

IMPACTOS SOBRE O MEIO FÍSICO

CLIMA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

A ORLA COSTEIRA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: IMPACTOS DAS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE O MEIO

**ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR E REDEFINIÇÃO DA LINHA DE COSTA NA REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO**

ELEVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR E REDEFINIÇÃO DA LINHA DE COSTA NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Luiz Roberto Arueira da Silva e Felipe Cerbella Mandarino (IPP/PMRJ)

Introdução

As cidades localizadas no litoral estarão especialmente vulneráveis face às mudanças climáticas e, dentre outras conseqüências, a elevação do nível médio do mar. No caso do Rio de Janeiro temos uma Região Metropolitana de alcance nacional e densamente povoada quase toda localizada em terras baixas litorâneas, com exceção dos maciços costeiros (Tijuca, Pedra Branca, etc.) e da escarpa da Serra do Mar ao norte. É neste contexto que, com o cuidado que o tema requer, este trabalho tem como objetivo principal analisar os resultados do mapeamento realizado pelos autores no âmbito do Instituto Pereira Passos (IPP), da Prefeitura do Rio de Janeiro, contendo uma projeção da redefinição da linha de costa no município do Rio e de toda a orla da Baía de Guanabara a partir de três diferentes cenários de elevação do nível médio do mar (NMM).

Além disto, também foi mapeado e será apresentado aqui o que na literatura internacional está definido como *Low Elevation Coastal Zones* - LECZ (McGranahan, Balk, Anderson, 2007), em tradução livre “Zonas Costeiras da Baixa Elevação”, as quais são definidas como as áreas contíguas à linha de costa que tenham altitude menor do que 10 metros acima do nível do mar. A importância desta categoria é poder ser mapeada para toda a Região Metropolitana, ao contrário dos cenários de elevação do nível do mar, como veremos adiante, oferecendo assim uma idéia da área sob risco potencial de alagamento, permitindo comparações já que existem dados de área e população em risco para diversas regiões do globo.

Metodologia

A maior dificuldade encontrada para a realização deste trabalho foi a de buscar bases cartográficas em escala compatível com os objetivos acima apresentados e que abrangessem toda a área de estudo. Infelizmente, as fontes de dados altimétricos que abrangem toda a Região Metropolitana, como o modelo digital de terreno SRTM (NASA) e as cartas topográficas do mapeamento sistemático do IBGE, não tem escala compatível com a necessidade de prever mudanças na linha de costa segundo os cenários adotados pela coordenação do projeto, quais sejam de aumento do nível médio do mar em 0,5, 1,0 ou 1,5 metros até o fim deste século.

Desta forma, decidiu-se avaliar os efeitos da elevação do nível médio do mar apenas para áreas onde houvesse base cartográfica disponível e de qualidade satisfatória com escala de no mínimo 1 :10.000. Assim, tivemos duas fontes de dados distintas para esta etapa do trabalho, as quais são: 1) as bases cartográficas do município do Rio disponibilizadas pelo próprio IPP, na escala de 1:2.000 para quase todo o município (exceção de alguns pedaços do extremo da Zona Oeste e do Maciço da Pedra Branca, cobertos na escala de 1:10.000); 2) e as bases disponibilizadas pela atual Fundação CEPERJ, elaboradas no contexto do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara na escala de 1:10.000.

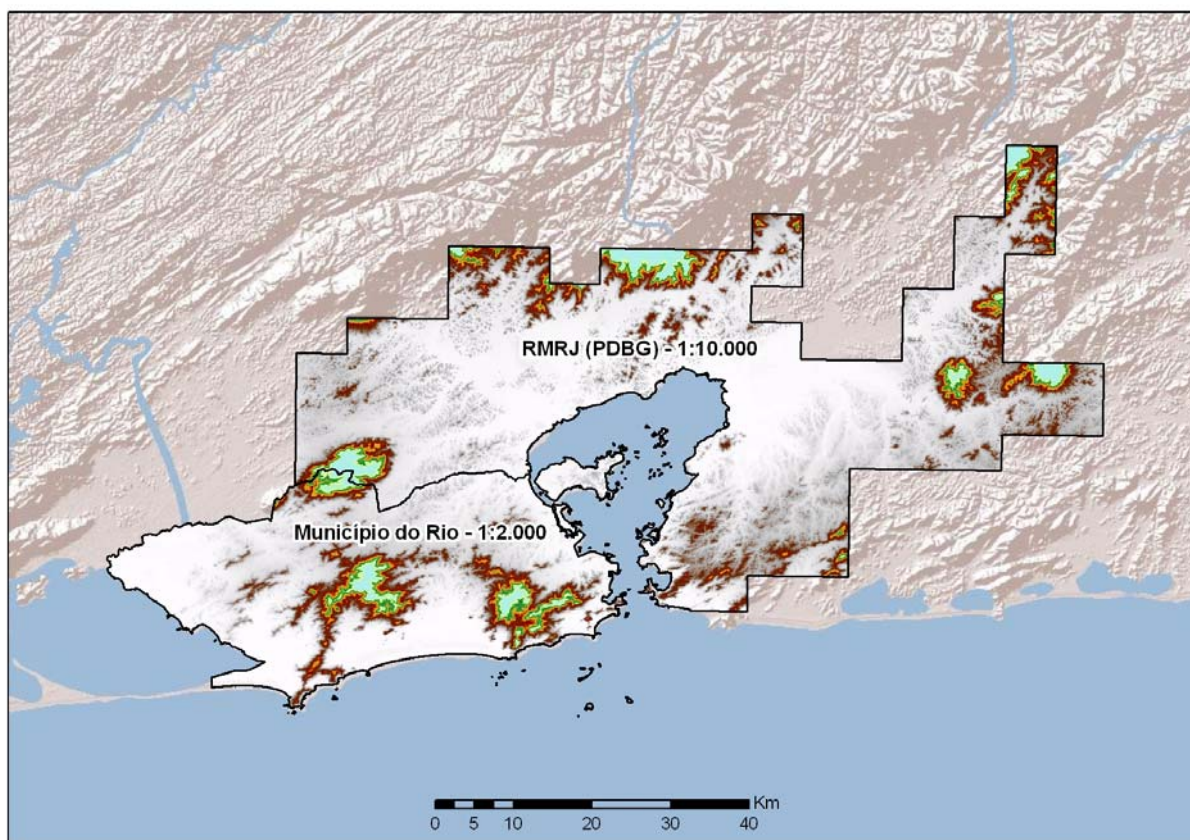


Figura 1: Área de estudo e escala das bases altimétricas utilizadas para gerar os modelos

Após a primeira etapa de busca e seleção das bases a serem utilizadas se passou à etapa de gerar os *Modelos Digitais de Terreno* (MDT's) sobre os quais seriam projetados os cenários de elevação do nível médio do mar citados anteriormente. Para tal foi utilizada a extensão *3D Analyst*, do programa ArcGis em sua versão 9.3.1. Para os dois modelos foram usadas as bases em formato vetorial das curvas de nível (isolinhas altimétricas), pontos cotados e linha de costa também cotada.

Um ponto importante a lembrar é o ressaltado por Muehe e Neves (2008) ao afirmarem que o problema de ajuste das bases cartográficas para os valores locais do nível médio do mar deve ser prontamente enfrentado, já que esses diferem do valor geral utilizado pelo IBGE para a cota zero

(Datum Vertical de Imbituba/SC). Porém, na falta deste ajuste, para o trabalho desenvolvido no contexto do projeto Megacidades a recomendação metodológica foi adotar o datum vertical do IBGE e a partir dele calcular a influências das variações de nível do mar, maré meteorológica, maré astronômica e de outros fatores, como o clima de ondas.

Em sequência, para o mapeamento das *LEZ* foi utilizado o modelo SRTM em formato matricial (*raster*), já que este satisfazia as condições de escala compatível e pronta disponibilidade para toda a área de estudo.

Todos os dados brutos gerados, como os MDT's, e mais algumas camadas, como declividade, lagoas costeiras e outras foram disponibilizadas através de mapas interativos que podiam ser acessados via internet durante o período em que os demais pesquisadores ainda estavam realizando seus trabalhos, de forma que os resultados gerados no contexto deste artigo servissem também de subsídio para os demais textos.

Cenário Atual

A linha de costa da área de estudo apresenta relativa estabilidade no tempo histórico, sofrendo apenas com episódios de ressaca, às vezes associadas à maré de sizígia, que causam erosão costeira, galgamento das estruturas construídas na orla e “afogamento” das galerias de águas pluviais, o que gera inundações em áreas baixas como ocorrido em Abril de 2010.

As praias oceânicas estão mais vulneráveis a este perigo, pois, no caso da RMRJ, são expostas diretamente a ação das ondas, estando inclusive voltadas para a direção das ressacas que alcançam o litoral desta porção do estado. Todavia, em geral estas praias não são mais capazes de se adaptar a uma nova condição de nível médio do mar por retrogradação, já que são limitadas em seu pós-praia por muros, calçadões, avenidas e/ou outros tipos de construções.

As porções de orla semi-expostas ou abrigadas do interior da Baía de Guanabara e de Sepetiba apresentam menor vulnerabilidade à ação das ondas, porém em muitos pontos apresentam os mesmos problemas que as praias oceânicas quando se trata da possibilidade de adaptação frente à elevação do nível médio do mar.

As porções da orla ocupadas por vegetação de mangue, como no caso da Baía de Sepetiba, no sudoeste do município do Rio, e da região da APA de Guapimirim, no nordeste da orla da Baía de Guanabara, terão respostas diferentes devido às especificidades deste ecossistema, que está sendo tema exclusivo de um capítulo neste livro.

As lagoas costeiras, como as da Baixada de Jacarepaguá e da Região Oceânica de Niterói podem ter seu espelho d'água aumentado, sem esquecer dos possíveis impactos sobre suas embocaduras.

Cenário com as Mudanças Climáticas

Aqui serão apresentados e brevemente analisados os resultados obtidos neste projeto para os cenários de elevação do nível médio do mar em sua área de estudo e também para o resto da Região Metropolitana, através do conceito de LECZ, como visto anteriormente. É importante lembrar que os cenários adotados pela coordenação do estudo para projetar o valor da elevação do nível médio do mar até o fim deste século foram: 0,5 metro, 1,0 metro e 1,5 metro.

A fig. 2 mostra o principal resultado deste trabalho: o mapa que mostra as possíveis conseqüências para a linha de costa da RMRJ da elevação do nível médio do mar, como conseqüência das mudanças climáticas. Em primeira análise é possível notar que três áreas se destacam como mais vulneráveis a alterações na linha de costa e outras de suas características ambientais. Estas são o litoral do município do Rio voltado para a Baía de Sepetiba, a Baixada e o Sistema Lagunar de Jacarepaguá também no município do Rio e numa área que abrange os municípios de Guapimirim, Magé, Itaboraí e São Gonçalo, a porção nordeste da linha de costa da Baía de Guanabara, onde se localiza a APA de Guapimirim, conhecida pela sua extensa vegetação de mangue.

É possível também notar que as praias, expostas ou abrigadas, se confirmam como o tipo de ambiente mais marcado no mapeamento como vulnerável à redefinição da linha de costa. Os motivos são conhecidos, já que tais ambientes estão diretamente conectados ao mar ou às baías de Guanabara ou Sepetiba, sofrendo diretamente os efeitos da elevação do NMM

Tabela 1. Área atingida acumulada e relativa para os três cenários de elevação do NMM

Municípios	Área atingida acumulada (km ²)			Área atingida relativa (%) até 1,5m
	Até 0,5m	Até 1,0m	Até 1,5m	
Belford Roxo	0,0005	0,37	0,72	0,9%
Duque de Caxias	2,01	3,68	10,50	2,2%
Guapimirim	2,48	14,73	21,37	5,9%
Itaboraí	3,63	10,52	15,33	3,6%
Magé	0,84	3,09	8,63	2,2%
Niterói	0,29	0,80	1,98	1,5%
Rio de Janeiro	29,66	83,02	124,67	10,3%
São Gonçalo	3,17	12,77	20,27	8,1%
São João de Meriti	0,00	0,0029	0,03	0,1%

Na tabela acima é mostrada a área atingida acumulada por município para cada cenário de elevação do NMM, além de quanto isto representa no total da sua área. Somente aparecem os municípios que tem linha de costa ou alguma outra parte de sua área as cotas projetadas de aumento do NMM e podem sofrer mudanças na sua linha de costa ou alagamentos.

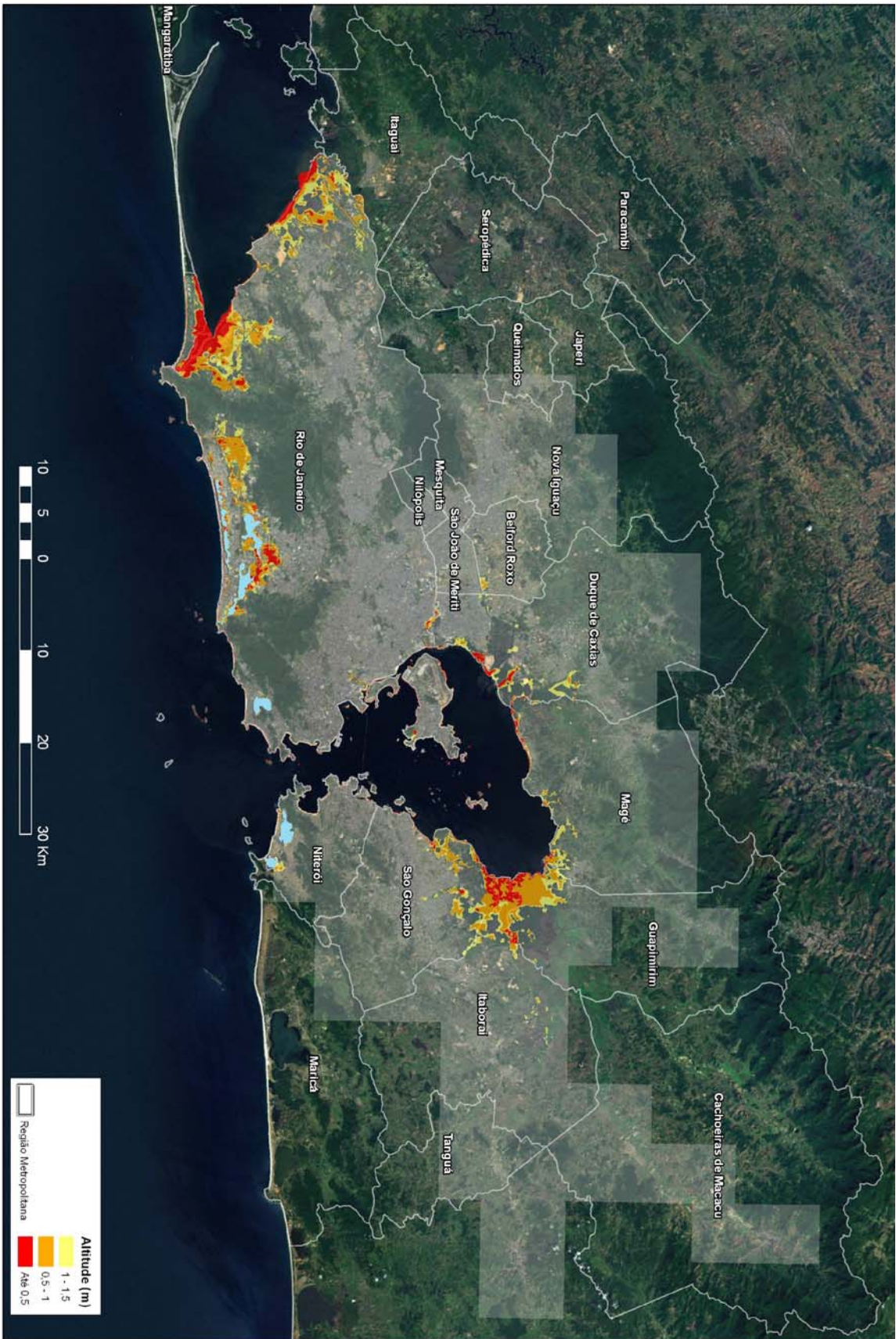


Figura 2: Áreas vulneráveis a redefinição da linha de costa pela elevação do nível médio do mar

Para o cálculo das áreas atingidas a área ocupada pelos espelhos d'água das lagoas litorâneas de Rio de Janeiro e Niterói foi excluída. Além, disso, como podemos ver nas figuras 1 e 2, parte da linha de costa do município de Niterói, na Região Oceânica, não é coberta pelo modelo e, portanto, não é considerada na tabela.

Os dados mostram que Rio de Janeiro, São Gonçalo e Guapimirim seriam os municípios com maior dimensão de áreas atingidas, considerando os três cenários. No cenário mais pessimista o município do Rio chegaria a ter mais de 10% de sua área total atingida, enquanto a 8% e Guapimirim 6%, aproximadamente. Porém, é importante analisar que áreas podem ser alagadas na reconfiguração da linha de costa da RMRJ. No caso do município do Rio, as áreas adjacentes a Baía de Sepetiba são, ao sul, compostas por vegetação preservada de mangue e de restinga, protegidas inclusive por Unidades de Conservação Ambiental (Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba e APA da Orla da Baía de Sepetiba).

Já ao norte temos o Distrito Industrial de Santa Cruz, que está em um momento de franca expansão de suas atividades com a abertura da Companhia Siderúrgica do Atlântico e outros investimentos. Esta região provavelmente já tem uma configuração altimétrica diferente do que retratam as bases que serviram de fonte para o trabalho, datadas do ano de 2000, por ter passado por uma série de obras que devem ter elevado as cotas da região.

Ainda para o município do Rio, o caso que pode ser considerado o mais crítico é o da Baixada de Jacarepaguá, aonde o Sistema Lagunar de mesmo nome pode ver seu espelho d'água se expandir e atingir muitas áreas ocupadas que estão em sua faixa marginal, como o bairro do Itanhangá, a comunidade de Rio das Pedras e as áreas já inundáveis da região das Vargens.

Fora do município sede metropolitano a região que mais se destaca no mapeamento é a dos manguezais de Guapimirim e seu entorno, abrangendo os municípios de Guapimirim, São Gonçalo, Itaboraí e Magé. Parte desta área tem algumas características semelhantes com a de Guaratiba, como a presença de manguezais e o fato de ser protegida por uma Unidade de Conservação Ambiental (APA de Guapimirim). Entretanto, algumas áreas situadas em Magé e São Gonçalo apresentam ocupação, gerando potenciais impactos na população local.

Um ponto preocupante identificado no mapeamento é o entorno do Aterro do Jardim Gramacho, localizado no município de Duque de Caxias e que recebe o lixo do município do Rio de Janeiro. O alagamento do seu entorno pela expansão do espelho d'água da Baía de Guanabara em qualquer um dos três cenários, inclusive no menos pessimista (0,5m), pode gerar sérios problemas no controle dos resíduos sólidos e do chorume encontrados no aterro, o que será objeto de considerações no texto que tratará do tema resíduos sólidos.

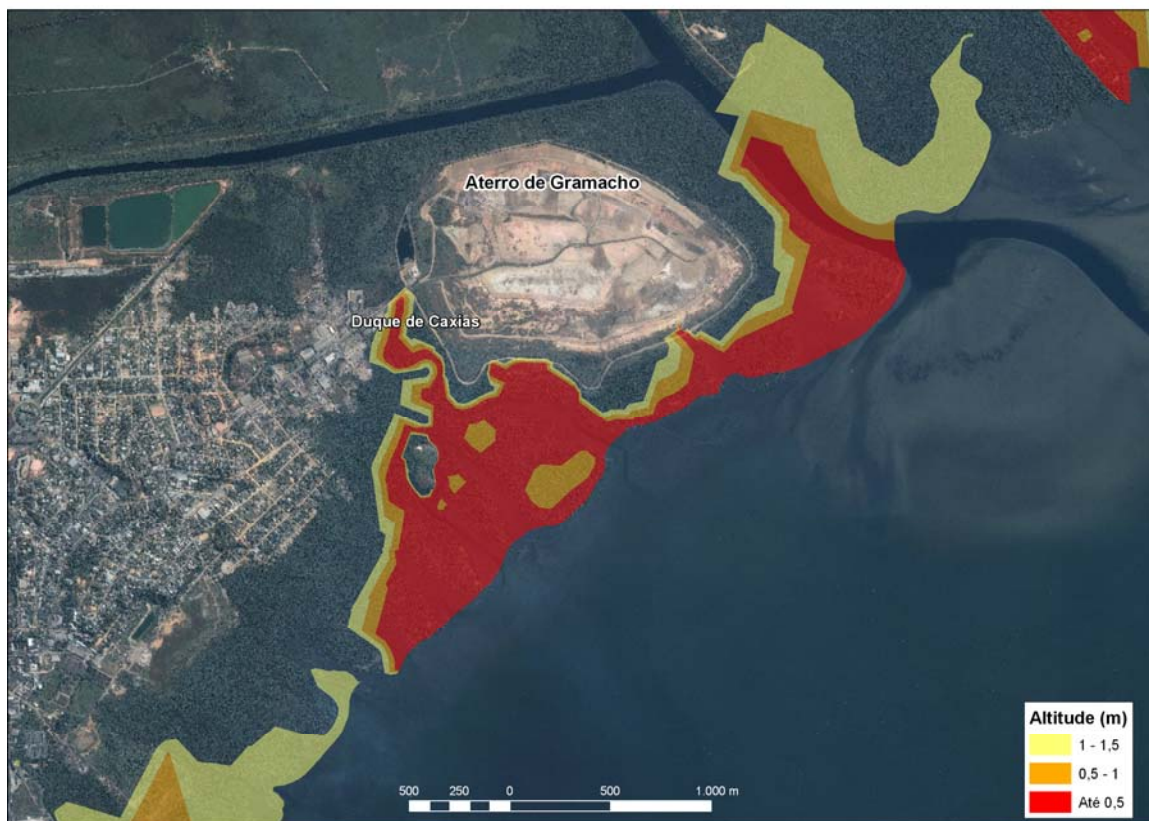


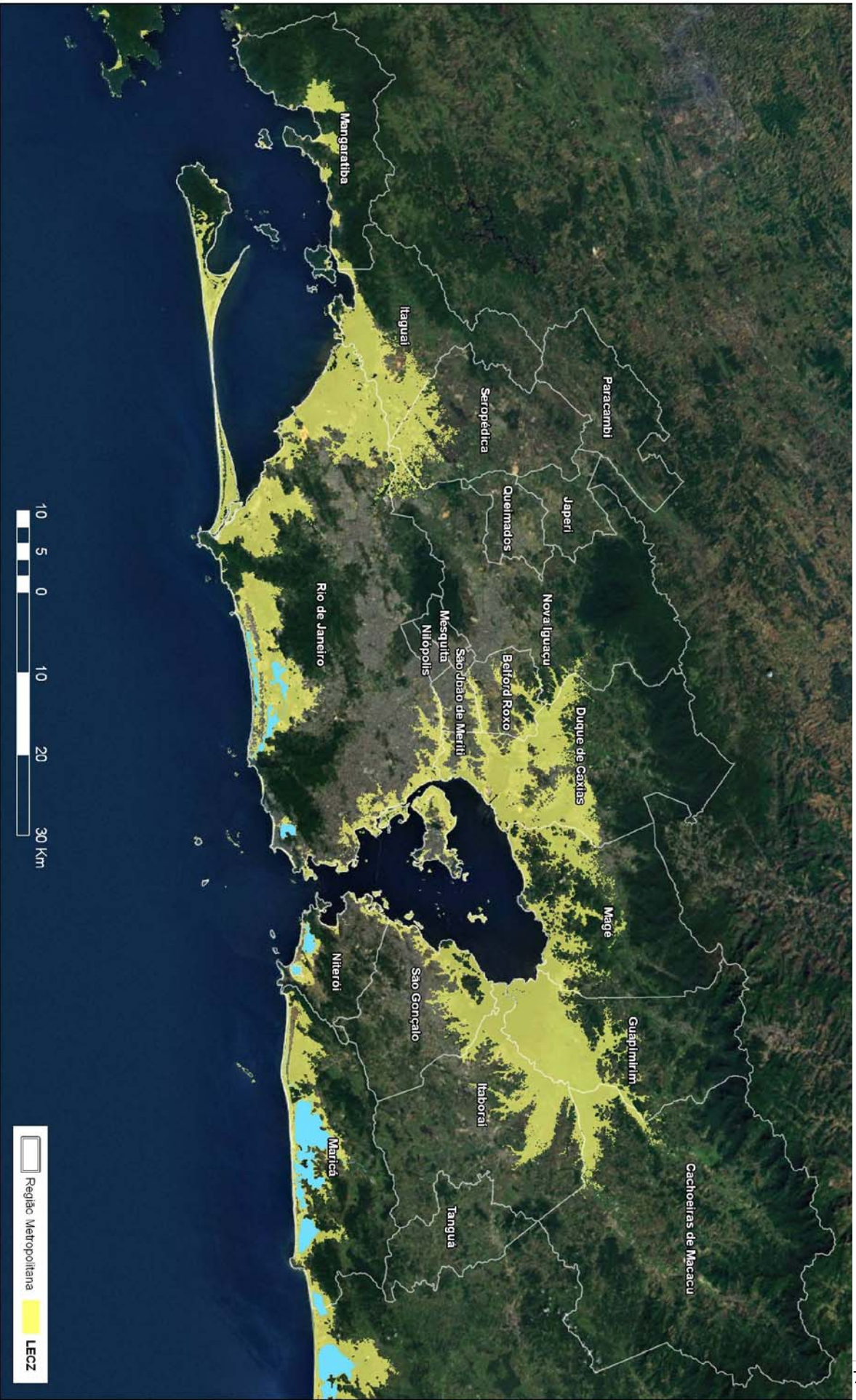
Figura 3: Entorno do Aterro de Gramacho e cotas projetadas de elevação do NMM.

Zonas Costeiras de Baixa Elevação (LECZ)

Segundo McGranahan *et al* (2007), quase dois terços dos assentamentos urbanos com mais de cinco milhões de pessoas estão total ou parcialmente inseridos em Zonas Costeiras de Baixa Elevação. Segundo estimativas dos mesmos autores para o ano 2000 estas zonas ocupariam 2% da superfície terrestre e conteriam 10% da população mundial. O Brasil tem 122.000 km² de área classificada como LECZ, sendo o 7^o do ranking mundial neste quesito, enquanto é o 5^o em área total. Porém, apenas 1% da área total do país é classificada como LECZ.

Já no caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, segundo cálculos feitos no âmbito deste projeto, chegamos ao resultado de que 1202 km² da sua área se enquadram como Zona Costeira de Baixa Elevação, representando pouco mais de 18% da área total (figura 4). Desta forma, fica claro que o cenário de risco associado aos assentamentos urbanos localizados em LECZ é muito relevante para a RMRJ, na qual é notório o processo de ocupação concentrado no litoral.

Além dos locais já destacados no que tange aos cenários de elevação do nível do mar, que obviamente se destacam também no mapeamento das LECZ, alguns locais não cobertos pelas bases cartográficas utilizadas também se destacam. Entre eles está o município de Maricá, principalmente



em sua parte sudoeste, a Região Oceânica de Niterói e a porção sul dos municípios de Seropédica e Itaguaí, além de algumas baixadas confinadas pela Serra do Mar no município de Mangaratiba.

Entre os locais que foram cobertos pelo mapeamento dos cenários de elevação do NMM, o mapeamento das LECZ trouxe novos destaques, como a linha de costa dos bairros da Área de Planejamento 3 do município do Rio de Janeiro (Zona Norte), incluindo a região do Caju, Maré, Ilha do Fundão e Ilha do Governador. Além disto, nos municípios da área de influência da metrópole carioca temos grandes áreas também se destacando ao noroeste e nordeste da Baía de Guanabara. No noroeste da Baía de Guanabara as obras das futuras instalações do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) tem parte de sua área inserida nas Zonas Costeiras de Baixa Elevação, como podemos ver na figura 5, onde são projetadas as LECZ sobre uma imagem Landsat de setembro de 2010.

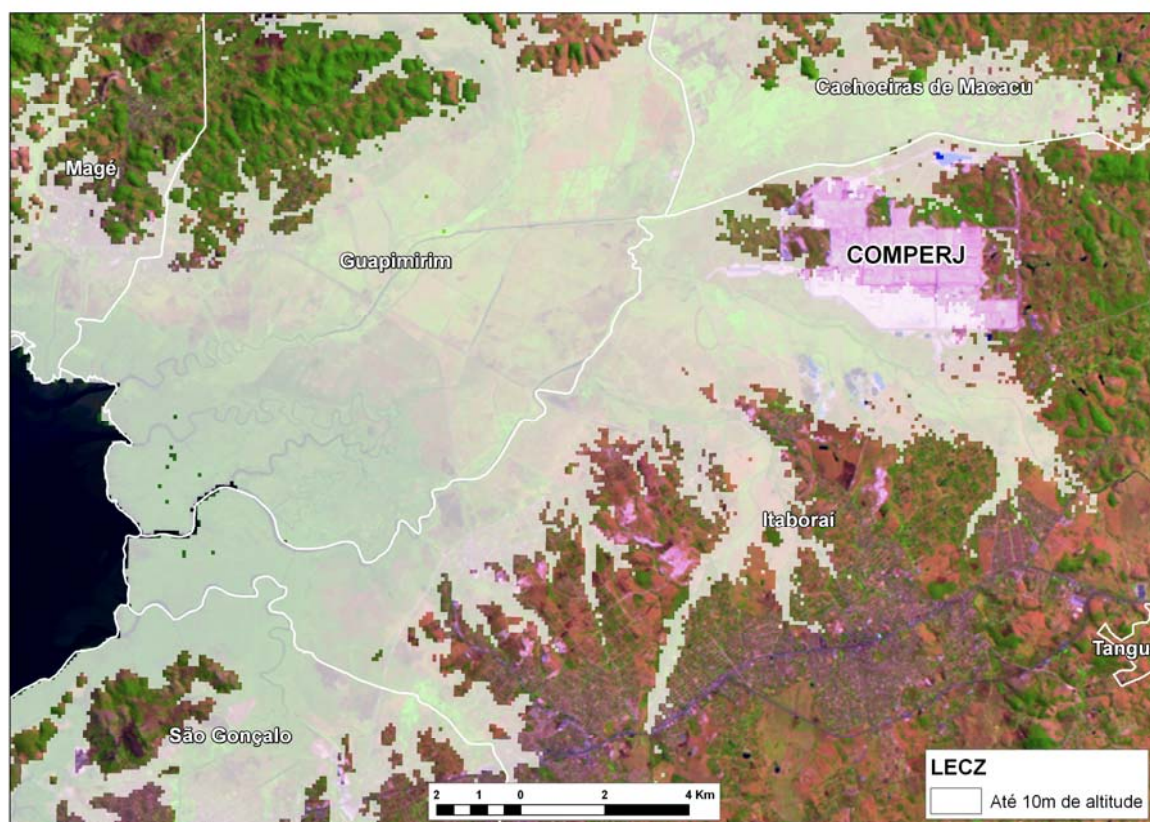


Figura 5: Zonas Costeiras de Baixa Elevação na região do COMPERJ, Itaboraí/RJ.

Infelizmente os dados do Censo 2010 do IBGE não puderam ser utilizados neste trabalho como gostaríamos, devido ao cronograma do lançamento dos mesmos. Porém, os dados de população total por município e, para o município do Rio de Janeiro por Região Administrativa (RA), estão disponíveis no momento em que este texto é escrito, e abaixo mostramos o que pode ser o início de uma reflexão mais profunda quando do lançamento dos dados no nível de setor censitário.

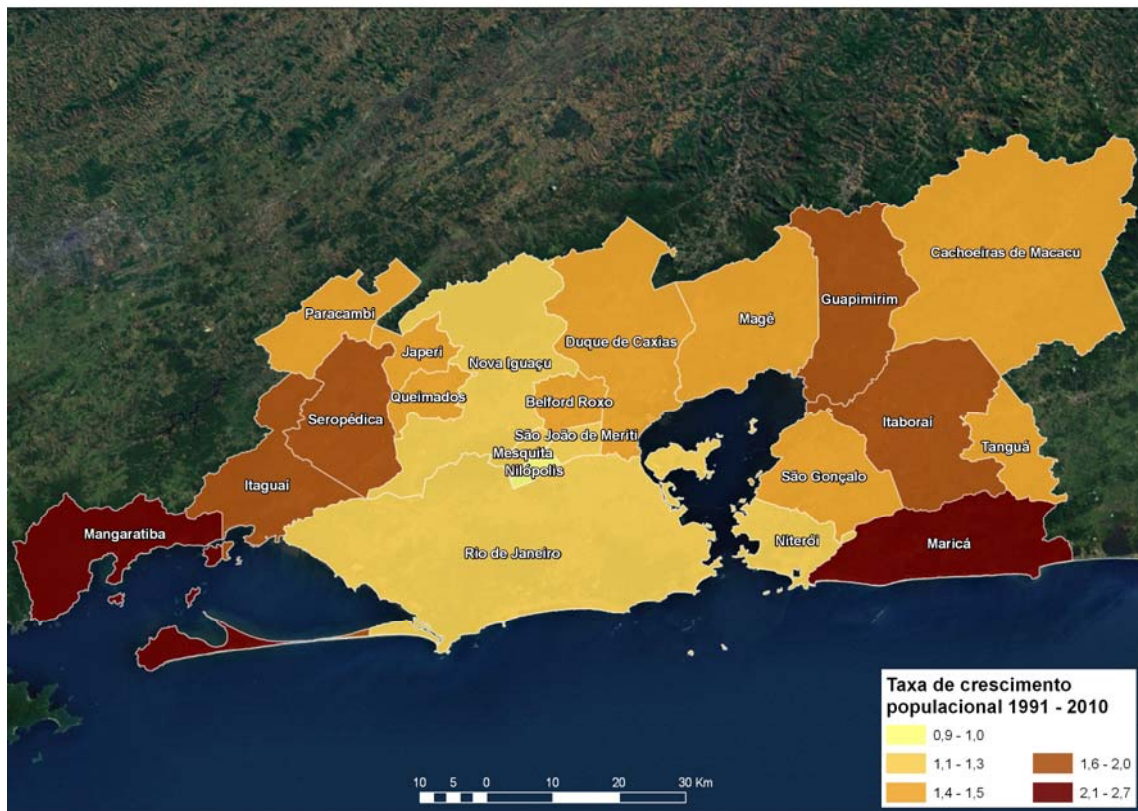


Figura 6: Taxa de crescimento populacional 1991-2010 dos municípios da RMRJ. Fonte: IBGE

Na figura 6 são mostradas as taxas simples de crescimento populacional para cada município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com exceção do município de Mesquita, criado no hiato entre os censos de 2000 e 2010 e que teve sua população em 2010 somada à de Nova Iguaçu, município do qual teve origem. Desta forma, para efeitos de comparação, Mesquita é aqui considerado ainda como uma parte de Nova Iguaçu, tendo assim taxa igual à deste.

As altas taxas de crescimento populacional dos municípios de Maricá e Mangaratiba chamam a atenção, já que são exatamente os dois para os quais não temos bases altimétricas precisas e de boa qualidade disponíveis, mas para os quais o mapeamento das LECZ mostrou extensas áreas vulneráveis, principalmente no caso de Maricá. O caso de Itaboraí também merece ser destacado, já que este município vem apresentando relevante crescimento populacional e isto deve se intensificar ainda mais com as obras e entrada em operação do COMPERJ, grande complexo petroquímico da Petrobrás que está sendo instalado na região. Por situação semelhante passam o município de Itaguai e a região do Distrito Industrial de Santa Cruz, na capital do estado, os quais estão sendo alvo de grandes investimentos e passam por inevitável crescimento populacional, em uma área costeira com uso portuário que o mapeamento dos cenários e das LECZ destaca como vulnerável. Estas regiões devem ser alvo de atenção especial.

Para o município do Rio de Janeiro podemos ver na figura 7 a mesma taxa de crescimento populacional para o mesmo período, agora mapeada por RA's, o menor recorte espacial já disponível para a cidade nos resultados do censo 2010 do IBGE. Os valores extremos da divisão de classes dos dois mapas são distintos, então as legendas são levemente diferentes.

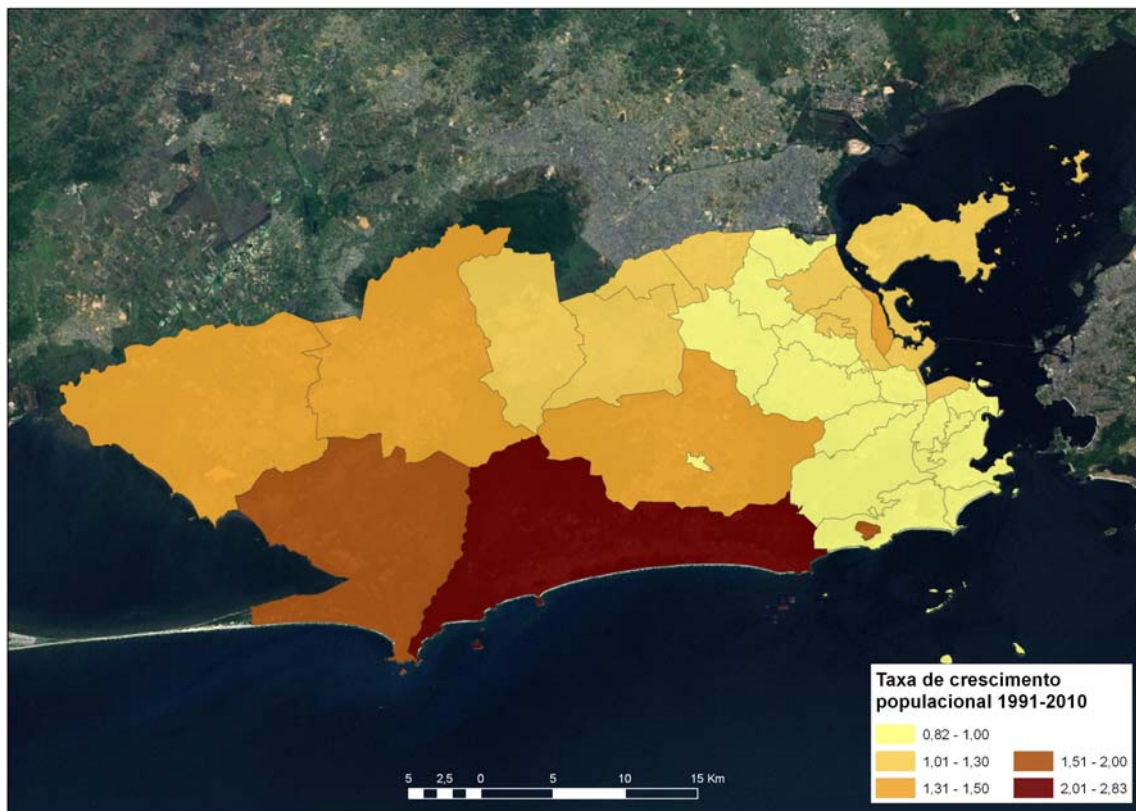


Figura 7: Taxa de crescimento populacional 1991-2010 das RA's do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE

Em uma breve análise do mapa podemos notar que a mesma tendência de crescimento populacional mais intenso em alguns dos municípios mais vulneráveis a elevação do nível do mar se repete quando observamos a dinâmica populacional interna da cidade do Rio de Janeiro. A RA da Barra da Tijuca, a de maior risco considerando a fórmula vulnerabilidade mais população exposta, é a que apresentou a maior taxa de crescimento no período (2,8), ficando a frente apenas da RA Guaratiba (1,9), cujas áreas mais vulneráveis ainda estão preservadas e assim devem ser mantidas.

Propostas de Estudos e Monitoramento

Com o objetivo de reduzir as incertezas sobre o tema é feita aqui uma proposta de trabalho que pode ajudar futuros estudos sobre o tema das mudanças climáticas e elevação do nível médio do mar, tornando-os mais abrangentes e precisos. Esta proposta é específica em relação ao que foi

trabalhado neste artigo. Muitos outros procedimentos devem ser adotados e serão lembrados pelos demais especialistas em seus textos temáticos.

PROPOSTA 1

Título: Mapeamento da zona costeira do Estado do Rio de Janeiro, escala mínima 1:10.000

Produtos/Resultados: Novo mapeamento de toda a linha de costa e terrenos adjacentes e mapeamento batimétrico da plataforma continental do Estado do Rio de Janeiro, com datum vertical ajustado ao nível médio do mar encontrado na costa do Estado. Este mapeamento traria melhor conhecimento da realidade da linha de costa e dos ambientes de praia do Estado do Rio e seria de crucial importância para que se prevejam os efeitos da mudança no NMM.

Prazo: 1 ano

Estimativa de recursos: 3,7 milhões de reais para a escala de 1:10.000

PROPOSTA 2

Título: Instalação, operação e manutenção de marégrafo.

Produtos/Resultados: Monitoramento em tempo real do nível relativo do mar e construção de série de dados para conhecimento do nível médio do mar local.

Prazo: O monitoramento traria resultado e produtos imediatos, enquanto a série de dados para a avaliação do nível médio do mar deve ter duração de algumas décadas.

Considerações finais

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro, uma das maiores metrópoles litorâneas do hemisfério sul, voltada diretamente ao Oceano Atlântico ou às baías de Guanabara e Sepetiba, dotada de significantes sistemas lagunares costeiros e manguezais, apresenta vulnerabilidade especial quando se trata dos efeitos das mudanças climáticas na superfície terrestre. A elevação do nível médio do mar em um sítio com estas características trará impactos ambientais, sociais e econômicos de diferentes ordens de grandeza. Cabe ao poder público, à academia e à sociedade civil organizada realizar estudos com o intuito de prever e se preparar para estes impactos, com monitoramento ambiental e medidas de adaptação e/ou mitigação dos mesmos.

Neste contexto, as informações e mapas aqui apresentados não esgotam as análises e avaliações possíveis sobre os impactos da elevação do nível médio do mar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e não pretendem ser conclusivos.

Dentre os estudos que avaliam os impactos decorrentes das mudanças climáticas, os que tratam da elevação do nível médio do mar estão entre os que mais geram alarmismo e catastrofismo, principalmente após a sua divulgação e repercussão pela mídia, quando atingem um número maior de pessoas. Desta forma devemos ter todo cuidado ao analisar e divulgar as informações aqui contidas, já que tratam de temas tão delicados para a sociedade, como possíveis remoções de moradias. O intuito por trás da divulgação destes resultados é o de subsidiar outras pesquisas mais conclusivas, fazer um alerta sobre o atual vetor e ritmo de expansão dos assentamentos urbanos e, principalmente, servir como uma base concreta de informações que mostre ao poder público e à sociedade civil quais são as áreas mais vulneráveis e que merecem mais atenção nas próximas décadas no que concerne a adaptação às mudanças trazidas pelo aumento do nível do mar.

Referências bibliográficas

McGranahan G., Balk D., Anderson B., 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones *Environ. Urbanisation* 19 17–37

Gusmão, P.P; Carmo, P.S.; Vianna, S.B. 2008. Rio Próximos 100 anos. IPP/SMU, Rio de Janeiro.