição a risco e/ou degradação ambiental, de acordo a conceituação dos trabalhos de Alves (2006).

Este trabalho contribui para o projeto temático *Clima - “Crescimento populacional, vulnerabilidade e adaptação: dimensões sociais e ecológicas das mudanças climáticas no litoral de São Paulo”* (n.º 2008/58159-7), no âmbito do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG), cujo objetivo é identificar as áreas de alta vulnerabilidade às mudanças climáticas. Além disso, busca-se identificar as limitações e vantagens da escala de análise (setores censitários ou áreas de ponderação), sobretudo para identificar os contextos em que exigem um *downscaling* ou *upscaling* para identificar as vulnerabilidades em Caraguatatuba e Santos.

2. Materiais e métodos

A área de estudo está localizada no estado de São Paulo, que corresponde a 16 municípios do Litoral Paulista, onde se insere no contexto de grandes mudanças ambientais globais (HOGAN, 2009). A proposta de análise por setores censitários e por áreas de ponderação é feita em **Santos**, com quase 418 mil pessoas (município mais populoso do Litoral Paulista), e **Caraguatatuba**, que tem obras em seus contornos e trechos de serra com a duplicação da rodovia Tamoios, além da instalação da Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatatuba – UTGCA, que com ligação de cerca de 140 quilômetros da costa de Caraguatatuba com o Complexo Mexilhão na Bacia de Santos.

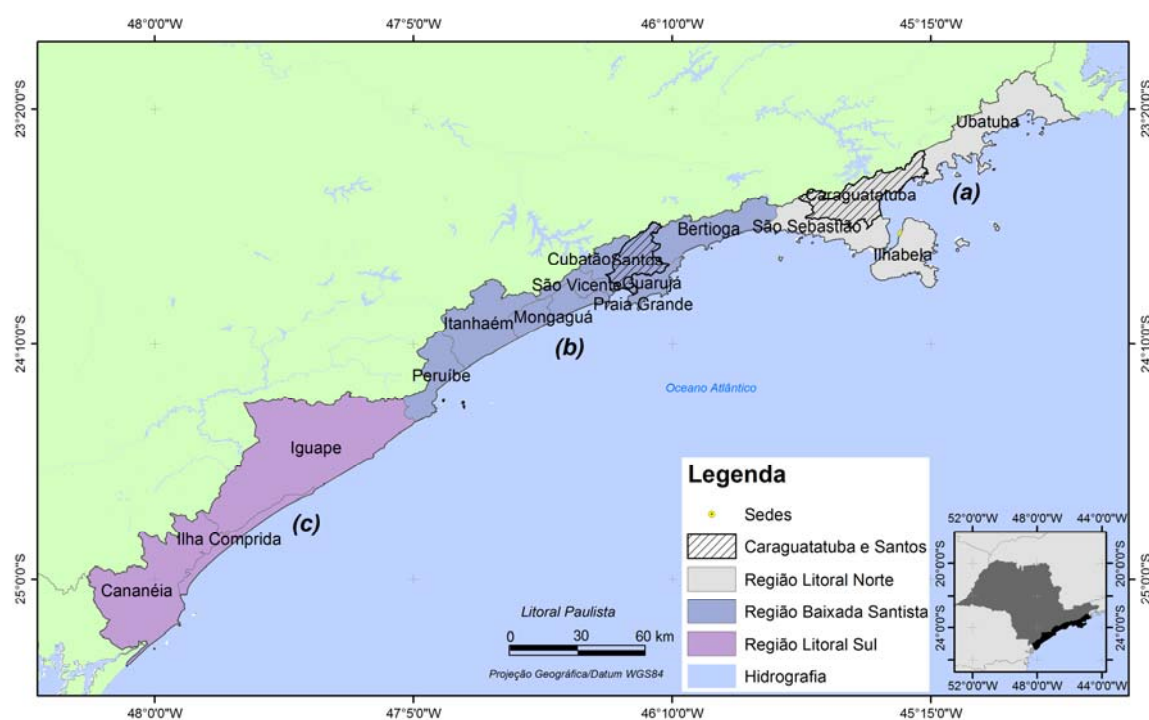


Figura 1. Área de estudo – municípios do litoral paulista: (a) Litoral Norte; (b) Baixada Santista; (c) Litoral Sul e localização de Caraguatatuba e Santos (área hachurada)

Para caracterizar as situações de vulnerabilidade socioambiental, foram organizados dois grupos de variáveis: (a) variáveis socioeconômicas de renda, escolaridade, atendimento pela rede de esgotos, rede de água e coleta de resíduos sólidos, além do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), que correspondem aos dados do Censo Demográfico de 2000, os quais representam as características dos domicílios e dos seus responsáveis e as características das pessoas; (b) variáveis ambientais: altimetria e declividade, geradas a partir das malhas digitais de curvas de nível (altimetria), hidrografia, obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), em escala 1:50.000, além do sistema viário. As variáveis foram organizadas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), em projeção UTM e Datum WGS84.

2.1 Variáveis socioeconômicas

As variáveis socioeconômicas de renda, escolaridade, atendimento pela rede de esgotos, rede de água e coleta de resíduos sólidos (pelo menos) foram organizadas em categorias e agrupadas e ao nível dos setores censitários e de área de ponderação do Censo 2000 do IBGE, para os 16 municípios do litoral paulista. Na área de estudo existiam, em 2000, 2.681 setores censitários, 81,1% deles nos municípios da Baixada Santista, um reflexo de sua maior população (Tabela 1).

Tabela 1. Total de setores censitários e população (por municípios e por regiões) no Litoral Paulista

Municípios	Setores censitários		População (estimada)	
	Total setores	Percentual (%)	Total pessoas	Percentual (%)
Caraguatatuba	155	5,78	75.266	4,33
Ilhabela	67	2,50	20.836	1,20
São Sebastião	84	3,13	57.794	3,32
Ubatuba	155	5,78	65.425	3,76
Litoral Norte	461	17,20	219.321	12,62
Bertioga	69	2,57	30.258	1,74
Cubatão	101	3,77	111.574	6,42
Guarujá	391	14,58	267.924	15,41
Itanhaém	160	5,97	71.995	4,14
Mongaguá	83	3,10	35.632	2,05
Peruíbe	106	3,95	51.451	2,96
Praia Grande	307	11,45	193.582	11,14
Santos	612	22,83	417.983	24,04
São Vicente	345	12,87	303.551	17,46
Baixada Santista	2.174	81,09	1.483.950	85,36
Cananéia	15	0,56	10.748	0,62
Iguape	30	1,12	21.934	1,26
Ilha Comprida	1	0,04	2.507	0,14
Litoral Sul	46	1,72	35.189	2,02
Total	2.681	100,00	1.738.460	100,00

Ao grupo das variáveis socioeconômicas foi incluído o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), criado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade). O IPVS se baseia na agregação dos indicadores de renda com os de escolaridade e ao ciclo de vida familiar e na identificação de áreas segundo o grau de vulnerabilidade de sua população residente (SEADE, 2000). O IPVS compõe 6 grupos: (a) Grupo 1 – Nenhuma Vulnerabilidade; (b) Grupo 2 – Vulnerabilidade Muito Baixa; (c) Grupo 3 – Vulnerabilidade Baixa; (d) Grupo 4 – Vulnerabilidade Média; (e) Grupo 5 – Vulnerabilidade Alta; (f) Grupo 6 – Vulnerabilidade Muito Alta.

2.2 Variáveis ambientais

No grupo das variáveis ambientais foram incluídos dados de altimetria e declividade, geradas a partir das malhas digitais de curvas de nível (altimetria); hidrografia, obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), em escala 1:50.000; e o sistema viário. Com os dados de curvas de nível e de hidrografia, foi gerado o Modelo de Elevação do Terreno (MDE), a partir do qual foi criado um mapa de declividade. Considerando que terrenos com o predomínio de encostas com declividade superior a 30° são bastante suscetíveis aos processos de instabilização e aos deslizamentos (OGURA et al., 2004; LOPES et al., 2007; SANTOS; VIEIRA, 2009), para os objetivos do presente trabalho foram identificadas as áreas com declividade superior a 30°.

2.3 Indicador de vulnerabilidade socioambiental

As variáveis dos dois grupos – socioeconômicas e ambientais – foram utilizadas preliminarmente para uma caracterização geral do Litoral Paulista. A partir da análise preliminar, selecionou-se uma variável de cada grupo para fazer a primeira aproximação do indicador de áreas em situação de vulnerabilidade socioambiental nos municípios considerados. Entre as variáveis socioeconômicas, selecionou-se o IPVS (dado pelo setor censitário). Dentre as variáveis ambientais, selecionou-se a declividade, dividida em duas faixas, superior a 30° e igual ou menor que 30°, para representar as áreas expostas e não expostas ao risco de deslizamento.

O mapa com as áreas de vulnerabilidade social (IPVS) foi sobreposto ao mapa de declividade classificado segundo as duas classes anteriormente mencionadas. O procedimento permitiu identificar áreas de *Muito Alta*, *Alta*, *Moderada* e *Baixa* vulnerabilidade socioambiental – a relação entre vulnerabilidade social e áreas mais expostas ao risco de deslizamento (declividade superior a 30°). Esse procedimento foi feito utilizando os setores censitários como unidade de análise.

3. Resultados preliminares

O cruzamento do mapa de IPVS com o mapa de declividade resultou no mapa de vulnerabilidade socioambiental (Figura 2). A Tabela 2 sintetiza o resultado preliminar para a identificação e caracterização de áreas de vulnerabilidade socioambiental no litoral do estado de São Paulo no contexto das mudanças climáticas.

A Tabela 2 mostra a distribuição (absoluta e percentual) dos domicílios dos municípios do litoral paulista em relação às quatro categorias de vulnerabilidade socioambiental. Cerca de 68% dos domicílios (de um total de 503.385) estão em situação de *Baixa* vulnerabilidade socioambiental e 24% em situação de *Moderada* vulnerabilidade. Menos de 8% dos domicílios estão em situação de *Alta* ou *Muito Alta* vulnerabilidade socioambiental. Porém, esses números em valores absolutos representam quase 36 mil domicílios (pouco mais de 60 mil habitantes) em situação de *Alta* ou *Muito Alta* vulnerabilidade socioambiental. Além disso, é importante destacar que mais da metade desses domicílios (19.559) são caracterizados por um perfil socioeconômico de média ou elevada renda e escolaridade. Assim, esses resultados sugerem que um expressivo número de pessoas, seja de baixa, média ou alta renda, está em situação de *Alta* ou *Muito Alta* vulnerabilidade socioambiental, ainda que com graus diferenciados de susceptibilidade e exposição ao risco ambiental.

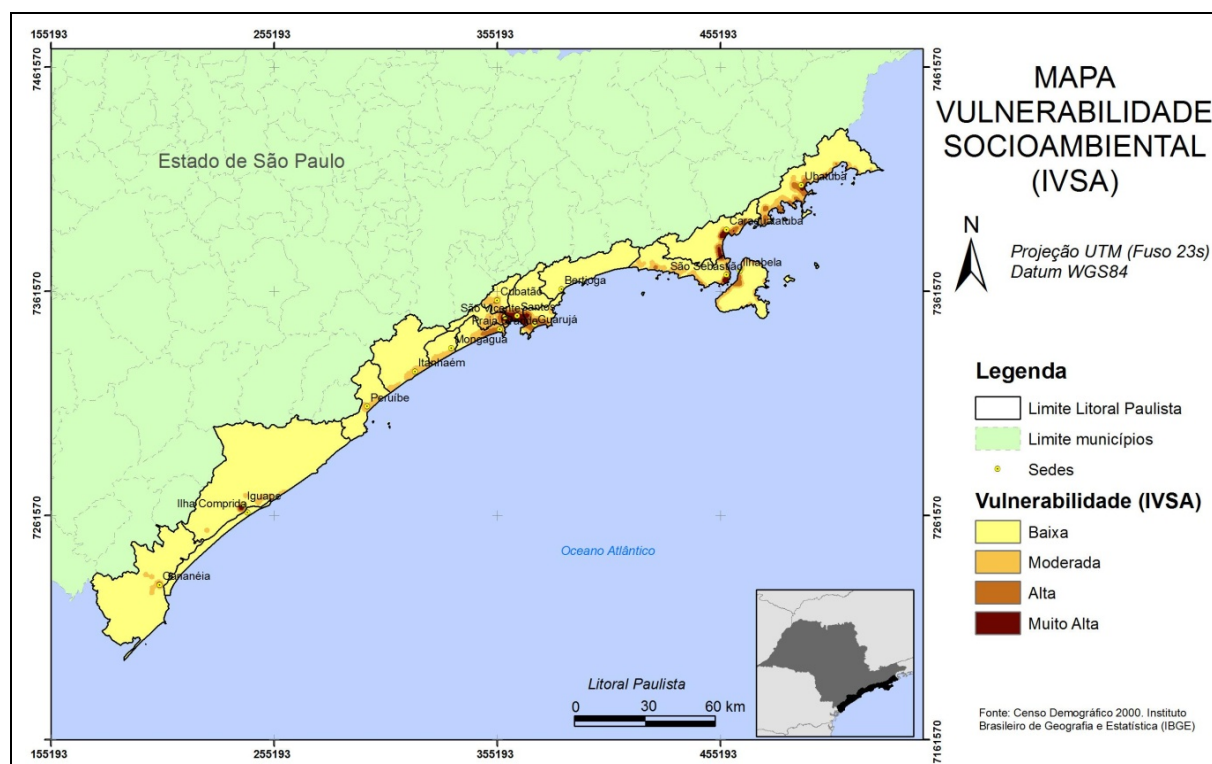


Figura 2. Mapa de vulnerabilidade socioambiental (IVSA)

Tabela 2. Vulnerabilidade socioambiental, domicílios e população

Dimensões		Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA)	Domicílios	População
Socioeconômica (IPVS)	Ambiental			
Vulnerabilidade Alta ou Muito Alta	Declividade > 30°	Muito Alta	16.416 (3,26%)	60.804 (3,52%)
Vulnerabilidade Baixa, Muito Baixa ou Média	Declividade > 30°	Alta	19.559 (3,89%)	67.670 (3,91%)
Vulnerabilidade Alta ou Muito Alta	Declividade ≤ 30°	Moderada	122.964 (24,43%)	471.390 (27,26%)
Vulnerabilidade Baixa, Muito Baixa ou Média	Declividade ≤ 30°	Baixa	344.446 (68,43%)	1.129.596 (65,31%)
			503.385	1.729.460

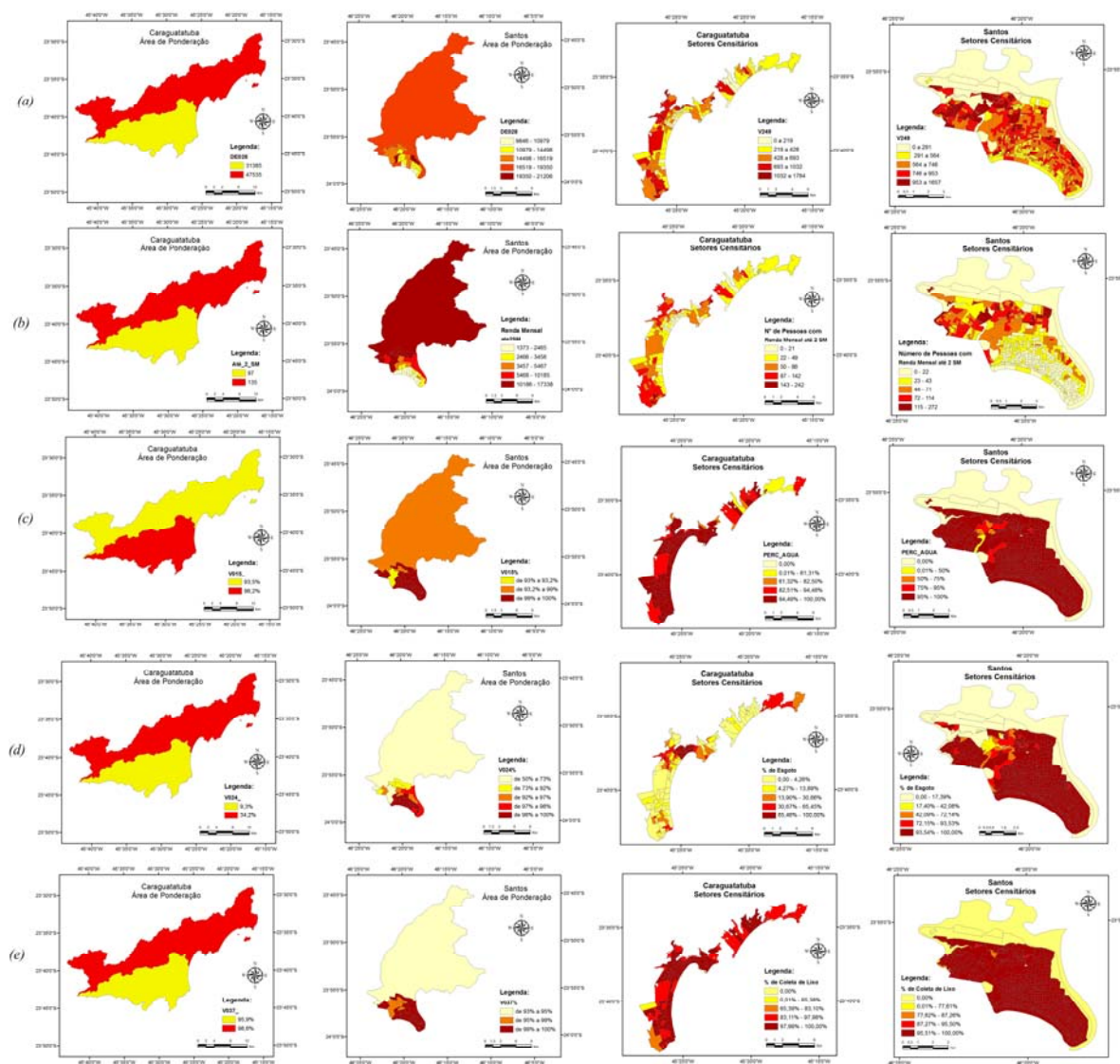
Como essa primeira análise não aborda todas as dimensões da vulnerabilidade às mudanças climáticas, esse trabalho busca considerar os diferentes riscos ambientais e sociais, cuja proposta é analisar a vulnerabilidade socioambiental nas áreas urbanas sob três aspectos: (1) riscos de escorregamentos; (2) riscos de inundação; (3) riscos relacionados às proximidades da linha costeira. Para essa análise, são consideradas as seguintes categorias (Tabela 3) para Caraguatatuba e Santos.

Tabela 3. Riscos e vulnerabilidades

Graus de vulnerabilidade	Riscos		
	(1) Escorregamentos [Declividades (graus)]	(2) Inundação [Faixas ao longo dos corpos de água (metros)]	(3) Linha costeira [Faixas ao longo da faixa da costa (metros)]
Extremamente Alta	$d > 60^\circ$	≤ 10 m	≤ 100 m
Muito Alta	$45^\circ < d \leq 60^\circ$	≤ 15 m	≤ 200 m
Alta	$30^\circ < d \leq 45^\circ$	≤ 30 m	≤ 300 m
Média	$15^\circ < d \leq 30^\circ$	≤ 50 m	≤ 400 m
Baixa	$0^\circ < d \leq 15^\circ$	≤ 70 m	≤ 500 m

A partir de identificados esses três aspectos ambientais, serão feitos cruzamentos com as variáveis socioeconômicas, organizadas por setores censitários e áreas de ponderação, para obter diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental em Caraguatatuba e Santos.

Os resultados por setores e área de ponderação em Caraguatatuba e Santos são mostrados na Figura 3.



(1) Áreas de ponderação - Caraguatatuba e Santos

(2) Setores Censitários - Caraguatatuba e Santos

Figura 3. (3.1a) Mapas por áreas de ponderação de distribuição da população, (3.1b) pessoas com renda de até 2 salários mínimos, (3.1c) atendimento de água e (3.1d) esgotos e (3.1e) coleta de lixo para Caraguatatuba e Santos, no litoral de São Paulo. As figuras (3.2) representam os mapas por setores censitários, com as respectivas variáveis.

4. Considerações finais

Os resultados mostram características socioeconômicas e ambientais no litoral paulista, tendo em vista uma caracterização inicial das áreas em situação de vulnerabilidade socioambiental. Esta caracterização permitiu identificar áreas de *Muito Alta*, *Alta*, *Moderada* e *Baixa* vulnerabilidade socioambiental, obtidas através da sobreposição espacial entre o Índice de Vulnerabilidade Social (IPVS) e áreas expostas ao risco de deslizamento (declividades superiores a 30°). Entretanto, para buscar uma análise mais detalhada, este trabalho ainda propõe analisar a vulnerabilidade socioambiental sob os diferentes graus de escorregamentos, inundação e proximidades à linha costeira, nos municípios de Caraguatatuba e Santos.

5. Referências

- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Rev. Bras. de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.
- BRAGA, T.M.; OLIVEIRA, E.L.; GIVISIEZ, G.H.N. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, Fundação Seade, v. 20, n. 1, p. 81-95, jan./mar. 2006.
- BRASIL, **Lei Estadual sobre Mudança do Clima**. Lei n.º 13.798/ 2009 – Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas e dá outras providências, 2009.
- BRASIL, **Lei Nacional sobre Mudança do Clima**. Lei n.º 12.187/2009 – Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências, 2009.
- FERREIRA, LÚCIA .C. **Importância da interdisciplinaridade para a sociedade**. In: A. PHILIPPI JR. (Org.). *A Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. Brasília: PNUMA/MCT/PADCT - CIAMB, 2000, p. 197-208.
- FERREIRA, LÚCIA .C.; FERREIRA, LEILA C.; JOLY, C.A. **Uma dentre várias interdisciplinaridades: o Doutorado em Ambiente & Sociedade na Unicamp**. In: W. C. RIBEIRO (Org.). *Práticas socioambientais na Pós-Graduação Brasileira*. São Paulo: Annablume, 2010, p. 9-225.
- HOGAN, D.J.; MARANDOLA JR., E. **Vulnerabilidade a perigos naturais nos Estudos de População e Ambiente**. In: D.J. HOGAN (Org.). *Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro*. Campinas: Núcleo de Estudos de População (NEPO/UNICAMP), 2007, 240 p.
- HOGAN, D.J. **Urban Growth, Vulnerability and Adaptation: social and ecological dimensions of climate change on the Coast of São Paulo**. Projeto de Pesquisa (PMCGF), 2009, 41 p.
- HUQ, S.; KOVATS, S.; REID, H.; SATTERTHWAITTE, D. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. **Environment & Urbanization**, London, v. 19, n. 1, 2007.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 2010.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II – **Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Crown: United Kingdom, 2007.
- KRON, W. Coasts: The riskiest places on Earth. In: **Proceedings of the 31st International Conference**, v.1, Hamburg, Germany, Coastal Engineering, 2008.
- LOPES, E.S.S.; RIEDEL, P.S.; BENTZ, FERREIRA, M.V.; NALETO, J.L.C. Inventário de escorregamentos naturais em banco de dados geográfico – análise dos fatores condicionantes na região da Serra de Cubatão – SP. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis Anais...INPE, 2007, p. 2785-2796.
- MARANDOLA JR., E. **Tangenciando a vulnerabilidade**. In: D.J. HOGAN E e. MARANDOLA JR. (Orgs.). *População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais*. Campinas: NEPO/UNICAMP. Brasília: UNFPA, p. 29-52, 2009.
- MORAN, E.F. **Interações Homem-Ambiente em Ecossistemas Florestais: uma Introdução**. In: *Ecossistemas Florestais: interação homem-ambiente*. (Orgs) E. Ostrom e E.F. Moran. Editora Senac: São Paulo, 2009.
- MCGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. **Environment & Urbanization**. v. 19, n.1, p. 17–37, 2007.
- OGURA, A.T.; SILVA, F.C.; VIEIRA, A.J.N.L. Zoneamento de risco de escorregamento das encostas ocupadas por vilas operárias como subsídio à elaboração do plano de gerenciamento de áreas de risco da estância climática

de Campos do Jordão/SP. *In: Simpósio Brasileiro de desastres naturais*, n.1, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 44-58. (CD-ROM)

SANTOS, W.; VIEIRA, B. C. Influência de fatores topográficos na distribuição de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar, Cubatão (SP). *In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2009, Viçosa, MG. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa, MG: UFV, 2009.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Índice Paulista de Vulnerabilidade Social*. Espaços e dimensões da pobreza nos municípios do Estado de São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/web/ipvs/index_ipvs.htm>.