

Riscos geotécnicos e vulnerabilidades: aplicação de grade regular para representação espacial da população na zona costeira

Allan Yu Iwama^{1,5}
Maria do Carmo Dias Bueno^{2,4}
Álvaro de Oliveira D'Antona^{3,4}
Mateus Batistella^{1,5}

¹ Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPAM/UNICAMP
Rua dos Flamboyants, 155 - Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP 13083-867, Campinas, SP. allan.iwama@gmail.com

² Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Rua General Canabarro, 706, Maracanã – CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ.
bueno.mariadocarmo@gmail.com

³ Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/UNICAMP
Rua Pedro Zaccharia, 1300, Cidade Universitária – CEP 13484350, Limeira, SP.
alvaro.dantona@fca.unicamp.br

⁴ Núcleo de Estudos de População – NEPO/UNICAMP
Rua Albert Einstein, 1300, Cidade Universitária – CEP 13083-852, Campinas, SP.

⁵ Embrapa Monitoramento Por Satélite – CNPM/EMBRAPA
Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão – CEP 13070-115, Campinas, SP.
mateus.batistella@embrapa.br

Abstract. This paper analyzes risks and vulnerabilities in the context of climate change, based on regular grids and Census data, besides the digital maps of geological risks. The results indicate: (1) the spatial distribution of older people closer to coastal and beach areas; (2) people with low income are located in areas with high geological and hidrological risks; (3) the correlation between income distribution and vulnerability to climate changes suggests further studies; (4) the integration of grid census data associated with other social and environmental information may be a viable option for the analysis of vulnerability in climate change studies.

Palavras-chave: risk, vulnerability, climate change, grid census.

1. Introdução

Considerando o contexto de riscos e vulnerabilidades (UNISDR, 2004; 2013; BRASIL/PNPDC, 2012; IPCC, 2012) e de mudanças climáticas (BRASIL/PNMC, 2009; IPCC, 2007; 2014) no âmbito da gestão ou de políticas públicas, caracterizar as situações de riscos e vulnerabilidades nas zonas costeiras tem sido fundamental para as agendas científicas relacionadas à temática das dimensões humanas das mudanças climáticas e ambientais. Nesse sentido que esse trabalho buscou, mais do que caracterizar essas situações, identificar possíveis padrões no perfil socioeconômico da população que influenciam sua situação de vulnerabilidade, trazendo também ao debate uma reflexão sobre as limitações dos métodos propostos para a análise da vulnerabilidade, que muitas vezes (ou quase sempre), é apenas tangencial (MARANDOLA Jr., 2009).

Por meio de uma análise geoespacial, buscou-se identificar quais são os principais elementos indicativos de vulnerabilidade na zona costeira de São Paulo, por meio da integração de dois conjuntos de dados organizados em um Sistema de Informações

Geográficas (SIG): riscos geotécnicos sobrepostos em uma grade regular de células de tamanho de 250 m para as áreas urbanas e de 1000 m para áreas rurais (proposta por BUENO, 2014 – em prep.; BUENO; DAGNINO, 2011). As variáveis do meio físico consistiram em: (a) riscos geotécnicos associados com processos geológicos e hidrológicos – escorregamentos, inundação e recalques ou subsidência do solo; (b) declividade; (c) altitude e modelo digital de elevação e variáveis. As variáveis sociodemográficas foram: (d) número de pessoas (moradores); (e) gênero (pessoas responsáveis pelo domicílio de sexo masculino e feminino); (f) renda; (g) idade; (h) raça ou cor e (i) alfabetização, todas agregadas por grades regulares ou células como unidade de análise.

2. Área de estudo: a zona costeira paulista

Segundo o Instituto Pólis (POLIS, 2012a,b), o litoral paulista tem experimentado grandes transformações nas últimas décadas, com processos de urbanização muitas vezes desordenados, que, muitas vezes têm impactado a região. Há uma tendência cada vez maior das pessoas procurarem o litoral como lugar de moradia ou lazer, sobretudo no contexto ou na perspectiva da instalação e ampliação de grandes empreendimentos de infraestrutura na região.

Dada a importância da zona costeira para o desenvolvimento regional e nacional do Brasil (portos marítimos para transportes de cargas e produtos, o pré-sal como perspectiva de exploração de petróleo e gás – CARMO et al., 2012; TEIXEIRA, 2013) e, ao mesmo tempo, uma região com importante relevância ambiental e geológica, com diversas áreas protegidas, selecionou para a área de estudo a zona costeira de São Paulo, dividida em três regiões segundo os limites das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHi's): Litoral Norte (UGRHi-3), Região Metropolitana da Baixada Santista (UGRHi-7) e Litoral Sul (porção da UGRHi-11, correspondente ao complexo estuarino-lagunar) – **Figura 1**.

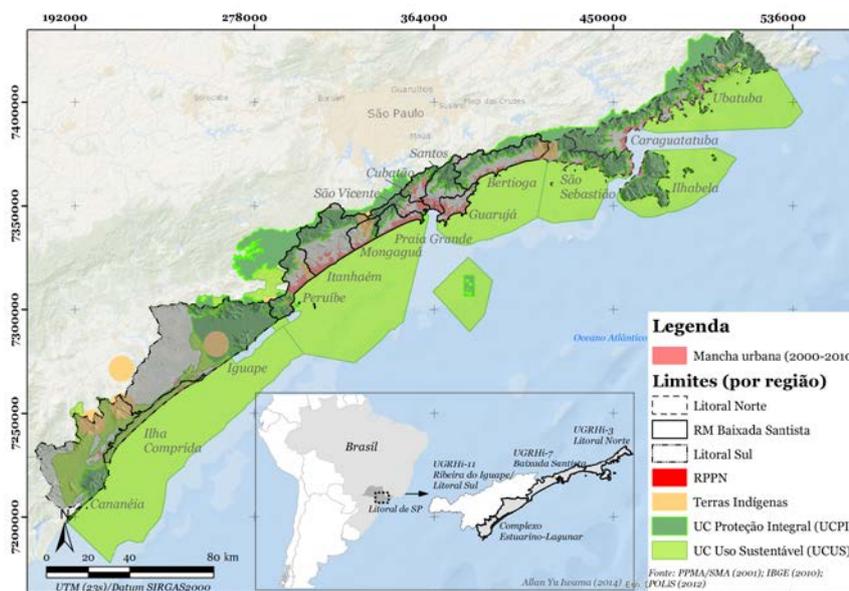


Fig. 1. Área de estudo – zona costeira do estado de São Paulo por regiões: UGRHi-3 – Litoral Norte (Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba), UGRHi-7 – Baixada Santista ou região metropolitana de Santos (Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Santos e São Vicente) e UGRHi-11 – porção do Litoral Sul (Cananéia, Iguape e Ilha Comprida).

3. Metodologia

3.1. Organização de dados espaciais do meio físico

Para analisar a distribuição espacial de dados do meio físico, foram utilizados mapas digitais de riscos geotécnicos (IPT, 1994) – perigos de escorregamentos, inundação, recalques e/ou subsidência do solo, associados com mapas de altimetria (Modelo Digital de Elevação) e mapa de declividade (IBGE, 2011, a partir de curvas de nível em escala 1:50.000).

3.2. Dados censitários utilizando grades regulares

Para a análise de dados sociodemográficos, foi feita uma operação baseada em microdados identificados do universo do Censo Demográfico 2010 e no Cadastro de Endereços para Fins Estatísticos e na Base Territorial, juntamente com uma grade regular – células de 1 km (~ 37 segundos de grau) nas áreas rurais e de 250 m nas áreas urbanas – que considerou a confidencialidade das informações da pesquisa do Censo Demográfico (as informações sociodemográficas foram representadas apenas em células com > 5 domicílios, com exceção da variável número populacional).

A geração dos polígonos da grade foi feita em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com a utilização de operações de intersecção espacial entre as variáveis contidas em setores censitários e as grades regulares, disponíveis em programas que manipulam dados espaciais.

As variáveis sociodemográficas utilizadas por células foram: (i) número de pessoas (moradores); (ii) gênero (pessoas responsáveis pelo domicílio de sexo masculino e feminino); (iii) renda; (iv) idade; (v) raça ou cor e (vi) alfabetização, todas agregadas por grades regulares ou células como unidade de análise.

3.3. Distribuição de variáveis sociodemográficas em áreas de riscos geotécnicos

Para analisar a distribuição espacial de variáveis sociodemográficas em relação aos perigos ou riscos geotécnicos, foi feita uma operação de intersecção entre o plano de informação das grades (células) que continham > do que cinco domicílios e o plano de informação de riscos associados aos processos do meio físico: escorregamentos e/ou erosões, inundações e recalques ou subsidência do solo associados com movimentos de marés. O resultado da intersecção permitiu analisar alguns padrões da população ou domicílios em situação vulnerabilidade social e de riscos geotécnicos, segundo a grade regular (célula).

4. Resultados e discussão

Observa-se que a concentração da população ocorre, principalmente, nas zonas centrais das regiões das UGRHI's, sendo Santos e São Vicente (UGRHi-7) os municípios com maior concentração de moradores, sobretudo nas proximidades do canal do Porto (em algumas áreas com mais do que 1000 moradores por célula de 250x250m). Em menores proporções de concentração, mais ainda em zonas centrais, observa-se também a concentração populacional nas regiões centrais das UGRHi-3 (500 --| 1000 moradores por célula) e UGRHi-11 – porção do Litoral Sul (250 --| 500 --| 1000 moradores por célula) – **Figura 2**.

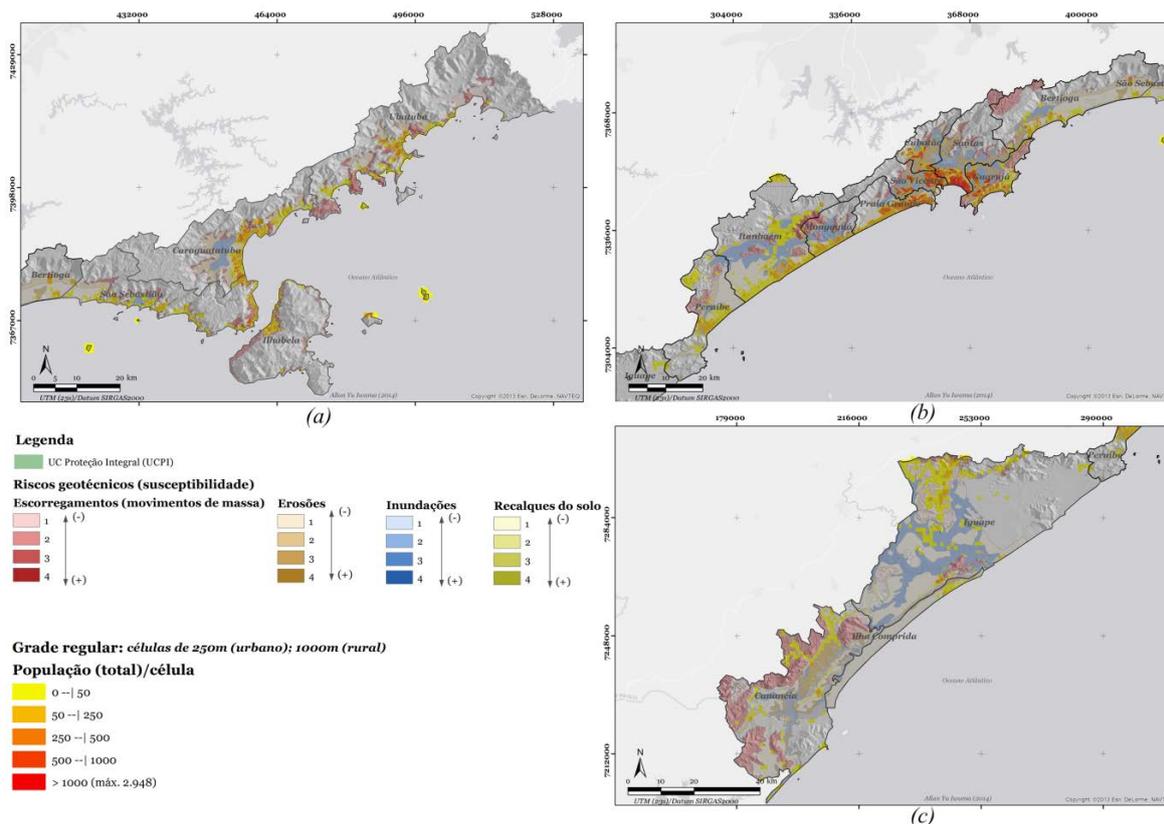


Fig. 2. Distribuição de riscos geotécnicos em grades regulares (250x250m – urbano e 1000x1000m – rural), segundo o número de pessoas: (a) UGRHi-3 – Litoral Norte, (b) UGRHi-7 –Baixada Santista [Região Metropolitana de Santos] e (c) UGRHi-11 – na porção do Litoral Sul [Complexo estuarino-lagunar].

O padrão de distribuição da população em zonas centrais, também reflete (de certo modo) a procura por locais com maior oferta de emprego, de infraestrutura ou serviços em geral e de saúde (postos de apoio, hospitais). De modo geral, essas características influem também distribuição da população em situações de vulnerabilidade social: nas áreas centrais e mais próximas dessas condições mencionadas, pode-se apontar para um perfil de pessoas ou famílias de idade entre 15-59 anos, com maior renda domiciliar e escolaridade, caracterizando, por um lado, uma distribuição da população de **menor vulnerabilidade social**; nas áreas mais distantes do mar, entre as planícies e encostas, pode-se observar a população ou domicílios de **maior vulnerabilidade social** (população menos servida ou favorecida dos serviços básicos, maior proporção de jovens ou mulheres como responsáveis do domicílio).

O cruzamento entre os planos de informação da grade regular com dados sociodemográficos e de riscos geotécnicos possibilitou verificar alguns possíveis padrões que devem ser investigados com maior profundidade: **(1) a distribuição espacial de pessoas idosas em áreas centrais e mais próximas à orla da praia** frente aos cenários de perigos ou riscos associados com a elevação do nível do mar, sobretudo se considerar o cenário atual de tendência cada vez maior do peso proporcional da população mais envelhecida na estrutura etária no Brasil e na zona costeira paulista (CAMARANO; KANSO, 2009; CARMO et al., 2012). Por outro lado, **a concentração de pessoas crianças e adolescentes (0 a 14 anos) parece demonstrar uma a distribuição espacial oposta a de idosos, apontando para áreas centrais também, mas em zonas nas proximidades de encostas.** Essas situações trazem perspectivas mais abrangentes para a análise da vulnerabilidade nas zonas costeiras brasileiras – **Figura 3.**

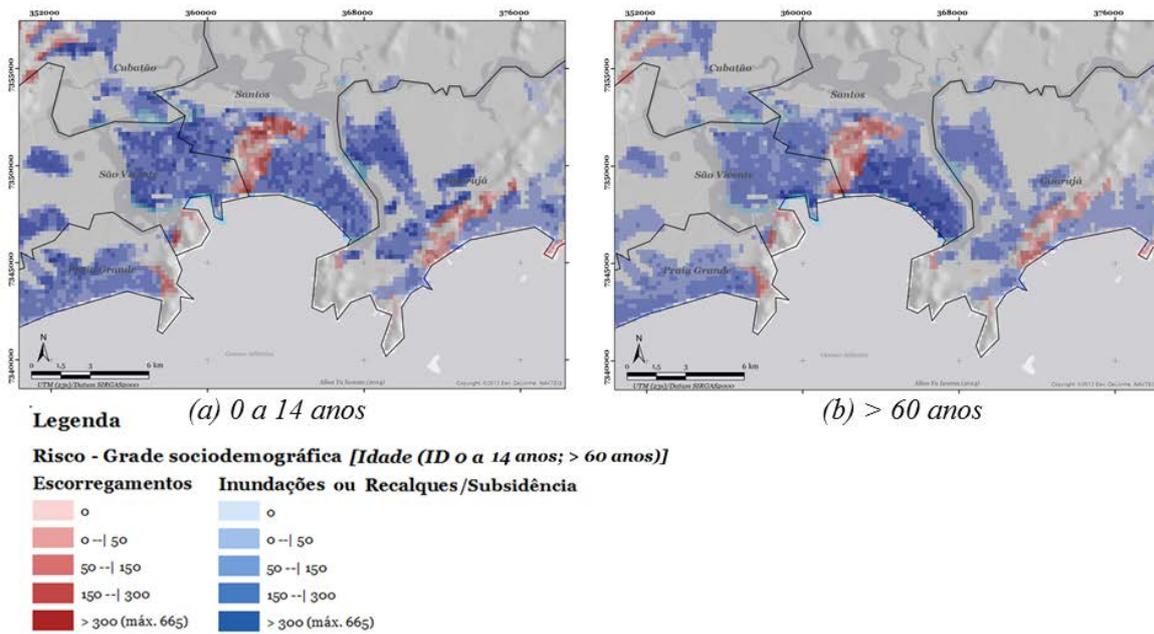


Fig. 3. UGRHi-7 – Baixada Santista. Distribuição da população pela grade regular em áreas de riscos geotécnicos segundo a variável idade (a) entre 0 a 14 anos e (b) > 60 anos na zona central de Santos, São Vicente, Praia Grande, parte de Guarujá e Cubatão.

(2) no geral, continua-se a verificar a distribuição de pessoas ou domicílios com menor renda, jovens ou idosos – situação de vulnerabilidade social ampliada, por assim dizer – ocupando as encostas mais susceptíveis a escorregamentos ou áreas com maior instabilidade geológica, áreas nas proximidades de cursos de água ou ambientalmente protegidas – **Figura 4.**

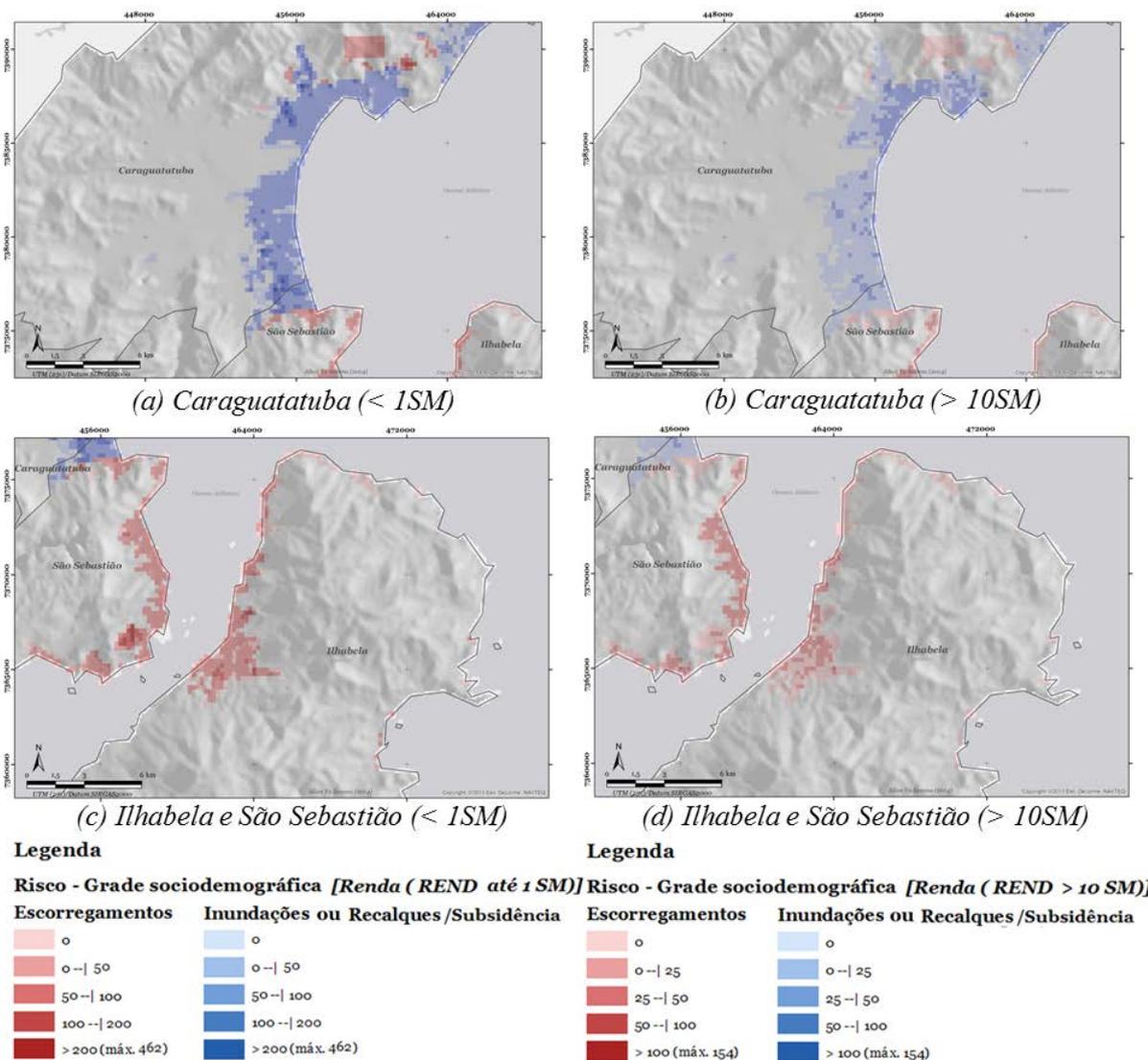


Fig. 4. UGRHi-3 – Litoral Norte. Distribuição da população pela grade regular em áreas de riscos geotécnicos na segundo a variável renda domiciliar em: **zona centro-sul de Caraguatatuba** (a) < 1 salário mínimo (SM) e (b) > 10 SM; e **zona centro-norte de Ilhabela e de São Sebastião** (c) < 1 salário mínimo (SM) e (d) > 10 SM.

Outros aspectos que devem explorados para um maior detalhamento da análise da vulnerabilidade em trabalhos futuros: (3) **aspectos sobre raça e cor e vulnerabilidade às mudanças climáticas ainda têm sido pouco explorados no Brasil**, mas também surge como importante tema de análise, sobretudo pela segregação social existente que carrega, até certa medida, um histórico de segregação também de raças – **Figura 5**. Estudos mais detalhados podem, inclusive, qualificar e/ou desmitificar essa noção/pré-conceito.

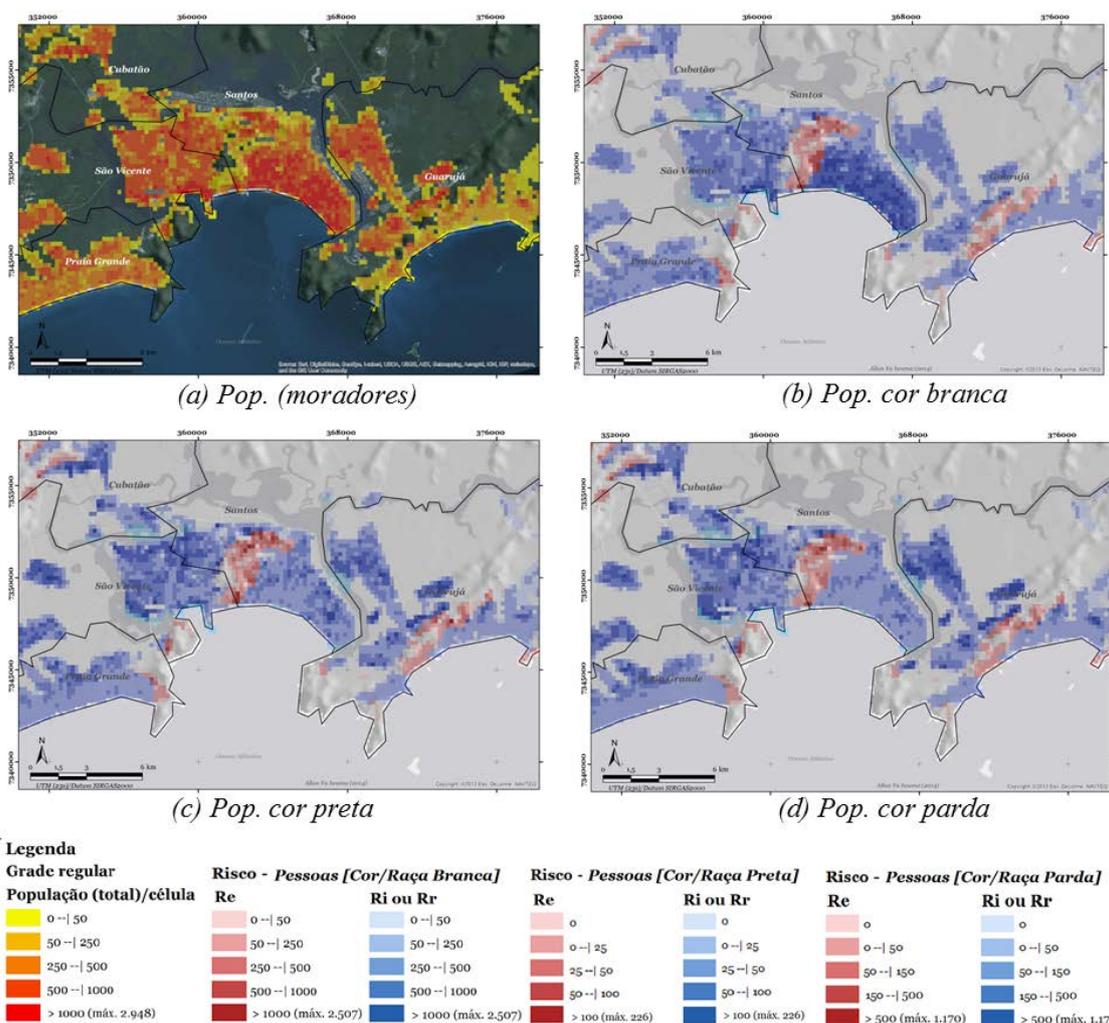


Fig. 5. UGRHi-7 – Baixada Santista. Distribuição da população (a) total em células ou grades regulares nas áreas centrais de Santos, São Vicente, Guarujá e parte de Cubatão. Distribuição de pessoas em áreas de riscos geotécnicos [Re – escorregamentos; Ri ou Rr – inundações ou recalques do solo] segundo a raça/cor (b) branca, (c) preta e (d) parda.

5. Conclusões

A proposta deste trabalho foi aplicar uma abordagem usando grades regulares dos microdados (sociodemográficos) do Censo do IBGE, baseada em um trabalho de Bueno (2014, em prep.), a fim de comparar no futuro as vantagens desse método de agregação em relação ao atualmente utilizado pelo IBGE, em setores censitários. Mesmo não tendo sido objetivo fazer a comparação, trabalhos já tem demonstrado as vantagens e aplicações em utilizar as grades regulares ou células em relação aos setores, sobretudo quando a análise utilizada dados ambientais ou provenientes de sensoriamento remoto (BUENO, 2014 – em prep.; BUENO; DAGNINO, 2011; BUENO; D’ANTONA, 2014).

Os resultados apresentados permitiram distribuir espacialmente algumas variáveis do Censo para oferecer subsídios para uma análise da vulnerabilidade da população ou domicílios em áreas de riscos geotécnicos, indicando alguns aspectos relevantes que devem ser explorados em futuras análises, sobretudo considerando os efeitos da transição demográfica, com transformações na estrutura etária e evolução do processo de envelhecimento da população para os próximos anos: (i) a distribuição de pessoas jovens ou crianças e de idosos – o primeiro grupo em áreas susceptíveis a movimentos de massa e o segundo grupo em áreas de potenciais perigos associados com a proximidade da linha costeira

ou em planícies litorâneas – erosões costeiras, ressacas do mar, recalques ou subsidências do solo e inundações; (ii) a distribuição de pessoas segundo o gênero – mulheres ocupando cada vez mais espaço no mercado de trabalho e (iii) a distribuição de pessoas segundo a raça/cor, que algumas vezes coincidiram com algumas características de renda domiciliar na Baixada Santista. Além disso, a análise de populações indígenas ou de comunidades tradicionais em geral exige um olhar diferenciado e aprofundado, uma vez que são grupos com maior vínculo ao lugar de onde vivem e que podem influenciar nas estratégias de adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas.

O que pôde-se observar é que em áreas mais densamente ocupadas - como a UGRHi-3 - Baixada Santista -, esses aspectos mencionados ficam mais evidentes, ao contrário quando se compara com regiões menos adensadas (como é o caso do Litoral Sul). Essa observação indica que, cada vez mais, se faz necessário utilizar métodos ou abordagens diferenciadas para se analisar regiões de ocupação difusa (espalhada) ou áreas rurais, a fim de qualificar e contextualizar melhor os fenômenos analisados.

Para finalizar, salientamos que a abordagem com grades regulares/células para agregação de dados brutos (microdados) pode ser uma importante ferramenta de análise da vulnerabilidade em estudos ambientais ou associados às mudanças climáticas.

Agradecimentos

Ao apoio da FAPESP (2010/18501-8; 2008/58159-7). Às contribuições de Fabiana Barbi e Francine Modesto.

Referências

- BRASIL – **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC...dá outras providências, 2012.
- BUENO, M.C.D.; DAGNINO, R. **População em Unidades de Conservação da Amazônia Legal: estimativas a partir da Contagem Populacional 2007**. In: D'ANTONA, A.O.; CARMO, R. L. (Org.). Dinâmicas demográficas e ambiente. Campinas: NEPO/Unicamp, 2011, p. 85-103.
- BUENO, M.C.D.; D'ANTONA, A.O. Avaliação de métodos de desagregação para geração de grades de população. **Revista Espinhaço**, v.3, n.1, p.127-137, 2014.
- BUENO, M.C.D. **Grade estatística: avanços nos estudos de população**. Tese (Doutorado em Demografia). NEPO/IFCH/UNICAMP, 2014 (em prep.).
- CARMO, R.L.; MARQUES, C.A.; MIRANDA, Z.A.I. Dinâmica demográfica, economia e ambiente na zona costeira de São Paulo. **Textos NEPO 63** - NEPO/Unicamp, 2012. 110p.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007**. Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007, 104 p.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge University Press, , 2012, 582 p.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Cambridge University Press, p. 1-32, 2014.
- MARANDOLA Jr., E. **Tangenciando a vulnerabilidade**. In: D.J. HOGAN; E. MARANDOLA Jr. (Orgs.). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: Núcleo de Estudos de População (NEPO/UNICAMP). Brasília: UNFPA, p. 29-52, 2009.
- TEIXEIRA, L.R. **Megaprojetos no litoral norte paulista: o papel dos grandes empreendimentos de infraestrutura na transformação regional**. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade). Campinas: NEPAM-IFCH, 2013.
- UNISDR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Vol. II – Annexes. Geneva: UNISDR, 2004.
- UNISDR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction** (2013). Geneva, Switzerland: UNISDR, 2013.