



Revista de Gestão Costeira Integrada -
Journal of Integrated Coastal Zone
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos
Hídricos

Nicolodi, João Luiz; Petermann, Rafael Mueller
Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos
ambientais, sociais e tecnológicos
Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,
vol. 10, núm. 2, 2010, pp. 151-177
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340129001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos *

Climate Changes and Vulnerability of the Brazilian Coastal Zone in its Environmental, Social, and Technological Aspects

João Luiz Nicolodi @,¹ & Rafael Mueller Petermann ²

RESUMO

A resposta das sociedades frente ao que se convencionou chamar Mudanças Climáticas é um dos grandes desafios a serem enfrentados pela humanidade no Século XXI. Seu potencial para causar impactos econômicos e sociais é considerável, com efeito direto na qualidade de vida das populações costeiras. Este desafio somente poderá ser enfrentado a partir de ações integradas entre os diversos setores da sociedade e fundamentado no conhecimento profundo dos cenários atuais e previstos. O presente artigo apresenta uma contribuição a este conhecimento, definindo o grau de vulnerabilidade da zona costeira brasileira (em escala da União), com base em uma combinação de critérios ambientais, sociais e tecnológicos, definidos quando da publicação do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha por parte do Ministério do Meio Ambiente em 2008. Regiões de baixa altitude, densamente povoadas, socialmente carentes e com intrincadas redes tecnológicas são as mais vulneráveis e que demandam prioridade de ação integrada por parte dos tomadores de decisão. Ao longo de todo o país diversas áreas foram classificadas com grau alto ou muito alto de vulnerabilidade, com destaque para as regiões metropolitanas de Belém, capitais dos estados da região nordeste, Rio de Janeiro e Santos.

Palavras Chave: Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade, Zona Costeira do Brasil.

ABSTRACT

Climate change caused by human action can be considered a major challenge facing human kind in the 21st century. Its potential to cause economic and social impacts is considerable, as it directly affects standards of living of coastal populations. This challenge can only be overcome

@ Autor correspondente: jlnicolodi@yahoo.com.br

¹ Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Instituto de Oceanografia, LOG - Laboratório de Oceanografia Geológica, Av. Itália, km 8 S/N. Campus Carreiro, Rio Grande, RS, Brasil, CEP 96201-900.

² DATAGEO, Rua Valdevino V. Cordeiro, 302, apto.102, Ressaca, Itajaí, SC, Brasil, CEP: 88307-370, email: rafael@datageo.net

through integrated actions taken by various sectors of society and supported by a deep knowledge of current and expected scenarios. This paper is a contribution to this knowledge, as it defines the vulnerability level of the Brazilian coastal zone based on a combination of environmental, social, and technological standards set forth in Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha (Macrodiagnosis of the Coastal and Marine Zone) by the Ministry of the Environment in 2008. Low-lying, densely populated, socially underprivileged regions with intricate technological networks are the most vulnerable and require a prioritized integrated action from policymakers. Throughout the entire country, several areas were rated as vulnerable or highly vulnerable, particularly the metropolitan regions of Belém (PA), capitals of the states of northeast region, Rio de Janeiro, and Santos.

Keywords: Climate Changes, Vulnerability, Brazilian Coastal Zone.

1. INTRODUÇÃO

A UNESCO, por meio da Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), vem concentrando esforços na definição de metodologias que possam auxiliar seus Estados Membros na complexa tarefa de identificação dos riscos inerentes às mudanças do clima em zonas costeiras e planejamento das ações de adaptação e mitigação de seus efeitos indesejáveis.

Tal incumbência ganhou prioridade entre as ações da COI após o desastroso dezembro de 2004, quando um Tsunami afetou diversos países ao redor do Oceano Índico. A COI, em conjunto com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), desenvolveu o embrião de um Sistema de Alerta “Multi-risco” que possa orientar os governos em suas tomadas de decisões, principalmente no âmbito do gerenciamento costeiro integrado (IOC, 2009).

Embora existam iniciativas promissoras no âmbito acadêmico³, no Brasil os esforços para a construção de um arcabouço técnico e institucional que possa fazer frente ao desafio das mudanças climáticas ainda é incipiente. Um recente estudo realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU), denominado “Auditorias de natureza operacional sobre políticas públicas e mudanças climáticas”, identificou que o país não possui um estudo da vulnerabilidade da costa brasileira frente aos impactos decorrentes das mudanças climáticas em escala nacional (TCU, 2009).

O TCU ressalta que, entre os poucos estudos de vulnerabilidade à mudanças climáticas da costa existentes no país⁴, destaca-se o Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha (MDZCM), instrumento previsto pela Lei 7661/88 que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2008. Outros instrumentos previstos na legislação ambiental⁵, como as Cartas de Sensibilidade ao Óleo (CARTAS SAO), também trazem em seu escopo a definição de áreas vulneráveis, mas com a ressalva de se tratar de um instrumento com objetivo específico de auxiliar na contingência de acidentes com óleo, onde a vulnerabilidade está muito mais relacionada à parâmetros geomorfológicos associados ao comportamento do óleo.

No MDZCM foram diagnosticados os principais vetores incidentes na Zona Costeira e Marinha, com destaque para as mudanças na política energética que implicaram em um considerável incremento nas atividades de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo nessa porção do território, sobretudo a partir da quebra do regime de monopólio estatal. As dimensões atuais e potenciais da atividade urbano-industrial e sua interação com as demais atividades, foram também objeto deste diagnóstico, o qual fez uso de informações sobre infra-estrutura, esgotamento doméstico e industrial, presença de cargas tóxicas nos municípios costeiros, entre outros,

3 Atualmente no Brasil existem CEPED (Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastre) em vários estados.

4 O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia publicou em 2008 o estudo ‘Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira’, sob responsabilidade de Neves, C. F. & Muehe, D.

5 Lei Nº 9.966/2000 e Decreto Nº 4871/2003.

sendo as fontes discriminadas por tipo de corpos receptores (estuários, baías, praias etc.).

Por meio da combinação entre uma ampla gama de informações, foram gerados índices de riscos à qualidade do meio ambiente e, por consequência, à qualidade de vida da população residente na zona costeira e marinha. Desta forma foram identificados os locais com potencial de risco a inundações, risco social e risco tecnológico (Nicolodi & Zamboni, 2008).

O objetivo do presente artigo é determinar, com base nos dados gerados pelo MDZCM, as regiões de maior vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas na zona costeira do Brasil, fornecendo subsídios para uma completa avaliação da vulnerabilidade no país, contribuindo assim para sanar as lacunas identificadas pelo TCU.

1.1 Análise de vulnerabilidade e o conceito de risco ambiental

O conceito de risco está associado a um acontecimento que pode ou não realizar-se. Contudo, a existência de risco só se constitui quando há valoração de algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa. Portanto, não se pode pensar em risco sem considerar alguém que corre risco, ou neste caso, a sociedade.

A noção de “possibilidade de perdas”, intrínseca ao risco, possui uma dimensão espacial que pode ser desdobrada em vários aspectos. No que diz respeito à localização fica evidente a vinculação com as cidades, ou mais precisamente, os centros urbanos. Isto se deve ao fato de constituírem o *locus* da produção e reprodução de processos produtivos e de um modo de vida que propicia a concentração da população, estimula a produção industrial, as relações comerciais e prestações de serviços (Castro *et al.* 2005).

Neste sentido, a avaliação de risco se baseia na relação entre confiabilidade e criticidade de sistemas complexos, onde o comportamento dinâmico de inúmeras variáveis deve ser capturado em um seletivo conjunto de indicadores capaz de monitorar as interações que se processam, na realidade, em distintos períodos de tempo, isto é, a curto, médio e longo prazo (Egler, 2005).

A análise de risco ambiental deve ser vista como

um indicador dinâmico das relações entre os sistemas naturais, a estrutura produtiva e as condições sociais de reprodução humana em um determinado lugar e momento. Neste sentido, é importante que se considere o conceito de risco ambiental como a resultante de três categorias básicas:

- a) **Risco natural:** relacionado a processos e eventos de origem natural ou induzida por atividades humanas. A natureza destes processos é bastante diversa nas escalas temporal e espacial, por isso o risco natural pode se apresentar com diferentes graus de perdas, em função da intensidade (magnitude), da abrangência espacial e do tempo de atividade dos processos considerados.
- b) **Risco tecnológico:** circunscreve-se no âmbito dos processos produtivos e da atividade industrial. A noção de perigo tecnológico surge principalmente da tecnologia industrial, a partir de falhas internas, ao contrário dos perigos naturais, percebidos como uma ameaça externa (Castro *et al.* 2005).
- c) **Risco social:** categoria que pode ser analisada e desenvolvida por óticas distintas. Para este trabalho, adota-se o viés proposto por Egler (1996), onde o risco social é visto como resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. Sua manifestação mais aparente está nas condições de habitabilidade, expressa no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada e saneamento (esgotamento de resíduos e coleta de lixo).

Considerando estas três dimensões básicas para a construção de uma concepção abrangente de risco ambiental, a elaboração de uma metodologia para sua avaliação deve fundamentar-se em três critérios básicos (Egler, *op. cit.*):

- a) a vulnerabilidade dos sistemas naturais, compreendida como o patamar entre a estabilidade dos processos biofísicos e situações instáveis onde existem perdas substantivas de produtividade primária;
- b) a densidade e o potencial de expansão da estrutura produtiva, que procura expressar os fluxos e os fluxos econômicos em uma determinada porção do território em uma concepção dinâmica;

- c) o grau de criticidade das condições de habitabilidade, vista como a defasagem entre as atuais condições de vida e àquelas consideradas mínimas para o pleno desenvolvimento humano.

Tais definições estão em consonância com a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), órgão vinculado à UNESCO, que define vulnerabilidade costeira como o estado das comunidades costeiras (incluindo sua estrutura social, ativos físicos, economia e suporte ambiental) que fazem com que as mesmas sejam mais ou menos afetadas por eventos extremos (IOC, 2009).

Como forma de refinar este tipo de análise a Comissão Oceanografia Intergovernamental (COI) sugere a aplicação de metodologias que integrem as variáveis inseridas nos principais tipos de riscos relacionados às mudanças climáticas (tabela 1).

A mesma Comissão determina ainda que as análises de vulnerabilidade sejam realizadas em diferentes escalas (macro à micro) dependendo do enfoque que será dado pelos programas nacionais de gerenciamento costeiro integrado.

No caso deste trabalho as análises serão desenvolvidas em nível municipal, compatibilizando as informações existentes na base do

Macrodiagnóstico e a saída gráfica se dará em macro escala, definindo a vulnerabilidade para a costa brasileira por regiões, fornecendo assim subsídios para o planejamento de ações de mitigação e adaptação das mesmas.

2. METODOLOGIA

Segundo a metodologia proposta pela COI (2009), cinco etapas são necessárias para a elaboração de planos nacionais e regionais de adaptação a mudanças climáticas: 1) Identificação e quantificação de riscos; 2) Mensuração da vulnerabilidade; 3) Avaliação de riscos; 4) Sensibilização da sociedade; 5) Mitigação. O presente estudo trata dos passos 1 e 2, que são a base do conhecimento necessário para a definição das demais etapas.

Para a confecção do mapa síntese de vulnerabilidade da zona costeira do Brasil foram utilizadas as informações geradas no MDZCM (Nicolodi & Zamboni, 2008) no que se refere ao risco natural, risco social e risco tecnológico. Aos resultados de tais cruzamentos foram inseridas informações espaciais referentes à dinâmica populacional, geomorfologia, uso e ocupação da Zona Econômica

Tabela 1. Definição de riscos relacionados às mudanças do clima para zonas costeiras segundo a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (IOC, 2009).

Risco	Definição	
Riscos de rápido início	Tsunami	Série de ondas oceânicas geradas por deslocamento do fundo oceânico devido à terremotos, eventos vulcânicos ou grandes impactos de asteroides.
	Sobrelevação do nível do mar (<i>Storm surge</i>)	Elevação temporária no nível do mar causado por tempestades intensas associadas à baixas pressões e fortes ventos.
	Ondas geradas por ventos extremos	Casos de ondas extremas geradas por ventos locais ou de <i>offshore</i> .
Riscos cumulativos ou progressivos	Elevação do nível do mar	Elevação global do nível dos mares devido à expansão térmica dos oceanos e aumento do derretimento de geleiras.
	Erosão costeira	Perda de terras costeiras causada pela ação de ondas, marés, correntes. Interferências antrópicas podem potencializar esse processo.

Exclusiva (ZEE) e biodiversidade⁶. Em todos os casos foram utilizadas rotinas próprias de geoprocessamento mediante a utilização dos softwares IDRISI e ARCGIS9.⁷

As cartas de risco natural constituem-se em um produto direto da combinação de aspectos altimétricos⁸ com dados populacionais, acrescidos da avaliação dos graus de vulnerabilidade às inundações por eventos meteorológicos extremos, chuvas intensas e perspectivas de elevação do nível do mar.

As informações de altimetria foram modeladas em sistemas de informação geográfica⁹, constituindo-se em um modelo digital de terreno da zona costeira, ao qual foram incorporados os dados referentes à população residente por subdistrito, de acordo com a atualização populacional disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2006.

No refinamento dos cinco níveis de potencial de risco natural¹⁰ foram consideradas informações relativas à dinâmica costeira, através da utilização de técnicas estatísticas (média ponderada). Aos setores costeiros sob processos erosivos foram agregados valores, mostrando as regiões mais propensas à inundação, uma vez que os processos erosivos tendem a destruir barreiras naturais como restingas, dunas frontais, falésias, mangues etc. Por outro lado, os setores costeiros que apresentam uma situação de acréscimo de sedimentos e, conseqüentemente, progradação da linha de costa, subtraíram valor quando da determinação de faixas de risco (Muehe, 2006).

Na ponderação dos fatores, a combinação de regiões densamente povoadas, altitudes inferiores a

10 m e presença de erosão marinha foi considerada o indicador mais crítico para a vulnerabilidade ambiental costeira às inundações. O potencial de risco pôde, então, ser avaliado a partir do cruzamento dessas informações com os dados populacionais por subdistrito. Um exemplo de mapa de risco natural pode ver observado na figura 1.

Em relação à definição do risco social foi utilizado, como dado de fundo, o nível de renda em função da parcela da população que recebe até 3 (três) salários mínimos, tomando-se os resultados do censo 2000 do IBGE por distritos.

A classificação das áreas segundo o potencial de risco social¹¹ foi obtida a partir do cruzamento dos dados de renda com o número de domicílios carentes de coleta de lixo e sem serviços de esgotamento sanitário. Para esse fim, a classificação utilizada para o tipo de esgotamento sanitário do domicílio particular permanente considerou ‘carentes de saneamento básico’ domicílios cujo os efluentes são lançados em fossas rudimentares, valas, rios, lagos ou no mar. Já em relação ao destino dos resíduos sólidos, a classificação considerou ‘domicílios carentes de coleta de lixo’ aqueles onde a destinação do mesmo é a queima na propriedade, enterramento, disposição em terreno baldio ou logradouro e lançamento em rio, mar ou lago. Um exemplo de mapa de risco social pode ver observado na figura 2.

Em relação ao risco tecnológico, os dados utilizados são oriundos de fontes ditas tecnológicas, como por exemplo, unidades geradoras de energia e indústrias. A metodologia de construção das mesmas se deu em função do número de empregados nas indústrias, por município, em relação ao potencial

6 A inserção destas variáveis não se deu, necessariamente, nas análises em Sistemas de Informações Geográficas, mas, também, na análise descritiva dos resultados.

7 Tais rotinas incluem operações *booleanas* com mapas, análise de atributos em bancos de dados georreferenciados e avaliação com critérios múltiplos.

8 Os dados altimétricos são oriundos da SRTM-NASA, disponíveis no Serviço Geológico dos Estados Unidos.

9 Tal modelagem foi efetivada nos laboratórios do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) quando da elaboração do MDZCM.

10 São eles: muito alto, alto, moderado, baixo e muito baixo.

11 São eles: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto

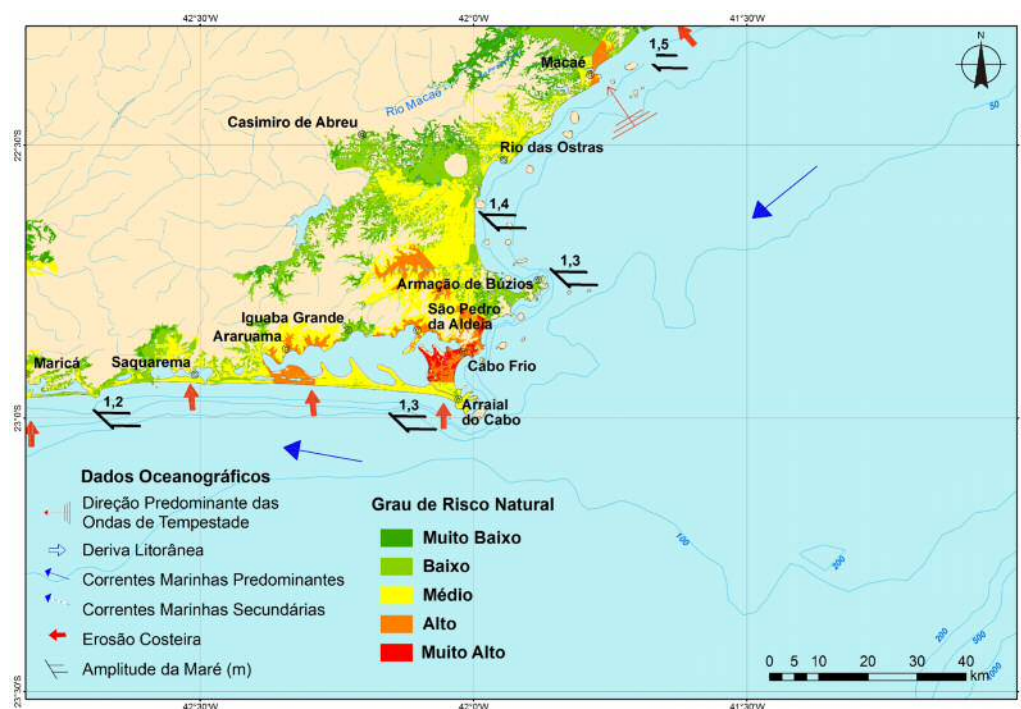


Figura 1. Exemplo de Carta de Risco Natural.

Figure 1. Example of a Natural Risk Map

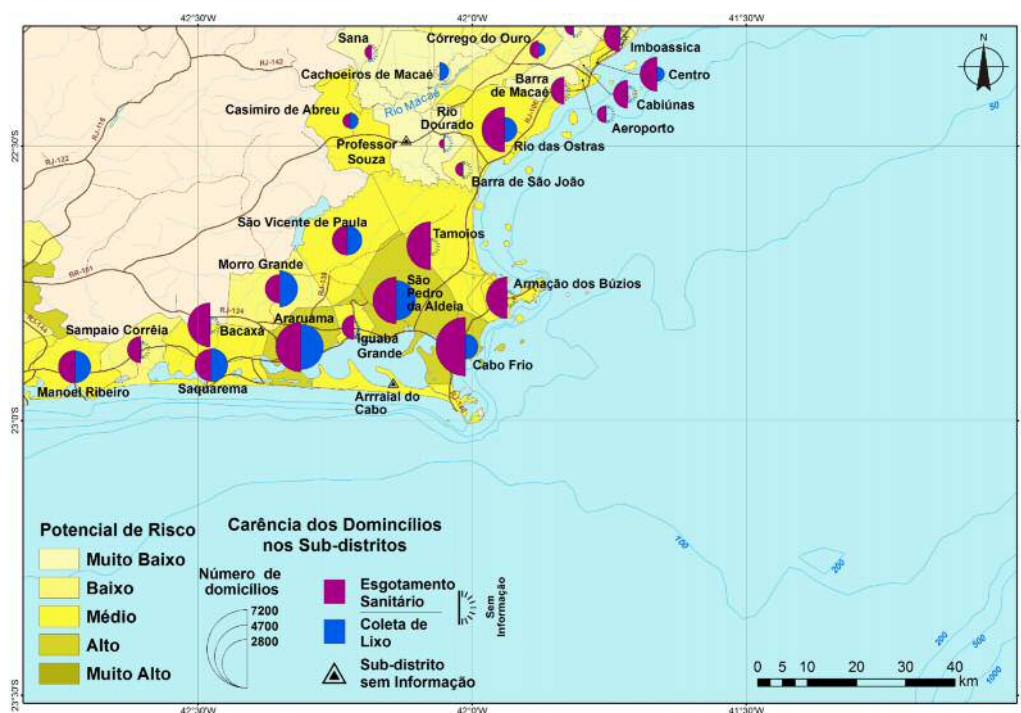


Figura 2. Exemplo de carta de Risco Social. O potencial de risco é apresentado em amarelo ao nível de subdistrito.

Figure 2. Example of a Social Risk Map. The risk potential is shown in yellow at subdistrict level.

poluidor do tipo de indústria. A definição de potencial poluidor seguiu a metodologia proposta pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) – Ministério do Trabalho (2002)¹².

Os dados obtidos do cruzamento dessas informações foram agrupados, em quatro intervalos de classes que representam os potenciais de risco tecnológicos (baixo, médio, alto e muito alto). Além disso, foram incluídas nas cartas a localização de termoeletricas, com distinção quanto ao combustível utilizado, atividades de produção e extração de gás natural e petróleo e instalações relacionadas à indústria petrolífera (dutos, refinarias, etc). O pano de fundo deste mapeamento é composto pelas informações acerca da estimativa da população por município em

2006, a qual confere uma noção de quantidade de pessoas potencialmente afetadas por um acidente que envolva risco tecnológico. Tal fator é associado às diversas fases da atividade produtiva, desde a extração de insumos até a circulação de produtos. Um exemplo de mapa de risco tecnológico pode ser observado na figura 3.

A definição da vulnerabilidade da costa brasileira se deu em cinco níveis hierárquicos, seguindo as mesmas classes definidas para os riscos social, tecnológico e à Inundação. Para as operações de cruzamento dos dados foram assim definidos valores relativos a estas classes: Muito Baixa \leq Baixa >1 e ≤ 2 ; Média >2 e ≤ 3 ; Alta >3 e ≤ 4 ; Muito alta >4 e ≤ 5 .

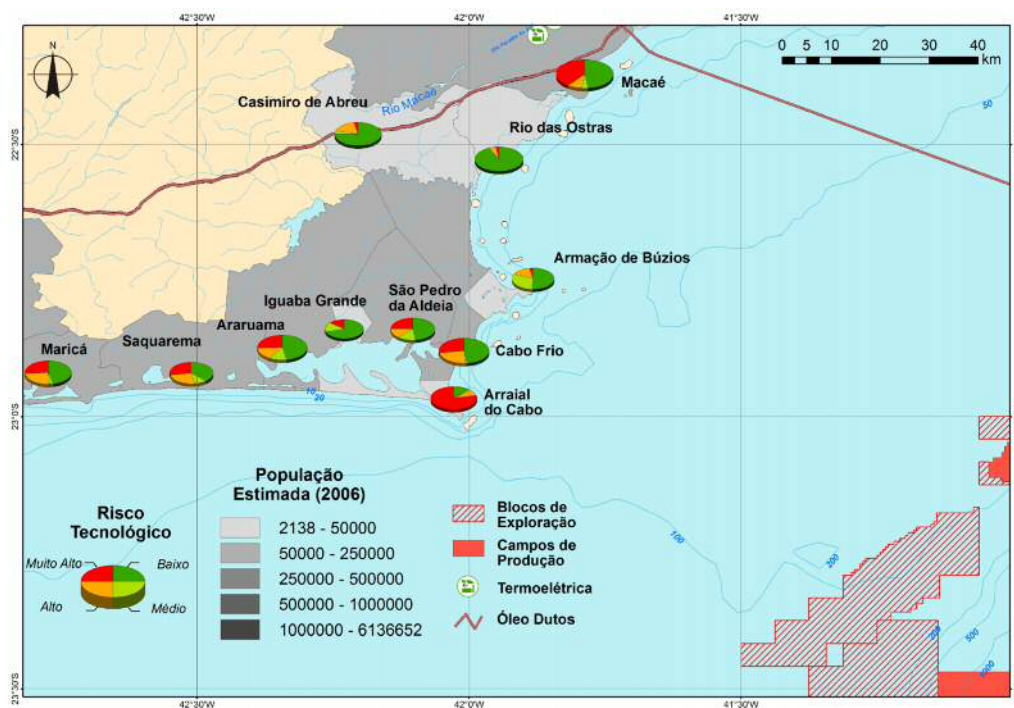


Figura 3. Exemplo de Carta de risco Tecnológico. O gráfico circular indica o potencial de risco para cada município. Como plano de fundo em cinza, a população municipal.

Figure 3. Example of a Technological Risk Map. The pie chart indicates the risk potential at each municipality. The town population appears as a gray background.

12 Tipos de indústrias por Potencial poluidor: (a) muito alto: Borracha, Fumo e Couros, Química, Extração Mineral, Minerais não Metálicos; (b) alto: Metalúrgica, Têxtil, Alimentos e Bebidas, Papel e Gráfica; (c) médio: Mecânica, Material de Transportes, Calçados, Madeira e Mobiliário; (d) baixo: Eletrônica e Comunicações, Construção Civil, Serviços de Utilidade Pública.

Ressalta-se que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA também efetua trabalhos com a temática de potencial poluidor da atividade industrial, principalmente no que se refere ao Cadastro Técnico Federal (<http://www.ibama.gov.br/cadastro/cadastro.htm>).

A primeira etapa consistiu na determinação de um índice de risco tecnológico único para os municípios. Este foi obtido através da média ponderada entre as classes de potencial de risco. Um exemplo do processo pode ser observado na Tabela 2.

Os resultados obtidos foram classificados em cinco intervalos, utilizando o algoritmo *Geometrical Interval*, disponível como função no ArcGIS. Neste esquema, os intervalos de classe baseiam-se em uma série geométrica. O coeficiente geométrico do classificador pode alterar uma vez (para o seu inverso) para otimizar os intervalos. O algoritmo cria esses intervalos geométricos, minimizando a soma dos quadrados dos elementos de cada classe.

Os dados de risco tecnológico reclassificados foram cruzados com os dados de risco social e natural. Para tanto, foram utilizadas expressões e sentenças similares as utilizadas na matemática para a descrição de operações *booleanas*. O modelo utilizado na

descrição das sentenças no SIG, envolveu a combinação lógica dos mapas vetoriais através de operadores condicionais, que deram o suporte à hipótese para qual a análise foi direcionada. O índice de vulnerabilidade obtido deste cruzamento foi estabelecido pela média simples entre os valores dos três tipos de Riscos envolvidos (Figura 4).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O litoral brasileiro, com 8.698 km de extensão e área aproximada de 514 mil km², constitui-se em um perene desafio à gestão em face da diversidade de situações existentes neste território¹³. São aproximadamente 300 municípios defrontantes com o mar, os quais têm, na faixa de praia, um espaço privilegiado para o desenvolvimento de atividades turísticas, lazer, pesca, entre outras. É nesse cenário dinâmico e de alta mobilidade, tanto física quanto socioeconômica, que residem aproximadamente 18%

Tabela 2: Exemplo do cálculo de média ponderada para as novas classes de Risco Tecnológico.

Município	Risco Muito Alto	Risco Alto	Risco Médio	Risco Baixo	Risco Final (média ponderada)
Araruama	3605	1536	4608	2614	3087,21
Armação de Búzios	60	192	576	310	244
Arraial do Cabo	3565	220	660	266	1515,5
Cabo Frio	4615	3324	9972	3234	5196,78
Casimiro de Abreu	230	828	2484	1744	1100,14
Iguaba Grande	90	4	12	156	58,14
Macaé	63535	13608	40824	32586	39982,21
Maricá	1335	1040	3120	934	1575,9
Rio das Ostras	275	452	1356	3432	1008,2
São Pedro da Aldeia	700	244	732	534	552,8
Squarema	565	440	1320	296	652,6
Risco final = ((risco muito alto*5)+(risco alto*4)+(risco médio*3)+(risco baixo*2))/(5+4+3+2)					

13 Valor de extensão que considera os recortes litorâneos como baías, reentrâncias etc. Da área de 514 mil km², cerca de 450 mil km² correspondem ao território de 395 municípios, distribuídos em 17 estados costeiros, incluídos aqui a superfície das águas interiores, sendo que o restante refere-se ao Mar Territorial (MDZCM, 2008).

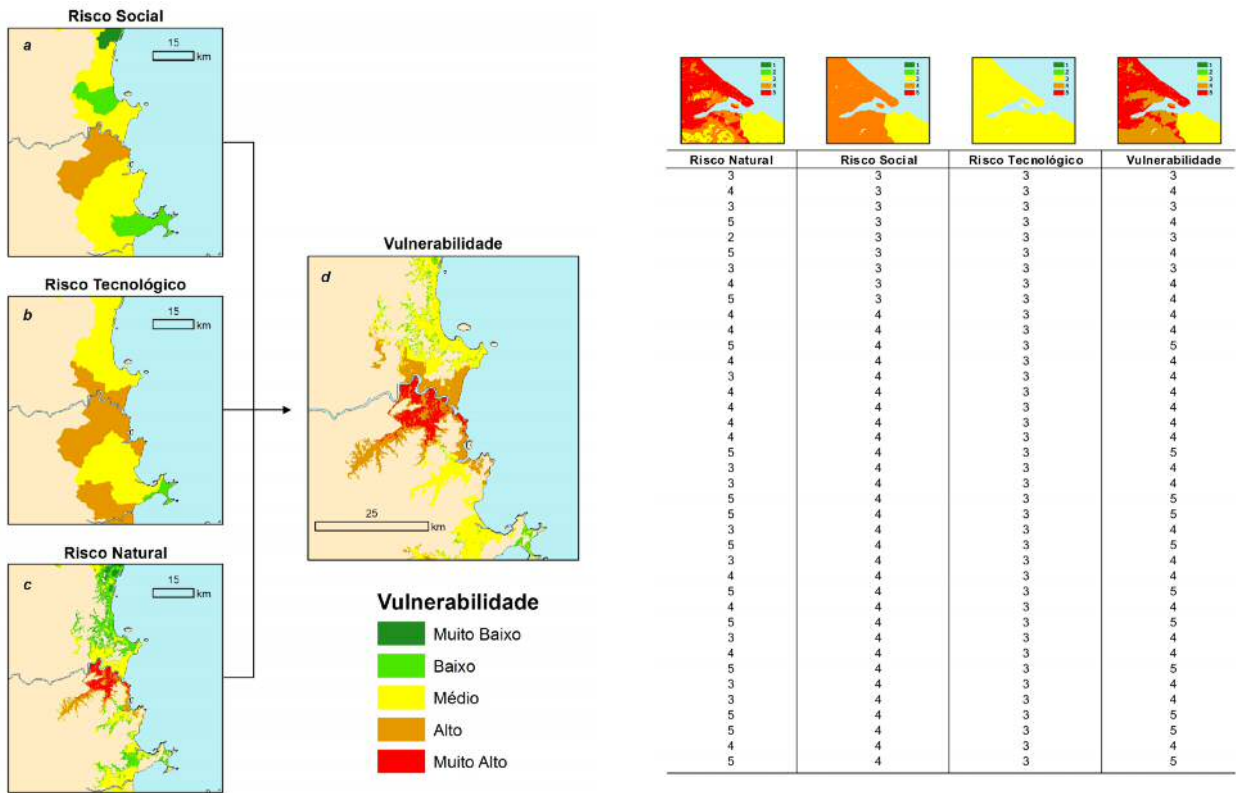


Figura 4. A figura ilustra o cruzamento espacial realizado entre os três tipos de risco: (a) Risco Natural; (b) Risco Social e (c) Risco Tecnológico, no litoral centro norte o Estado de Santa Catarina. O resultado é apresentado pela (d) Vulnerabilidade da costa, obtida através de média simples.
Figure 4. The spatial crossing made between the three risk types: (a) Social Risk; (b) Technological Risk; and (c) Natural Risk. The result is shown by (d) Coast vulnerability, obtained by simple average.

da população do país, sendo que 16 das 28 regiões metropolitanas encontram-se no litoral. Essas áreas de adensamento populacional convivem com amplas extensões de povoamento disperso e rarefeito. São os habitats das comunidades de pescadores artesanais, dos remanescentes de quilombos, de tribos indígenas e de outros agrupamentos imersos em gêneros de vida tradicionais.

Além dos já conhecidos e discutidos problemas ambientais incidentes nessa porção do território, desenha-se, atualmente, uma nova perspectiva frente às questões relativas às mudanças climáticas, principalmente no que tange às suas causa e efeitos. A necessidade de adaptação a essa nova realidade e de mitigação dos problemas por ela causada devem constituir-se em pauta constante dos órgãos públicos tomadores de decisão.

Nesse contexto, torna-se fundamental a compreensão das interações entre oceanos e zonas costeiras com as variáveis relacionadas às mudanças climáticas. Além disso, é vital a construção de uma visão estratégica desta porção do território com vistas às medidas de adaptação a novos cenários de aquecimento global, elevação do nível do mar, erosão costeira, entre outros.

Intrinsecamente ligadas à ocupação humana por sua relação de causa e efeito, as características geomorfológicas e hidrodinâmicas da costa conferem relevância ímpar às questões relacionadas a inundações. Assim, a consequente perda de espaço físico para desenvolvimento das atividades econômicas e sociais que lhe são inerentes se destacam a partir de uma análise priorística dos riscos de desastres naturais a que estariam submetidos estes espaços (Tessler, 2008).

A análise da vulnerabilidade da costa brasileira aos efeitos advindos das mudanças climáticas, aqui obtidos, serão apresentados regionalmente, como forma de sistematizar os resultados deste trabalho.

Região Norte

Denominada por Ab'Saber (2001) como 'Litoral Equatorial Amazônico', apresenta, em linhas gerais, grau de vulnerabilidade baixo, com exceções das adjacências das três grandes cidades ali existentes: Macapá (AP), Belém (PA) e São Luiz (MA). Nestes casos a vulnerabilidade foi classificada como alta ou muito alta (Figura 5).

Tal classificação explica-se por uma conjunção de fatores de caráter eminentemente físico (dinâmica

costeira e geomorfologia), socioeconômico (renda média da população, carências de serviços básicos) e tecnológico (tipo de indústria, tipologia de poluição e representatividade das mesmas quanto ao número de empregados).

Em termos geomorfológicos, o litoral e plataforma continental da região norte são dominados pela sedimentação lamosa sobretudo a noroeste da foz do rio Amazonas, com significativos trechos litorâneos sob erosão acelerada, enquanto outros, devido ao aporte localizado de sedimentos fluviais da rede hidrográfica local, apresentam progradação.

A região costeira emersa é formada por uma planície holocênica, de baixa altitude e largura variando entre 10 e 100 km, enquanto na porção interior predominam depósitos em forma de platôs

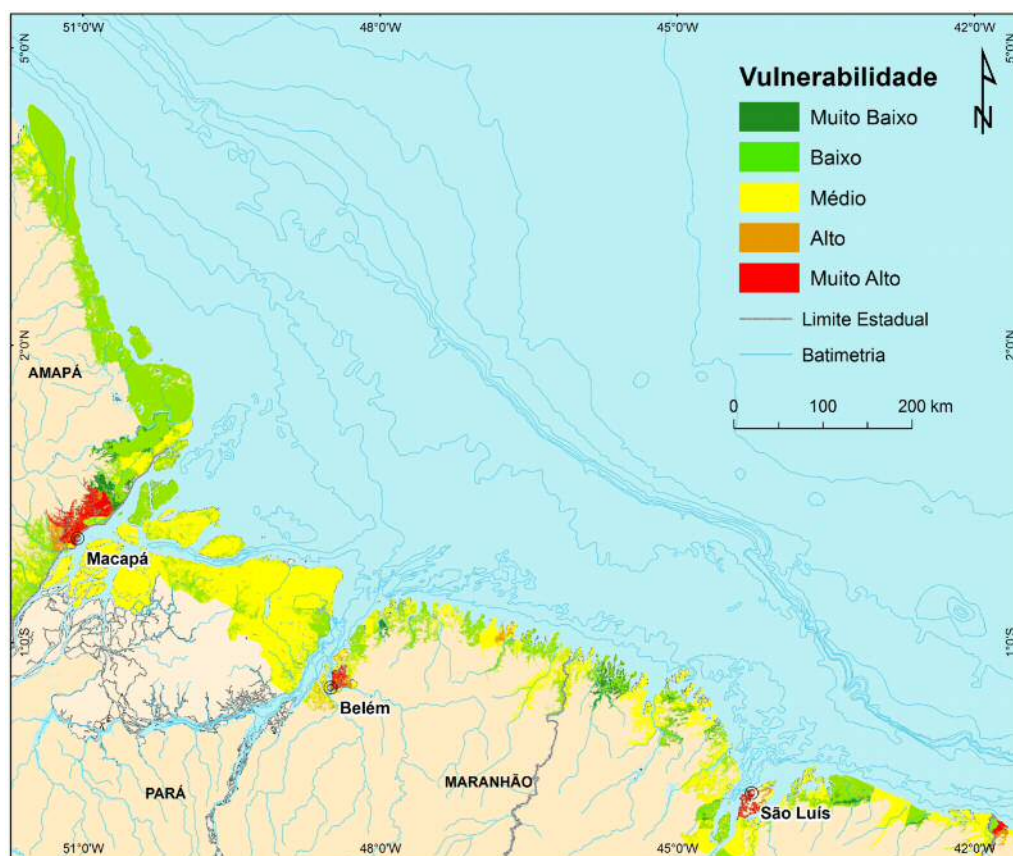


Figura 5. Vulnerabilidade da Costa Norte Brasileira. Grau de vulnerabilidade baixo, com exceções às adjacências das três grandes cidades ali existentes: Macapá, Belém e São Luís.

Figure 5. Vulnerability of the Brazilian North Coast. Low vulnerability level, except in the vicinity of three large capitals: Macapá, Belém, and São Luís.

edificados em terrenos do Grupo Barreiras e afloramento de rochas do escudo Pré-cambriano das Guianas, de altitude inferior a 500 m, constituindo as áreas fonte de parte da rede hidrográfica costeira. A influência das marés é bastante pronunciada, por exemplo, na Ilha de Maracá onde macromarés, predominantemente semidiurnas, atingem níveis superiores a 9,8 m (Muehe & Nicolodi, 2008).

Em sua porção meridional, o litoral se apresenta com progradação lamosa, digitiforme, que ressalta a irregularidade da linha de costa. O aspecto é de um litoral afogado pela transgressão marinha, caracterizado por uma sucessão de estuários e acréscimos sedimentares que, em conjunto, dão um aspecto de rias, razão da denominação de “*reentrâncias*” dadas ao litoral do Pará e Maranhão, muitas das quais resultaram da progradação de depósitos lamosos (*schorre*), formando feições alongadas de orientação mais ou menos perpendicular à costa. A costa norte brasileira, aqui caracterizada do Oiapoque (Amapá) até o sul maranhense, corresponde a um segmento altamente energético, com grande mobilidade sedimentar, fortemente influenciado pela intensa descarga hídrica e sedimentar do rio Amazonas e pelos fatores hidrodinâmicos do setor oceânico, em particular as marés (Muehe & Nicolodi, 2008).

Tais características conferem baixos graus de vulnerabilidade a este setor, o que se altera quando da análise das regiões metropolitanas existentes. O litoral norte do Brasil caracteriza-se por uma ocupação rarefeita, constituída principalmente por comunidades tradicionais extrativistas e coletoras, grandes áreas desocupadas, dezenas de municípios com pequena densidade demográfica, mas com destaque para importantes pólos de centralidade regional como Macapá (AP) e as concentrações metropolitanas de Belém (PA) e São Luís (MA) (Strohaecker, 2008).

As características geomorfológicas da costa do Pará constituem-se em entraves físicos a um processo de povoamento intenso do litoral. Porém, alguns trechos desse segmento vêm registrando crescimento populacional desordenado. A densidade populacional deste setor é de aproximadamente 27 habitantes/km², em contraste com os demais segmentos, que apresentam densidade de 3,5 habitantes/km². Valores significativos são observados apenas na região de Belém e adjacências (na ordem de 220 habitantes/km²).

Na região do Golfão Maranhense localiza-se a cidade de São Luís que corresponde à única concentração populacional significativa (>170 habitantes/ km²) neste litoral de baixas altitudes. Desta forma, apenas a região da capital do Maranhão apresenta alta vulnerabilidade.

Acrescidos a esta análise de dinâmica populacional, deve-se ressaltar que a cobertura dos serviços de coleta de resíduos observados na região norte é bem menor do que nas demais regiões do país, além de ser aquela que apresenta os maiores volumes de inadequação na disposição dos mesmos – 6.790 ton/dia.

Tal situação, agregada às informações sobre saneamento básico, leva a um coeficiente de proporção entre população total e população exposta ao risco social de 33,7% para a região norte, o que, em números absolutos, pode ser traduzido por 2.206.138 de habitantes, em sua maioria residentes nas capitais e periferias (Astolpho & Gusmão, 2008). Esse dado torna-se ainda mais relevante quando considerados alguns resultados de avaliações globais do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) que confirmam o fato de que as populações com menos recursos e que, por consequência, tem menor capacidade de se adaptar são as mais vulneráveis (Marengo, 2006).

Colaboram ainda para a definição de altos graus de vulnerabilidade das regiões metropolitanas do norte do país a associação entre os complexos metal-mecânico e de papel e celulose no litoral dos estados do Pará e Maranhão, com grandes investimentos na produção de minerais metálicos, como o ferro e o alumínio, associados às grandes extensões plantadas para a produção de celulose. Tal fator é determinante na elevação do risco tecnológico e da vulnerabilidade da zona costeira em pontos críticos, como é o caso de Barcarena, no estado do Pará, ou São Luís, no Maranhão (Egler, 2008).

Região Nordeste

A zona costeira da região nordeste do Brasil, aqui caracterizada pelo litoral compreendido entre o norte do Piauí e o sul da Bahia, caracteriza-se por uma grande diversidade de ecossistemas, com características físicas e geomorfológicas distintas submetidos a uma imensa gama de vetores de pressão, que acabam por definir a vulnerabilidade da região.

Ao contrário da região norte, onde apenas as regiões metropolitanas apresentam vulnerabilidade alta, a região nordeste demonstra uma alternância entre os cinco níveis de vulnerabilidade os quais não têm, necessariamente, relação direta com a dinâmica da população.

A região costeira do Nordeste Setentrional, circunscrita aos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, constitui a grande exceção climática, ecológica e paisagística de toda a costa brasileira, sendo dominada pelos climas quentes secos e conhecida simbolicamente como o “lugar onde a semi-aridez sertaneja chega ao mar” (Ab’ Saber, 2001).

Em termos geomorfológicos, esta porção setentrional da região nordeste destaca-se pelo predomínio de depósitos sedimentares do Grupo Barreiras, à frente dos quais se desenvolveram numerosos campos de dunas, alimentados pelos sedimentos oriundos da plataforma

continental interna, como por exemplo, no delta do Rio Parnaíba e em Jericoacoara no Ceará.

Na região compreendida pelo estado do Rio Grande do Norte, destacam-se as falésias do Grupo Barreiras e um amplo desenvolvimento de campos de dunas ativas em toda a costa. Observa-se o barramento da foz dos rios pelas dunas gerando deficiência de drenagem e formação de vales pantanosos, além do aumento da ocorrência de estuários e manguezais a partir da Paraíba devido ao maior volume de precipitação.

À leste deste campo de dunas, na foz do Rio Parnaíba, encontra-se um segmento costeiro classificado como vulnerabilidade média a alta, especialmente pela presença de pronunciados eventos de erosão associados ao regime de inundações periódicas no baixo curso do rio em períodos de cheia (Figura 6).

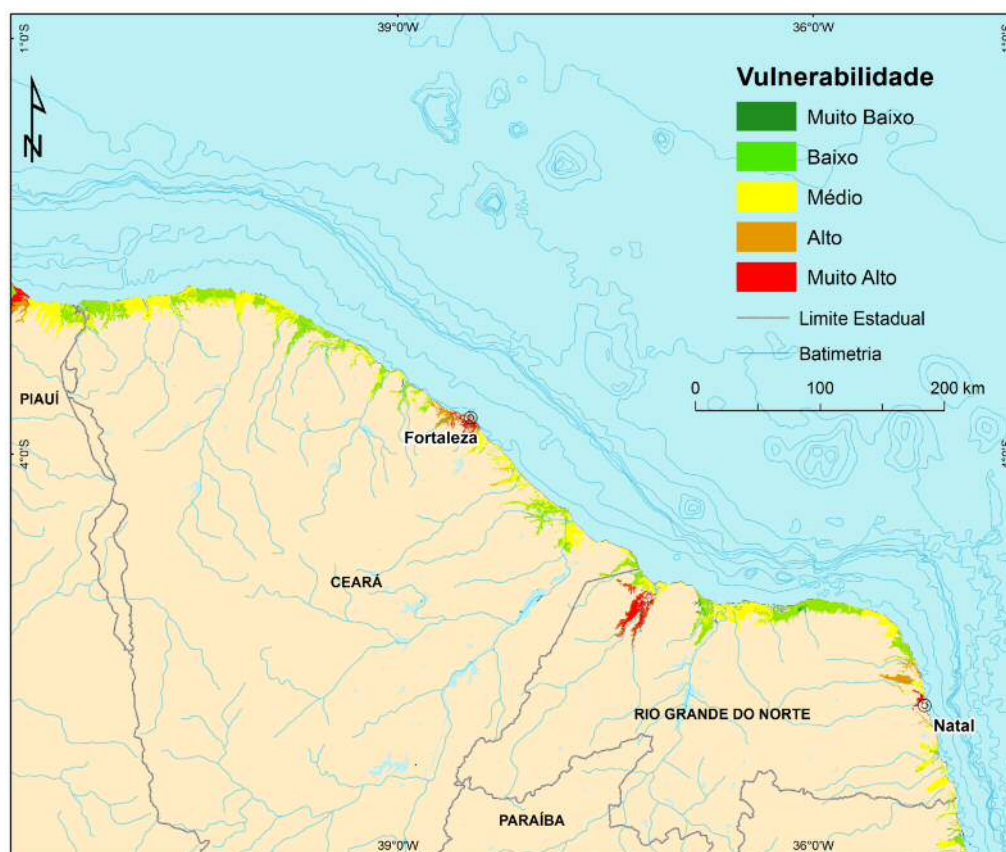


Figura 6. Mapa de Vulnerabilidade da Região Nordeste, mostrando os Estados de Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte.

Figure 6. Vulnerability Map of the North Region, showing the states of Piauí, Ceará, and Rio Grande do Norte.

O litoral do Ceará, marcado pontualmente por terrenos com cotas altimétricas elevadas, possui um grande número de segmentos costeiros submetidos a processos erosivos associados a campos de dunas (barcanas) móveis, aos tabuleiros Barreiras e à projeção do embasamento cristalino. Além disso, o litoral cearense apresenta baixa densidade demográfica, sendo que nas cercanias da cidade de Fortaleza, onde esta densidade é mais significativa, o grau de vulnerabilidade é elevado. Na região de Aracati, que também apresenta vulnerabilidade média e alta, os fatores que condicionam essa classificação estão relacionados à significativa carência de saneamento básico, ao desenvolvimento industrial acelerado e ao incremento das atividades de carcinicultura e turismo.

Outra região de destaque em termos de vulnerabilidade é aquela que compreende áreas próximas da cidade de Mossoró, em porções mais internas da região costeira. Tal situação se dá pela conjunção da existência de áreas baixas propensas à inundação da drenagem dos rios Apodi e Mossoró, a altos índices de carência de serviços básicos e a uma intrincada rede logística de exploração e transporte de petróleo e gás, que se estende até as proximidades de Macau, onde se encontra a Unidade de Produção de Gás Natural de Guamaré. Neste setor destaca-se o processo de erosão costeira, o qual sua intensidade já se faz sentir nos equipamentos relacionados à indústria petrolífera ali instalados (Muehe, 2006).

Ao se analisar os dados referentes ao risco social desta região, percebe-se que a situação nos grandes centros é crítica, especialmente nas cidades de Natal e Fortaleza. Pode-se verificar que nestas áreas a carência do esgotamento sanitário é significativamente maior que a carência dos serviços de coleta de lixo. Na região da Grande Fortaleza, os números sobre carência de coleta de lixo mostram uma tendência de equacionamento do problema, enquanto o esgotamento sanitário apresenta-se em situação de extrema preocupação em praticamente todos os municípios e distritos. Essa mesma situação, porém com menor intensidade, pode ser observada em Maceió, Aracaju e arredores (Astolpho & Gusmão, 2008).

Para a região nordeste do Brasil o coeficiente de proporção entre população total e população exposta

ao risco social é de 25,71%, o que, em números absolutos, pode ser traduzido em 12.286.455 de habitantes, os quais são os mais potencialmente vulneráveis aos efeitos de mudanças climáticas.

Já na porção central da região nordeste as principais áreas de maior vulnerabilidade englobam as regiões metropolitanas de Natal, João Pessoa e Recife (Figura 7). De acordo com Neves *et al.* (2006) o litoral da Paraíba apresenta cerca de 42% de seu espaço submetido a fenômenos de erosão localizada. Características geomorfológicas similares se estendem para o litoral pernambucano, que tem maior densidade populacional comparativamente à observada no litoral paraibano e alagoano. Ao longo de todo este segmento predominam graus de risco natural baixo e médio, com exceção as áreas de maior concentração urbana (João Pessoa e Recife) e dos segmentos de pronunciados processos erosivos (Paulista, Itapojuca, Suape, Cabo de Santo Agostinho e a própria orla recifense).

Outro fator que contribui para a elevação da vulnerabilidade nesta região é o deslocamento do complexo químico para o litoral nordestino no eixo Salvador-Aracaju-Maceió, associado à expansão da fronteira energética no litoral. Tal fenômeno faz com que a concentração de dutos, terminais e fábricas seja expressiva. O entorno do Recôncavo Baiano e de cidades como Aracaju (SE), Maceió (AL), Recife-Cabo (PE) e Macau-Guamaré (RN) são expressões marcantes deste processo, onde o equipamento energético associado ao equipamento produtivo potencializa as condições de risco ambiental (Egler, 2008).

Já na porção meridional da região nordeste brasileira, a feição morfológica mais destacada é o Delta do São Francisco, onde são descritos os mais severos fenômenos de erosão costeira do país. Bittencourt *et al.* (2006) indicam como causas prováveis as intervenções de barramento do rio a montante de sua foz, principalmente relacionadas à construção de hidroelétricas, o que implica em grande potencial de inundação das áreas interiores da drenagem, caracterizando este setor como de alto risco.

Do delta do São Francisco até a planície do Rio Caravelas, há tendência geral de progradação da linha de costa e erosão nos trechos com falésias do Grupo

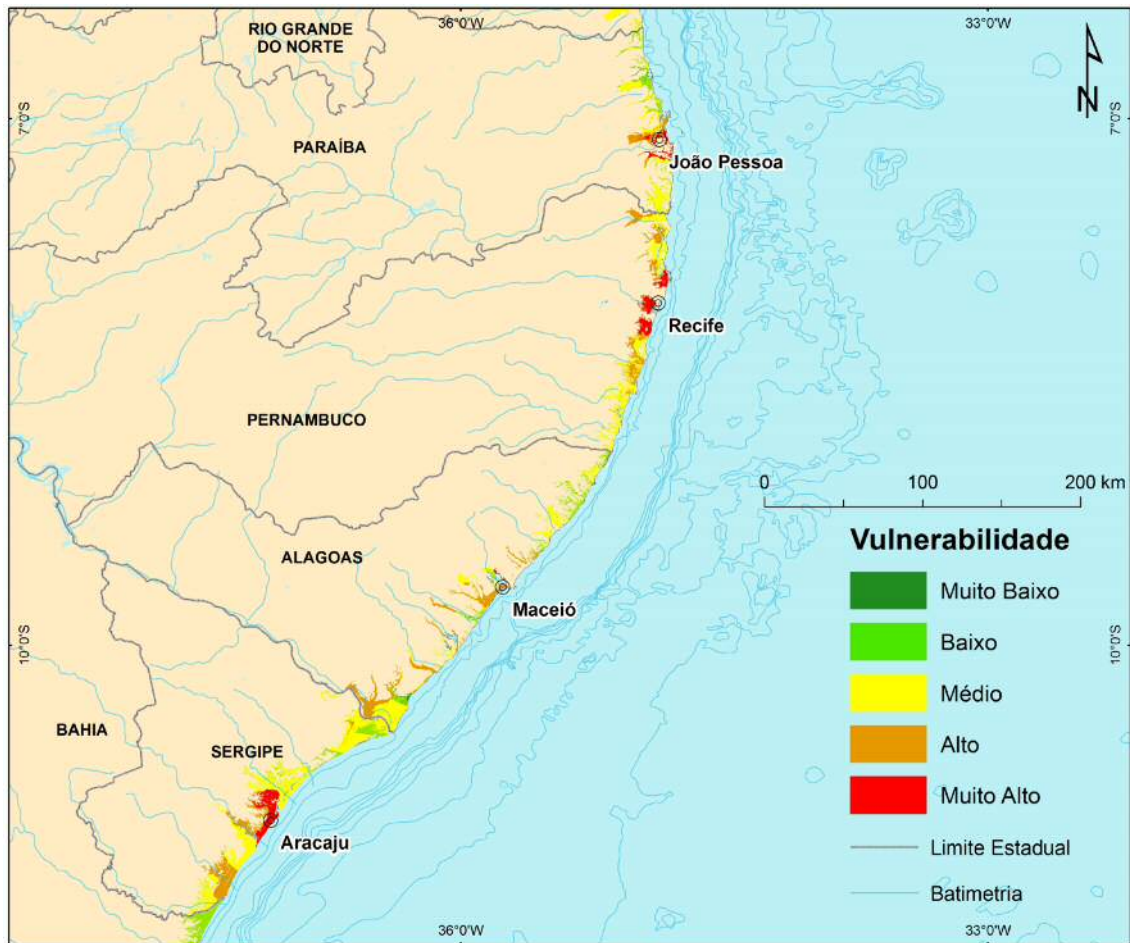


Figura 7. Vulnerabilidade da costa os estados de Paraíba, Pernambuco, alagoas e Sergipe.

Figure 7. Coastal vulnerability of Paraíba, Pernambuco, Alagoas, and Sergipe states.

Barreiras. Campos de dunas ocorrem junto à foz do rio São Francisco e no litoral norte da Bahia. Nas proximidades de Salvador, os terrenos do grupo Barreiras são substituídos por afloramentos do embasamento cristalino Pré-Cambriano e do Cretáceo.

Segmentos costeiros com altitudes médias mais elevadas, combinados com baixa densidade de ocupação humana, mostram um quadro onde a vulnerabilidade varia de média a baixa. Pontualmente, este grau é elevado apenas onde a densidade populacional é mais intensa e os serviços de saneamento básico são deficitários, ou seja, nos núcleos urbanos de Valença, Ilhéus e Porto Seguro, aos quais se associam desembocaduras fluviais (Figura 8).

A Baía de Todos os Santos, onde se localiza a região metropolitana de Salvador é considerada por Ab'Saber (2001) como o mais extraordinário acidente da linha de costa do Brasil tropical atlântico central. Sua população em 2006 aproximava-se dos 3.500.000 habitantes, o que representa 23% da população total da Bahia, percentual muito próximo à média nacional.

Neste setor, os altos índices de vulnerabilidade encontrados estão associados às questões sociais e tecnológicas. O município de Salvador possui 23 sub-distritos, sendo que em 13 deles a condição de risco social é alto ou muito alto, representando um total de população exposta de 2.437.870 habitantes.

Apresenta-se também um cenário de alto risco tecnológico determinado prioritariamente pela presença do pólo industrial de Camaçari, com

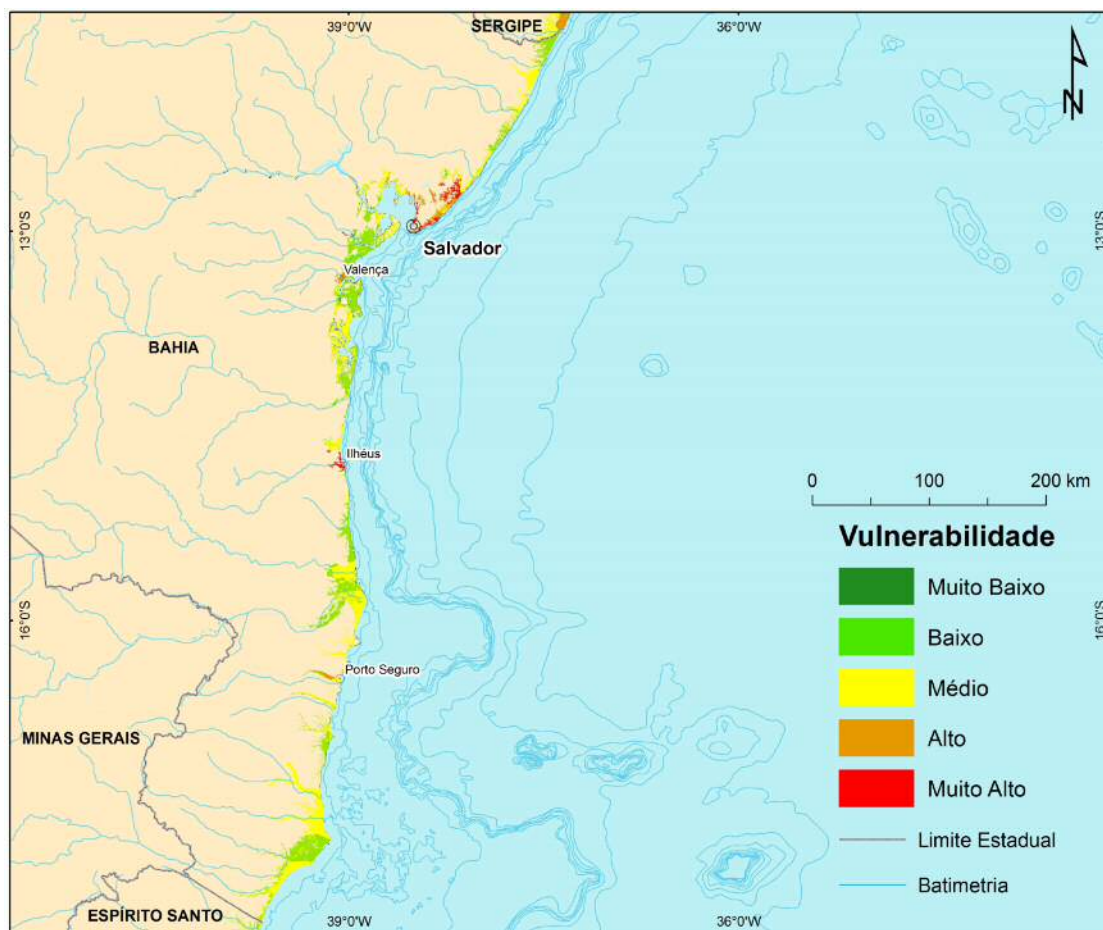


Figura 8. Núcleos urbanos no estado da Bahia onde o grau de vulnerabilidade é elevado devido a alta densidade populacional e as condições de saneamento básico deficitárias.

Figure 8. Urban centers in Bahia state, where vulnerability is high due to a high population density and an inadequate basic sanitation service.

destaque para a indústria petrolífera e suas sub unidades; a Refinaria Landulpho Alves, a Unidade de Produção de Gás Natural Candeias e as Usinas Termoeletricas da Termobahia, Rômulo Almeida e Camaçari (Figura 9).

Região Sudeste

O litoral capixaba e o norte fluminense delimitam geomorfologicamente o início (ou o final) do litoral nordestino. Neste trecho predominam os tabuleiros e as falésias do Terciário (Grupo Barreiras), promontórios cristalinos pré-cambrianos e as planícies flúvio-marinhas quaternárias. Entre as desembocaduras dos rios São Mateus e Itabapoana os tabuleiros e falésias do Grupo

Barreiras estendem-se ao longo de todo o litoral, apresentando falésias inativas, ativas e terraços/ plataformas de abrasão marinha. As planícies sedimentares costeiras apresentam-se pouco desenvolvidas, sendo a planície da desembocadura do Rio Doce a mais significativa.

Este setor é constituído por segmentos costeiros identificados como de vulnerabilidade média a baixa. Apenas três localidades recebem classificação de maior vulnerabilidade (média a muito alta): Rio Doce, a região da Grande Vitória e as áreas interiores da drenagem do Rio Paraíba do Sul (Figura 10).

No caso do Rio Doce pode ser observado que a associação entre as condicionantes anteriormente citadas

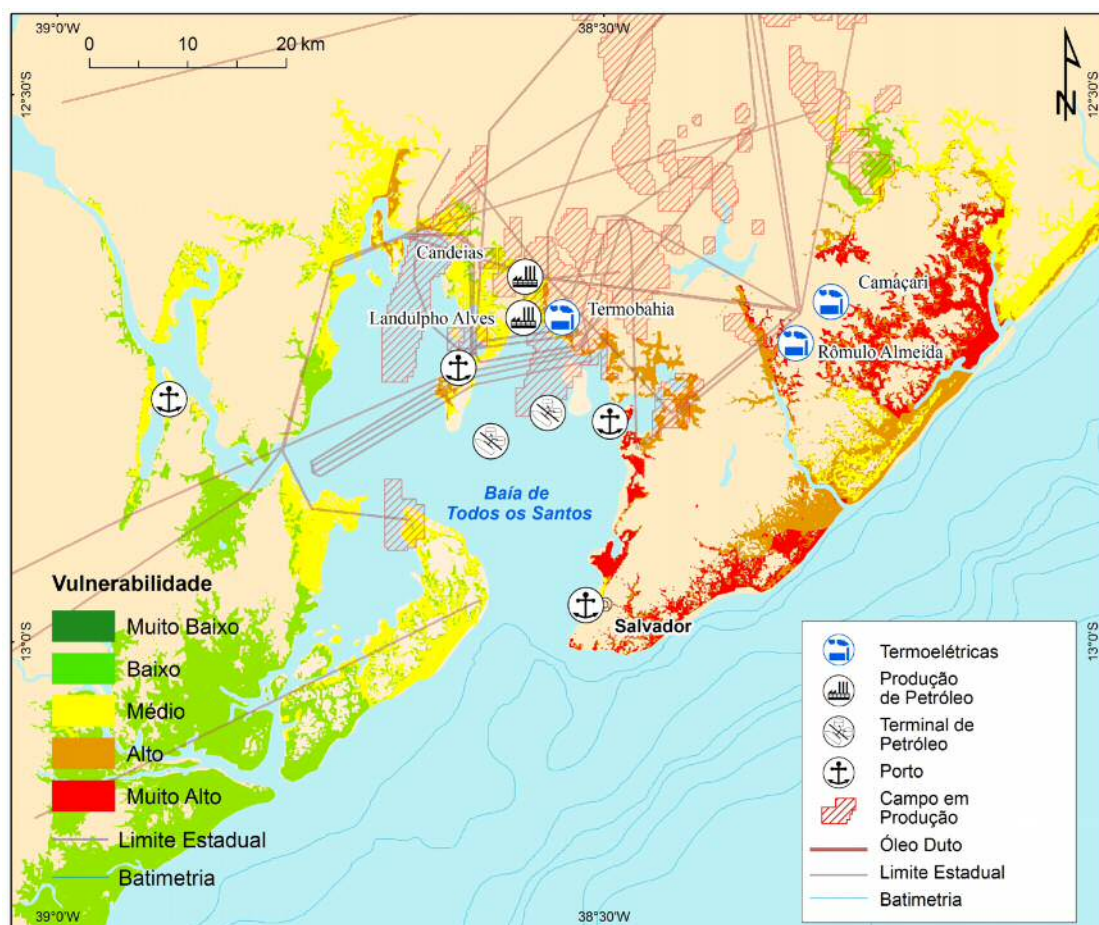


Figura 9. Região metropolitana de Salvador. Altos índices de vulnerabilidade associados a um cenário de alto risco tecnológico.

Figure 9. The metropolitan area of Salvador. High vulnerability levels linked to high technological risk.

e as altas taxas de erosão costeira conferem à região de São Mateus e Conceição da Barra um maior grau de vulnerabilidade.

Contribui para isto o fato de que o trecho da zona costeira entre Mucuri, no litoral sul da Bahia, até o centro-norte do Espírito Santo, principalmente no entorno das cidades capixabas de Linhares e Aracruz está se especializando na produção de celulose para o mercado externo, como pode ser observado pela concentração de equipamentos no setor dinâmico de papel e celulose, destacando-se pelas dimensões contínuas da área envolvida (Egler, 2008).

A drenagem do Rio Doce em seu segmento final de curso, a partir de Linhares, desenvolve-se em terrenos baixos, apresentando marginalmente ao seu curso principal um conjunto de afluentes associados a lagoas.

A atribuição de graus de risco mais elevados prende-se a fenômenos potenciais de inundação em terrenos rebaixados, de ocupação humana pouco mais elevada do que a média de ocupação da região. Vitória, Vila Velha e Guarapari possuem as maiores densidades populacionais instaladas em áreas litorâneas rebaixadas, com índices de densidade demográfica superiores a média de ocupação do litoral capixaba.

A drenagem do Rio Paraíba do Sul, na região de Campos dos Goytacazes (RJ), desenvolve-se em terrenos muito próximos das altitudes do nível do mar, através de áreas densamente povoadas, tendo na sua retaguarda o complexo cristalino pré-cambriano. Esta configuração geomorfológica, associada à densidade populacional do norte fluminense, caracterizam os vetores que implicam na definição de elevados graus de vulnerabilidade para a

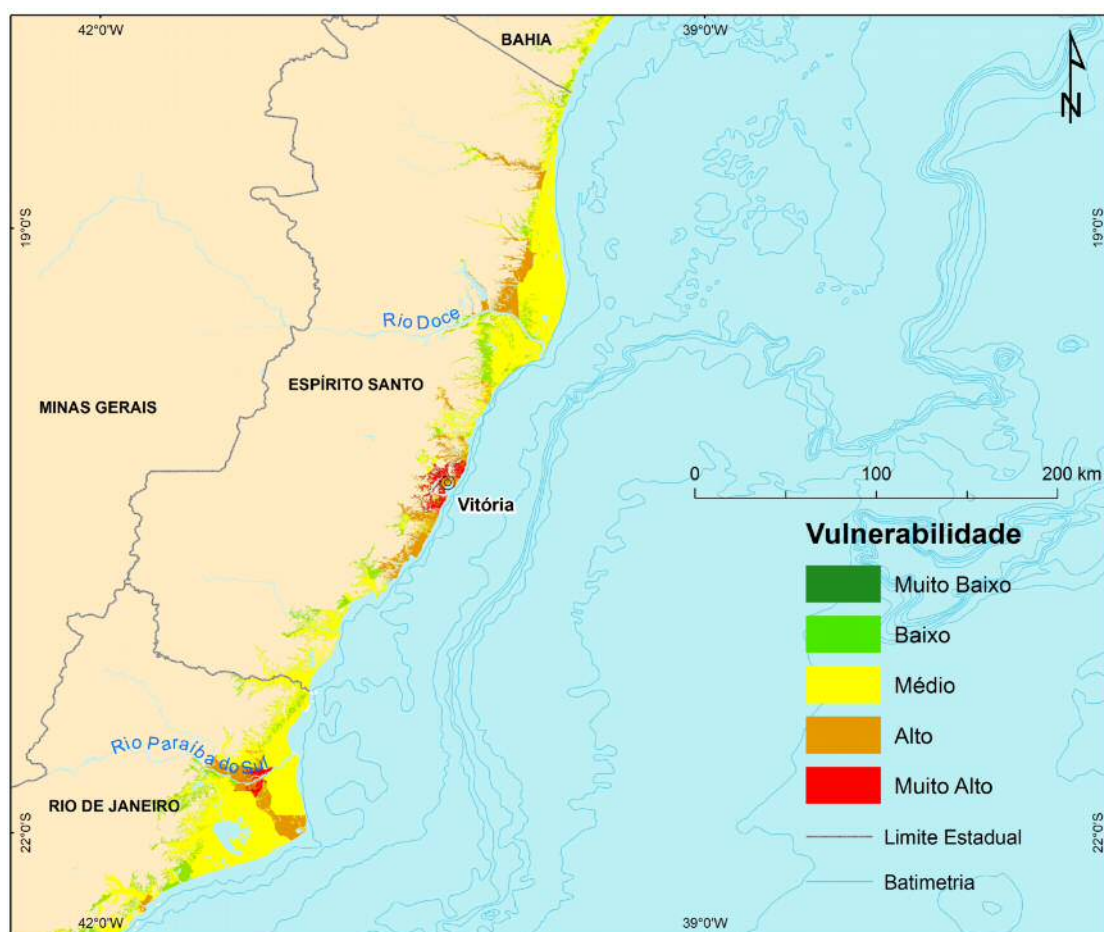


Figura 10. Localidades com classificação de vulnerabilidade média a muito alta: Rio Doce, região da grande Vitória e as áreas interiores da drenagem do Rio Paraíba do Sul.

Figure 10. Medium to very high vulnerability level locations: the Doce River, Vitória and the inner drainage areas of the Paraíba do Sul River.

área. A cidade de Atafona, localizada na margem sul da desembocadura do Rio Paraíba do Sul, apresenta um dos mais intensos fenômenos erosivos de todo o litoral sudeste do Brasil (Muehe *et al.* 2006).

O segmento compreendido entre Cabo Frio e a Baía da Guanabara apresenta uma orla formada por estreitos cordões litorâneos separados por promontórios rochosos, com o desenvolvimento de lagunas à retaguarda dos cordões. Este segmento também é conhecido como Região dos Lagos. A orientação geral da linha de costa, que expõe diretamente este segmento costeiro para as direções ao sul (com incidência de ondas dos quadrantes a sul), o submete periodicamente a ação de fortes tempestades, ocasionando eventos erosivos de maior magnitude.

Os graus mais elevados de vulnerabilidade identificados no litoral oriental fluminense estão associados às regiões de Cabo Frio e Macaé, que nas últimas duas décadas vem experimentando um acentuado desenvolvimento urbano vinculado às atividades de exploração petrolífera na plataforma continental contígua (Figura 11). Na região de Cabo Frio o incremento populacional das áreas urbanas, em uma topografia que intercala terrenos mais elevados (promontórios e morros) com planícies costeiras de baixas altitudes, induzem o aumento do potencial de risco a que está submetida à área (Tessler, 2008). Para o município de Cabo Frio o número de pessoas consideradas expostas ao risco social é de 126.828 e, em Macaé, é de 132.461.

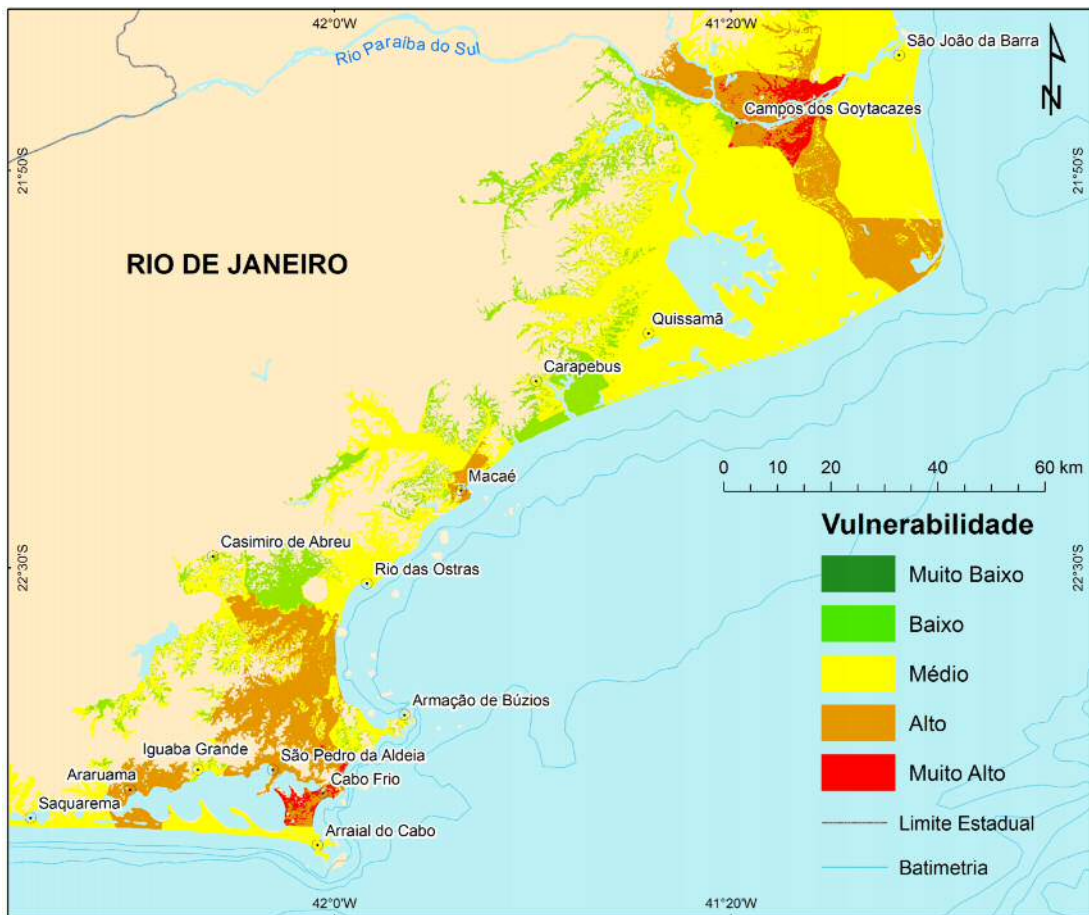


Figura 11. Graus mais elevados de vulnerabilidade identificados no litoral oriental fluminense associados às regiões de São João da Barra e Macaé.

Figure 11. Higher vulnerability levels identified on the eastern Rio de Janeiro state coast associated with the São João da Barra and Macaé areas.

A região da Baía da Guanabara consiste em um dos casos mais emblemáticos do Brasil, quando da discussão de vulnerabilidade. Considerada “o grande destaque da fachada costeira atlântica do Brasil sudeste em termos de cenários naturais” (Ab’ Saber, 2001) ela é palco de grandes e complexos paradoxos.

Seu terreno rebaixado está disposto ao longo de um eixo de falha que se prolonga em direção ao oceano a partir do complexo cristalino. Para esta depressão convergem todas as redes de drenagem proveniente da Serra do Mar dispostas na retaguarda

da baía, e que foram obstruídas nos seus baixos cursos pelos elevados níveis do mar no Holoceno.

Em contraste com as praias oceânicas localizadas nas suas bordas externas, constantemente expostas aos ciclos de tempestades originadas de quadrantes a sul, as linhas de costa do interior da Baía apenas esporadicamente sofrem os efeitos de eventos mais energéticos. Porém, seu entorno congrega uma das maiores densidades populacionais do país¹⁴, por vezes dispostas ao longo dos baixos cursos dos rios que deságuam no sistema. Em situações de maré

14 O Rio de Janeiro destaca-se como o estado de maior proporção da população total residente em regiões metropolitanas (75,2%). Além disso, apresenta o maior número de municípios costeiros com densidades superiores a 1.000 hab./km², como é o caso da própria capital e de Niterói, dos municípios da Baixada Fluminense e da periferia da região metropolitana.

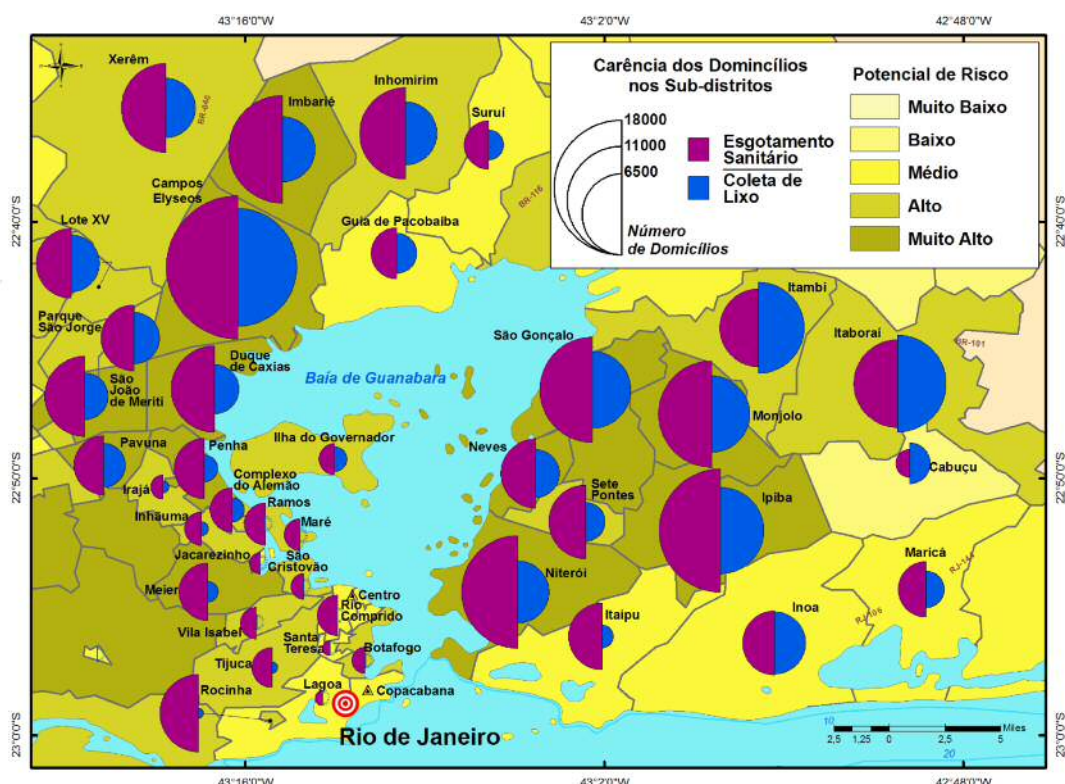


Figura 12; Mapa de risco social da baía da Guanabara, Rio de Janeiro. Gráficos em roxo representam a carência por esgotamento sanitário dos domicílios do sub distrito. Em azul é apresentada a carência de coleta de lixo (Adaptado de MDZCM, 2008)

Figure 12: Social risk map of Guanabara Bay, in Rio de Janeiro. Graphic forms in purple represent the lack of sewers in subdistrict households. The shortage of garbage collection services is shown in blue. (Adapted from MDZCM, 2008.)

excepcionais (associadas a passagens de sistemas frontais que afogam as drenagens em seus baixos cursos), acompanhadas de precipitações intensas no complexo serrano à retaguarda (que aumentam o volume das descargas fluviais), a área do contorno interno da baía, mais rebaixada, fica exposta a fenômenos de inundação.

Aliado a todo este contexto, o Rio de Janeiro apresenta a mais alta relação ente população exposta e população total observadas no Brasil, com uma taxa de 78%, o que equivale a um contingente de 11.194.150 habitantes, sendo aproximadamente 5 milhões na capital. Os dados de risco social desta

porção do território são alarmantes, como pode ser observado na (Figura 12).

Agrega-se a estes fatores condicionantes de alto grau de vulnerabilidade (Figura 13) o fato da região metropolitana do Rio de Janeiro abrigar um dos mais importantes pólos petroquímicos do país, com a existência de uma intrincada rede de refinarias¹⁵, unidades de produção de gás natural¹⁶, dutovias, campos de exploração *offshore* e portos.

A região ao sul da Baía da Guanabara configura-se pela localização da Serra do Mar próxima a atual linha de costa, com seus promontórios que individualizam pequenos segmentos praias,

15 Refinarias Duque de Caxias e Mangueiras.

16 REDUC I e II e Cabanas I, II e III.

associados às enseadas conspícuas e a pequenas planícies sedimentares formadas nas reentrâncias da Serra, configuram, geomorfologicamente, uma região de desníveis topográficos acentuados e com ocupação humana permanente de baixa densidade. Como fato comum ao longo de quase todo litoral brasileiro, apenas em períodos de veraneio, as regiões praias distantes das grandes cidades recebem um grande afluxo de população temporária. Desta forma, grande parte desta costa não apresenta grau de vulnerabilidade elevado (Figura 13).

A região da Baixada Santista que congrega a baía e estuário de Santos, bem como as áreas urbanizadas de seu entorno, abrigam o maior porto marítimo do país e complexos industriais assentados nas pequenas

planícies flúvio-marinhas que se desenvolvem no interior das enseadas, próximas à base dos altos contrafortes da Serra do Mar. A alta densidade populacional da região, suas peculiares características socioeconômicas e sua configuração geomorfológica de reentrância acentuada no domínio do complexo cristalino, são os critérios que determinam, para a quase totalidade da área, a atribuição de um grau de vulnerabilidade elevado (Figura 14).

Apenas no município de Santos o número de pessoas expostas ao risco social é de 417.983, que somados aos municípios do entorno (São Vicente - 303.551, Cubatão - 108.309 e Guarujá - 264.812) geram um coeficiente que retrata a gravidade da situação.

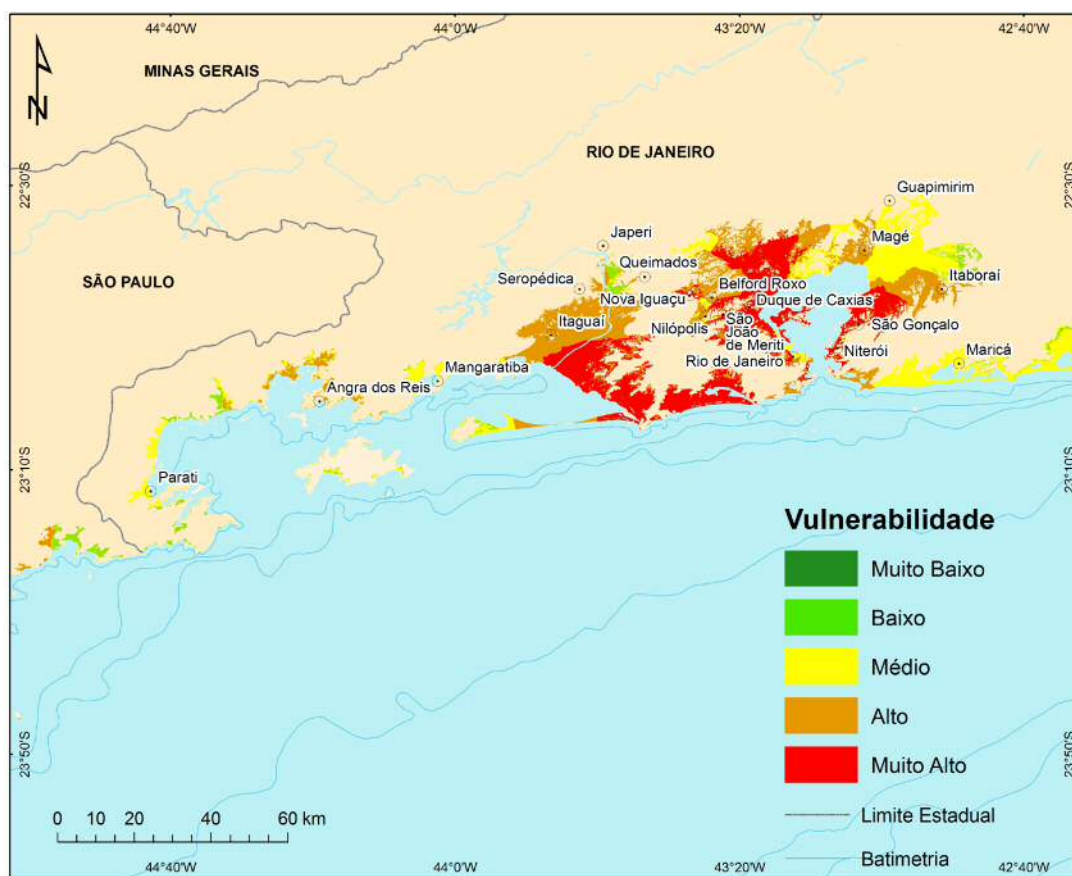


Figura 13. Alto grau de vulnerabilidade da região metropolitana do Rio de Janeiro. Já a região costeira ao sul da Baía da Guanabara apresenta baixa vulnerabilidade.

Figure 13. High vulnerability level in the metropolitan Rio de Janeiro area. The coastal area south of Guanabara Bay has a low vulnerability.

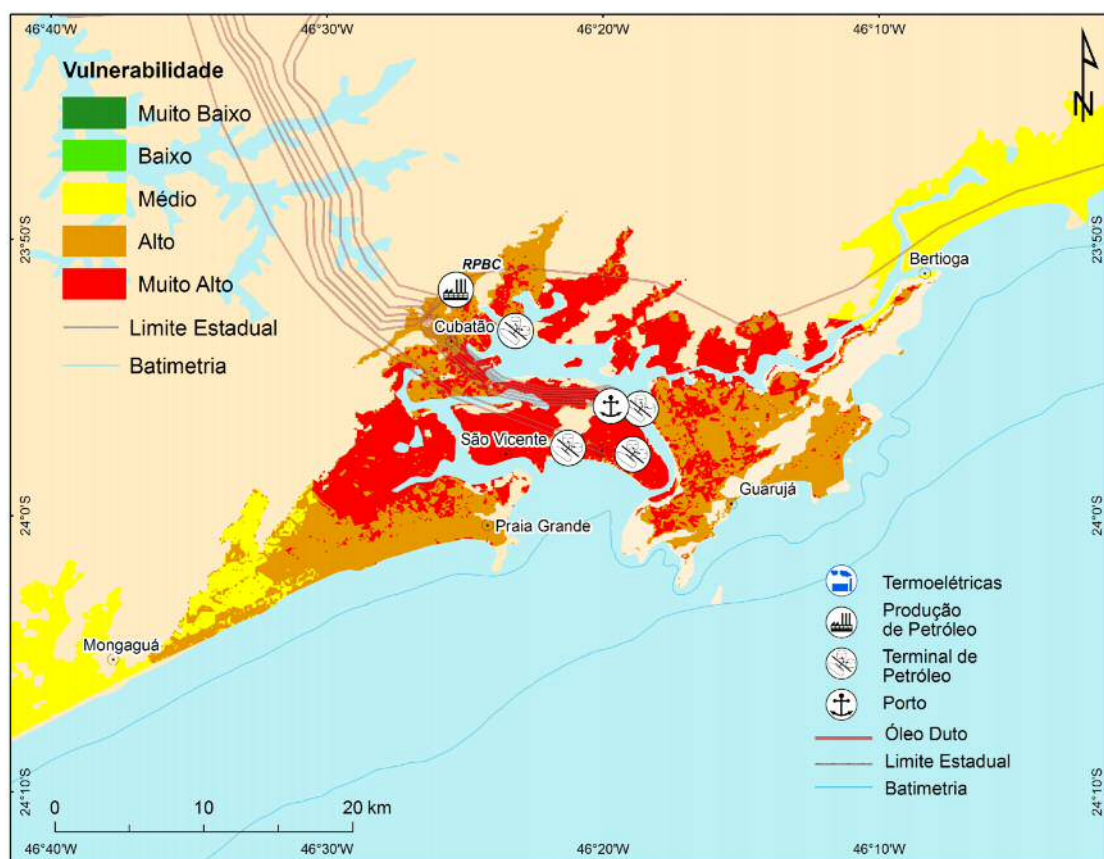


Figura 14. Região da Baixada Santista e estuário de Santos. Características socioeconômicas e a configuração geomorfológica determinam o alto grau de vulnerabilidade.

Figure 14. Baixada Santista and the Santos estuary. A combination of socio-economic, technological and geomorphologic features have produced high vulnerability.

Outro fator que agrega vulnerabilidade a toda região é a evidente concentração produtiva no trecho entre Santos (SP) e Macaé (RJ), onde estão presentes campos de extração, terminais e dutos de petróleo e gás, usinas termoeletricas e nucleares e expressiva concentração dos complexos químicos e metalmeccânico. Da mesma maneira, aponta-se para a expansão da fronteira energética em direção ao litoral sul, com o aumento da prospecção na Bacia de Santos, a construção de gasodutos e a ampliação da indústria química em Paranaguá (PR).

Região Sul

Um cenário de amplos anfiteatros é a característica geomorfológica predominante na região da Baía da Paranaguá, que abrange o setor costeiro ao sul da

Baixada Santista (SP) até a região de Itajaí, no litoral catarinense. Neste segmento estão presentes três importantes portos marítimos (Paranaguá, São Francisco do Sul e Itajaí). Tais municípios e/ou as regiões circunvizinhas possuem densidades populacionais significativamente maiores que a média de habitantes por km² do litoral sudeste brasileiro. Esta conjunção de fatores topográficos, populacionais e a importância socioeconômica desses núcleos urbanos, combinada a fatores de instabilidade na linha de costa, determinam graus de vulnerabilidade média a alta (Figura 15).

Na costa catarinense, a região de Joinville, o Vale do Itajaí e a Grande Florianópolis apresentam grau muito alto de vulnerabilidade por representarem grandes adensamentos urbanos localizados em cotas

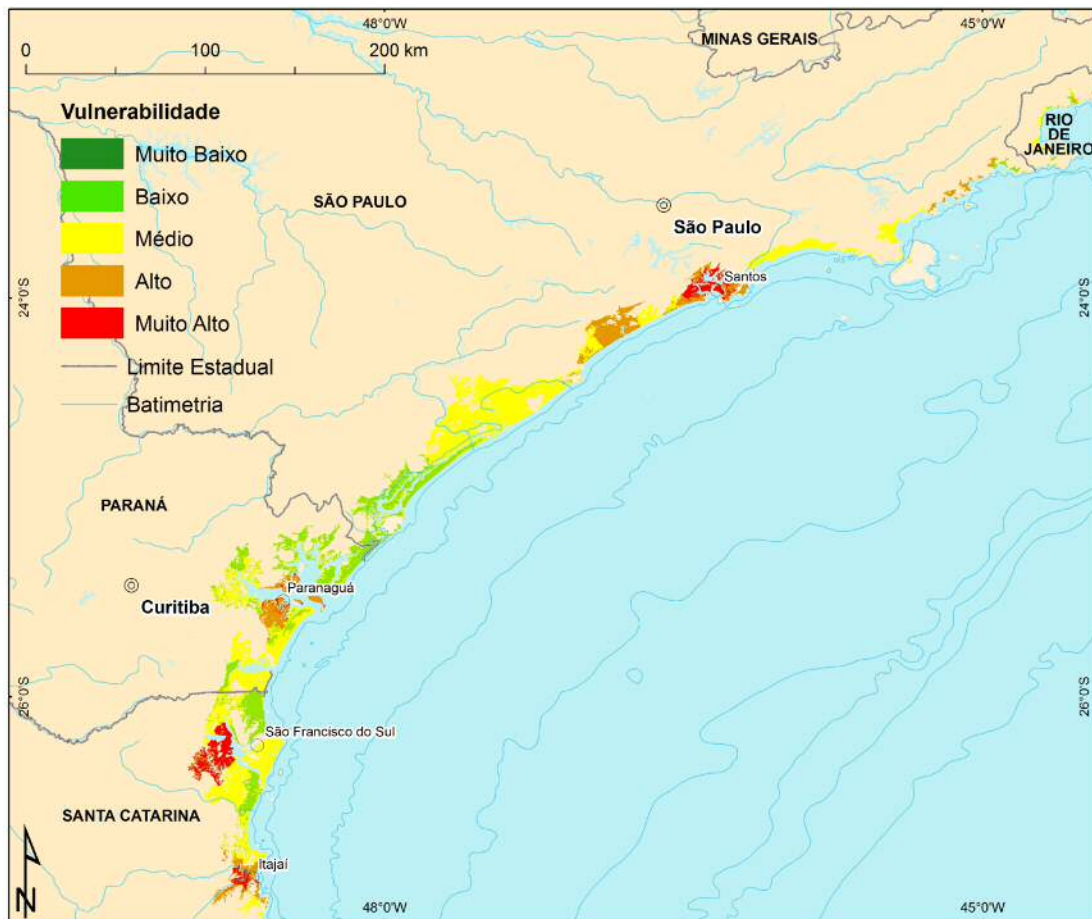


Figura 15. Vulnerabilidade da porção norte da Região Sul. A topografia, a densidade populacional e fatores socioeconômica dos núcleos urbanos determinam graus de vulnerabilidade médio a alto.

Figure 15. Vulnerability of the northern part of the South Region. The topography, population density, and socio-economic factors of urban centers generate medium to high vulnerability levels.

altimétricas inferiores a 10 metros. Enchentes como as ocorridas em 1983 e 1984 e o recente evento de novembro de 2008, onde 135 pessoas morreram e mais de 1,5 milhões de pessoas foram afetadas, demonstraram, na prática, tal vulnerabilidade (Figura 16). Tais adensamentos urbanos, embora apresentem índices de IDH relativamente altos, possuem um número elevado de pessoas expostas ao risco social.¹⁷

Entre o sul do estado de Santa Catarina e o limite com o Uruguai a correlação entre a morfologia do

litoral e da plataforma continental - altura significativa de ondas não superior a 1,5 m e um regime de micro maré (<1m) - caracteriza toda essa porção do território como um exemplo de barreira arenosa condicionada pelo regime dinâmico dominante. Essa é a razão pela qual existam, ao longo de toda essa costa, poucas desembocaduras lagunares e numerosas lagunas separadas do oceano por feições arenosas.

Embora esse contexto geomorfológico, por si só, não seja determinante para a definição de altos graus

¹⁷ Como exemplo pode-se citar os municípios de São José, na região metropolitana de Florianópolis e Balneário Camboriú, com 173.559 e 73.455 habitantes em risco social elevado.

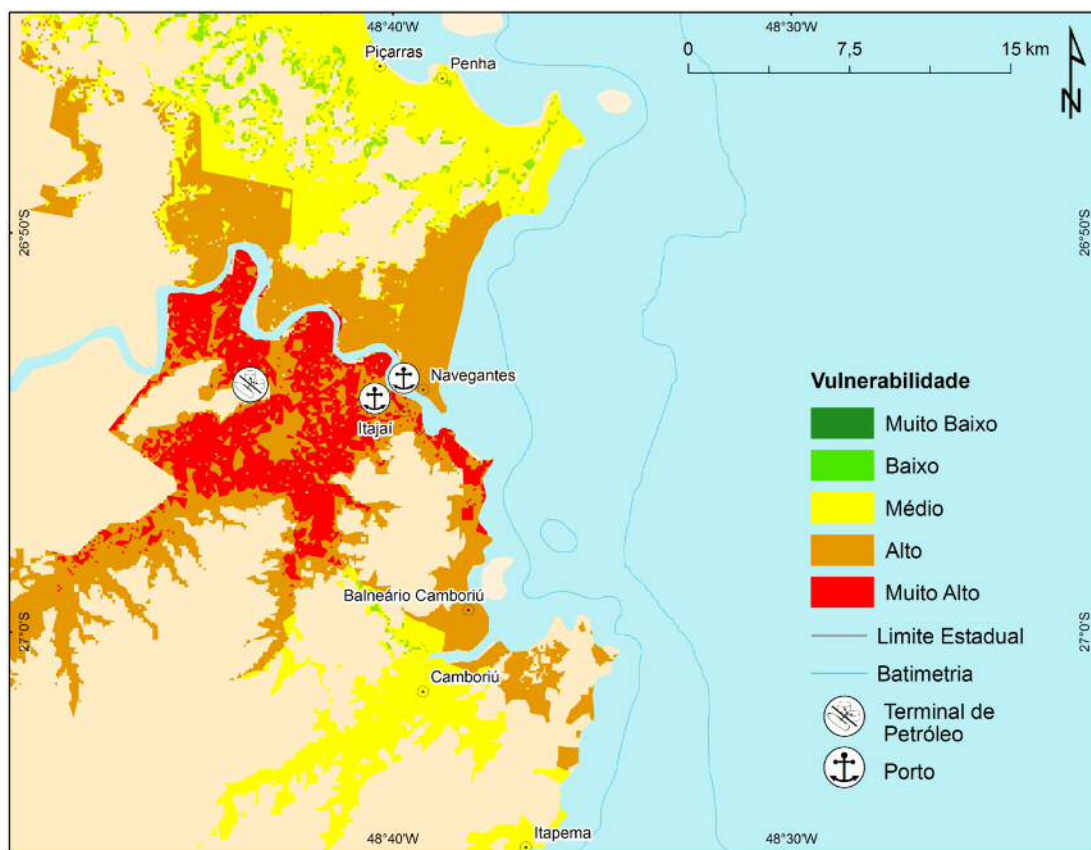


Figura 16. A região de vulnerabilidade alta e muito alta corresponde a porção distal da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, a qual vem sofrendo com inundações sistemáticas nos últimos anos, com destaque para os eventos ocorridos em 1983, 1984 e 2008.

Figure 16. The high and very high vulnerability region corresponds to the distal portion of the Itajaí-Açu River basin, which has undergone frequent inundation in recent years, particularly during recent events in 1983, 1984, and 2008.

de vulnerabilidade, é importante salientar que essa região é crítica para a incidência de eventos extremos de magnitude pouco tradicionais, como foi o caso do furacão Catarina, ocorrido em 2004 e que devastou a região limítrofe entre os dois estados mais meridionais do Brasil.

O litoral do Rio Grande do Sul é caracterizado por uma linha quase retilínea de 620 quilômetros que abriga um intrincado sistema de lagoas costeiras, com destaque para a Lagoa dos Patos, componente especialmente grandioso na zona costeira brasileira. É na desembocadura desta laguna que se verifica o único local definido como de alta vulnerabilidade no Rio Grande do Sul: a região do Município de Rio Grande.

Contribuem para esse cenário o fato de que no

interior do estuário está o principal núcleo urbano, com população estimada de 196.337 habitantes e altas taxas de risco social. A estimativa da população exposta ao risco social, ou seja, com déficit de serviços básicos (coleta de lixo e esgotamento sanitário) e baixa renda por domicílio chega a quase 100% da população (186.544 habitantes).

Esta cidade está assentada em terrenos baixos, planos e sobre espaços expandidos por aterramento do espelho d'água. Os terrenos ocupados para moradia, convivem com espaços dominados pelas atividades de um dos mais importantes portos do país, combinadas a um pólo naval, industrial e petroquímico de relevância para o estado e em franca expansão (Figura 17).

O papel do porto de Rio Grande nesta porção do

território, onde os níveis de vulnerabilidade são relevantes, deve ser considerado em conjunto com a Área Metropolitana de Porto Alegre, no que diz respeito ao sistema lagunar em que estão situados. As possibilidades de incremento da movimentação de energia e mercadorias e a implantação de novas

indústrias na área em função de sua posição quanto ao MERCOSUL, são elementos particulares que provavelmente intensificarão o grau de risco tecnológico do litoral sul nas próximas décadas (Egler, 2008).

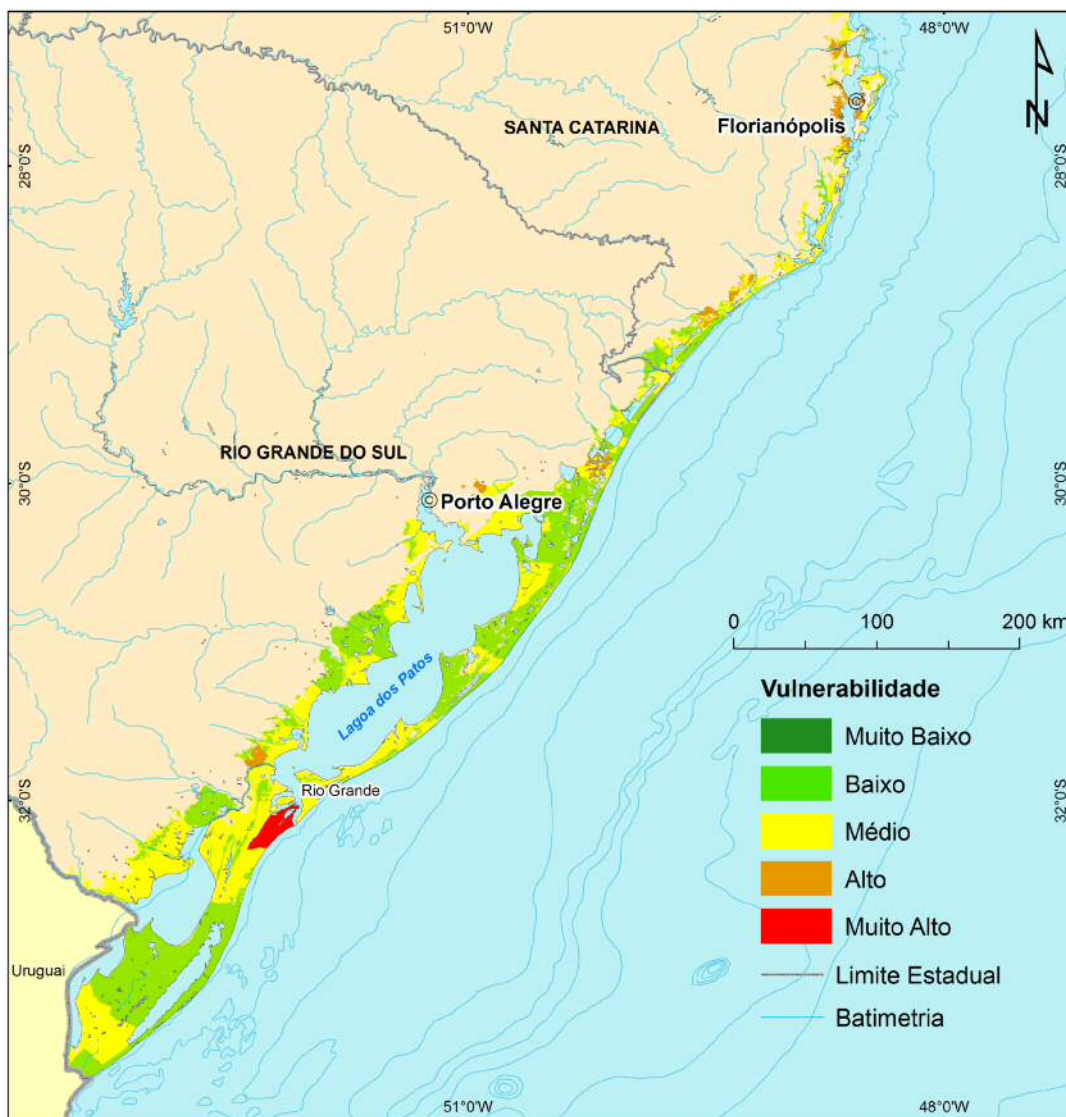


Figura 17. Do sul do estado de Santa Catarina ao limite com o Uruguai o grau de vulnerabilidade é relativamente baixo, com exceção do núcleo urbano de Rio Grande. Esta região está sujeita a eventos meteorológicos de grande magnitude, como o Furacão Catarina em 2004.

Figure 17. From the south of Santa Catarina state to the border of Uruguay, vulnerability is relatively low, with the exception of the urban area of Rio Grande. This region is subject to weather events of great magnitude, such as Hurricane Catarina in 2004.

4. CONCLUSÕES

Considerado o espaço geográfico de maior dinamismo no país (desde o tempo em que o país era colônia de Portugal), a zona costeira brasileira deve ser vista como espaço prioritário para ações de mitigação e adaptação às mudanças no clima, independente de sua gênese antrópica ou natural.

Conhecer as regiões mais ou menos vulneráveis aos impactos causados por efeitos diretos de alterações climáticas é fundamental para a tomada de decisões do poder público. Estes efeitos estão diretamente associados a três grandes grupos de variáveis, as quais foram definidas neste trabalho pelos conceitos de risco natural, risco social e risco tecnológico. A conjunção destes conceitos, quando aplicados ao território nacional, permitem a definição de cinco níveis de vulnerabilidade, ilustrando o cenário que se coloca como desafio à gestão costeira integrada no país.

A análise de vulnerabilidade aqui realizada foi apresentada em macro escala, visando abranger todo o litoral brasileiro e identificando as áreas prioritárias para ação do poder público.

Essas ações devem pautar-se nos principais tipos de riscos relacionados às mudanças climáticas em zonas costeiras a partir da aplicação de metodologias que integrem as variáveis inseridas no processo.

Agrega-se a este arcabouço outros fatores que influenciarão indiretamente na dinâmica dessa porção do território, como por exemplo a possibilidade de alterações significativas nas vazões dos principais rios brasileiros com aumento de volume nas bacias do Prata e Paraná e redução nas bacias Amazônicas e do Pantanal. A variação destes volumes implicará em uma nova dinâmica de transporte sedimentar e seus consequentes efeitos na linha de praia.

Estes efeitos já foram preliminarmente identificados em um esforço governamental levado a cabo pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (Neves & Muehe, 2008), sendo que os mesmos devem ser ressaltados quando da elaboração de estratégias de ação do poder público: a) erosão e progradação costeira; b) danos a obras de proteção costeira; c) prejuízos

estruturais ou operacionais a portos e terminais; d) danos a obras de urbanização de cidades litorâneas; e) danos estruturais ou prejuízos operacionais a obras de saneamento; f) exposição de dutos enterrados ou danos estruturais a dutos expostos; g) intrusão salina em estuários; h) intrusão salina em aquíferos; i) evolução dos manguezais; j) danos a recifes de coral.

O cenário está posto e não há dúvidas que o desafio de adaptação e mitigação das consequências destes fenômenos é enorme e não pode ser levado a cabo sem um detalhado referencial técnico composto de análises de vulnerabilidade em micro e macro escala.

Os resultados obtidos neste estudo de vulnerabilidade se inserem nesse referencial a partir de uma base georreferenciada com potencial para auxiliar no trato de duas das várias questões levantadas pelo Tribunal de Contas da União quando de sua auditoria sobre políticas públicas e mudanças climáticas:

- 1 - O Brasil não possui um estudo da vulnerabilidade da costa brasileira frente aos impactos decorrentes das mudanças climáticas em escala nacional.
- 2 - Os dados disponíveis no país são insuficientes para a construção de cenários de impactos nas zonas costeiras decorrentes das mudanças climáticas.

Estes são exemplos de situações às quais a sociedade brasileira deverá estar minimamente preparada para lidar. A análise da vulnerabilidade da zona costeira deve apoiar a priorização das ações do governo, principalmente naquelas áreas definidas como de vulnerabilidade alta ou muito alta.

Outro aspecto que deve ser amplamente debatido pela sociedade é o papel das instituições no processo. Nesse aspecto, é inegável que, em termos de gestão, o Ministério do Meio Ambiente deve ter prerrogativa de liderança, uma vez que a legislação o define como coordenador do processo de Gerenciamento Costeiro no Brasil.

Nesse aspecto, é possível verificar, por meio das principais ações levadas a cabo pelo Governo Federal na zona costeira, que os instrumentos de gestão desenvolvidos entre 1996 e 2006 trouxeram avanços¹⁸

18 Principais instrumentos: Projeto Orla, Agenda 21, Planos Diretores Municipais, Conselhos Municipais de Meio Ambiente – CMMAs, Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro – ZEEC, Áreas de Exclusão Temporária de Óleo e Gás, Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Mapeamento da Sensibilidade do Litoral ao Óleo.

consideráveis, embora a carência de um planejamento estratégico integrado ainda seja latente. Agrega-se a este cenário a preocupante falta de prioridade dada pelos governos aos setores da administração federal responsáveis pela execução da política de gerenciamento costeiro integrado.

É justamente nesse escopo de planejamento estratégico integrado que as variáveis relacionadas à vulnerabilidade devem ser inseridas, principalmente quando da análise geográfica de prioridades de atuação.

Dentre as ações que devem compor o referido planejamento estratégico integrado destacam-se a efetivação de monitoramento ambiental permanente que venham a gerar séries de dados de longo prazo, o ordenamento territorial efetivo, principalmente em nível municipal, a efetivação das políticas estaduais de gerenciamento costeiro e o planejamento prévio e a priorização de estudos para as formas clássicas de respostas aos efeitos esperados de mudanças climáticas como recuo, acomodação e proteção.

Iniciativas-chaves para o trato do tema “mudanças climáticas em zonas costeiras” como o Programa Global de Observação dos Oceanos (GOOS)¹⁹, vinculado à Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), ou os levantamentos sobre erosão costeira realizados pelo Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM)²⁰ com apoio da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar e do Ministério do Meio Ambiente, devem ser incentivados como forma de manutenção de uma base estrutural para a tomada de decisão por parte das instituições responsáveis pelo gerenciamento costeiro e marinho do país.

BIBLIOGRAFIA

- Ab' Saber, A.N. (2000) - Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil Inter e Subtropical. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 1:27-43. Disponível em http://www.ugb.org.br/final/n o r m a l / a r t i g o s / R B G _ 0 1 / Artigo02_RBG_2000.pdf
- Ab' Saber, A. N. (2001) - *Litoral do Brasil*. Editora Metalivros, 290 p., São Paulo. ISBN: 9788585371357
- Astolpho, S. M. & Gusmão, P.P. (2008) - Potencial de Risco Social. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.121-148, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.
- Bittencourt, A.C.P., Oliveira, M.B.de & Dominguez, J.M.L. (2006) – Sergipe. P:212 -218. In: Muehe, D. (org.), *Erosão e prograduação do litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, pp.212-218, MMA e Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289.
- Castro, C. M., Peixoto, M.N.O. & Rio, G.A.P. (2005) - Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. *Anuário do Instituto de Geociências*, UFRJ, 28(2):11-30. Disponível em http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_11_30.pdf
- Egler, C. A. G. (1996) - Risco Ambiental como critério de gestão do território: Risco Ambiental como critério de gestão do território. *Território*, Revista do Laboratório de Gestão do Território, UFRJ, 1: 31-41. Disponível em <http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/RISCO.PDF>
- Egler, C. A. G. (2005) - As Cartas de Risco Ambiental, Social e Tecnológico do Novo Macrodiagnóstico da Zona Costeira. In: I Encontro Temático: Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e da Zona Costeira. Ministério do Meio Ambiente. Itajaí, SC, Brasil. CD-ROOM.
- Egler, C. (2008) - Potencial de Risco Tecnológico. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.149-172, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.

19 A componente brasileira deste programa pode ser acessada em: www.goosbrasil.org.

20 Os resultados estão sistematizados no livro: *Erosão e Prograduação do Litoral Brasileiro* (Muehe, 2006).

- IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission. (2009) - *Hazard awareness and risk mitigation in integrated coastal area management*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Manuals and Guides No 50, ICAM Dossier No 5, 141p., Paris, França. Disponível em http://ioc-unesco.org/index.php?option=com_oe&task=viewDocumentRecord&docID=3947
- Marengo, J.A. (coord.) (2006) - Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Ministério do Meio Ambiente. 212p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380386. Disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/livro%20completo.pdf
- Muehe, D., Lima, C.F. & Lins-de-barros, F.M. (2006) - Rio de Janeiro. In: Muehe, D. (org.), *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, pp.265-296, MMA e Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289.
- Muehe, D. (org.) (2006) - *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. MMA - Ministério do Meio Ambiente, e PGGM - Programa de Geologia e Geofísica Marinha, 476p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289.
- Muehe, D. & Nicolodi, J. L. (2008) - Geomorfologia. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.23-58, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.
- Neves, S. M., Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. B. S. (2006). In: Dieter Muehe, D. (org.) (2006) - *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. MMA - Ministério do Meio Ambiente, e PGGM - Programa de Geologia e Geofísica Marinha, 476p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8577380289.
- Neves, C. F. & Muehe, D. (2008) - Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. *Parcerias estratégicas*, 27:217-296, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.cgEE.org.br/parcerias/p27.php>
- PARCERIAS ESTRATÉGICAS BRASÍLIA, DF N.27 DEZEMBRO 2008
- Nicolodi, J.L. & Zamboni, A. (2008) - Gestão Costeira. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.213-241, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.
- Strohaecker, T.M. (2008) - Dinâmica Populacional. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.59-92, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.
- TCU – Tribunal de Contas da União (2009) - Auditorias de natureza operacional sobre políticas públicas e mudanças climáticas - Adaptação das zonas costeiras brasileiras. Tribunal de Contas da União, 62 p., Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/biblioteca_tcu/biblioteca_digital/Adaptação das zonas costeiras brasileiras.pdf
- Tessler, M. (2008) - Potencial de Risco Natural. In: Ademilson Zamboni & Joao Luiz Nicolodi (org.), *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*, pp.93-120, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil. ISBN: 9788577381128.