



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS



PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO
PROJETO BRA/06/032
ENQUADRAMENTO PNUD: R.1 P1.17
Carta de Acordo nº 25759/2014 (RC) – SAE – FCPC

Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas
Infraestrutura Costeira

Relatório 4/Produto 8 – IC
RECOMENDAÇÕES PARA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA REGIÃO COSTEIRA
E INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA BRASILEIRA

Assinatura manuscrita em azul, provavelmente de Wilson Cabral de Sousa Junior.

Responsável: Wilson Cabral de Sousa Junior

Brasília, 08 de junho de 2015

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM ZONAS COSTEIRAS	3
2.1. Adaptação às mudanças climáticas: um breve estado da arte	4
2.1.1. Adaptação às mudanças climáticas no mundo.....	6
2.1.2. Barreiras à adaptação	8
2.1.3. Estudo de caso: adaptação às mudanças climáticas no Litoral Norte de SP	10
3. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL PARA RIO DE JANEIRO/RJ E SANTOS/SP ...	17
3.1. Análise dos resultados do IVSCB para o município do Rio de Janeiro/RJ	18
3.1.1. Valores em risco.....	24
3.2. Análise dos resultados do IVSCB para o município de Santos/SP	26
3.2.1. Valores em risco.....	27
3.3. Recomendações para adaptação da infraestrutura na zona costeira	29
3.4. Adaptação: recomendações com base nos estudos de caso	30
4. INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA.....	32
4.1. Consequências da elevação do nível do mar sobre a infraestrutura portuária brasileira ..	32
4.2. Adaptação da infraestrutura portuária brasileira às mudanças climáticas	37
4.2.1. Aspectos técnicos.....	37
4.2.2. Estimativa de valores associados às recomendações de adaptação.....	41
4.3. Abordagem multiescalar da adaptação	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
AGRADECIMENTOS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

O projeto “BRASIL 3 TEMPOS” BRA/06/032, executado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR), tem como objetivo desenvolver estratégias e ações nacionais que subsidiem o governo na formulação e implementação de políticas públicas de longo prazo que promovam o crescimento econômico do país, acompanhado de inclusão social. Essas ações estão sendo realizadas por meio de estudos, produtos e eventos sobre temas de importância para o planejamento estratégico brasileiro, tendo por base cenários climáticos de longo prazo. A partir destas informações, vários eixos de atividades humanas são estudados e medidas de adaptação são analisadas. Dentre estes eixos está a infraestrutura costeira, com foco na infraestrutura portuária e na vulnerabilidade socioambiental da costa brasileira, objetos deste relatório.

Neste relatório estão contidas as recomendações para adaptação às mudanças climáticas, à luz de pesquisas sobre adaptação no espectro institucional, que vem sendo conduzidas por esta equipe. Além disso, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental da Costa Brasileira (IVSCB), assim como a análise da infraestrutura portuária brasileira, conforme apontado nos relatórios anteriores (Relatórios 5-IC, 6-IC e 7-IC) e suas extensões, e apresentadas orientações gerais para adaptação às mudanças climáticas nestes contextos.

2. ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM ZONAS COSTEIRAS

Os principais fatores físicos a influenciar impactos de possíveis mudanças climáticas sobre as regiões costeiras brasileiras estão relacionados a forçantes oriundas do oceano, como a elevação do nível médio relativo do mar e ressacas (*storm surges*) – e da região continental, especialmente frentes de precipitação, e consequente inundação, e escorregamentos de encostas associados a movimentos de massa. A exposição de áreas da costa a estes fatores expressa sua vulnerabilidade ambiental, a



qual, considerada em conjunto com a suscetibilidade da população a eventos desta natureza, expõem a vulnerabilidade socioambiental às mudanças do clima.

Embora ainda seja um tema emergente, diversos estudos têm sido conduzidos no país, enfatizando possíveis ameaças, vulnerabilidades e riscos, com relativa divulgação não só no meio científico, como também pela imprensa em geral. Por hipótese, é de se esperar que tomadores de decisão, em seus diversos níveis, tenham conhecimento destes estudos e seus resultados, e possam utilizá-los em abordagens de planejamento de curto, médio e longo prazos.

Entretanto, pesquisas recentes têm demonstrado que, embora a informação ainda permaneça como um aspecto importante no encadeamento de decisões acerca da adaptação às mudanças do clima, outros fatores predominam, ressaltando-se o contexto institucional como um dos elementos de maior relevância, especialmente quando medidas adaptativas demandem iniciativas do poder público instituído, em seus diversos níveis.

Procurando compreender melhor este contexto, está sendo conduzida uma pesquisa junto a atores chave no processo de tomada de decisão para adaptação à mudanças climáticas no Litoral Norte de São Paulo. Embora há que se resguardar o contexto local, pressupõe-se que as principais dificuldades e desafios encontrados naquele ambiente sócio-institucional sejam representativos da questão de adaptação para outras regiões da costa brasileira. Tais elementos são aqui apresentados, de maneira a apontar, preliminarmente, os fatores relevantes do ponto de vista institucional para fins da efetiva adaptação.

2.1. Adaptação às mudanças climáticas: um breve estado da arte

Adaptação às mudanças climáticas, de acordo com o IPCC (2001) são “ajustes nos sistemas naturais e humanos em resposta a estímulos climáticos atuais ou esperados e seus efeitos, de forma a reduzir os danos ou explorar oportunidades”. A adaptação, a partir deste conceito, pode ser:



- Preventiva ou proativa, quando a ação é tomada antes que sejam observados os impactos de mudanças climáticas;
- Autônoma ou espontânea, quando provém de mudanças nos sistemas naturais ou induzidas por situações de mercado ou alterações de bem estar nos sistemas humanos;
- Planejada, quando é deliberada a partir de uma decisão política, gerada a partir de preocupações com as condições de mudança e baseada na necessidade de ação.

De acordo com Barbi e Ferreira (2014), a adaptação às mudanças climáticas pode adquirir abordagens diversas, dentre as quais os autores distinguem duas categorias: *ad hoc* e estratégica. Abordagem *ad hoc* são reativas e geralmente estão associadas a respostas a uma oportunidade específica de financiamento ou iniciativa individual. Também podem ser oportunistas quando o poder público desenvolve regimes únicos ou projetos comunitários, frequentemente com outros parceiros. Por outro lado, abordagens estratégicas de adaptação contam com fomento de mais longo prazo, novos arranjos institucionais (por exemplo, a criação de órgãos específicos para lidar com mudanças climáticas) e políticas robustas de suporte para ação. Assim, abordagens estratégicas constituem as respostas políticas mais completas para adaptação às mudanças climáticas.

Adaptação planejada (*planned adaptation*) é uma expressão que vem sendo empregada recentemente na questão das mudanças climáticas. Refere-se ao uso de informações sobre o presente e o futuro das alterações climáticas para se avaliar a adequação das práticas atuais e previstas assim como de políticas e infraestrutura (Füssel 2007, Martins e Ferreira 2011).

No espectro de análise e recomendações do presente trabalho, as proposições estão vinculadas às categorias “preventiva” e “planejada” (IPCC, 2001) e ou “estratégicas” (Barbi e Ferreira, 2014) e são apresentadas, ao final, conforme a abordagem multiescalar sobre mudanças climáticas e infraestrutura, proposta por Wang e Smith (2014). É possível ainda discriminar outras classificações para adaptação, por exemplo,



em relação a seu escopo institucional: setorial, intragovernamental, intergovernamental, dentre outras diversas possibilidades.

2.1.1. Adaptação às mudanças climáticas no mundo

De acordo com a Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD), as discussões sobre adaptação em países desenvolvidos é frequentemente limitada à identificação de opções genéricas (Gagnon-Lebrun & Agrawala, 2006). Destes, alguns países identificam políticas existentes particularmente na área de desastres naturais, que possam ser sinérgicos com a adaptação às alterações climáticas. No entanto, somente poucos países informam sobre a implantação efetiva das medidas preventivas que levem em conta futuras alterações climáticas. De fato, governos e organizações internacionais estão respondendo e se preparando para os impactos das mudanças climáticas de diversas maneiras:

- Muitos países, como Austrália, Nigéria e Reino Unido estão adotando uma abordagem em escala abrangente, desenvolvendo políticas e programas nacionais de adaptação para enfrentar as vulnerabilidades das mudanças climáticas.
- Países como Holanda e, novamente, Austrália, concentram grande parte dos esforços de adaptação em determinados setores, tais como os recursos costeiros e gestão da água.
- Países menos desenvolvidos estão criando programas nacionais de ação (*National Adaptation Programmes of Action* - NAPAs) para identificar e adaptar-se às necessidades mais urgentes e imediatas sobre impactos das mudanças climáticas.
- Organizações internacionais, tais como a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (*U.S. Agency for International Development* - USAID) têm prestado assistência técnica e financeira para incorporação da adaptação aos esforços de países em desenvolvimento.



No âmbito internacional, Bauer & Steurer (2014) destacam o importante papel das parcerias/acordos existentes entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento como, por exemplo, a *Adaptation Partnership* co-presidida pelos Estados Unidos, Espanha e Costa Rica. Nas esferas nacional e regional, a maioria das parcerias ocorre entre setores público-privados com finalidades específicas (por exemplo, entre tomadores de decisão e companhias seguradoras na Alemanha e Noruega) e de âmbito local (por exemplo, na Holanda e Austrália). Os autores ainda destacam que, até o momento, os regimes regionais de parceria abrangente que englobam numerosas regiões de um país, e abordam vários setores, surgiram apenas no Canadá e no Reino Unido. Estas parcerias regionais constituem uma nova forma de governança que visa facilitar o processo de adaptação às mudanças climáticas em todos os setores, níveis de governo e sociedade.

A política climática no âmbito da Comunidade Europeia foi, por um bom tempo, focada em medidas de mitigação. Somente depois da virada do século é que “adaptação” foi incluída à agenda política dos Estados-Membros da EU, os quais começaram a desenvolver estratégias nacionais de adaptação (*The National Adaptation Strategies-NASs*) (Biesbroke *et al.* 2010). Os *NASs* apresentam medidas que objetivam reduzir os impactos e vulnerabilidades às alterações climáticas e melhorar a capacidade de adaptação da sociedade. Principais mecanismos incluem: difusão de informações envolvendo diferentes níveis de governo, programas de pesquisa sobre vulnerabilidade e adaptação, mobilização social (estratégias incluem programas educativos, campanhas e eventos), dentre outros.

Neste contexto têm surgido na Europa ações proativas de adaptação através do desenvolvimento de estratégias baseadas em projeções futuras de mudanças climáticas. Apesar da maioria das atividades práticas ainda estarem ainda em fase inicial, vários exemplos de boas práticas estão emergindo por meio de instrumentos e



iniciativas que incluem, por exemplo, a criação de *clearinghouses*¹ de mudanças climáticas, impactos, vulnerabilidade e adaptação na Europa (Prusch *et al.* 2010).

É importante ressaltar que, apesar do aumento nos processos de adaptação em vários setores e níveis de governo, somente algumas medidas têm sido implantadas e uma minoria, avaliada. A maior parte das ações de adaptação parecem ser mudanças incrementais, e não as mudanças transformacionais que podem ser necessárias em determinados casos para se adaptar a mudanças (Bierbaum *et al.* 2013).

Independente da estratégia adotada, os países apresentam desafios comuns, tais como: **necessidade de avaliação, redução das vulnerabilidades e aumento de oportunidades, indicadores de performance, políticas de integração e desenvolvimento**, convenções globais e **estratégias nacionais de adaptação, capacidade científica e desenvolvimento de previsões das mudanças, iniciativas de comunicação**, de **educação** e de **sensibilização**, entre outros (Wheaton & Maciver 1999).

2.1.2. Barreiras à adaptação

Biesbroek *et al.* (2013) apresentam uma revisão detalhada das principais barreiras relacionadas a adaptação às mudanças climáticas. De modo geral, a revisão dos autores evidencia que pesquisas devem ir além das perguntas ‘se’ e ‘quais’ e abordar questões referentes a ‘como’ e ‘por que’ as barreiras emergem. Os autores compilam uma lista detalhada de barreiras à adaptação nos Estados Unidos, que vão desde falta de recursos para começar e sustentar os esforços de adaptação, passando por fragmentação dos processos decisórios, até opiniões divergentes sobre risco, cultura e valores.

¹ *Clearinghouses*, neste contexto, são organizações incumbidas de coletar, organizar e difundir informações sobre determinado tema, no caso, “mudanças climáticas e adaptação”. Um exemplo é a *UK Climate Impacts Programme – UKCIP* (vide em <http://www.ukcip.org.uk/>).



De acordo com a *Productivity Commission* 2012, da Austrália, barreiras à adaptação às alterações climáticas podem resultar de:

- Falhas de mercado (*market failures*) - condições que impedem ou dificultam a alocação de recursos, como nos casos onde a informação sobre impactos das mudanças climáticas é insuficiente ou inadequada, afetando a maneira como famílias, empresas e outras instituições, inclusive públicas, tomam decisões.
- Políticas e instrumentos regulatórios inadequados ou insuficientes, ou ainda ausência de regulamentação, que inibem adaptação. Por exemplo, a falta de integração entre políticas de planejamento e regramento da construção civil pode criar um obstáculo à adaptação em situações que representam risco à propriedades (tais como inundações).
- Governança e barreiras institucionais - arranjos de governança deficitários que impedem coordenação entre os governos e as agências, reduzem responsabilidades ou atribuem responsabilidades a autoridades que não dispõem de capacidade suficiente para condução das atribuições.
- Barreiras atitudinais e cognitivas – relacionada à forma como as pessoas processam as informações e tomam decisões. Neste contexto encontram-se as questões culturais e a postura das pessoas em relação a determinados assuntos, dentre eles o aspecto prognóstico associado às informações sobre mudanças climáticas.

Mukheibir et al. (2013) sintetizam em quatro, as principais barreiras na adaptação às mudanças climáticas:

- Pouca/nenhuma compreensão dos riscos, acesso limitado, incerteza dos impactos das mudanças climáticas.
- Estrutura inconsistente de governança, coordenação, comunicação e liderança entre ambas as camadas verticais e horizontais de níveis de governo.
- Definição inconsistente do problema e estrutura inadequada de adaptação às mudanças climáticas a ser usado para planejamento.



- Prioridades concorrentes/conflitantes devido à limitada mobilização de recursos operacionais (ex.: pessoal, financeiro) para planejar e implantar ações responsivas.

2.1.3. Estudo de caso: adaptação às mudanças climáticas no Litoral Norte de SP

Como parte do esforço de pesquisa do presente trabalho, em ação complementar aos estudos do projeto REDELITORAL² (CAPES/Edital Ciências do Mar), foi desenvolvido um levantamento preliminar, com subsequente análise, das questões institucionais associadas à adaptação às mudanças climáticas no Litoral Norte de São Paulo. Para tanto, foi produzido um roteiro de entrevistas, com 34 questões, para aplicação junto aos *stakeholders* institucionais atuantes no Litoral Norte (com base física e projetos nos quatro municípios da região: Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela), identificados a partir de mapeamento de atores-chave. Estes foram elencados a partir daqueles considerados mais atuantes em conselhos e fóruns participativos de gestão instalados na região, tais como Comitê de Bacias Hidrográficas, Grupo Setorial de Revisão do Gerenciamento Costeiro, Conselhos das Unidades de Conservação do Litoral Norte; participantes de reuniões de trabalho e oficinas realizados pelo projeto REDELITORAL, e eventos conduzidos por diversas instituições ao longo dos anos de 2013 e 2014.

O universo amostral abrangeu *policy makers* (ou seus prepostos) de instituições governamentais, organizações não governamentais, empresas e associações de classe, ligadas a setores produtivos. Foram realizadas 50 entrevistas presenciais, além da disponibilização do mesmo roteiro para preenchimento eletrônico por meio da plataforma *Survey Monkey*. As questões buscaram compreender “se” e “como” as instituições lidam com assuntos relacionados às mudanças climáticas, além de explorar possíveis barreiras para adaptação, no âmbito de cada instituição. Nas entrevistas presenciais foram produzidos, pelos atores entrevistados, “modelos mentais” expressando as interações já estabelecidas para cumprir a missão de cada instituição

² Disponível em www.redelitoral.ita.br.



bem como as conexões necessárias para estabelecer ações de adaptação às mudanças climáticas.

2.1.3.1. Mapeamento institucional

O mapa institucional cognitivo, elaborado a partir de consulta aos *stakeholders* locais, é apresentado na Figura 1, como sendo o arranjo percebido atualmente para o endereçamento de questões relacionadas a adaptação às mudanças climáticas.

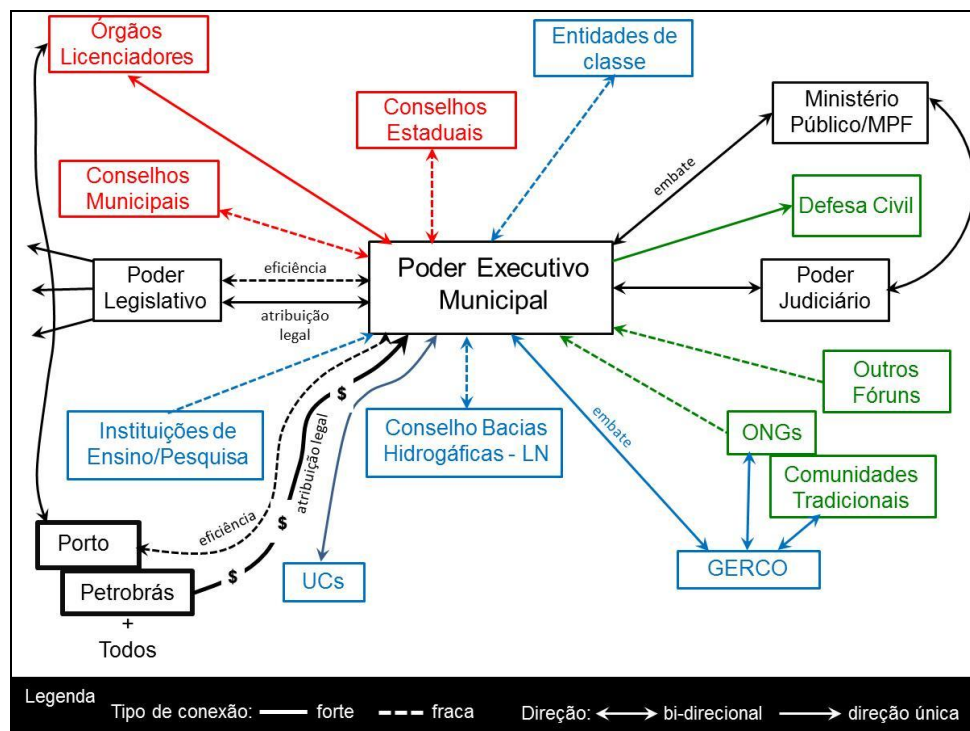


Figura 1. Mapa cognitivo sobre arranjo institucional para adaptação às mudanças climáticas. As cores refletem identidade setorial conforme expressado pelos entrevistados. Fonte: REDELITORAL (2014).

É possível notar, na Figura 1, uma associação clara de centralidade do Poder Executivo Municipal como instituição sobre a qual se depositam expectativas de políticas e ações envolvendo adaptação às mudanças climáticas, em nível local. Também é possível abstrair indícios da influência econômica sobre as decisões municipais e a fraca conexão estabelecida entre municipalidades e conselhos diversos, inclusive os próprios conselhos municipais. Tais constatações são parte importante do diagnóstico institucional em análise.

Assinatura

2.1.3.2. Barreiras e oportunidades à adaptação

Uma síntese do que se estabelece como barreiras às ações de adaptação às mudanças climáticas na região, a partir da visão dos entrevistados, inclui:

- a) Disponibilidade de informações – embora haja um número cada vez maior de publicações acerca dos possíveis impactos de mudanças climáticas sobre a região, as informações não estão disponíveis ou se encontram pouco acessíveis, seja fisicamente, seja com relação à linguagem utilizada – muito técnica e pouco elucidativa para a sociedade em geral. Há que se salientar aqui o papel da mídia em geral, cuja cobertura, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, é precária e insuficiente.
- b) Nível de consenso sobre mudanças climáticas e seus impactos – paira ainda, mesmo nos meios técnicos, e, por vezes, principalmente nestes, uma certa ausência de consenso sobre origens, periodicidade e impactos de possíveis mudanças climáticas – e até mesmo a existência de correntes completamente céticas a respeito - fato que, associado à pobre cobertura pela mídia geral, compromete o entendimento das questões e da formação de consensos em torno de políticas e ações.
- c) Competição entre prioridades de ação – diante de um grande número de demandas do poder público local, e do grau de comprometimento orçamentário dos municípios, estabelecer prioridades pode ser um exercício de exclusão de alguns itens demandados. Neste sentido, e associado às questões de informação e consenso, adaptação às mudanças climáticas tem sido um item de menor prioridade.
- d) Definição de liderança – como se pode inferir da Figura 1, o arranjo institucional para adaptação às mudanças climáticas é complexo e a compreensão dos papéis institucionais neste contexto é problemática. Assim, há dificuldade em se estabelecer/reconhecer liderança dentre as instituições relacionadas, tanto em nível local quanto em outras escalas. A ausência de liderança proativa, ou do reconhecimento desta, seria, portanto, uma das principais barreiras à adaptação.

- e) Carência de recursos – este é o item mais citado como barreira à adaptação e envolve tanto recursos materiais quanto humanos. Embora este item esteja de certa forma agregado aos dois últimos, a carência de recursos citada está mais relacionada à questão orçamentária das instituições, de maneira geral.

Por outro lado, buscou-se adicionalmente obter dos entrevistados o que poderia representar oportunidades para adaptação às mudanças climáticas. Os principais itens representativos de oportunidades foram:

- a) Detecção e ou percepção de sinais das mudanças climáticas – A percepção de sinais, e ou a associação de sintomas às mudanças climáticas, pode representar uma importante oportunidade para se iniciar processos de adaptação (ex.: ocorrência de eventos de seca crítica, nunca antes registrados; alteração da frequência de eventos extremos de precipitação; alteração do padrão climático local; etc.). Pressupõe-se que, quanto maior esta percepção pela sociedade, maior a disposição a cobrar/aceitar/assumir medidas de adaptação.
- b) Acessibilidade de informações – Diferente da questão levantada como barreira – carência de informações – o tópico aqui diz respeito à capacidade atual de difusão de informações – principalmente o papel das mídias sociais – a qual, se bem explorada, pode ser uma oportunidade para os processos de adaptação.
- c) Liderança – trata-se de um item ambíguo, ora citado como barreira, ora como oportunidade. Esta qualidade estaria associada ao fato de que, diante de dificuldades de assunção de lideranças, podem surgir situações em que ocorre o benefício do pioneiro. Ou seja, aquela instituição que se projetar na liderança, desde que legitimada e avalizada pelo conjunto institucional, passaria a ter a prerrogativa da influência típica dos pioneiros, o que pode trazer alguns benefícios secundários (certamente o ganho associado à imagem institucional seria um destes benefícios).
- d) Recursos – Trata-se de outro item com certa ambiguidade. O pressuposto aqui é que se a falta de recursos é uma barreira, ela também pode representar uma oportunidade na medida em que há menor grau de disputa por recursos. Uma

vez que a adaptação às mudanças climáticas tem uma ampla diversidade de formas, processos e ações, muitos destes demandam quantidades menores de recursos e podem ser objeto de ações pioneiras.

2.1.3.3. Adaptação: arcabouço institucional atual

Foi possível identificar que, apesar da existência de políticas públicas em âmbito nacional e estadual voltadas para as Mudanças Climáticas (Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC - e Política Estadual de São Paulo sobre Mudanças Climáticas - PEMC), estas diretrizes ainda não foram efetivamente incorporadas pelos gestores públicos. Isso ocorre tanto pelas instituições federais atuantes no Litoral Norte (IBAMA e ICMBio), como pelas estaduais (Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Fundação Florestal, Cetesb, Sabesp, Diretoria Regional de Ensino) e municipais (Secretarias de Meio Ambiente, Planejamento e Urbanização, Obras, Agricultura e Pesca, Saúde e Educação).

A sociedade civil organizada, por sua vez, ainda não incorporou tal demanda às suas plataformas de reivindicações junto ao poder público e às agendas de projetos e trabalhos diversos. As Colônias de Pesca e a Associação de Produtores Rurais do Litoral Norte identificam alterações no microclima e ambiente local, afetando os estoques pesqueiros (quantidade, distribuição e sazonalidade) e a produção agrícola (eliminação de culturas, como o gengibre, decorrente de pragas invasoras que se disseminaram). Tais alterações vêm contribuindo para a perspectiva de extinção da pesca artesanal e da agricultura familiar, no entanto, apenas como mais um fator exacerbador das condições geradas pelo modelo de desenvolvimento econômico estabelecido no LN.

Já algumas das Associações de Engenheiros locais refletem certo ceticismo em relação às mudanças climáticas, e que, como há ocupação em toda a costa, seria possível indicar adequação na tecnologia construtiva para suportar aumento do nível do mar (edificações em pilotis, por exemplo), embora esta não seja uma postura consensual entre organizações técnicas.



Entre as organizações ambientalistas, destacam-se atuações isoladas, com projetos que, de alguma maneira, podem subsidiar a transferência de conhecimento e informações, seja pela produção de diagnósticos municipais e agendas sustentáveis, seja por meio de iniciativas de monitoramento institucional.

O tema emerge como diretriz institucional apenas no Comitê das Bacias Hidrográficas, sendo tratado como uma das metas do Plano de Bacias, no entanto, não está entre as prioridades de fomento de ações.

Consequentemente, não há ações em curso voltadas para a adaptação às mudanças climáticas, mas foi possível identificar que entre as prioridades das instituições entrevistadas há diversas atividades em andamento que se configuram como perspectivas positivas: ações que se relacionam à mitigação de danos, recuperação ambiental, e direta ou indiretamente, à adaptação.

Como exemplo, nos últimos 10 anos houve um aprimoramento de iniciativas no campo da investigação, monitoramento e prevenção de desastres naturais e redução de riscos associados, não necessariamente relacionados com mudanças climáticas. Fruto de esforços no âmbito estadual, seguidos de um aporte significativo de recursos no âmbito federal, inclusive com a reorganização do sistema nacional de Defesa Civil, tais medidas colaboram para melhor adaptação às mudanças climáticas. O aumento de estudos de percepção de risco junto às comunidades situadas em áreas perigosas, bem como a busca pelo envolvimento cada vez maior dessas comunidades por meio de ações de educação, também foi observado, seja por meio da educação formal (envolvimento de professores e alunos da rede pública, e projetos de extensão de universidades e instituições de pesquisa) ou informal.

2.1.3.4. Arranjo institucional para adaptação na costa brasileira: recomendações

Ainda que o presente estudo tenha se caracterizado como uma pesquisa de escopo local, considerando as características do federalismo brasileiro, com verticalização de iniciativas em campos estratégicos (do federal para o local), e o arranjo institucional



em torno de fóruns como os Comitês de Bacia Hidrográfica (já disseminados pela costa brasileira, em iniciativas federais e ou estaduais) e os núcleos locais/regionais do Gerenciamento Costeiro – GERCO, estima-se que o esforço analítico aqui empreendido possa adquirir algum grau de generalização para a zona costeira brasileira. Neste sentido, a síntese a seguir apresentada é lastreada pela experiência local, porém buscou-se apoiar em elementos passíveis de extensão para porções comuns das diferentes realidades ao longo da costa. Há que se atentar ainda para os diferentes níveis de implantação de políticas pré-existentes, seja em nível federal, seja em nível estadual, aplicáveis à zona costeira em suas interfaces com a adaptação às mudanças climáticas.

As perspectivas futuras são de discussão e regulamentação dos instrumentos legais de gestão de risco de desastres e melhor integração entre os níveis federal, estadual e municipal; aprofundamento dos métodos de análise e mapeamento de perigos, vulnerabilidade e riscos com abordagem probabilística; ampliação dos municípios estudados e melhoria dos inventários de desastres, inclusive com o georreferenciamento dos registros existentes. Em termos de gestão, o grande desafio será promover a sinergia entre os estudos científicos e as políticas públicas de redução de risco de desastres, incluindo os gestores públicos e a sociedade civil organizada.

No âmbito federal, foi possível evidenciar que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – poderia ser propositivo em relação aos empreendedores, quando de processos de licenciamento, demandando ações mitigadoras ou medidas de adaptação, por meio de pareceres produzidos regionalmente, contendo indicação de condicionantes, no que concerne a impactos socioambientais em cenários de mudanças climáticas. No entanto, apesar do IBAMA e do ICMBio se constituírem em executores das Políticas Públicas Nacionais de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, é preciso que o Ministério do Meio Ambiente estabeleça diretrizes explícitas para que se possa exercer esse tipo de cobrança de forma embasada em normativas legais ou instruções normativas, ainda inexistentes. O mesmo vale para processos de licenciamento no âmbito estadual.



Igualmente, ainda é preciso estabelecer diretrizes para aprimorar os procedimentos de licenciamento, de modo a capturar os efeitos cumulativos e sinérgicos produzidos pelos empreendimentos em implantação nas diversas localidades costeiras. Enquanto tais diretrizes não são formuladas, os técnicos atuantes nos escritórios regionais têm se esforçado para identificar metodologias mais apropriadas para a Avaliação Ambiental Estratégica ou Integrada.

Os instrumentos locais e regionais de zoneamento podem exercer importante papel no contexto da adaptação às mudanças climáticas, desde que o planejamento que os originam incorporem tal preocupação. Ainda que difiram em escopo e em seus aspectos jurídicos (enquanto o zoneamento municipal geralmente tem caráter restritivo legal, outros instrumentos regionais, como o zoneamento ecológico-econômico funcionam mais como elementos de orientação para a ocupação e o uso dos solos), tais instrumentos conferem um caráter regulatório que apoia outros instrumentos, dando-lhes maior efetividade, quando não representam a principal ferramenta de planejamento da ocupação de áreas sob vulnerabilidade climática. Neste sentido, ganham relevância os colegiados locais nos quais tais instrumentos são gestados. Conseqüentemente, o aperfeiçoamento destes fóruns, no sentido de ampliar a participação da sociedade local e suas prerrogativas na tomada de decisão, é um elemento importante a se considerar.

3. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL PARA RIO DE JANEIRO/RJ E SANTOS/SP

O resultado do IVSCB, para as cidades de Rio de Janeiro/RJ e Santos/SP, apontou um cenário crítico de vulnerabilidades às mudanças climáticas para ambas. Ao se projetar os possíveis impactos sobre a infraestrutura já existente, é possível verificar, que, mesmo sem considerar perspectivas de adensamentos na urbanização, grande parte do centro do município do Rio de Janeiro, e toda a área urbana da região insular de Santos, estão instalados em áreas apresentando vulnerabilidade média a alta.



O estudo de vulnerabilidade, como o elaborado neste trabalho, é uma boa aproximação qualitativa desse risco, e pode servir de apoio ao gerenciamento e planejamento para os municípios e regiões costeiras do Brasil, considerando-se que seja possível gerar os dados necessários para a execução desse modelo. Essa aproximação também pode ser usada para discutir iniciativas de adaptação necessárias à infraestrutura dessas regiões, especialmente no sentido de minimizar as vulnerabilidades dessas localidades a um provável aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos no futuro.

De forma a melhor visualizar possíveis indicadores de adaptação, em especial para a infraestrutura envolvida, os mapas de vulnerabilidade, resultantes do modelo, foram confrontados com mapas de elementos da infraestrutura crítica das cidades estudadas, para que se pudesse avaliar o grau de vulnerabilidade dessa infraestrutura.

3.1. Análise dos resultados do IVSCB para o município do Rio de Janeiro/RJ

Devido à quantidade de elementos de infraestrutura estudados no município do Rio de Janeiro, os mapas de infraestrutura foram particionados por tipo de serviço, para facilitar o entendimento dos mesmos.

De modo geral a infraestrutura do município encontra-se em regiões de média vulnerabilidade, porém alguns pontos importantes estão em locais de alta vulnerabilidade e merecem estudos mais detalhados sobre sua situação.

A primeira linha de atendimento aos eventos extremos compõe-se de unidades de resposta a desastres naturais, envolvendo instalações militares, policiais, e de corpos de bombeiros, que prestam pronto atendimento local e transporte de vítimas. A Figura 2 apresenta um mapa dessas infraestruturas de atendimento primário, contraposto com o resultado do IVSCB, para o cenário 8.5 do IPCC.³

³ Esse cenário será utilizado como referência para ambos os municípios, de modo a diminuir o número de mapas e facilitar o entendimento.



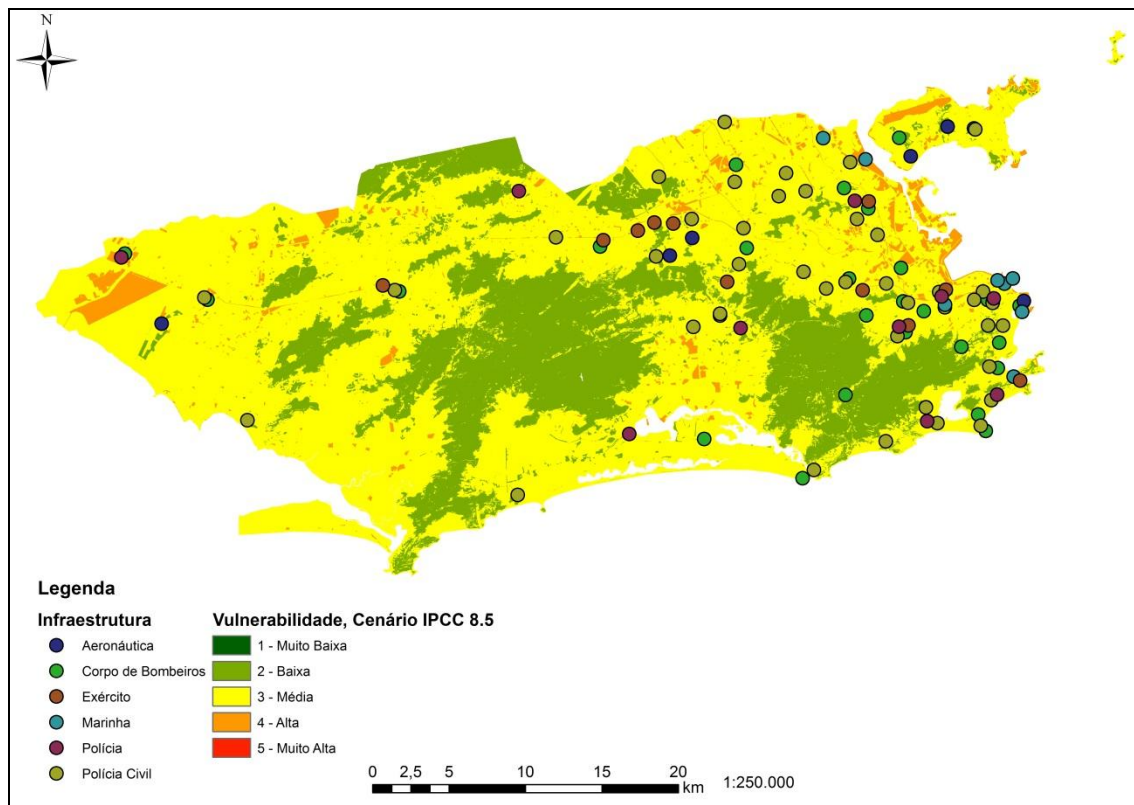


Figura 2. Infraestruturas de atendimento primário, para o Rio de Janeiro.

Pode-se notar na Figura 2 que a maior parte das estruturas de atendimento está em locais de vulnerabilidade média ou alta, o que as coloca em situação difícil em caso de um evento natural nessa região. Grande parte dessas estruturas está em locais baixos e planos, próximos ao oceano, ou a corpos d'água – que, no meio urbano, estão associados a canais de drenagem – cuja saturação, em caso de eventos de elevação do nível do mar, ou de intensa precipitação, pode levar ao alagamento destas áreas.

Ainda com respeito à esta infraestrutura crítica de resposta em caso de desastres naturais, devemos incluir os hospitais de pronto-atendimento do município para onde seriam levados aqueles que forem atendidos por ocasião de um evento extremo. Na Figura 3, pode-se observar uma projeção dos principais hospitais públicos da cidade, sobre o mapa de vulnerabilidades para o cenário IPCC 8.5.

Assinatura

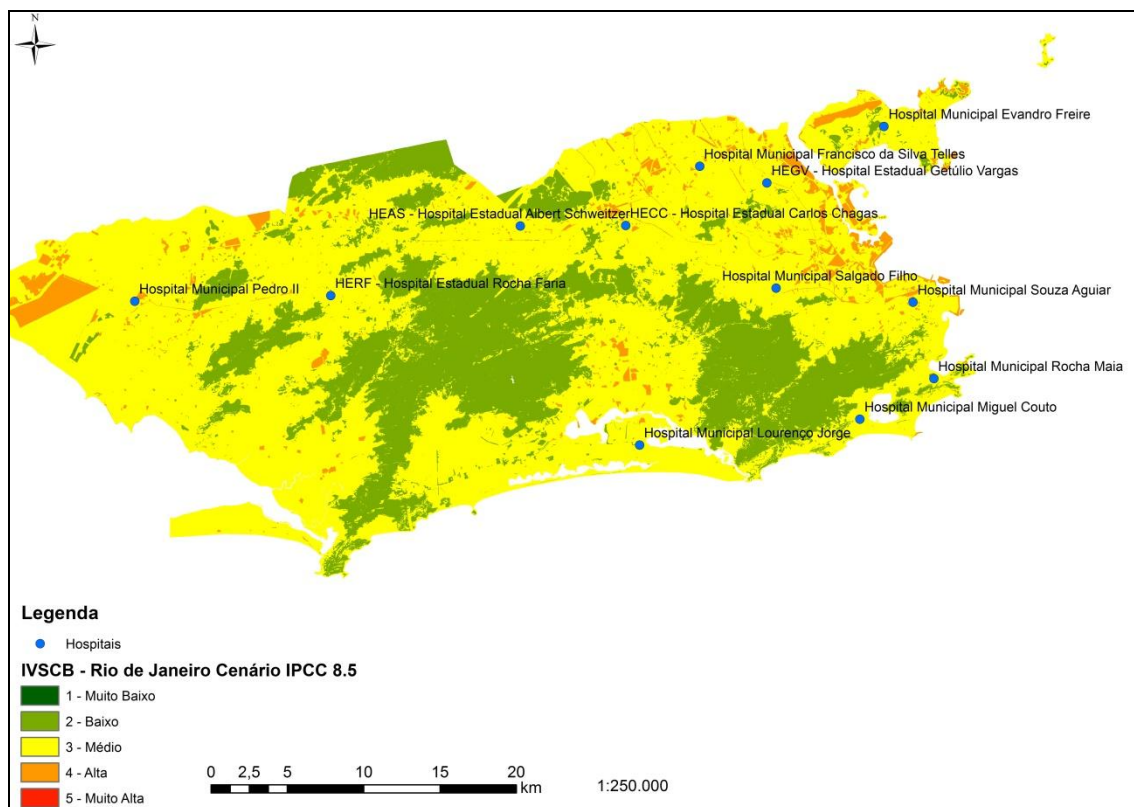


Figura 3. Hospitais públicos no município do Rio de Janeiro e o IVSCB.

Observa-se na Figura 3, que os hospitais do município do Rio de Janeiro localizam-se, em sua maioria, em áreas de vulnerabilidade média ou alta. Tais hospitais são estruturas sensíveis, mesmo em eventos de menor intensidade, pois uma eventual necessidade de evacuação envolveria pacientes, os quais estão em um dos grupos de maior suscetibilidade a eventos extremos, dadas as óbvias dificuldades envolvidas no transporte e movimentação destes, sua fragilidade física, além dos riscos de contaminação e infecções.

Outro item de grande importância quando se trata de vulnerabilidade de infraestrutura crítica envolve as estações de tratamento de água e esgoto, responsáveis por parte do saneamento básico da cidade. Este serviço garante o abastecimento de água potável, além de prevenir a propagação de doenças de veiculação hídrica. Na Figura 4 foram sobrepostas as principais estações de tratamento de água e esgoto do município do Rio de Janeiro, sobre o mapa de vulnerabilidade resultante do IVSCB (com exceção da Estação de Tratamento de Água – ETA – Guandu,

[Handwritten signature]

localizada no município de Nova Iguaçu, fora, portanto, da área deste estudo de vulnerabilidade).

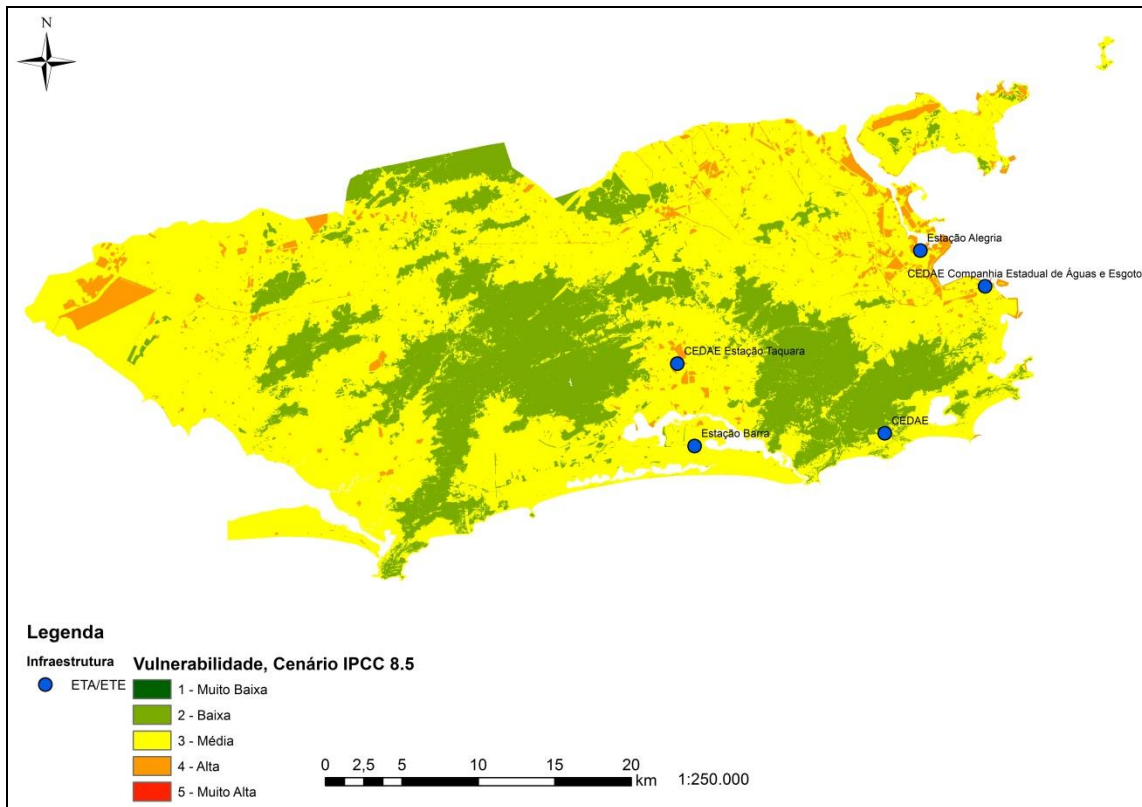


Figura 4. Localização das ETA/ETE, sobre o mapa de vulnerabilidade para o cenário 8.5, para o município do Rio de Janeiro.

Como apresentado na Figura 4, duas das estações aparecem em áreas de alta vulnerabilidade, o que as coloca na linha de frente dos vários perigos estudados no IVSCB. A Estação de Tratamento de Esgotos – ETE – Alegria é a estação mais suscetível, considerando os parâmetros analisados. Localizada em região baixa, próxima ao oceano e a corpos d'água, a ETE Alegria é uma estação de grande porte, com capacidade para tratamento de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ de esgoto, atendendo a uma população aproximada de 1,5 milhão de pessoas. A interrupção dos serviços desta estação, ainda que temporariamente, no caso de um evento extremo, pode colocar em risco a saúde de boa parte da população da zona sul do município, além dos ambientes adjacentes.

Ao sobrepor um mapa das principais vias de transporte rodoviário do município com os dados do IVCB para o cenário 8.5 do IPCC, nota-se que vários pontos das avenidas principais e secundárias estão em regiões de vulnerabilidade 4, o que significaria que

essas vias, caso um evento desastroso atingisse a cidade seriam provavelmente afetadas por eles, e comprometeriam a mobilidade das pessoas e de órgãos de atendimento aos desastres (Figura 5).

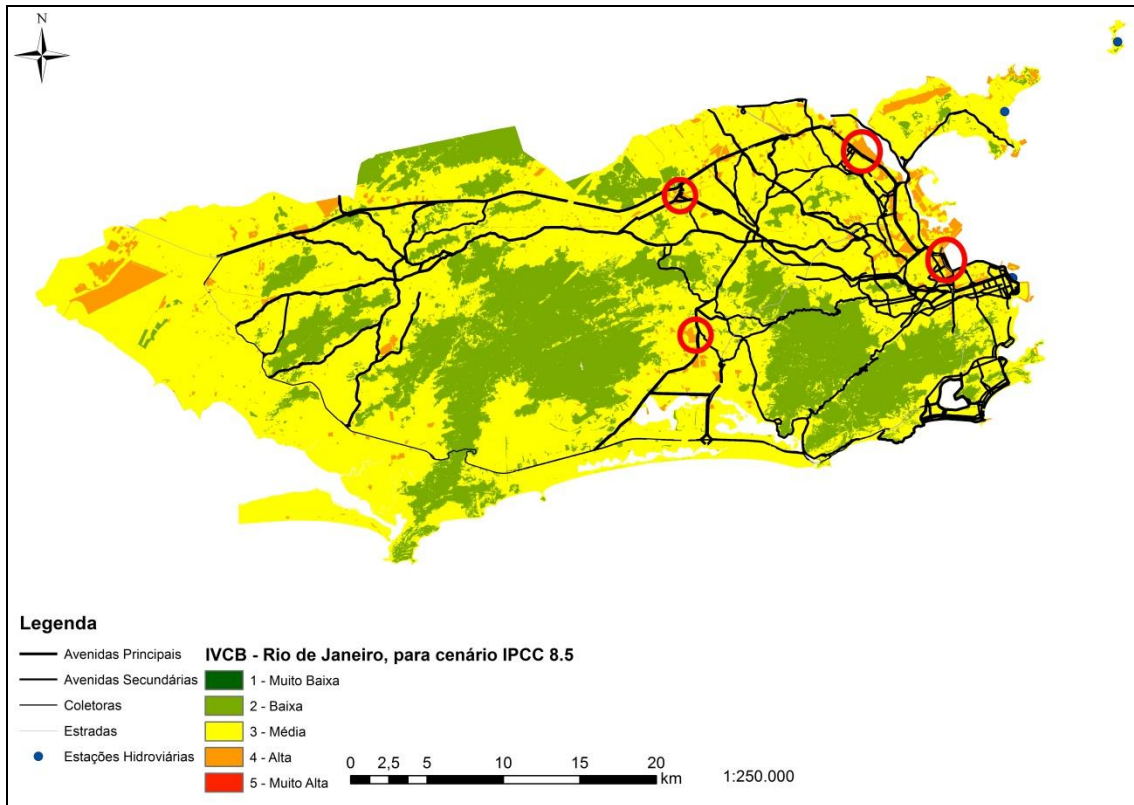


Figura 5 - Principais vias do município do Rio de Janeiro, sobre o mapa do IVSCB para o cenário de vulnerabilidade IPCC 8.5.

Quatro pontos ressaltados na Figura 5 merecem destaque, por se tratarem de importantes vias e entroncamentos de ligação. Três desses pontos estão na avenida Brasil: o primeiro é o cruzamento com a rua Santos Lima, próximo ao porto, região de alta vulnerabilidade, especialmente por ser plana e de baixa altitude, estando portanto na linha de frente da maior parte dos perigos estudados nesse índice; o segundo é o encontro com a avenida Lobo Junior, na altura do grupamento de Fuzileiros Navais, por razões similares ao anterior; por fim a região do entroncamento da avenida Brasil com as avenidas São Sebastião, Duque de Caxias e rua João Vicente, cruzamento esse localizado em área de encontro de canais fluviais e sujeita, em grau moderado, a escorregamentos, além da presença de indústrias e comércio na região, o que eleva a vulnerabilidade.

Há ainda um ponto a ser destacado na estrada dos Bandeirantes, que cruza área de alta vulnerabilidade por estar localizada numa região de declividade moderada e próxima a um corpo d'água, além de conectar áreas de uso intensivo, o que eleva a probabilidade de interrupção da via em eventos extremos, dificultando a mobilidade de toda a região.

Na Figura 6 são apresentadas as estações ferroviárias e de metrô, além do percurso do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), sobre o mapa de vulnerabilidade.

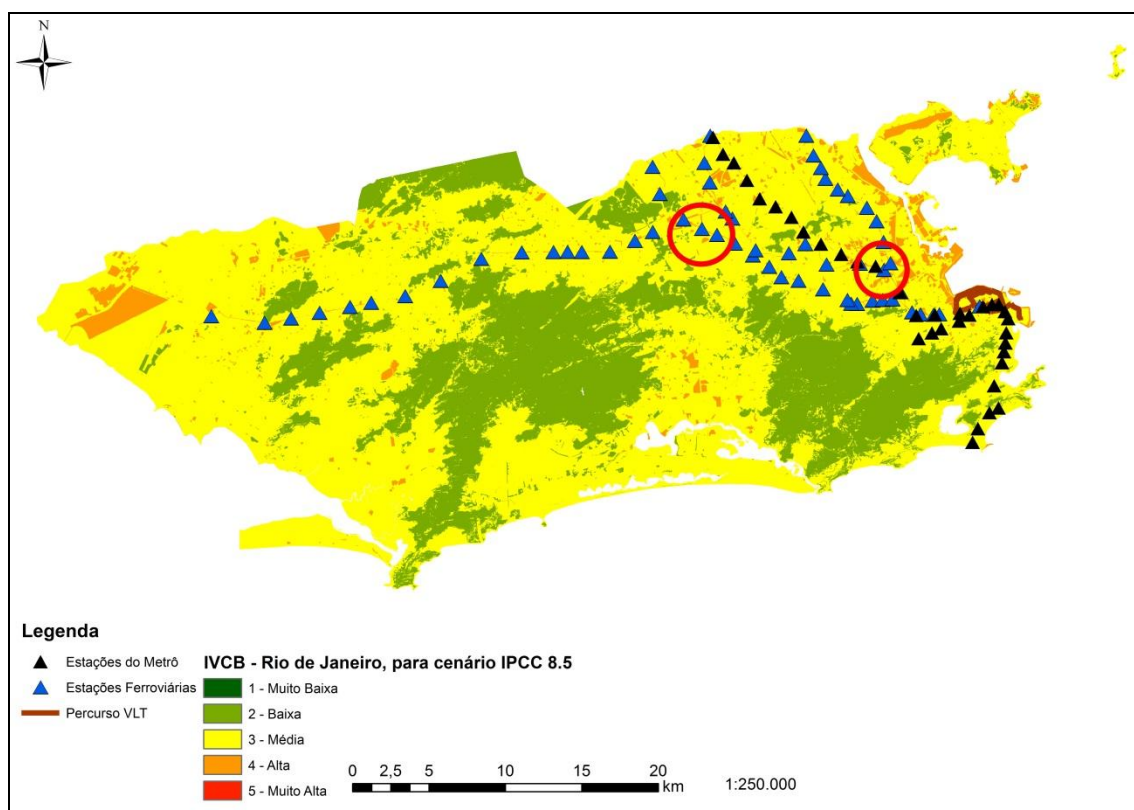


Figura 6 – Estações ferroviárias, metroviárias e percurso do VLT sobre o mapa do IVSCB para o cenário de vulnerabilidade IPCC 8.5.

A partir da Figura 6, pode-se notar que o percurso do VLT está situado, em sua quase totalidade, sobre área de alta vulnerabilidade, associado à área portuária do Rio de Janeiro, em um terreno de baixa altitude, com a presença de corpos d'água e proximidade ao oceano.

Nos pontos circulados em vermelho aparecem estações de metrô e de trem, em áreas de alta vulnerabilidade. A sobreposição de eventos associados às mudanças climáticas pode causar interrupções parciais ou totais do serviço de trens e metrô, impactando a mobilidade daqueles que dependem desses serviços.

Além disso, no caso do transporte metroviário, cuja alimentação acontece via terceiro trilho eletrificado, a sujeição a eventos de inundação e, conseqüentemente, a paralisação dos serviços é elemento a considerar, já que parte das estações se encontram em regiões de alta vulnerabilidade.

3.1.1. Valores em risco

De forma a se vislumbrar um montante financeiro associado ao impacto de mudanças climáticas, buscou-se levantar valores imobiliários (ZAP, 2014) e projetá-los sobre os mapas de vulnerabilidade, ressaltando-se os valores sob alta vulnerabilidade. Para isso, o IVSCB foi desagregado, retirando-se do mesmo os componentes de renda e escolaridade, tendo em vista que ambos têm associação direta com valores imobiliários e a análise poderia se tornar redundante. O mapeamento dos valores imobiliários pode ser visualizado na Figura 7.

Trata-se de abordagem preliminar a uma real avaliação de risco, a qual foge do escopo deste trabalho. No entanto, pode ser suficiente para uma primeira análise de valores associados à vulnerabilidade.



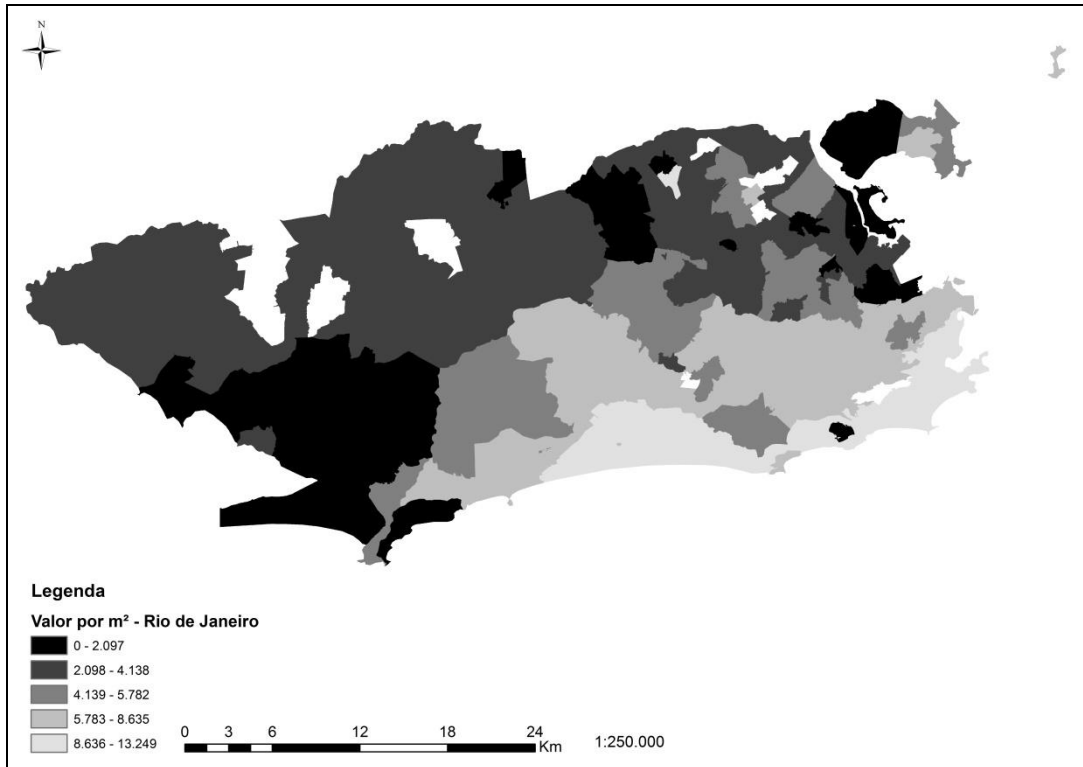


Figura 7. Valores imobiliários no Rio de Janeiro/RJ.

Os valores levantados (mediana dos valores imobiliários), bem como os valores sob diferentes níveis de vulnerabilidade, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores imobiliários do Rio de Janeiro sob vulnerabilidade.

Vulnerabilidade	Cenário IPCC 4.5			Cenário IPCC 8.5		
	Área (km ²)	Valor imobiliário - mediana (R\$/m ²)	Valor total (R\$ bilhões)	Área (km ²)	Valor imobiliário - mediana (R\$/m ²)	Valor total (R\$ bilhões)
Muito baixa	0,002	6.475,00	0,02	0,002	6.475,00	0,02
Baixa	340,405	4.854,00	1.652,33	316,405	5.246,00	1.659,86
Média	730,506	3.617,00	2.642,24	748,859	3.617,00	2.708,62
Alta	41,304	2.642,00	109,13	46,991	2.642,00	124,15

A cifra imobiliária envolvida é da ordem de R\$124 bilhões, considerando-se os valores imobiliários em áreas de alta vulnerabilidade no cenário mais pessimista. É importante salientar que este número não representa necessariamente perdas econômicas. Trata-se, como já enfatizado, de uma aproximação preliminar qualitativa de valores em risco. Uma análise mais avançada, que incluiria a probabilidade de ocorrência de eventos

danosos – bem como a valoração destes danos – poderia indicar com maior precisão os riscos associados a este portfólio imobiliário.

3.2. Análise dos resultados do IVSCB para o município de Santos/SP

A região insular do município de Santos apresenta uma situação ainda mais grave em termos de vulnerabilidade às mudanças climáticas, do que o município do Rio de Janeiro. Na área insular encontra-se a maior parte da população do município, assim como a maior concentração de indústrias e armazéns ligados à atividade portuária, além do próprio Porto de Santos.

De acordo com os resultados do IVSCB, a maior parte da área estudada encontra-se em alta vulnerabilidade, com diversos pontos em nível de vulnerabilidade muito alta. A sobreposição dos elementos de infraestrutura crítica sobre o mapa de vulnerabilidade – cenário 8.5 IPCC – é apresentada na Figura 8.

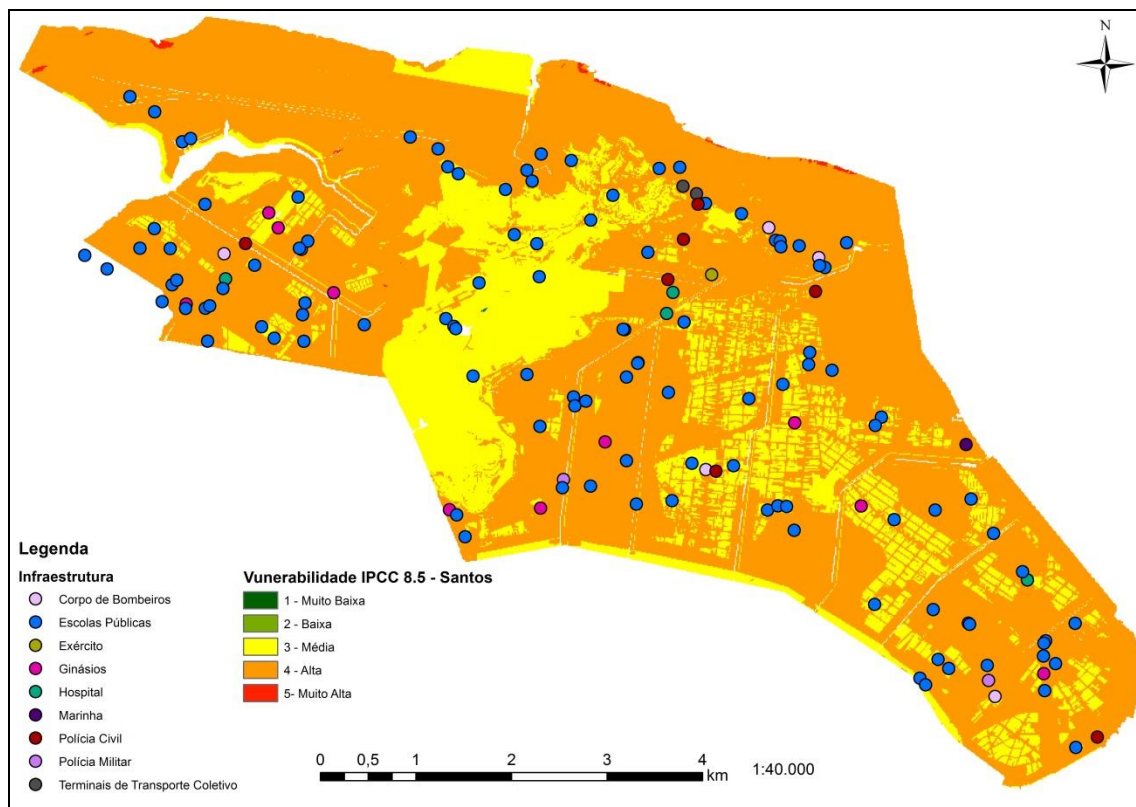


Figura 8. Elementos da infraestrutura crítica sobre o mapa de vulnerabilidade da região insular do município de Santos, para o cenário 8.5 do IPCC.

Uma primeira análise da Figura 8, indica que não há no município de Santos uma área considerável de baixa vulnerabilidade, o que aumenta a preocupação com necessidades de adaptação, pela dificuldade de se realocar atividades e infraestrutura para locais de menor vulnerabilidade.

O município conta com um grande número de empreendimentos industriais e atividades químicas nas áreas de maior vulnerabilidade, o que pode representar problemas na medida em que se amplia a frequência e ou intensidade de eventos extremos com capacidade de causar danos às estruturas.

Por fim a localização dos terminais de transporte rodoviário coletivo, ambos na parte norte da ilha, próxima ao porto e a via Anchieta – principal via de acesso rodoviário ao município – implica em limitações de operação, quando da ocorrência de eventos climáticos extremos, o que pode causar problemas severos de mobilidade.

3.2.1. Valores em risco

Do mesmo modo como foi feito para o Rio de Janeiro, buscou-se levantar valores imobiliários e projetá-los sobre os mapas de vulnerabilidade do município de Santos/SP, ressaltando-se os valores sob alta vulnerabilidade (Figura 9).



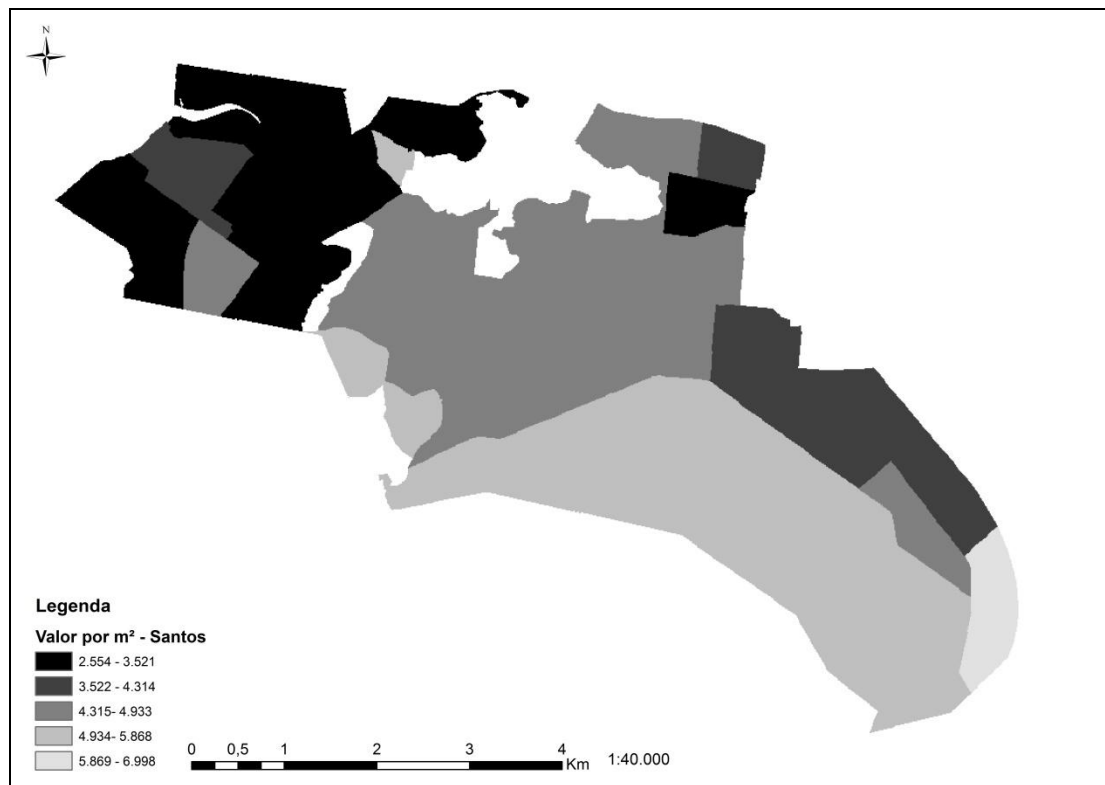


Figura 9. Valores imobiliários em Santos/SP.

Os valores levantados (mediana dos valores imobiliários), bem como os valores sob diferentes níveis de vulnerabilidade, podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores imobiliários de Santos sob vulnerabilidade.

Vulnerabilidade	Cenário IPCC 4.5			Cenário IPCC 8.5		
	Área (km ²)	Valor imobiliário - mediana (R\$/m ²)	Valor total (R\$ milhões)	Área (km ²)	Valor imobiliário - mediana (R\$/m ²)	Valor total (R\$ milhões)
Muito baixa	0,001	4.516,00	5,71	0,001	4.516,00	5,71
Média	9,205	4.693,00	43.200,57	6,941	4.693,00	32.573,30
Alta	19,637	4.590,00	90.132,07	21,879	4.595,00	100.534,74
Muito alta	0,000	3.115,00	0,36	0,012	3.896,00	47,91

Para o cenário mais pessimista (IPCC 8.5), os valores imobiliários sob vulnerabilidade muito alta atingem R\$48 milhões, podendo chegar a mais de R\$100 bilhões, considerando-se as áreas de alta e muito alta vulnerabilidade.

3.3. Recomendações para adaptação da infraestrutura na zona costeira

Os resultados da aplicação da metodologia nas localidades em que foi possível no âmbito desse estudo demonstram uma vulnerabilidade significativa das regiões urbanas frente aos perigos estudados, sendo que para Santos a situação é mais agravada do que para o Rio de Janeiro. Essa constatação deve ser considerada para que o planejamento urbano desses municípios passe a melhor contemplar a vulnerabilidade inerente à localização de sua infraestrutura e também medidas de adaptação.

É necessário, no entanto, que se ampliem os esforços de coleta e disponibilização de dados e informações relevantes para estudos de vulnerabilidade às mudanças climáticas por parte de municípios, estados e órgãos federais, para que análises mais detalhadas possam ser desenvolvidas. Em especial há que se aprimorar o levantamento e disponibilização de dados de uso/ocupação e características dos solos, que foram limitadores principais para a aplicação dessa metodologia em outros municípios, além das limitações impostas pela ausência de uma referência altimétrica/batimétrica comum (conforme já explicitado em relatório anterior).

Há que se salientar, portanto, que, apesar de extremamente útil para o planejamento e gestão urbana, os resultados deste trabalho não excluem a necessidade de estudos mais localizados, para a determinação de vulnerabilidades, e especialmente análises quantitativas de riscos, atribuídos a perigos naturais, de infraestruturas específicas e áreas urbanas.

Por fim, os resultados demonstram a necessidade de estudos como esse não só para grandes centros urbanos já consolidados, mas também para aqueles em desenvolvimento/expansão, e, principalmente, a necessidade de incorporação de estudos de vulnerabilidade e risco no planejamento e zoneamento urbanos dos municípios brasileiros, em especial na região costeira.



3.4. Adaptação: recomendações com base nos estudos de caso

Nos casos do Rio de Janeiro/RJ e Santos/SP, percebem-se diversos pontos para investimentos em medidas adaptativas, ainda que sua implantação careça de estudos mais detalhados de vulnerabilidade e risco.

As medidas de adaptação deveriam se iniciar com o planejamento, especialmente a partir dos planos diretores e instrumentos de zoneamento municipal para uso e ocupação dos solos. Recomenda-se considerar o mapeamento de vulnerabilidade às mudanças climáticas, seja redefinindo áreas de expansão – reduzindo a pressão de ocupação de regiões mais suscetíveis fisicamente a cenários climáticos extremos – seja criando zonas de exclusão – tanto para resguardar a população quanto para aumentar a resiliência a partir da recuperação de ambientes naturais.

Algumas situações pressupõem medidas estruturais, como o caso de realocação de elementos de infraestrutura crítica para atendimentos de emergência em caso de eventos climáticos extremos, além daqueles necessários à saúde e qualidade de vida (ex.: estações de tratamento de água e esgoto). As duas municipalidades estudadas possuem estruturas nesta situação. Para o caso de infraestrutura de transporte, há que se analisar a necessidade de se investir em medidas de contorno, as quais envolvem a construção de viadutos, passagens elevadas, ou desvios, de forma a evitar situações de interrupção de tráfego em condições mais severas, além da realocação ou reestruturação de estações em áreas mais vulneráveis (metrô, trem, aeroportos etc.).

Adaptações no processo construtivo também são necessárias. Por exemplo, evitar construções subterrâneas (já que a maior parte dos perigos está associada a alagamentos e inundações), priorizando exatamente o oposto, ou seja, construções sobre o solo, e de preferência com o andar térreo livre, transferindo para a altura do primeiro andar, ou pelo menos próximo disso, a recepção e portarias de edifícios públicos e particulares, pode ajudar a minimizar problemas e prejuízos ligados aos efeitos de alagamentos. Recomendações específicas para os municípios estudados podem ser visualizadas na Tabela 3.



Tabela 3. Recomendações de adaptação às mudanças climáticas para Rio de Janeiro/RJ e Santos/SP.

Escala adaptativa	Rio de Janeiro/RJ	Santos/SP
Normas	Revisar o código de obras do município para fins de adaptação às mudanças climáticas à luz de estudos de vulnerabilidade.	Revisar o código de habitações do município para fins de adaptação às mudanças climáticas à luz de estudos de vulnerabilidade.
Planejamento	Revisão dos instrumentos de planejamento, especialmente Plano Diretor, Plano de Mobilidade Urbana e Zoneamento Municipal, de forma a incorporar aspectos de vulnerabilidade às mudanças climáticas.	
Políticas públicas	Análise dos elementos do Plano Nacional de Mudanças Climáticas e suas interfaces com as municipalidades.	
	Realização de tratativas setoriais visando discutir e encaminhar medidas específicas de adaptação junto a setores mais críticos, em especial o de infraestrutura de transportes (envolvendo porto, aeroportos, ferrovias, malha viária urbana e suas estações).	Elaboração de Plano Municipal de Mudanças Climáticas, em se tratando de municipalidade sujeita a alta vulnerabilidade em toda a área insular do município. Seria interessante que este plano abrangesse os principais elementos da infraestrutura urbana em sua concepção.
Prioridades	Conduzir estudos específicos de vulnerabilidade e risco, especialmente no que concerne à área portuária e à nova infraestrutura de transporte a ser instalada no curto prazo (VLT).	Análise detida do mapeamento de vulnerabilidade aqui apresentado, para validação pela sociedade, buscando ancorar uma ampla campanha de mobilização desta para a importância da temática e da adoção de uma agenda de adaptação.
	Analisar a necessidade e perfil de intervenção adaptativa para redução de danos quando de situações de eventos extremos, com foco em: i) Localização e disponibilidade de hospitais públicos de grande escala para pronto atendimento; ii) infraestrutura viária nas áreas de vulnerabilidade apontadas no mapeamento deste trabalho; iii) análises de risco envolvendo o setor imobiliário.	Revisão imediata do Código de Habitação do município, visando ampliar a resiliência das habitações e edificações na sua região insular (ex.: permissão de construção de estacionamentos subterrâneos, vulneráveis à impactos de eventos climáticos extremos). Elaboração de estudos de vulnerabilidade e riscos para setores específicos (ex.: áreas industriais e de sensibilidade logística) apontados no presente estudo.

4. INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA

Considera-se que o elenco de portos apresentado neste estudo seja representativo do contexto nacional, uma vez que foram abrangidas instalações da Costa Norte (2), da Costa Leste (6) e da Costa Sul (9), sendo 9 estuarinos e 8 costeiros e correspondendo em 2013 à movimentação de mais de 315 Mtpa, ou seja mais do que um terço da movimentação geral de cargas do país, considerando carga geral, granéis sólidos e granéis líquidos.

Uma vez estabelecido o contexto amostral, que foi condicionado pela disponibilidade de um mínimo de informações das forçantes climáticas e das obras portuárias, o potencial de vulnerabilidades aponta para as adaptações que virão a ser necessárias nas próximas décadas. Estas adaptações mandatoriamente terão que ser realizadas, sob pena de perda de funcionalidade das instalações, além da necessidade de recuperação econômica do país demandar a ampliação das instalações com padrões adequados para uma nova realidade competitiva, como o aumento das dimensões dos navios, tendo em vista a economia de escala com *Hub Ports*, e o desenvolvimento de uma forte navegação de cabotagem com portos de escala adequados.

4.1. Consequências da elevação do nível do mar sobre a infraestrutura portuária brasileira

De acordo com os impactos apontados na tabela de elementos de exposição e impactos atuais sobre a infraestrutura portuária, detalhados na Tabela Analítica (Tabela 4), as principais consequências da elevação do nível do mar são:



Tabela 4. Tabela analítica da vulnerabilidade portuária brasileira às mudanças climáticas.

PORTOS	UF	Borda livre de projeto e (recomendável) (m)	Exposição atual a fenômenos climáticos ou ambientais que serão estudados		Borda livre (m) no ano de:			Onda de projeto significativa (m)		Cota (DHN) do coroamento do cabeço (m)	Galgamento S (sim) N (Não) do cabeço		
			Fenômeno	Impactos	2015	2030	2050	Original	Onda estimada e dano padrão		2015	2030	2050
Belém	PA	1,2 (1,5)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	0,96	0,89	0,73	n.a.	n.a.				
Mucuripe (Fortaleza)	CE	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				4,5	5 - 10%	7,0	S	S	S
Recife	PE	1,4 (2,0)	elevação da maré e ondas	redução da borda livre do cais/ maior manutenção dos maciços das obras de defesa	0,97	0,87	0,70	3,7	4,1 - 10%	6,0	S	S	S
Maceió	AL	1,33 (2,0)	elevação da maré e ondas	redução da borda livre do cais/ maior manutenção dos maciços das obras de defesa	0,90	0,80	0,63			7,0 (TUP)	S	S	S
Malhado (Ilhéus)	BA	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				3,5	3,9 - 5%	4,3	S	S	S
Barra do Riacho	ES	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				3,0	3,3 - 5 a 10%	6,7	N	N	N
Tubarão/Praia Mole	ES	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				4,0/3,8	4,4/4,2 - 5 a 10%	6,5/8,3	S/N	S/N	S/N
Niterói	RJ	1,25 (2,0)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	0,97	0,89	0,72	n.a.	n.a.				
Rio de Janeiro	RJ	1,2 (2,0)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	0,92	0,84	0,67	n.a.	n.a.				
São Sebastião	SP	1,2 (2,0)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	1,05	0,99	0,85	n.a.	n.a.				
Santos	SP	1,18 (1,5) a 1,58 (2,0)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	0,95 a 1,35	0,88 a 1,28	0,72 a 1,12	n.a.	n.a.				
Paranaguá	PR	1,6 (2,0)	elevação da maré	redução da borda livre do cais	1,36	1,27	1,10	n.a.	n.a.				
Imbituba	SC	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				5,2	5,7 - 5%	7,5	S	S	S
Laguna	SC	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa						6,0	S	S	S
Rio Grande	RS	n.a.	ondas	maior manutenção dos maciços das obras de defesa				7,0	7,7 - 5 a 10%	5,30	S	S	S

Notas: (n.a.): não se aplica

1) A TENDÊNCIA MÉDIA ATÉ 2050 SERÁ DE UM AUMENTO MÉDIO DE 33% NO APORTE SÓLIDO DO TRANSPORTE LITORÂNEO PARA OS CANAIS DE ACESSO EXTERNOS, DEVIDO AO INCREMENTO DAS ALTURAS DE ONDAS

2) A TENDÊNCIA MÉDIA ATÉ 2050 SERÁ DE UM AUMENTO DE LARGURA DOS CANAIS DE ACESSO EXTERNOS DE ATÉ UMA BOCA PELO CRITÉRIO PIANC (2014), DEVIDO AO AUMENTO DO PORTE DAS EMBARCAÇÕES, BEM COMO O INCREMENTO DA ALTURA DAS ONDAS.

- **Afogamento parcial das terras úmidas, constituídas de manguezais, de Santa Catarina para o norte do país, e das marismas, no Rio Grande do Sul.** Este impacto pode potencializar a necessidade de dragagens estuarinas mais frequentes e com maior movimentação de volume sedimentar. Prevê-se que este potencial incremento, em 2050, seja entre 7% e 19% acima dos valores dragados nas décadas de 1990 e 2000, dependendo do porto. Evidentemente, estes valores tendem a ser reduzidos pela elevação do nível do mar; no entanto é preciso levar em conta a expectativa de recebimento de navios de maior calado nos portos brasileiros nas próximas décadas, o que exige maiores tirantes de água. Derrocamentos também poderão ser necessários em vista deste contexto.

- **Redução da borda livre dos cais,** acarretando maior deterioração das estruturas portuárias emersas à época da construção dos cais, uma vez que a ação físico-química da água do mar passará a exigir uma atenção maior e com adequada frequência de inspeções dos materiais. Em todos os portos analisados, as bordas livres já estão bem abaixo das recomendações internacionais, o que tornará cada vez mais crítica a eficácia da microdrenagem de cais. Além disso, em situações de píeres em cotas mais baixas, existe o risco do nível d'água atingir a face inferior das vigas e lajes de dólfins e plataformas, principalmente em níveis de preamar, o que afetará significativamente o comportamento hidrodinâmico das correntes, pois a estrutura não funcionará mais como “transparente”, mas como seção plena, podendo produzir efeitos adversos à segurança náutica e de amarração.

- **Inundações de retroáreas portuárias e dos sistemas viários,** associadas à macrodrenagem das cidades em que se situam os portos, podendo-se esperar este problema em praticamente todos eles. O estudo de Nicholls et al. (2008) evidencia as condições críticas de vulnerabilidade em que as regiões metropolitanas de maior porte que abrigam portos no Brasil encontram-se. O que ocorreria no maior evento extremo que pudesse se formar (maré, onda e

subsidência do terreno) entre 2005 e 2070 se nenhuma medida fosse tomada: 1.140 milhões de pessoas estariam diretamente expostas (desabrigadas, feridas ou vítimas fatais) e US\$ 165,61 bilhões de prejuízos diretos.

Finalmente, deve-se salientar que as análises efetuadas referem-se aos níveis médios do mar, mas as preamares também apresentam análoga tendência de elevação, sendo estes níveis extremos mais altos fortemente condicionados também pelos efeitos de marés meteorológicas positivas.

As principais consequências do aumento na intensidade e frequência de eventos extremos de tempestades de ondas (*storm surges*) são:

- **Deterioração dos maciços das obras de defesa dos portos costeiros e estuarinos, como molhes, quebra-mares e molhes guias-correntes.** Em sua maioria, tais maciços são realizados em talude de blocos, que estariam sujeitos a: rolamento e/ou deslocamento de blocos das armaduras; descobrimento das camadas de materiais mais finos, produzindo fuga e recalques da estrutura; perda de proteção do pé das estruturas, solapando a base dos maciços. Isto significa que o critério de dano zero, considerado aquele em que até 5% de blocos que constituem a armadura do maciço se desloquem na tempestade de projeto seria superado. Dos portos estudados, considera-se que os de Malhado (BA), Imbituba (SC), Laguna (SC) e Rio Grande (RS), cujos trechos mais críticos foram reforçados na última década com camadas de tetrápodos, estariam em melhores condições, embora esta camada devesse contar com a espessura de dois blocos, o que somente está garantido nos molhes de Rio Grande. Exemplos dramáticos deste desgaste foram as tempestades de 05 de junho de 2006 e as de maio e setembro de 2007, em que a primeira danificou o Molhe de Tubarão (ES) e produziu o colapso do molhe do Terminal de Barcaças da Veja do Sul, e as demais exigiram uma grande manutenção no Molhe do Terminal de Praia Mole. Outro evento similar foi o de 10 de agosto de 2005 sobre o Molhe de Imbituba. Estas ocorrências evidenciam, por um lado, de que a manutenção regular dos maciços é primordial, por meio de inspeções regidas pelas normas

internacionais, bastando pensar na falta de manutenção por oito décadas nos maciços dos molhes de Rio Grande e que demandaram praticamente o mesmo tempo da construção entre 1910 e 1915 para serem recuperados ao final da década de 1990. Por outro lado, num passado recente ainda era costume utilizar onda de projeto com período de recorrência de 50 anos para projetar empreendimentos portuários de envergadura comercial relevante, cuja vida útil mínima pelas normas internacionais deve ser de 100 anos, o que num cenário de recrudescimento de eventos extremos deve ser adequadamente redimensionado.

- **O galgamento de maciços das obras de defesa dos portos costeiros** está evidentemente ligado à elevação do nível do mar e da altura das ondas em eventos extremos. Da relação de portos estudada, estimamos que somente os molhes de Barra do Riacho e o molhe do Terminal Marítimo de Praia Mole têm altura adequada. Tanto mais importante se torna este parâmetro de projeto quanto o tardo destes maciços é ocupado por estruturas portuárias, como nos portos de Maceió, Malhado, Barra do Riacho e Tubarão.
- **O assoreamento dos canais de barra, ou canais externos, sujeitos às ondas e ao transporte litorâneo na arrebentação** está diretamente ligado ao aumento da altura das ondas. Este potencial impacto está previsto em 2050 entre 41 e 97% dos valores dragados nas décadas de 1990 e 2000, dependendo do porto. Evidentemente, estes valores tendem a serem reduzidos pela elevação do nível do mar, no entanto é preciso levar em conta a expectativa de recebimento de navios de maior calado nos portos brasileiros nas próximas décadas, o que exige maiores tirantes de água. Quanto ao aspecto náutico, o incremento da altura e período da onda de projeto acarretará a tendência de crescer em até uma boca a faixa singela de navegação, incrementando também o volume de dragagem. Derrocamentos também poderão ser necessários em vista deste contexto.

4.2. Adaptação da infraestrutura portuária brasileira às mudanças climáticas

4.2.1. Aspectos técnicos

Medidas concretas de adaptação podem ser classificadas em três categorias principais: *retiro/abandono/retreat* (ex.: realocação de estruturas de áreas de alto risco para áreas de menor risco), *acomodação* ou *proteção* (ex.: *seawalls*), envolvendo diferentes ações específicas de acordo com a necessidade política e condições climáticas locais (Neves & Muehe, 2008). Também é considerada a opção de não ação, em situações onde medidas de abandono, acomodação ou proteção são inviáveis. Em regiões densamente povoadas ou áreas de alto custo de aquisição, medidas de proteção podem ser a opção preferida e, em algumas casos, terão melhor custo-benefício a longo prazo.

A adaptação às mudanças climáticas em zonas costeiras envolve a necessidade de conservação e recuperação de ambientes naturais e seus serviços ecossistêmicos. A conservação dos ambientes naturais, nas regiões em que tal realidade ainda é observada, funciona como uma medida preventiva às alterações causadas direta ou indiretamente por efeito antrópico. No contexto de regiões costeiras, onde ainda há manguezais ou marismas, é notória sua maior resiliência em casos de tempestades tropicais ou mesmo tsunamis na proteção da costa e populações. Em regiões com planícies costeiras relativamente estreitas, como o caso do litoral norte de São Paulo até a cidade do Rio de Janeiro, ocorrem conflitos entre a conservação dos ambientes naturais e a necessidade de ocupação das áreas de encostas, com resultados catastróficos em muitos casos. Trata-se, portanto, da exacerbação dos desafios da gestão dos ambientes costeiros, especialmente daqueles que se encontram sob maior pressão demográfica presente ou futura.

Em termos de adaptação das infraestruturas portuárias, considerando cada um dos aspectos acima elencados, é relevante mencionar:

- Os bosques de mangue são muito diversos e constituídos de diferentes espécies (HERZ, 1991 e TUSINSKI & VERHAGEN, 2014), as quais ocorrem em



padrões de zoneamento que incluem as mesmas espécies, como exemplificado na Figura 10.

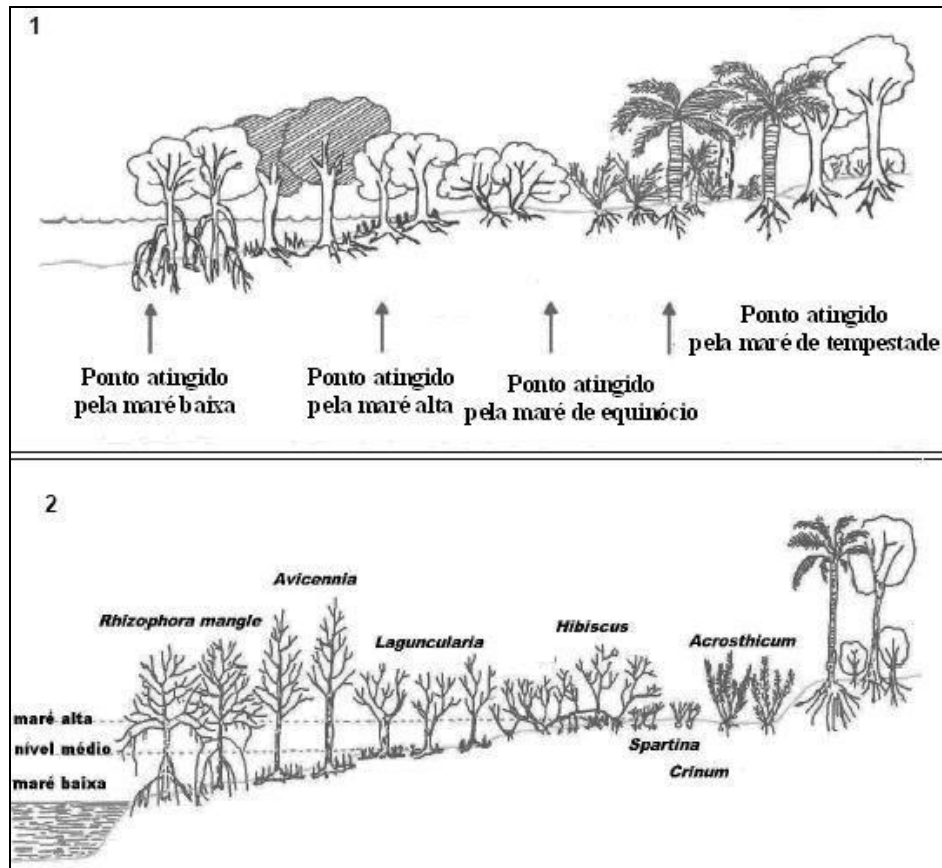


Figura 10. Exemplo de zoneamento de bosques de mangue: 1) alcance das marés; 2) zonação vegetativa e principais espécies. Fonte: Bezerra et al. (2012).

Cada espécie tem diferentes parâmetros físicos, como altura, diâmetro das raízes e hastes, densidade da vegetação também varia por espécie e, além disso, cada família de manguezal possui atributos característicos, como raízes aéreas (TUSINSKI & VERHAGEN, 2014). As áreas de manguezais são também caracterizadas por rasas planícies de maré presentes frontalmente ao bosque (Figura 11), com declividades e comprimentos variáveis, dependendo da amplitude de maré.

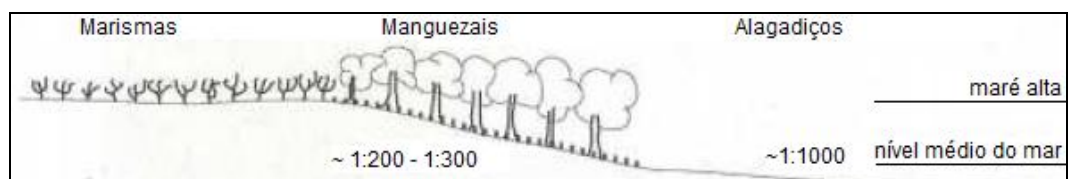


Figura 11 – Elevação de seção transversal de terra úmida com manguezais. Fonte: adaptado de Tusinski & Verhagen (2014).

[Handwritten signature]

Desse modo, a capacidade de filtro na retenção de sedimentos finos do bosque de mangue é influenciada por todos estes fatores, com diferentes graus de eficácia, sendo muito difícil, a princípio, a estimativa em cada localidade aonde se encontram presentes. Assim, os parâmetros físicos típicos que governam a zona de manguezais são a altura da árvore, sua densidade espacial, o diâmetro das raízes e dos troncos, ou a relação de submergência da árvore. Esta capacidade retentora de sedimentos está condicionada à possibilidade de adaptação/recolonização dos bosques de mangues em áreas estuarinas de cotas mais elevadas, devido à subida do nível do mar. Nesse sentido, é preciso avaliar em cada localidade portuária, em detalhe, infraestruturas que impediriam esta adaptação, removendo-as e/ou remanejando-as, quando possível.

- O alteamento dos paramentos de cais deverá ser previsto em todos os portos, lembrando que esta elevação deve considerar as condições das preamares (HHW), que podem ter subidas diferentes do nível médio do mar (NMM) estudado, uma vez que a componente meteorológica da maré é tanto mais importante quanto mais para o sul da costa brasileira. Estes alteamentos irão interferir no posicionamento dos dispositivos de amarração, cabeços ou ganchos de desengate rápido, podendo obrigar a relocação destes também. Como consequência, a microdrenagem de cais deverá ser reprojeta para dar vazão adequada às novas cotas do mar.
- A macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto deverá ser reprojeta, uma vez que as áreas de inundação irão se ampliar. Esta situação é mais crítica nas regiões metropolitanas com mais de um milhão de habitantes. Assim, em portos como Recife e Santos há condições de se pensar em barreiras móveis nas embocaduras, como as de Veneza e Rotterdam, dentre outras. Nas demais áreas, sistemas de diques com drenagem forçada (instalações de recalque), os pôlderes, deverão ser previstos nas áreas em que não seja

possível, por razões econômicas, o remanejamento de infraestruturas e da população. Para as áreas em que seja possível abandonar os terrenos baixos e relocar instalações e populações, estas áreas devem ser descontinuadas do esforço de defesa.

- Os maciços de molhes e quebra-mares de talude em defesa dos portos costeiros deverão passar a seguir as recomendações internacionais de inspeção, evitando-se longos períodos sem manutenção preventiva, aquela que é feita mesmo com danos inferiores a 5% de movimentação de blocos de armadura. De fato, as mudanças na maré e regime de ondas sobre maciços na maioria projetados para eventos de período de retorno de 50 anos, será cada vez mais sentida em eventos agudos. É muito provável que as armaduras de todos estes maciços tenham que ser envelopadas por projetos contando com adequados blocos artificiais de concreto (Figura 12), a maioria dos quais requerendo duas camadas de blocos para resistir à tempestade centenária de recorrência, no mínimo. No Brasil, os tetrápodos têm sido os blocos mais empregados.

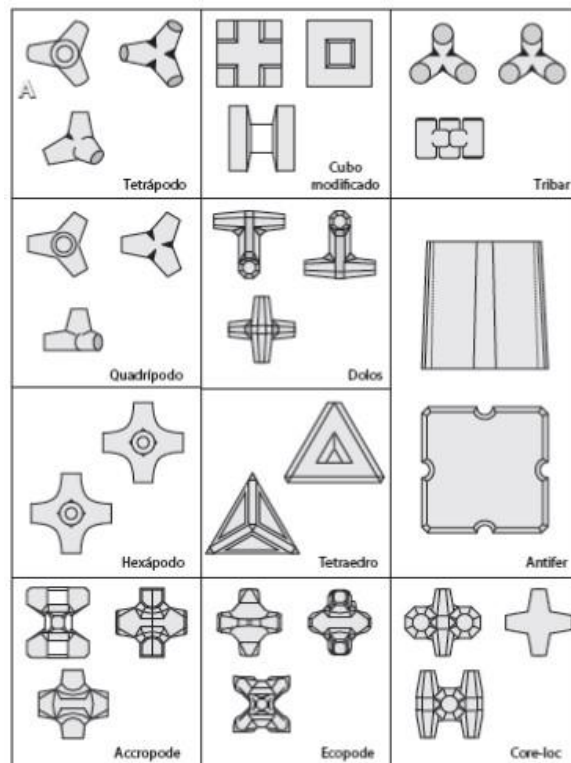


Figura 12 – Alguns tipos de blocos artificiais de concreto.

- O alteamento de cotas de coroamento de muitos maciços de molhes e quebra-mares de talude será consequência, por um lado, do reforço com blocos artificiais de concreto, mas terá que ser complementada para a minimização destes eventos, mandatoriamente quando da existência de estruturas portuárias justapostas no tardo do maciço.
- O incremento das dragagens das barras, canais externos de acesso, terá que ser enfrentado com a intensificação desta atividade, vislumbrando a possibilidade de, se tecnicamente, economicamente e ambientalmente adequado, utilizar os dragados para engordamento de praias nas adjacências dos portos. De fato, estas linhas de costa sofrerão erosão e o estabelecimento de um círculo virtuoso de reaproveitamento das areias dragadas com engordamento artificial de praia permitirá uma sinergia entre as duas obras, barateando-as. A alternativa de obras rígidas de molhes guias-correntes é a recomendação quando os volumes a serem dragados forem muito elevados.

4.2.2. Estimativa de valores associados às recomendações de adaptação

Em termos de ordem de grandeza de valores para algumas destas obras, cujos custos também variam de acordo com a região do país, são apresentados valores do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) 1 nas Tabelas 5 e 6.



Tabela 5. Alguns preços de dragagem no PAC 1.

APROVADOS PELO PAC									
PORTO	Profundidade Atual (m)	Profundidade de Modernização (m)	MODERNIZAÇÃO DOS ACESSOS AQUAVIÁRIOS				VALOR TOTAL ESTIMADO de Modernização (R\$ mil)		
			DRAGAGEM		DERROCAGEM				
			Volume Estimado (m ³ mil)	Valor Estimado (R\$ mil)	Volume Estimado (m ³ mil)	Valor Estimado (R\$ mil)			
1	Rio Grande - RS	14	16,2	16.000	160.000	0	0	160.000	
2	Santos - SP	12,8	15	12.600	189.000	22	17.920	206.920	
3	S.Francisco do Sul - SC	11	14	3.200	40.400	72	45.500	85.900	
4	Itajaí - SC	11	12/12,5	3.060	15.302	600	8.000	23.302	
5	Rio de Janeiro - RJ	10/13,3	13,5/15,5	3.500	150.000	0	0	150.000	
6	Itaguaí - RJ	Fase 1	17	20	4.530	85.500	0	0	85.500*
		Fase 2	14,5	17,5	4.900	130.300	0	0	130.300
7	Vitória - ES	11,4	12,5	610	1.100	2	1.600	2.700	
8	Itaquí - MA	12	15	1.800	56.000	0	0	56.000	
9	Fortaleza - CE	11,5	14	4.200	23.000	2.000	11.400	34.400	
10	Recife - PE	9,2	11,5	1.855	20.413	0	0	20.413	
11	Suape - PE	15	19	11.000	110.000	0	0	110.000	
12	Aratú - BA	12	17	3.300	43.000	5	6.000	49.000	
							TOTAL	1.114.435	

* VALOR QUE CONTEMPLA, TAMBÉM, OUTROS ACESSOS

Tabela 6. Preços de algumas obras de melhoramento portuários no PAC 1.

PORTOS INTEGRANTES DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO - PAC			
Porto	Obra	Investimentos (R\$) (2007 / 2010)	Conclusão
Vila do Conde - PA	Constr. Rampa Ro-Ro (40m x 75m)	7.000.000,00	nov./08
	Const. Do Pier 400 - Berço Atracação	35.000.000,00	fev./09
Itaquí - MA	Constr. Berço 100 Atracação (320m)	101.400.000,00	jun/10
	Dragagem Canal de Acesso (1,8x10 ⁶ m ³)	49.000.000,00	mar./08
	Recuperação de Cais - Berço 101/102 (178m)	85.500.000,00	jun/10
Areia Branca - RN	Constr. 2 Dolphs atracação (75.000 TPB)	24.000.000,00	dez./07
Suape - PE	Acesso Rodo-ferroviário Ilha Tatuoca	19.200.000,00	abr./08
Vitória - ES	Reforço 400m de Cais p/aprofundamento	10.000.000,00	abr./09
Itaguaí - RJ	Dragagem Acessos (11,5 milhões m ³)	215.800.000,00	fev./10
Santos - SP	Dragagem de 12,6 milhões m ³	189.000.000,00	nov./10
	Derrocagem de 22.400 m ³	17.900.000,00	mar/10
	Constr. Perimetral margem direita (9,0 Km)	55.000.000,00	jun./08
	Avenida Portuária (4,0 km) e Viaduto	60.000.000,00	jan/10
Paranaguá - PR	Recuperação de Cais (1.106m)	76.000.000,00	dez./09
São Francisco do Sul - SC	Constr. de Berço de Atracação (278m)	45.000.000,00	dez./10
	Constr. No Alinhamento de Berço (230m)	22.000.000,00	mar./09
Rio Grande - RS	Prolongamento Molhes de Proteção (1.070m)	282.800.000,00	jun./09
	Dragagem Canal de Acesso	160.000.000,00	set./09
TOTAL		1.454.600.000,00	

Valor total previsto no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) até 2010 : R\$ 2,7 bilhões

Fonte: BRASIL (2010).

A Tabela 7 elenca os principais projetos europeus e dos EUS de barreiras móveis (*storm surge barriers*) e a Tabela 8 seus preços estimados, sendo os custos de manutenção anuais da ordem de 0,5 a 2% do investimento.

Tabela 7 – Características principais das *storm surge barriers* europeias e dos EUA.

Storm surge barrier	Period	Main functions	Length [m]	Total span[m]	Sections for navigation	for flow	Add. sections for
Eastern Scheldt, Neth. [a]	1973-1986	Water quality, road connection	9,000	2,604	Lock, w: 16m		Vertical lift, 62 x l: 42m.
St. Petersburg, Russia	1984-2011	Navigation (sea), road connection, water quality	25,400 [b]	1,846 [b]	Floating sector, l: 200m, Vertical rising, l: 110m [c]		Segment, 64 x l:24m [b]
Venice (MOSE-project), Italy	2003-2014?	Navigation (sea), water quality	1,500 [e]	1,460 [f]	Flap, l: 3x400 m [f]		Flap, 1x:l:360m [f]
Ems, Germany [h]	1998-2002	Navigation (inland), water quality	476	414	Rotary segment, l: 60 m, Segment, 50 m		Vertical lift, 5 x l:50m
Thames, Great Britain [i]	1974-1982	Navigation (sea), water quality	530[e]	369	Rotary segment, 4x l:61m & 2 x l:31m		Segment gate, 4x:l:31 m
Maeslant, Neth. [j]	1989-1997	Navigation (sea)	610	360	Floating sector, l: 360m		-
Ramspol, Neth. [k]	1996-2002	Navigation (inland), water quality	450[e]	202	Inflatable rubber, l:52 m		Inflatable rubber, 2 x l:75 m
Eider, Germany [l]	1967-1973	Water quality, road connection	4,900	200	Lock, w: 14m		Double segment gates, 5x:l:40m
Hartel, Neth.	1993-1997	Navigation (inland)	250[e]	147 [m]	Vertical lift, l: 98 & 49m[m], Lock, w: 24m		-
IHNC, USA [p]	2008-2011	Navigation (inland)	2,300	107	Sector, l: 45m Barge, l: 45m, Vertical lift, l: 17m		-
Hollandsche IJssel, Neth. [q]	1954-1958	Navigation (inland)	200	80	Double vertical lift, l: 80 m, Lock, w: 24m		
Seabrook, USA [r]	2008-2011	Navigation (inland)	130	59	Sector, l: 29m		Vertical lift, 2 x l:15m
New Bedford, USA [s]	1962-1966	Navigation (fishery)	1,370	46	Sector gate, l: 46m		-
Hull barrier, UK [t]	1977-1980	Navigation (recreation)	40 [e]	30	Vertical lift, l:30m		-
Stamford, USA [s]	1965-1969	Navigation (recreation)	870	27	Flap gate, l: 27m		-

Tabela 8 – Preços estimados (M€) das principais *storm surge barriers* – Europa e EUA.

Storm surge barrier	Source	Costs (Cn)	Year (n)	Rate (r)	Exchange rate	Present Costs (PC)
Eastern Scheldt	A	2360 M€	1986	2.5%	1.00	4602 M€
St. Petersburg	B	4500 M€	2010	6.8%	1.20	6578 M€
Venice	B	4700 M€	2011	3.0%	1.00	4986 M€
Ems	B	290 M€	2002	2.7%	1.00	387 M€
Thames	B	467 M€	1984	3.8%	1.20	1667 M€
Maeslant	A	450 M€	1997	2.5%	1.00	668 M€
Ramspol	A	100 M€	2002	2.8%	1.00	136 M€
Eider	B	87 M€	1973	2.9%	1.00	275 M€
Hartel	A	98 M€	1997	2.5%	1.00	145 M€
IHNC ⁵	B	550 M\$	2011	2.5%	0.74	425 M€
Hollandsche IJssel	A	40 Mf	1956	4.0%	0.45	173 M€
Seabrook	B	165 M\$	2011	2.5%	0.74	127 M€
New Bedford	B	19 M\$	1966	4.8%	0.74	122 M€
Hull	B	2,7 M€	1980	4.3%	1.20	19 M€
Stamford	B	15 M\$	1969	4.8%	0.74	83 M€

Finalmente, a Tabela 9 apresenta as sugestões de adaptações das instalações portuárias, observando-se que o alteamento de paramento e microdrenagem de cais e da macrodrenagem limitaram-se aos portos para os quais há informações maregráficas de longo período disponíveis; no entanto é muito provável que venham a ter que ser adotadas em todas as localidades. Está assinalada a ordem de grandeza em milhões de reais estimada para cada item, com base em valores PAC (R\$ em 2007) e as SSB - *Storm Surge Barriers* – em valor atual (R\$). Em vermelho assinalaram-se as adaptações de atuação imediata; em amarelo as que deveriam ser concluídas até 2030; e em azul, as que deveriam estar concluídas até 2050.

Tabela 9. Elementos para adaptação da infraestrutura portuária brasileira.

ADAPTAÇÃO	Gestão dos mangues (1)	Alteamento de paramento e microdrenagem de cais	Macro Drenagem (2) (SSB: c/ Storm Surge Barrier)	Reforço de armaduras de maciços de molhes e quebra-mares c/ blocos artificiais	Alteamento dos maciços de molhes e quebra-mares	Incremento anual de dragagem na barra (3) e alimentação de praia (DA) ou molhes guias-correntes nas barras (MGC)
PORTOS						
Belém		43,5	12,2			
Mucuripe (Fortaleza)				11,5		DA
Recife		74,0	18,3 SSB (2400)	8,6 (Banco do Inglês)		DA 0,22 a 0,34
Maceió		24,1	9,2	6,1 (BRASKEM)		DA 0,56 a 0,86
Malhado (Ilhéus)				5,4	5,4	DA 0,37 a 0,57
Barra do Riacho				5,8	5,8	DA 1,7 a 2,6
Tubarão			11,3 (SSB – Vitória2400)	3,0	3,0	DA
Praia Mole			9,2	9,6	9,6	DA

ADAPTAÇÃO	Gestão dos mangues (1)	Alteamento de paramento e microdrenagem de cais	Macro Drenagem (2) (SSB: c/ Storm Surge Barrier)	Reforço de armaduras de maciços de molhes e quebra-mares c/ blocos artificiais	Alteamento dos maciços de molhes e quebra-mares	Incremento anual de dragagem na barra (3) e alimentação de praia (DA) ou molhes guias-correntes nas barras (MGC)
PORTOS						
Niterói		11,5	6,1			DA
Rio de Janeiro		220,5	53,8			DA
São Sebastião		3,8	6,1			DA
Santos		251,2	540,6 SSB (2400)			MGC 200,0
Paranaguá (Antonina)		99,6 (15,8)	24,3 (6,1)			DA 5,4 a 7,7
Imbituba				5,0	5,0	DA 2,0 a 3,2
Laguna				5,0	5,0	DA 1,8 a 2,7
Rio Grande				30,0	30,0	DA 6,3 a 10,2

(1) Custo ambiental que, em princípio, já deveria estar contemplado, referente à fiscalização em conjunto com os Municípios para a preservação dos manguezais e sua ampliação, restringindo as ocupações por construções neste ambiente legalmente protegido.

(2) As SSB não prescindem da prévia implantação de nova macrodrenagem até 2030, considerando a elevação da maré.

(3) Nas áreas estuarinas está suposto um equilíbrio entre a elevação do nível do mar e o maior aporte por afogamento dos manguezais.

Comparativamente aos 2,7 bilhões de reais previstos pelo PAC Portuário entre 2007 e 2010, as estimativas acima nos conduzem aos seguintes gastos (em valores de 2007):

- Atuação imediata: R\$13.000.000,00
- De 2015 a 2030: R\$1.665.000.000,00
- De 2030 a 2050: R\$7.255.000.000,40 (incluindo 3 Storm Surge Barriers)

Considerando que o alteamento de paramentos e microdrenagem dos cais e a macrodrenagem alcançarão os demais portos citados, bem como existem várias outras infraestruturas que não foram contempladas, pode-se ter uma ideia da magnitude a ser prevista para todo o sistema portuário brasileiro.

Tendo em vista a importância do sistema portuário brasileiro para o desenvolvimento do país, bem como a contribuição em sinergia que estas obras podem oferecer para as Regiões Metropolitanas em seu entorno, fundamentalmente no caso das três *Storm Surge Barriers* previstas, consideram-se investimentos perfeitamente compatíveis com um escalonamento de 35 anos.

4.3. Abordagem multiescalar da adaptação

De modo a sintetizar as recomendações de adaptação para a infraestrutura portuária brasileira de acordo com a estrutura proposta por Wang & Smith (2014), as medidas podem ser agrupadas em:

i) Normas - Estabelecimento de diretrizes na obtenção de níveis do mar e do clima de ondas para os diferentes tipos de obras portuárias, conforme já existem no Reino Unido, Holanda, EUA e África do Sul, ou seguindo as recomendações gerais da PIANC. Conforme proposto neste trabalho já é possível normatizar a obtenção destas tendências.

ii) Planejamento - De curto, médio e longo prazo, conforme sugerido na Tabela 8, estendendo-a para os demais portos marítimos. Tais medidas devem passar a fazer parte dos Planos Diretores Portuários, incorporando medidas e obras a serem realizadas escalonadamente no tempo.

iii) Políticas Regulatórias - Devem estar alicerçadas fundamentalmente na subdivisão das componentes portuárias: estruturas de abrigo, estruturas de atracação, manutenção dos espaços náuticos (dragagem), instalações de armazenamento, sistema viário interno e sistema viário de acesso. A especificação das exigências adicionais às em vigor hoje devem ser contempladas.

iv) Prioridades Nacionais - As Regiões Metropolitanas Portuárias, conforme recomendação da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), devem ser priorizadas por envolverem um alto conglomerado de atividades econômicas e grande contingente populacional. A sinergia da adaptação a ser adotada para a infraestrutura portuária em relação à gestão costeira e urbana depende mandatoriamente do planejamento a ser seguido pelas autoridades portuárias.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adaptação às mudanças climáticas, no que concerne à infraestrutura costeira, é um processo que exige: i) o reconhecimento das mudanças climáticas e das possibilidades do protagonismo humano, seja na sua gênese, seja na ação adaptativa aos seus possíveis impactos; ii) a identificação das necessidades e temporalidade de medidas adaptativas, bem como sua hierarquização, sob contextos restritivos; iii) a adoção de atitude que contribua para a incorporação da adaptação na agenda da sociedade, seja no meio público, seja no meio privado. O protagonismo se alterna nesta sequência proposta, tendo a academia um papel significativo nos dois primeiros momentos. Já o poder público ganha relevância no segundo e terceiro passos. Neste sentido, e admitindo que o momento atual é de transição entre o primeiro passo e o segundo, a governança da adaptação tem no aspecto institucional um elemento importante de análise.

A ampliação e aprimoramento da comunicação e informação acerca de mudanças climáticas em nível local é outro fator importante para os propósitos de adaptação. Para isso todos os meios disponíveis devem ser utilizados, a partir de canais estabelecidos pelo poder público, mas também por meio de iniciativas conjuntas, envolvendo organizações da sociedade civil e a mídia tradicional local. A informação de boa qualidade é também pressuposto para a participação da sociedade na tomada de decisão acerca das estratégias e ações de adaptação. Os registros apontam uma maior adesão às iniciativas de adaptação quando há participação na tomada de decisão acerca da adoção destas iniciativas. Ressalta-se que os mesmos aspectos foram identificados nas consultas efetuadas no Litoral Norte paulista.

Ainda que estejamos no momento definindo a estrutura institucional de adaptação às mudanças climáticas, a partir da definição das políticas nacional e estaduais específicas, é possível perceber instrumentos já consolidados nas demais políticas públicas, cuja interface com mudanças climáticas justifica sua utilização imediata para fins de adaptação.



Neste contexto, os instrumentos locais e regionais de zoneamento podem exercer importante papel. Tais instrumentos conferem um caráter regulatório que apoia outros instrumentos, dando-lhes maior efetividade, quando não representam a principal ferramenta de planejamento da ocupação de áreas sob vulnerabilidade à mudanças climáticas. Para este fim, são relevantes os colegiados locais e regionais associados às políticas de meio ambiente, recursos hídricos e gerenciamento costeiro. Conseqüentemente, o aperfeiçoamento destes fóruns, no sentido de ampliar a participação da sociedade local e suas prerrogativas na tomada de decisão, é um elemento importante a se considerar.

Há que se considerar ainda a proeminência do licenciamento ambiental, como instrumento passível de incorporação de demandas associadas à adaptação às mudanças climáticas, uma vez que a maior parte dos projetos de infraestrutura costeira se enquadra na exigibilidade de licenciamento.

Importante ressaltar a necessidade de se avaliar uma possível revisão do arranjo institucional, para lidar com adaptação às mudanças climáticas, de maneira a se estabelecer uma organicidade à estrutura existente, conforme identificado na análise institucional apresentada. Tal característica pode emergir a partir de centralidade institucional, com algum nível de hierarquização, ou, minimamente, a partir da redefinição de papéis, no âmbito do poder público instituído, com reflexos nas esferas pública e privada.

Diante dos resultados apresentados no relatório anterior e das análises deste relatório, em termos de vulnerabilidade, pode-se afirmar que a metodologia aplicada para a análise de vulnerabilidade, a partir do IVSCB, apresentou resultados bastante contundentes, mesmo considerando a simplificação de dados, para o que ela se propõe. A análise de vulnerabilidade socioambiental obtida a partir do IVSCB oferece uma aproximação interessante da vulnerabilidade, e até do risco, nas regiões urbanas costeiras, e pode, dependendo da ponderação utilizada, considerar maior ou menor relevância aos pontos principais dos estudos pretendidos; dessa forma a metodologia



mostra-se bastante versátil para a aplicação em municípios costeiros, ressalvada a questão da existência e disponibilidade de dados.

A identificação e localização da infraestrutura urbana nos mapas de vulnerabilidade é uma aproximação interessante para se analisar os riscos de impactos de eventos naturais extremos sobre a mesma. Estudos desta natureza deveriam ser considerados, especialmente por autoridades responsáveis pelo planejamento urbano, seguindo exemplos de países europeus, e outros como a Austrália e Estados Unidos, os quais incluem análises de vulnerabilidade e riscos, de forma a minimizar impactos negativos de eventos climáticos extremos. Isso se aplica não apenas para determinar as áreas de maior ou menor restrição à ocupação, mas também para aprimorar o padrão construtivo, tornando o ambiente construído mais resiliente aos efeitos de possíveis eventos climáticos críticos.

No que concerne à infraestrutura portuária, cujo contexto amostral foi condicionado, no presente trabalho, pela disponibilidade de um mínimo de informações das forçantes climáticas e das obras portuárias, o potencial de vulnerabilidades aponta para a necessidade de adaptações nas próximas décadas, para manutenção da funcionalidade das instalações. Tais adequações, apontadas neste relatório, se tornam imprescindíveis, a se considerar uma ampliação do transporte marítimo, tanto em volume (tonelagem e volume transportados), quanto em tecnologia (aumento das dimensões dos navios e escala dos *hub ports*), e o desenvolvimento da navegação de cabotagem no país.



AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração da equipe do projeto REDELITORAL/ITA (CAPES, Edital Ciências do Mar), a qual conduz pesquisa na área de análise institucional da adaptação às mudanças climáticas. Parte das análises e recomendações aqui apresentadas é resultado complementar daquele projeto e cumpre-nos agradecer àquela equipe por sua participação, em especial às pesquisadoras Débora Martins de Freitas e Eliane Simões.

O levantamento de dados e informações secundárias fora do contexto acadêmico é, via de regra, uma tarefa de grande estofa e exige uma dedicação extraordinária das equipes envolvidas. Para o estudo de vulnerabilidade, esta é uma das etapas mais longas e desgastantes, motivo aliás, pelo qual, o escopo do trabalho teve que ser reduzido desde as etapas iniciais. Os estudos associados à vulnerabilidade aqui apresentados contaram com o apreço e a dedicação de agentes importantes junto à administração dos dois municípios analisados, Rio de Janeiro/RJ e Santos/SP, aos quais agradecemos e dedicamos estes resultados.

Quanto à infraestrutura portuária, setor de ampla complexidade no cenário nacional, somente foi possível atingir os resultados apresentados com a colaboração de vários profissionais, que diretamente se empenharam em disponibilizar informações técnicas que foram imprescindíveis para a conclusão deste relatório. Estão elencados de acordo com as respectivas instituições:

- Baird & Associates Coastal Engineers Ltda.: Eng.º Charles P. Fournier (Gerente Geral).
- Companhia Docas do Ceará (CDC): Eng.º Mário Jorge Cavalcanti Moreira (Presidente), Paulo Sérgio Nunes, Raimundo José de Oliveira, Oswaldo G. Fontenele, Francisco Humberto Castelo Branco.
- Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA): Renato N. Rocha (Diretor de Engenharia) e Eng.ª Tânia Gomes.



- Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP): Eng.^{os} Dr. Aluisio de Souza Moreira e Carlos Alberto Simon.
- Hatch Mott MacDonald: Eng.^o Otávio J. Sayão.
- Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Eng.^{os} João Paulo Mendes Ferreira e Daniel Rocha Lanzieri.
- Politecnico di Torino: Eng.^o Andrea Dovetta.
- Porto do Recife: Eng.^{os} Alexandre Costa de Almeida Braga (Coordenador de Engenharia) e Silvano Jose Queiroga de Carvalho Filho.
- PROMON ENGENHARIA: Eng.^o Diego Lourenço Cartacho.
- SECRETARIA ESPECIAL DE PORTOS (SEP): Daniel França, Diogo Piloni e Silva, Eduardo Henrique Pinto Bezerra, Fábio Lavor Teixeira.
- UNISANTOS: Eng.^o Leopoldo Gonçalves Gouveia Graça Figueiredo.
- Vale: Eng.^{os} Marcelo Cardozo e Felipe A. F. Oliveira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbi, F., Ferreira, LC. 2014. Risks and political responses to climate change in Brazilian coastal cities. *Journal of Risk Research*, 17 (4), p. 485-503.
- Bauer, A., Steurer, R. 2014. Multi-level governance of climate change adaptation through regional partnerships in Canada and England. *Geoforum*, 51, 121-129.
- Bezerra, D. S.; Amaral, S.; Kappel, M. 2012. Vulnerabilidade dos ecossistemas de manguezais aos impactos das mudanças climáticas na zona costeira: uma revisão. *Reentrâncias*. Disponível em <http://reentrancias-ma.blogspot.com.au/2012/07>. Acesso em 31 maio 2015.
- Bierbaum, R., Smith, JB., Lee, A., Blair, M., Carter, L. et al. 2013. A comprehensive review of climate adaptation in the United States: more than before, but less than needed. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 18:361–406.
- Biesbroek, GR., Klostermann, JEM., Termeer, CJAM., Kabat, P. 2013. On the nature of barriers to climate change adaptation. *Reg Environ Change*, 13, 1119–1129.

- Biesbroek, GR., Swart, RJ., Carter, TR., Cowan, C., Henrichs, T., Mela, H. *et al.* 2010. Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies. *Global Environmental Change*, 20, 440-450.
- Füssel, HM. 2007. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustain Sci*, 2, 265–275.
- Gagnon-Lebrun, F.; Agrawala, S. 2006. Progress on Adaptation to Climate Change in Developed Countries: An Analysis of Broad Trends, ENV/EPOC/GSP(2006)1/FINAL, OECD, Paris. 63p.
- Herz, R. 1991. *Manguezais do Brasil*. São Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidade de Sao Paulo. 227 pp.
- Martins, RD., Ferreira, LC. 2011. Governing climate change: urbanization, vulnerability and challenges for the northern coast of the state of São Paulo, Brazil. *Sustentabilidade em Debate* 2(2), 55-82.
- Mukheibir P, Kuruppu N, Gero A, Herriman J. 2013. Cross-Scale Barriers to Climate Change Adaptation in Local Government, Australia, *National Climate Change Adaptation Research Facility*, Gold Coast, pp.101.
- Neves, C. F.; Muehe, D. 2008. Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação a Mudanças do Clima: a zona costeira. In: *Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, p. 217-29. (Série Parcerias Estratégicas).
- Nicholls, R. J. et al. 2008. Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates. *OECD Environment Working Papers*, No. 1, OECD Publishing.
- Productivity Commission 2012. Barriers to Effective Climate Change Adaptation, Report No. 59, *Final Inquiry Report*, Canberra.
- Prutsch, A., Grothmann, T., Shauser, I., Otto, S., McCallum, S. 2010. Guiding principles for adaptation to climate change in Europe. *ETC/ACC Technical Paper 2010/6*. pp 32.
- REDELITORAL, Projeto. 2014. Relatório parcial 2014. CAPES, Edital Ciências do Mar. Disponível em www.redelitoral.ita.br. Acesso em 10 novembro 2014.
- Tusinski, A., & Verhagen, H. 2014. The use of mangroves in coastal protection. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(34).
- Wang, X.; Smith, S. M. 2014. A Multi-Scale Adaptation Nexus for Resilient National Built Assets to Reduce Climate Risks and Mitigate Disasters. *Adaptation Futures 2014, proceedings*. Fortaleza, Brasil.



Wheaton E., D.C.Macliver. 1999. A Framework and Key Questions for Adapting to Climate Variability and Change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 215-225.

ZAP Imóveis. *Estatísticas ZAP Imóveis*. Disponível em:
<http://www.zap.com.br/imoveis/>. Acesso em 25 maio 2015.

