UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

FLAVIA MORAES LINS DE BARROS

Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados:

estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

FLAVIA MORAES LINS DE BARROS

Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados:
estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia

ORIENTADOR: DIETER CARL ERNST HEINO MUEHE

Rio de Janeiro

2010

FLAVIA MORAES LINS DE BARROS

Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados:
estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia

Aprovada por:

_____ - orientador
Dieter Carl Ernst Heino Muehe
(Doutor, PPGG/UFRJ)

_____
Josefa Varela Guerra
(Doutora, Faculdade de Oceanografia – UERJ)

_____
Lia Osório Machado
(Doutora, PPGG/UFRJ)

_____
Marcus Polette
(Doutor, CTTMAR/Univali)

_____
Moyses Gonsalez Tessler
(Doutor, Inst. Oceanográfico/USP)

FICHA CATALOGRÁFICA

Lins de Barros, Flavia Moraes
M444c Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro / Flavia Moraes Lins de Barros. – Rio de Janeiro: UFRJ-PPGG, 2010.
xviii, 297p. : il. 30cm
Tese (doutorado). – UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2010.
Orientador: Dieter Carl E. H. Muehe
1. Vulnerabilidade costeira - teses 2. Geomorfologia costeira - teses 3. Geografia marinha - teses I.Teses II.Muehe, Dieter Carl E. H. III.Título.

CDD. 551.45

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. **Contribuição Metodológica para Análise Local da Vulnerabilidade Costeira e Riscos Associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2010. 295f.

RESUMO

A zona costeira é considerada um dos ambientes de maior vulnerabilidade física e socioeconômica, em função do acelerado processo de urbanização somado à dinâmica física do litoral e à fragilidade natural dos ecossistemas costeiros. As questões e impactos relacionados à erosão costeira, inundação litorânea, intrusão salina em corpos hídricos, escassez de água doce, poluição do lençol freático e de lagunas, entre outros, já são freqüentes nas zonas costeiras, revelando a importância de estudos sobre a vulnerabilidade costeira nos dias atuais, independente dos debates sobre o aquecimento global e a subida do nível do mar. No entanto, as abordagens mais comuns não consideram de forma adequada as especificidades da zona costeira e suas inter-relações. Além disso, a maioria dos estudos restringe suas análises às escalas regionais, nacionais ou internacionais, estando geralmente limitadas espacialmente ao uso de indicadores sociais e econômicos em escala municipal ou distrital, implicando numa generalização não compatível com as necessidades da gestão costeira local. Assim, a presente tese tem como objetivo apresentar uma proposta metodológica para análise integrada da vulnerabilidade costeira em escala local, adotando como área piloto a zona costeira da Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro. A metodologia desenvolvida apresenta matrizes conceituais e inter-relações entre variáveis e indicadores, integrando as dimensões física, ambiental e social da zona costeira na análise da vulnerabilidade. Através do uso do método *smartline* de mapeamento da linha de costa, de dados sociais na menor unidade censitária existente (setores censitários urbanos) e de ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG) foi possível realizar cruzamentos e formular sub-íncides e índices associados à erosão costeira, inundação e enchentes, às alterações dos ecossistemas, à exposição da população aos perigos e poluição e ainda à pressão urbana e turística sobre os recursos e ambientes. O desenvolvimento da metodologia demonstrou, ainda, a possibilidade de aplicar os resultados encontrados na definição de recomendações para a tomada de decisões, subsidiando a elaboração de zoneamentos e políticas e o direcionamento de investimentos, fornecendo assim instrumentos para a gestão costeira. Finalmente, vale

ressaltar que a maior parte das análises e mapeamentos foi baseada no uso de variáveis e informações de livre acesso, permitindo a sua aplicabilidade em quase todo o litoral brasileiro.

Palavras-chave: Vulnerabilidade costeira, risco, gestão costeira, geografia marinha.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. **Contribuição Metodológica para Análise Local da Vulnerabilidade Costeira e Riscos Associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2010.

ABSTRACT

The coastal zone is considered an environment with an intense physical and socioeconomic vulnerability due to the accelerated urbanization process in addition to the physical dynamics of the shoreline and its fragile natural ecosystems. The questions and impacts related to coastal erosion, littoral flooding, salt intrusion in water bodies, fresh water scarcity, water table and lagoons pollution, among others, are frequent problems on coastal zones, revealing the importance of the studies about coastal vulnerability, despite the debates about global warming and sea level rise. However, the most common approach to coastal vulnerability studies does not adequately consider the specificities of the coastal zones and its inter-connections. Furthermore, the majority of the studies provide analysis only at the regional, national or international scale, being limited to social and economic data at county or district scale, resulting in a generalization inadequate to local coastal management. Thus, this thesis has the objective of presenting a methodological proposal for an integrated analysis of the coastal vulnerability at local scale, adopting as a pilot the coastal area of "Região dos Lagos", in the state of Rio de Janeiro. The developed methodology presents conceptual frameworks and correlations between variables and indices that allowed the integration of the physical, social and environmental dimensions of the coastal vulnerability. Through the use of the smartline coastline mapping methodology, the minor census unit available for social data assessment (urban sectors census) and the application of geographical information systems, it was possible to establishing maps overlapping and to formulate sub indices and indices associated to coastal erosion, inundation and flooding, ecosystems changes, population exposition to dangers and to pollution and also to urban and touristic pressure on the natural resources and environments. The development of the methodology demonstrated also the possibility application of the finds results at the definition of recommendations to decision

making, contributing to the establishment of politics, zoning programs and income priorities, giving tools for coastal management. Finally, it's important to highlight that he major part of the analyses and mapping were based on variables and information with free access, allowing the applicability in almost all Brazilian littoral.

The results obtained helped identify areas of great physical, social and environmental vulnerability, as well as, risk areas related to population exposure from several types of disasters or impacts. In addition, the indicators, classifications and maps developed contributed to the understanding of the factors related to the coastal vulnerability, as well as to the relationship between the different dimensions that compose such vulnerability. The development of the local coastal vulnerability evaluation methodology in "Região dos Lagos" indicated the possibility to apply the results found in recommendations to the decision making, sponsoring the elaboration of environmental or urban zonings and regulations and investment focus, providing with that, the instruments needed for coastal zone management. Finally, its important to point out that the greater part of the analysis and maps provided were based on free access variables and information, permitting its applicability in the great majority of the Brazilian coastal zone.

Key-words: Coastal vulnerability, risk, coastal management, marine geography.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 20
CAPÍTULO I 25
VULNERABILIDADE COSTEIRA: CONCEITOS E PROCESSOS ENVOLVIDOS 25
1.1 Definição de vulnerabilidade e outros conceitos relacionados 25
CAPÍTULO II 32
AS DIMENSÕES DA VULNERABILDIADE COSTEIRA 32
2. 1 DINÂMICA FÍSICA DO LITORAL 33
2.1.1 Escala instantânea 34
2.1.2 Escala de eventos e ciclos sazonais 35
2.1.3 Macro-escala e balanço sedimentar 38
2.1.4 - Escala geológica e oscilações do nível do mar 40
2.1.5 Erosão e Progradação do litoral 44
2.2 ECOSSISTEMAS COSTEIROS 48
2.2.1 Dunas 49
2.2.2 Vegetação de restinga 50
2.2.3 Estuários 50
2.2.4 Manguezais 52
2.2.5 Lagunas 52
2.2.6 Recifes de Coral 54
2.2.7 Aqüíferos 54
2.3 Densidade Urbana, turismo e capacidade de suporte 55
2.3.1 População costeira 56
2.3.2 Ciclos de evolução turística e as cidades costeiras 62
2.4 Contradições e dinâmica da vulnerabilidade costeira 67
CAPÍTULO III 70
VULNERABILIDADE COSTEIRA NO BRASIL 70
3.1 Variação do nível médio do mar no Brasil 70
3.2 Erosão e inundação costeira do litoral brasileiro 73
3.2.1 Erosão Costeira 73
3.2.2 Inundações Litorâneas 77
CAPÍTULO IV 79
MÉTODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA 79
4.1 O uso de indicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira 79
4.1.1 Definição e Mensuração de Índices 81
4.1.2 Construção de índices de vulnerabilidade costeira 83
CAPÍTULO V 88
GESTÃO COSTEIRA 88
5.1 Dos primeiros estudos a gestão costeira atual 88
5.2 GESTÃO COSTEIRA NO BRASIL 91
CAPÍTULO VI 99
A REGIÃO DOS LAGOS 99
6.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL 99
6.1.1 Evolução da linha de costa do litoral do estado do Rio de Janeiro 101
6.1.2 Cordão litorâneo transgressivo atual 104
6.1.3 Evidências atuais de erosão costeira e inundações na Região dos Lagos 106
6.2 Crescimento urbano das cidades costeiras da Região dos Lagos 109
CAPÍTULO VII 112
PROPOSTA METODOLÓGICA 112
7.1 Avaliação Local da Vulnerabilidade Costeira 113
7.1.1 Vulnerabilidade Física 113

7.1.1.1 Modificação da Linha de Costa e Erosão Costeira ... 116
a) Comparação de Fotografias Aéreas ... 116
b) *Comparação de perfis de praia* ... 117
7.1.1.2 Modelagem de ondas e exposição do litoral ... 117
7.1.1.3 Caracterização Geomorfológica ... 121
7.1.1.4 Vulnerabilidade física à erosão costeira e inundação ... 123
7.1.1.5 – Erosão Costeira ... 125
a) Vulnerabilidade à erosão costeira por subida do nível do mar ... 126
b) Vulnerabilidade à erosão costeira por ação de tempestades ... 127
7.1.1.6 – Inundação Costeira ... 131
a). *Transposição do cordão litorâneo por ondas de tempestade* ... 131
b) *Inundação por subida do nível do mar* ... 133
c) Desastres Naturais ... 133
7.1.1.7 – Cruzamento das variáveis e mapeamento ... 135
7.2 VULNERABILIDADE AMBIENTAL ... 139
7.3 VULNERABILIDADE SOCIAL ... 142
7. 1.2.1 Setores Censitários Urbanos ... 146
7. 1.2.2 Distribuição da População Urbana e Densidade Demográfica ... 148
7.1.2.3 Serviços de abastecimento de água e saneamento básico ... 148
7.1.2.4 Turismo ... 149
a) População Flutuante ... 149
b) Emprego em atividades turísticas ... 150
7.1.3 Avaliação síntese da vulnerabilidade costeira e riscos associados ... 151
7.1.3.1 População em área de risco de inundação e erosão costeira ... 151
7.1.3.2 Risco de contaminação do lençol freático e desabastecimento de água doce ... 152
CAPÍTULO VIII ... 154
RESULTADOS E DISCUSSÕES ... 154
8.1 Avaliação Local da Vulnerabilidade Costeira da Região dos Lagos ... 154
8.1.1 Modificação da linha de costa nas últimas décadas ... 154
8.1.2 Refração de ondas ... 168
8.1.3 Caracterização Geomorfológica da linha de costa ... 177
8.1.3.1 - Primeiro Passo (mapa indicativo da vulnerabilidade) ... 177
8.1.3.2 - Segundo Passo (avaliação regional) ... 182
8.1.3.3 - Fase 3 (avaliação local) ... 185
8.1.4 Vulnerabilidade física da linha de costa à erosão costeira e inundação ... 188
8.1.4.1 Erosão Costeira ... 188
8.1.4.2 Desastres e áreas sujeitas à inundação ... 191
a) Inundação litorânea por transposição de ondas ... 191
b) Inundações, alagamentos e enchentes de outras naturezas ... 194
8.2 Avaliação Local da Vulnerabilidade Ambiental ... 196
8.2.1 Modificação física das lagunas e dunas ... 196
8.2.3 Unidades de Conservação e Expansão Urbana ... 205
8.3 Avaliação local da Vulnerabilidade Social da Região dos Lagos ... 208
8.3.1 Distribuição da População Urbana e Densidade Demográfica ... 208
8 3.2 Exposição da população à vulnerabilidade física ... 213
8.3.2.1 Setores Censitários ... 213
8.3.2.2 *Smartline Methodolgy* (Passo 4) ... 219
8.3.3 Indicativo da vulnerabilidade social e econômica ... 225
8.3.3.1 Setores Censitários ... 225
8.3.3.2 *Smartline Methodology* (Passo 4) ... 230
8. 4 RISCOS ... 232
8.4.1 Contaminação do lençol freático e deficiência de água doce para o consumo ... 232

8.4.2 Recuo da linha de costa e risco potencial 236
8.5 População Flutuante e Sazonalidade turística 239
8.6 Síntese da vulnerabilidade costeira e subsídios para a gestão 252
8.6.1 Áreas de demandas especiais para a gestão costeira 252
8.6.2 Respostas políticas e avanços recentes 267
CAPÍTULO IX 271
CONCLUSÕES 271
REFERÊNCIAS 275
ANEXOS 290
ANEXO 1 290
Decreto 5300 / 04 290
ANEXO 2 291
Lista de variáveis e definições por setor censitário urbano para o ano 2000 291
ANEXO 3 295
Empregos relacionados ao turismo 295
ANEXO 4 296
Pessoas empregadas em atividade relacionadas ao turismo (1996 e 2004) 296

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Fonte: Modificado de Klein e Nicholls (1998 *apud* Klein, 2003).....20
Fig. 1 – Distribuição da população mundial e concentração nas zonas costeiras. Fonte: CIESIN (2005) 21
Quadro 1 - Conceito de risco segundo diversos autores.....26
Fonte: Modificada de Aneas de Castro (2000).....26
Fig. 2 – Relações entre os conceitos de risco, perigo e desastre. 27
Fonte: Aneas de Castro (2000, p.6).....27
Quadro 2 – Conceitos relacionados aos estudos de risco e vulnerabilidade 30
Fig. 3 – Escalas espaço-temporal envolvidas no estudo de praias e processos relativos à dinâmica costeira. Fonte: Short, 2000 (adaptado de: Cowel e Thom , 1994) 33
Fig. 4 - Esquema mostrando como se dá acorrente de retorno.....35
Fonte: modificado de Komar, 1976.....35
Fig. 5 - Reação do perfil em planta de uma praia à ação de ondas oblíquas à linha de costa. A linha tracejada indica o perfil inicial e as setas pretas indicam o transporte longitudinal de sedimentos induzido pelas ondas.....36
Fonte: modificado de Komar, 1976.....36
Fig. 6 – Reação do perfil transversal de uma praia à ação de ondas de tempestade.....37
Fig. 7 – Modelo abc de transporte de sedimentos 38
Fig. 8 – Fontes e perdas de sedimentos para a praia 39
Fonte: modificado de Brid (1993 p. 49).....39
Fig. 9 – Concentração de gás carbônico e modificação da temperatura nos últimos 160.000 anos.....41
Fonte: Barnola, *apud* Muehe, 1990.....41
Fig. 10 - Oscilação do nível do mar e da temperatura dos mares tropicais nos últimos 400.000 amos A.P. 42
Fig. 11 – Distribuição das estações permanentes de medição do nível do mar.....43
Fonte: GLOSS (2009) 43
Fig. 12 – Modelos de previsão da temperatura global da terra e do mar, considerando apenas as forças naturais (faixa azul) e os aspectos naturais e antropogênicos em conjunto (faixa rosa).....44
Fig. 13 – Esquema explicativo da regra de Bruun. Quando ocorre a subida do nível do mar a praia recua e os sedimentos migram para a antepraia.....46
Fig. 14 - Diferentes respostas às variações do nível do mar 47
Fig. 15 – Modelo esquemático das feições e transportes em um estuário dominado por ondas (A) e um estuário dominado por maré (B). 51
Fonte: Oz Coasts – Austrália online coastal information (2007). 51
Fig. 16 – Relação entre a densidade populacional e a distância da linha de costa (gráfico de cima) e a altitude (gráfico de baixo).....59
Fig. 17 – Densidade populacional por linha de costa (hab/km). Fonte: Muehe e Neves, 1995. 61
Fig. 18 – Modelo de expansão urbana e regiões de segundas-residências.....63
Fig. 19 – Ciclo de evolução de uma área turística.....65
Fig. 20 Ciclo do turismo alternativo baseado na concepção do ciclo de Butler (1990) 66
Fig. 21 - Processo de valorização / desvalorização das propriedades litorâneas em função da proximidade do mar e da percepção do risco à erosão costeira. 68
Fonte: S. McLaughlin *et al.*, 2002, p. 496.....68
Fig. 22 – Curva da variação do nível do mar no Brasil nos últimos 7.000 anos 71
Fig. 23 – Variação do nível médio do mar entre 1950 e 2000 para os portos brasileiros 72
Fig. 24 – Erosão costeira na foz do Rio São Francisco (Vila do Cabeço) e foz do Paraíba do Sul (Atafona).....74
Fig. 25 –Enrocamentos para contenção da erosão na praia de Boa Viagem, Recife (PE) 75
Quadro 3 - Exemplo de indicadores de pressão-estado-resposta para a zona costeira segundo as diferentes funções.....84
Fig. 26 – Hierarquia dos indicadores.....85
Fig. 27 – Variáveis socioeconômicas e físicas e os respectivos pesos atribuídos. 86
Fonte: Adaptado de Szlafsztein (2005, p.23). 86
Fig. 28 – Definição dos índices de vulnerabilidade física, socioeconômica e total. 87

Fonte Szlafsztein (2005, p.20).....87
Fig. 29 – Controle governamental dos diferentes segmentos da zona costeira. 95
Fonte: Sorensen *et al*., 1992, p28. 95
Fig. 30 – Limites das Faixas de Proteção terrestre e marítima. 97
Fig. 31 – Localização dos municípios e distritos que integram a Região dos Lagos 99
Fig. 32 – Exemplos de perfis transversais mostrando a ocorrência de duplos cordões litorâneos. 103
Fonte: Muehe, 2006. 103
Fig. 33 - Danos muito fortes após a tempestade de maio de 2001 107
Fig. 34 - Perfis Transversais da praia de Massambaba, Arraial do Cabo. Em amarelo estão representados todos os perfis realizados entre 1996 e 2003. Os perfis em azul e em verde na figura refletem a situação em tempo bom no ano de 2001, enquanto as cores vermelho tracejado e vermelho contínuo representam o perfil da praia logo após as tempestades de 1997 e de 2001 respectivamente. Nota-se que embora o perfil da praia apresente recuperação alguns dias depois de passada a tempestade, a escarpa da pós-praia apresenta recuo sem recuperação. 108
Fonte: Grupo de Geografia Marinha da UFRJ. 108
Fig. 35 – Comparação da praia do Abricó entre 1999 e 2008, Rio das Ostras 108
Fig. 36 - Praia de Manguinhos em Búzios mostrando construções em cima da berma da praia sendo atingidas pelo mar durante a maré cheia 109
Gráfico 1 Taxa média geométrica de crescimento demográfico de 1991 a 2000 e de 2000 a 2007 . Fonte: IBGE (2000) 110
Fig. 37 – Fluxograma Metodológicos de Avaliação Local da Vulnerabilidade Costeira Física 115
Fig. 38 - Pontos batimétricos defronte ao litoral entre Maricá e Arraial do Cabo 118
Fig. 39 – Cobertura dos pontos batimétricos defronte ao litoral entre Arraial do Cabo e Cabo São Tomé 119
Quadro 4- Passos metodológicos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa.....123
Fig. 40 - Primeiro Passo da metodologia. Fonte: Sharples (2008) 124
Quadro 5 – Adaptação dos passos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa 125
Fig. 41 – Variáveis relacionadas ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira 128
Tabela 4 – Variáveis e limites para definição do sub-índice de resistência 129
Tabela 5 – Variáveis e limites para definição do sub-índice de magnitude potencial do recuo da linha de costa 129
Quadro 6 - Matriz de correlação das variáveis para estabelecimento do grau de vulnerabilidade à erosão costeira em segmentos com e sem erosão ativa 130
Quadro 7 - Variáveis associadas ao grau de vulnerabilidade à inundação por transposição de ondas..132
Tabela 6 - Tipos, Subtipos e Definições de Desastres Naturais 134
Fig. 42 - Exemplo dos elementos da praia, do seu reverso e do continente próximo para os quais são atribuídas diversas características que posteriormente são mapeadas em um unido segmento de linha. 136
Fig. 43 - Exemplos de dois perfis de praia com os segmentos transversais para os quais serão atribuídas características. Fonte: Sharples (2008) 137
Fig. 44 - Procedimento metodológico de atribuição de características de diferentes elementos formando segmentos em formato linear. Fonte: Sharples (2008) 137
Fig. 45 – Feições transversalmente representadas sobre as quais foram atribuídas as variáveis e classificações 138
Fig. 46 – Fluxograma Metodológico de Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental da Zona Costeira .140
Fig. 47 – Fluxograma Metodológicos de Avaliação Local da Vulnerabilidade Social da Zona Costeira 143
Fig. 49 – Fluxograma Metodológico para Tomada de Decisões para Gestão Costeira.....153
Fig. 50 – Detalhe da comparação da linha de costa da Praia do Abricó entre 1976 e 2000 mostrando erosão de aproximadamente 12 metros 155
Fig. 52 – Monitoramento do perfil da praia do Abricó entre 1999 e 2009, Rio das Ostras. 156
Fonte: Muehe *et al*., (submetido para publicação) 156
Fig. 53 – Monitoramento do perfil de praia do Praião de Barra de São João, Casemiro de Abreu.....157
Fig. 54 – Comparação das fotografias aéreas de 1976 e 2000 de duas praias do município de Búzios revelando aumento da urbanização no litoral e estabilidade da linha de costa.....158
Fig. 55 – Comparação da cobertura vegetal do campo de dunas da Praia do Peró entre 1959 e 2000 .159

Fig. 56 – Comparação da linha de costa dos anos de 1956, 1979 e 2000 no sul da praia do Peró, Cabo Frio. 161
Fig. 57 - Fotografias aéreas da praia das Conchas, Cabo Frio, mostrando alteração na cobertura vegetal, com destaque (contorno vermelho na fotografia do ano 2000) para área desmatada no pós-praia no mesmo local onde ocorreu recuo da linha de costa entre 1976 e 2000.....162
Fig. 58 - Localização dos perfis de praia monitorados na praia do Peró.....163
Fig. 59 - Perfis de praia do Peró entre 2007 e 2008 mostrando estabilidade da posição das dunas frontais.....163
Fig. 60 – Perfis de praia do monitoramento mensal da praia da Massambaba, Arraial do Cabo.....165
Fig. 61 – Comparação da linha de costa entre 1976 e 2000 na Praia de Jaconé, Saquarema (RJ).....166
Fig. 62 – Comparação das fotografias aéreas dos anos de 1976 e 2000 da praia de Jaconé, Saquarema. Nota-se a diferença na cobertura vegetal do pós-praia, que aparentemente mostrou avanço de 1976 a 2000 166
Fig. 63 - Erosão costeira e danificação da Avenida Litorânea na praia de Jaconé, Saquarema, após tempestade ocorrida em maio de 2001 167
Fig. 64 - Direção NE (45^0) H = 1.8m T = 7.8s.....169
Fig. 65 - Direção E (90^0) H = 1.8m T = 7.8s.....170
Fig. 66 – Direção SE (135^0) H = 2.5m T = 10.5s.....171
Fig. 67 – Direção SE (135^0) H = 4 m T = 10 s.....171
Fig. 68 – Direção SW (2250) H = 6 m T = 16 s.....172
Fig. 69 – Direção Sul (180^0) H= 6m T = 16s 172
Fig. 70 – Ondas de SE (135^0) H = 4m T = 14s.....173
Fig. 71 – Direção S (180^0) H = 4m T = 14s 174
Fig. 72 - Direção SW (225^0) H = 4m T = 14s 175
Fig. 73 – Direção Sul H = 6m T = 16s 176
Fig. 74 – *Smartline Mapping* – Fase 1 – Material da praia, exposição e feição do continente entre Cabo Frio e Rio das Ostras 179
Fig. 75 - *Smartline Mapping* – Fase 1 – Material da praia, exposição e feição do continente entre Maricá e Arraial do Cabo 180
Fig. 76 – Mapa indicativo da vulnerabilidade à inundação e erosão costeira no litoral entre Cabo Frio e Casemiro de Abreu 181
Fig. 77 – Mapa indicativo da vulnerabilidade à inundação e erosão costeira no litoral entre Maricá e Arraial do Cabo 182
Fig. 78 – Feição predominante no pós-praia, granulometria e morfodinâmica da praia entre Cabo Frio e Rio das Ostras.....183
Fig. 79 – Feição predominante no pós-praia, granulometria e morfodinâmica da praia entre Maricá e Arraial do Cabo 184
Fig. 80 – Altura (metros) da feição na pós-praia, das ondas de tempestade na costa (quadrante sul e leste) e declividade (graus) da ante-praia até 10m de profundidade.....186
Fig. 81 – Altura (metros) da feição na pós-praia, das ondas de tempestade (quadrante sul) e declividade (graus) da ante-praia até 10 metros de profundidade.....187
Fig. 82 – Grau de vulnerabilidade à erosão costeira entre Cabo Frio e Rio das Ostras 189
Fig. 83 – Grau de vulnerabilidade à erosão costeira entre Maricá e Arraial do Cabo.....190
Fig. 84 – Vulnerabilidade à transposição por ondas da feição do pós-praia entre Cabo Frio e Rio das Ostras.....192
Fig. 85 - Vulnerabilidade à transposição por ondas da feição do pós-praia entre Maricá e Arraial do Cabo.....193
Fig. 86 - Inundação causada por transposição de ondas em abril de 2004 na localidade de Monte Alto, Arraial do Cabo. Fonte: Revista Conteúdo (2009) 193
Fig. 87 - Áreas sujeitas à ocorrência e registros de inundação, alagamento, enchente e enxurradas entre 2000 e 2007 entre Maricá e Rio das Ostras 195
por tipo de desastre e município.....196
Fig. 88- Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) no norte de Cabo Frio e no município de Búzios.197

Fig. 89 - Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) em Arraial do Cabo e parte central de Cabo Frio. 198
Fig. 90 - Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) em Saquarena e Araruama 198
Fig. 91 – Comparação do campo de dunas da praia do Peró, Cabo Frio, entre os anos de 1959, 1976 e 2000 200
Fig. 92 – Foto da área de risco atual de soterramento por dunas na praia do Peró, Cabo Frio 201
Fig. 93 – Modelo da evolução das características da laguna de Araruama em função da poluição por efluentes domésticos.....202
Fonte: Knopplers (1999, p. 148) 202
Tabela 13 – Estimativa do descarte de esgoto sanitário em lagunas considerando valores médios de produção de nutrientes (N e P) e esgoto total per capita e tempo de residência das lagunas da Região dos Lagos (RJ).....203
Fig. 94 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao número de domicílios com lançamento de esgoto sanitário direto em valas, lagunas, rios ou mar e estimativa do aporte de esgoto nas lagunas (l/s) entre Maricá e Saquarema 203
Fig. 95 - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao número de domicílios com lançamento de esgoto sanitário direto em valas, lagunas, rios ou mar e estimativa do aporte de esgoto (l/s) na laguna de Araruama 204
Fig. 96 - Unidades de Conservação e domicílios sem coleta de lixos (%) no entorno por setores censitários urbanos (2000) no município de Maricá.....206
Fig. 97 - Unidades de Conservação e domicílios sem coleta de lixos (%) no entorno por setores censitários urbanos (2000) entre Saquarema e Cabo Frio 207
Fig. 98 – Descarte de lixo nas dunas da praia do Peró, dentro dos limites da APA do Pau Brasil, Cabo Frio 207
Fig. 99 - Áreas urbanas e rurais segundo a classificação dos setores censitários do IBGE, 2000 208
Tabela 14 - População total e relativa dos setores censitários costeiros (localizados de frente para o mar e até km da linha de costa).....209
Fig. 100 – População urbana total do ano 2000 por setor censitário (IBGE, 2000).....210
Fig. 101 - Densidade urbana (hab/m2) do ano 2000 por setor censitário.....211
Fig. 102 – Grau de urbanização segundo classificação de imagem de satélite por sensoriamento remoto 212
Gráfico 2 – População (%) até 300 metros da linha de cota por distritos segundo a metodologia "população / pixel" (2000) 213
Região dos Lagos - RJ.....213
Fig. 103 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física entre Arraial do Cabo e Rio das Ostras 214
Fig. 104 - Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física entre Maricá e Araruama 215
Fig. 105 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e o número de habitantes entre Cabo Frio e Rio das Ostras 216
Fig. 106 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e o número de habitantes entre Maricá e Arraial do Cabo 217
Fig. 107 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e a densidade populacional (2000) entre Cabo Frio e Rio das Ostras.....218
Fig. 109 - Número de habitantes total (2000) por segmento de linha de costa entre Cabo Frio e Rio das ostras.....220
Fig. 110 - Número de habitantes total (2000) por segmento de linha de costa entre Maricá e arraial do Cabo.....221
Fig. 111 – Risco para a população à inundação por transposição de ondas entre Cabo Frio e Rio das Ostras.....223
Fig. 112 – Risco para a população de inundação por transposição de ondas entre Maricá e Arraial do Cabo.....224
Fig. 113 – Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal de Barra de São João e Rio das Ostras 226

Fig. 114 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal entre Cabo Frio e Búzios 227
Fig. 115 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal entre Araruama e Arraial do Cabo 228
Fig. 116 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal de Maricá e Saquarema 228
Fig. 117 – *Smartline Mapping* – Fase 4 – Renda Média Mensal dos Setores Censitários Urbanos da orla marítima entre Cabo Frio e Rio das Ostras, Região dos Lagos (RJ) 231
Fig. 118 - *Smartline Mapping* – Fase 4 – Renda Média Mensal dos Setores Censitários Urbanos da orla marítima entre Maricá e Arraial do Cabo, Região dos Lagos (RJ) 232
Fig. 119 – Setores censitários urbanos classificados quanto à exposição a contaminação do lençol freático e densidade demográfica entre Arraial do Cabo e Rio das Ostras, Região dos Lago (RJ) 233
Fig. 120- Setores censitários urbanos classificados quanto à exposição a contaminação do lençol freático e densidade demográfica entre Maricá e Araruama, Região dos Lagos (RJ) 234
Gráfico 3 235
Gráfico 4 – Diferença entre o volume de água distribuído e o volume de esgoto sanitário doméstico tratado e a demanda da população urbana e flutuante nos municípios da Região dos Lagos (RJ) 235
Fig. 121 – *Smartline Mapping* – Fase 4 – Estimativa de recuo da linha de costa em resposta à subida do nível do mar de 1 metro,feição do pós-praia e população por km de linha de costa entre Cabo Frio e Rio das Ostras 237
Fig. 122 - *Smartline Mapping* – Fase 4 – Estimativa de recuo da linha de costa em resposta à subida do nível do mar de 1 metro,feição do pós-praia e população por km de linha de costa entre Maricá e Arraial doCabo 238
Gráfico 5 – Importância da população flutuante (veraneio) 239
sobre a população urbana por distritos (2000) 239
Gráfico 6 – Importância do número potencial de turistas em hotéis 240
sobre a população urbana total por município 240
Fig. 123 – Importância (%) da população flutuante (veranistas) sobre a população urbana por distritos (2000). Região dos Lagos, Rio de Janeiro. 242
Gráfico 7 – Evolução do número de estabelecimentos hoteleiros entre 1996 e 2004 nos municípios da Região dos Lagos. 243
Fonte dos dados: Ministério do Trabalho e Emprego – RAIS (2005), compilado por CIDE/RJ (2009) 243
Tabela 16 - Número de empregos em atividades turísticas entre 1994 e 2005 por município 245
Gráfico 8 – Empregos em estabelecimentos hoteleiros e em outras atividades turísticas (%) sobre o total de empregos formais nos municípios da Região dos Lagos em 2005. 246
Gráfico 10 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Arraial do Cabo 248
Gráfico 11 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Cabo Frio 249
Gráfico 12 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Rio das Ostras 249
Gráfico 13 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Araruama 250
250
Gráfico 14 - Fluxo de emprego em atividades de comércio e restaurante, por trimestre (2003 a 2007) no município de São Pedro da Aldeia 250
Gráfico 15 – Fluxo de Emprego em atividades de comércio e restaurante entre 2003 e 2007 no município de Iguaba Grande 251
Fig. 124 – Áreas especiais para gestão da orla entre Búzios e Rio das Ostras 253
Fig. 125 - Áreas especiais para gestão da orla em Arraial do Cabo e Cabo Frio 254
Fig. 126 Áreas especiais para gestão da orla em Maricá e Saquarema 255
Fig. 127 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Cabo Frio e Rio das Ostras 258

Fig. 128 - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Saquarema e Cabo Frio 259
Fig. 129 - - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Maricá e Saquarema 259
Fig. 130 - Áreas especiais para gestão ambiental costeira entre Cabo Frio e Rio das Ostras 261
Fig. 131 - Áreas especiais para gestão ambiental costeira entre Maricá e Arraial do Cabo.....262
Fig. 132 – Demolição de casas irregulares na APA da Massambaba, Arraial do Cabo em 2007 263
Fig. 133 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Búzios e Rio das Ostras 264
Fig. 134 - Setores censitários classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Saquarema e Cabo Frio 265
Fig. 135 - Setores censitários classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Saquarema e Cabo Frio 265
Fig. 136 – Alagamento no condomínio Orla 500 na praia de Unamar, Cabo Frio.....266
Fonte: Revista Cidade (2008).....266
Fig. 137 - Esquema das unidades de conservação existentes e unidades propostas pelo Plano de Ação do Consórcio Intermunicipal Lagos-São João – CILSJ.....268
Fonte: CILSJ (2008).....268
Tabela 17 – População atendida por coleta de esgoto, volume coletada ou tratado e extensão da rede de esgoto por município e prestadora do serviço 270

AGRADECIMENTOS

Ao Dieter Muehe, orientador e amigo, que desde a graduação despertou meu interesse pela Geografia Marinha, e que ao longo de todos estes anos, com todo seu brilhantismo, vem me ensinando a traçar os primeiros passos da minha vida acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concebida entre março de 2006 e março de 2008, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela bolsa de doutorado do programa Nota 10, desta última data até a data de defesa da tese.

A Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DRPM), a AMPLA Energia e Serviços e ao Consórcio Intermunicipal Lagos-São João (CILSJ) pela cessão de dados batimétricos, de imagens de satélite e de fotografias aéreas. Ao Paulo Cesar Rosman, da COPPE / UFRJ, pela enorme ajuda para elaboração da modelagem de refração de ondas através do programa SisBAHIA. A Lúcia Artusi, do IAPM / Arraial do Cabo, pelo fornecimento dos dados batimétricos e pelo carinho sempre que nos encontramos. Ao Chris Sharples e Colin Woodroffe pelo auxílio fundamental para aplicação da *"smartline methodology"*. A Vinícios Seabra, do Grupo Espaço do Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ, pelo fornecimento em meio digital do mapeamento do uso do solo de parte da área de estudo.

A Mitzi Vidal, Sebastian Franz, Raíza Mota e Thiago Alexandre, equipe do Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ, que contribuiu diretamente com o levantamento de dados e trabalhos de campo. Agradeço ainda especialmente a Isabela Fortes de Azevedo, Fábio Mayo Belligotti, Danielle Garcez e Giseli Modolo, que não apenas ajudaram através do laboratório de Geografia Marinha, mas que aos poucos se tornaram amigos que tanto me incentivaram e com quem a troca de idéias é sempre valiosa.

Ao Marcus Polette pelo encorajamento, ainda na época do mestrado, à continuidade do meu trabalho, incentivando publicações e o ingresso no doutorado. A Josefa Guerra que vem acompanhando meu desenvolvimento e contribuindo com sugestões e orientações importantes. A Lia Machado pelos ricos ensinamentos passados desde a graduação e por todos os conselhos dados que, muitas vezes, ultrapassam a esfera acadêmica. A Moyses Tesseler, sempre solícito quando precisei de sua ajuda. A Rosuíta Roso por estar a todo o momento torcendo pelo meu sucesso. A Letícia Parente pelo forte apoio e incentivo e pelos momentos divertidos que ela me proporciona.

Aos amigos Otto, Francine e Pitty que, além da amizade de sempre, contribuíram com o tratamento de imagens de satélite, com o fornecimento de importantes dados e com

traduções para o inglês, sempre que necessário. Aos também amigos, Cristiane, Manu, Alice, Lula, Gabi e João, amigos do coração, que sempre acreditaram no meu potencial e com quem posso contar a qualquer hora.

Aos meus pais, Henrique e Myriam, por me mostrarem desde criança o espetacular mundo da ciência e me fazerem acreditar em mim mesma. A minha irmã, Monica, que, assim como meus pais, é um exemplo de sucesso como pesquisadora e minha grande amiga. Ao meu irmão Daniel, que tanto admiro pela força e genialidade, sempre me dando os mais bonitos conselhos para a vida toda.

Ao Rodrigo, grande amor da minha vida, que vivenciou comigo cada etapa deste enorme desafio, me dando força para seguir em frente a cada obstáculo e enchendo minha vida de alegria.

O mar, quando bate na praia,

é bonito, é bonito.

(Dorival Caymmi – O Mar)

INTRODUÇÃO

A zona costeira é considerada um dos ambientes de maior vulnerabilidade física e socioeconômica, em função da complexidade dos processos litorâneos, da fragilidade de seus ecossistemas, da forte concentração populacional e da sua importância turística. Atualmente o foco das preocupações internacionais em torno da vulnerabilidade costeira está diretamente associado às previsões das mudanças climáticas para os próximos 100 anos realizadas pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) que apontam novos perigos potenciais, com destaque para o aquecimento global e a subida do nível do mar. Diferentes simulações e modelagens vêm sendo realizadas para prever os efeitos desta possível subida do nível do mar em termos de riscos de erosão costeira, inundações por transposição de ondas, obstrução das desembocaduras de canais, redução do gradiente de escoamento, e intrusão salina em corpos hídricos interiores. Os impactos indiretamente associados mais apontados na literatura são a escassez de água doce, a poluição do lençol freático e a destruição ou modificação ecológica de ecossistemas costeiros. Neves e Muehe (2008) acrescentam a estes os possíveis prejuízos sobre as estruturas portuárias, como cais, piers, etc, e ainda os danos sobre estruturas de saneamento urbano, destacando-se o afogamento do sistema de drenagem e das tubulações de esgoto, como já ocorre no estado do Rio de Janeiro. A tabela abaixo destaca os setores socioeconômicos que possivelmente seriam afetados pelos efeitos bio-geofísicos de uma mudança climática global (Tab. 1).

Tabela 1 – Efeitos bio-geofísicos da subida do nível do mar e setores afetados

Setor	**Efeitos Bio-geofísicos**					
	Freqüência de enchentes	**Erosão**	**Inundação**	**Subida do lençol freático**	**Intrusão salina**	**Efeitos biológicos**
Disponibilidade de Água			X	X	X	X
Agricultura	X		X	X	X	
Saúde Humana	X		X			X
Pesca	X	X	X		X	X
Turismo	X	X	X			X
Construções humanas	X	X	X	X		

Fonte: Modificado de Klein e Nicholls (1998 *apud* Klein, 2003)

A abordagem típica observada nos trabalhos internacionais sobre vulnerabilidade costeira prioriza as escalas global ou nacional, em detrimento das escalas regional e local. Em grande parte dos casos os estudos limitam-se também às previsões de cenários e impactos futuros decorrentes de alterações climáticas, como os descritos acima (Adger *et al*., 2004; McFadden, L. 2007). Conforme ressalta McFadden, L. (2007) esta tendência deve estar relacionada à grande divulgação da

metodologia comum (Common Methodology) desenvolvida pelo IPCC em 1991[1] cujo foco central é a subida do nível do mar e seu impacto sobre os recursos costeiros. No entanto, observando a tabela 1 nota-se que os problemas apontados como potenciais já estão sendo observados nos dias atuais em grande parte da zona costeira do mundo, com maior ou menor intensidade. Diversos estudos voltados para os processos e dinâmica costeiros demonstram que os problemas de erosão costeira e inundação vêem ocorrendo em inúmeras costas do mundo, sendo considerados atualmente um fenômeno global. Além disso, conforme destaca novamente McFadden (*op cit.*), o valor do conceito de vulnerabilidade reside no reconhecimento de que existem diversas outras forçantes além das mudanças climáticas que influenciam as zonas costeiras, incluindo nestas as pressões antrópicas. Assim, além dos perigos naturais e da elevada fragilidade físico-ambiental das zonas costeiras, observa-se que o acelerado processo de urbanização da costa e o uso turístico desta, têm sido responsáveis pela elevada vulnerabilidade social e econômica associada a problemas de abastecimento de água, saneamento básico e exclusão social. A concentração populacional próxima à linha de costa, fato explícito na figura abaixo (fig. 1), tem sido um dos maiores problemas citados na literatura sobre riscos na zona costeira (Small *et al*., 2000; Small e Nicholls, 2003; McFadden, 2007).

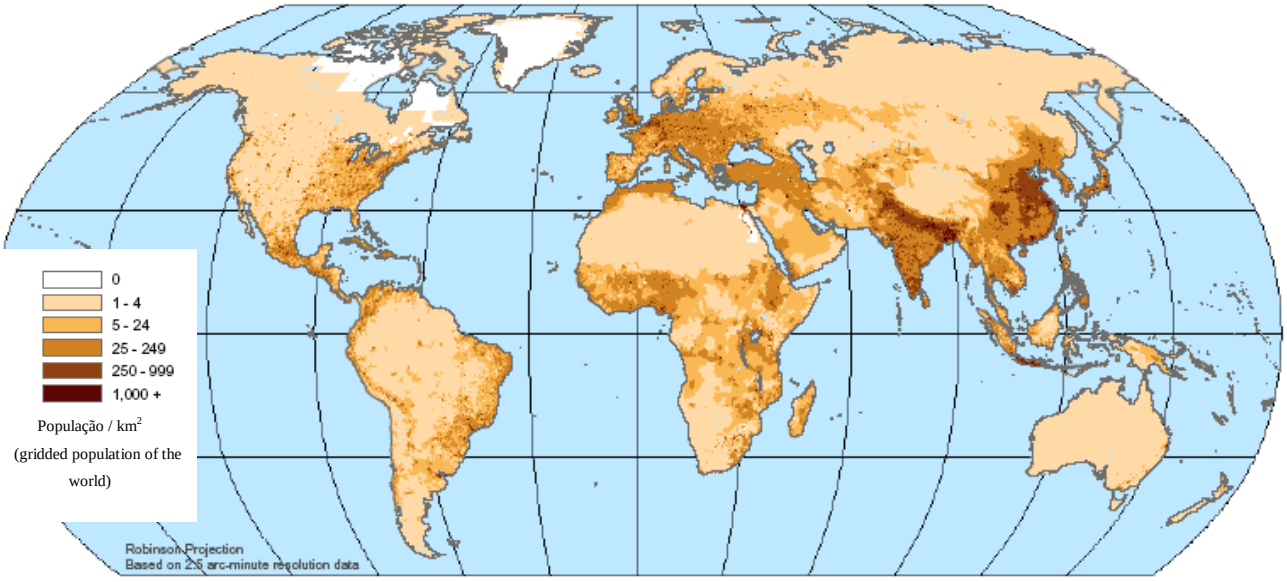


Fig. 1 – Distribuição da população mundial e concentração nas zonas costeiras. Fonte: CIESIN (2005)

A expansão urbana acelerada das cidades costeiras resulta, na grande maioria dos casos, na ocupação desordenada da faixa litorânea e da planície costeira, gerando maior degradação ambiental e o aumento da exposição da população aos riscos naturais, tais como inundações litorâneas,

[1] Esta metodologia consta no primeiro documento, intitulado *Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise — A Common Methodology*, desenvolvido pelo Subgrupo de Gerenciamento Costeira do IPCC com a temática específica da vulnerabilidade costeira à subida do nível do mar.

migração de dunas e ação das ondas. Outro importante indutor desta vulnerabilidade socioeconômica é o caráter sazonal das atividades econômicas e do fluxo de pessoas em função do turismo. A chamada população flutuante que se dirige às cidades costeiras em período de férias ou em feriados nacionais, representa uma pressão sobre os recursos naturais e sobre a infra-estrutura local que geralmente ultrapassa a capacidade de suporte do ambiente e dos serviços urbanos. Com isso já são comuns problemas relativos ao abastecimento de água, à coleta de lixo e ao tratamento do esgoto sanitário que estão levando a uma acentuada degradação do ambiente e da qualidade de vida. Tais problemas, comuns nas épocas de maior movimento turístico, também são mais graves quanto maior for a vulnerabilidade físico-ambiental. Litorais onde ocorrem transposições do cordão litorâneo pelas ondas do mar e inundação das planícies costeiras à retaguarda das praias apresentam aqüíferos mais frágeis e com maior teor de salinidade prejudicando o abastecimento de água para consumo. O caráter sazonal do fluxo de turistas provoca, ainda, o problema de desemprego nos períodos do ano menos procurados pelos turistas, visto que, em muitos casos, a principal atividade da economia local é o turismo.

Tendo em vista, portanto, o acelerado processo de urbanização somado à dinâmica física do litoral e à fragilidade natural dos ecossistemas costeiros, fica evidente a importância de estudos sobre a vulnerabilidade costeira nos dias atuais, independente dos debates sobre o aquecimento global e a subida do nível do mar. Os problemas observados atualmente evidenciam também que os aspectos físicos e sociais que dão à zona costeira esta característica de elevada vulnerabilidade estão diretamente inter-relacionados e sua compreensão só é possível através de uma abordagem que considere estas interações. Esta afirmativa é válida para formulação de qualquer proposta de gestão ambiental, e significa um desafio especialmente importante no caso da gestão costeira que possui um caráter eminentemente integrado (Cicin-Sain & Knecht, 1998; Cicin-Sain & Suman, 2004; Dias, 2003; Widmer, 2009). Conforme Cicin-Sain & Knecht (1998) tal característica integrada da gestão costeira está relacionada a diversos aspectos, incluindo a integração entre políticas e programas de diversos setores da economia; entre agências envolvidas no gerenciamento costeiro em todos os níveis governamentais, entre atividades de gerenciamento dos setores públicos e privados; entre disciplinas envolvidas com o gerenciamento costeiro; entre ambientes costeiros terrestres e marinhos; e entre as diferentes nações.

No entanto, as propostas metodológicas existentes para análise da vulnerabilidade costeira costumam incluir um número excessivo de variáveis, deixando não apenas a análise demasiadamente extensa, como, principalmente, obscurecendo as especificidades da zona costeira. Em outras palavras, as questões intrínsecas dos espaços costeiros têm sido contempladas de forma inadequada, não havendo distinção entre uma análise que visa a gestão ambiental como um todo ou a gestão urbana, daquela que se direciona especificamente para a gestão costeira. Além disso, a escassez de

dados, a limitação de tempo ou a exigência de estudos muito especializados, dificultam a análise em escala local o que, conseqüentemente, compromete a eficácia em subsidiar políticas públicas e zoneamentos. Conforme alertam Neves e Muehe (2008) os modelos utilizados atualmente para a previsão de cenários aplicam-se para grandes áreas e são inadequados para uma faixa tão estreita como a zona costeira. Portanto, apesar da importância dos estudos regionais, nacionais e internacionais, a abordagem em escalas geográficas menores permite identificar melhor as demandas intra-municipais e, assim, direcionar de forma mais eficaz a elaboração dos planos diretores, a criação de unidades de conservação, a intervenção direta em áreas de risco, entre outras medidas. McFadden (2007) apontam esta importância da avaliação da vulnerabilidade costeira em escala local para a gestão afirmando que:

"Estímulos com múltimas forçantes e a complexidade e dinâmica natural do comportamento costeiro tornam a escala regional e os indicadores de perigos específicos importantes para decisões políticas: isto é particularmente verdadeiro na escala local de gerenciamento"(McFadden, 2007 p. 20).

Neste contexto, torna-se clara a necessidade de definição de uma metodologia para o estudo da vulnerabilidade costeira física e sócio-econômica em escala local.

A presente tese tem como objetivo apresentar uma metodologia para análise integrada da vulnerabilidade costeira em escala local, adotando como área piloto a zona costeira da Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro. A metodologia proposta apresenta como contribuição a capacidade de avaliação da vulnerabilidade local, baseando-se na compreensão dos processos físicos e socioeconômicos específicos da vulnerabilidade costeira. Pretende-se a partir desta proposta contribuir para a formulação de diagnósticos que subsidiem políticas direcionadas para a gestão. O estudo piloto da Região dos Lagos viabilizou o desenvolvimento teórico-conceitual da metodologia ao revelar as questões mais pertinentes a serem consideradas. Para tanto, foi preciso considerar alguns objetivos específicos para o estudo de caso em questão:

1. Estudo e monitoramento da evolução da linha de costa da Região dos Lagos nas últimas décadas;
2. Caracterização e mapeamento dos principais componentes geomorfológicos, feições costeiras e processos litorâneos;
3. Identificação e mapeamento da ocorrência e das áreas suscetíveis à desastres associados à inundação da planície costeira e transposição por ondas;
4. Mapeamento da população urbana e estimativa do número de habitantes em áreas de riscos;

5. Caracterização das condições habitacionais relacionadas a serviços de coleta de efluentes domésticos, rede de abastecimento de água e coleta de lixo domiciliar;
6. Caracterização da intensidade e sazonalidade turística e sua relação com a vulnerabilidade costeira;
7. Mapeamento da cobertura de vegetação de restingas, campo de dunas e unidades de conservação.

O primeiro capítulo da tese apresenta uma discussão sobre o conceito de vulnerabilidade e outros conceitos relacionados, tais como risco, perigo e desastre. Discorre-se no segundo capítulo sobre a dimensão física, socioeconômica e ambiental da vulnerabilidade costeira. No terceiro capítulo é apresentada uma revisão das questões relacionadas à vulnerabilidade costeira no âmbito nacional. No capítulo seguinte discutem-se as principais metodologias para avaliação da vulnerabilidade costeira, ressaltando as escalas de estudo, o uso de indicadores e as limitações. No capítulo 5 encontra-se um histórico da gestão costeira no mundo e no Brasil, apontando sua origem e tendências atuais. O sexto capítulo trata da descrição da área de estudo, a Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro. A seguir, no capítulo 7, discorre-se sobre a proposta metodológica desenvolvida na presente tese para avaliação local da vulnerabilidade costeira. Finalmente nos capítulos 8 e 9 encontram-se os resultados e as conclusões.

CAPÍTULO I

VULNERABILIDADE COSTEIRA: conceitos e processos envolvidos

O mais difícil não é um ser bom e proceder honesto,
dificultoso mesmo, é um saber definido o que quer,
e ter o poder de ir até o rabo da palavra
(Guimarães Rosa – Grande Sertão Veredas)

1.1 DEFINIÇÃO DE VULNERABILIDADE E OUTROS CONCEITOS RELACIONADOS

A definição dos termos vulnerabilidade, risco, perigo e desastre muitas vezes é tema de debates, visto que seus limites conceituais são tênues e a transposição para diferentes idiomas causa ainda mais dificuldade. Segundo Aneas de Castro (2000) a palavra risco tem sua origem associada ao latim (*reseacare*) significando cortar, o que remete, segundo a autora, a uma ruptura ou discórdia. Veyret (2007) também destaca esta origem, afirmando que tal termo significava extirpar ou suprimir. Veyret (*op.cit*.) destaca ainda que a palavra *rixare* (também do latim), que significa brigar, também pode ter dado origem ao termo risco. Outros autores apontam que a origem estaria associada com a palavra grega *rizhicon* ou ainda com a palavra *riesco*, do castelhano. Para Giddens (1991), o termo risco tem sua origem na língua espanhola e estaria associado ao perigo de naufrágio. Independente da origem, o risco estaria sempre relacionado a algum perigo, a uma incerteza e a uma quebra da estabilidade.

Atualmente observa-se nas definições de diferentes autores (Quadro 1) que esta palavra continua associada à noção de incerteza, remetendo-se sempre a probabilidade de algum evento causar danos ao homem, direta ou indiretamente.

Quadro 1 - Conceito de risco segundo diversos autores

Autor	Definição do Termo Risco
Real Academia Española, 1992, p.1.562 (*apud* Aneas de Castro, 2000)	*"La palabra riesgo implica la proximidad de un daño, desgracia o contratiempo que puede afectar la vida de los hombres."*
Nações Unidas, 1984, p. 80 (*apud* Aneas de Castro, 2000)	*"(...) grau de perda previsto devido a um fenômeno natural determinado e em função tanto do perigo natural como da vulnerabilidade".*
Veyret, 2007 p.30	*"Pode-se, portanto, definir risco como a representação de um perigo ou álea (reais ou supostos) que afetam alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade."*
Gallais, 1994, p. 7 (*apud* Aneas de Castro, 2000)	*"el termo riesgo está cargado de futuro (...)"*
Aneas de Castro, 2000	*"riesgo*: es la probabilidad de ocurrencia de un peligro"
UNDHA, 1992 (*apud* Adger *et al.*, 2004)	*"Expectativa de perdas(de vidas, pessoas acidentadas, danos à propriedades e impacto na atividade econômica) devido a um perigo particular em uma dada área e período. Matematicamente, risco é produto do perigo e da vulnerabilidade"*
Crichton, 1999 (*apud* Adger *et al.*, 2004)	*" risco é a probabilidade de perdas e depende de três elementos: perigo, vulnerabilidade e exposição"*

Fonte: Modificada de Aneas de Castro (2000)

O termo risco pode ser confundido muitas vezes com o termo perigo. Giddens (1991) afirma que os dois termos estão intimamente ligados, porém não são sinônimos. Perigo geralmente é usado como sinônimo da palavra inglesa *hazard*, apesar desta tradução encontrar algumas divergências na literatura. Para Monteiro, (1991, *apud* Marandola e Hogan, 2003), por exemplo, *hazard* é sinônimo de risco, visto que ambas em sua origem referem-se à idéia de ruptura. No entanto, o mais comum é associar a palavra *hazard* ao termo perigo, conforme sugere Smith (1992) quando afirma que *hazard* é um potencial perigo para o homem e o desastre é a realização deste perigo. A distinção entre risco, perigo e desastre torna-se bastante evidente no esquema (figura 2) sugerido por Aneas de Castro (2000).

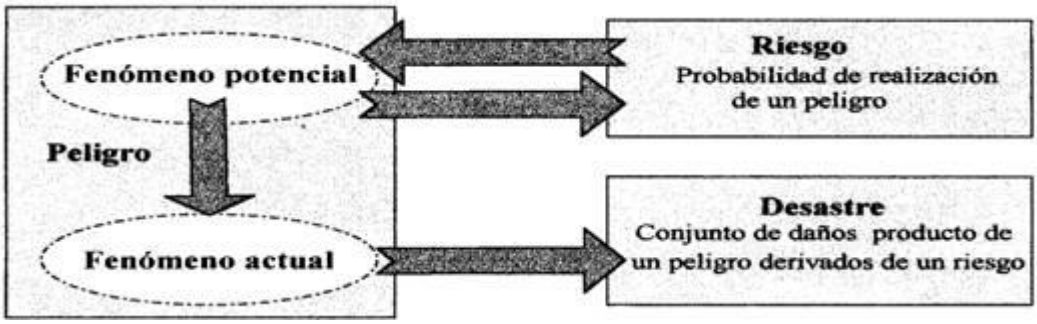


Fig. 2 – Relações entre os conceitos de risco, perigo e desastre.

Fonte: Aneas de Castro (2000, p.6)

O risco é, portanto, a probabilidade de realização de um perigo que, por sua vez, ao passar de um fenômeno que pode acontecer (potencial) para um fenômeno já instalado (fenômeno atual) gera um desastre. Nas zonas costeiras o risco é geralmente associado ao perigo do mar, das ondas ou das correntes. Diversos estudos sobre erosão costeira e subida do nível do mar relacionam risco à probabilidade de danos ou alagamentos. Neste contexto Dal Cin e Simeoni (1994) definem risco como sendo a combinação entre a possibilidade de ocorrer um episódio de erosão da costa e o percentual da urbanização nos 200 metros a partir do reverso da praia.

Nota-se que nas diferentes abordagens o risco está sempre associado à probabilidade de determinado perigo gerar danos à sociedade sejam estes materiais ou para a saúde e para a vida humana. Desta forma, deve-se compreender que o risco só existe na presença do Homem visto que se refere sempre à exposição à determinado perigo de um aspecto valorizado pela sociedade. É interessante apontar que nem sempre os indivíduos envolvidos em uma ação de risco ou sujeitos a situações arriscadas estão conscientes dos perigos que eles podem correr.

Em algumas das definições do quadro 1 o termo vulnerabilidade aparece como fator importante, em conjunto com os termos perigo e exposição, para a definição do risco. No entanto, da mesma forma que a palavra risco, o termo vulnerabilidade vem sendo exaustivamente discutido na literatura, encontrando-se inúmeras definições e distinções. Segundo Ford (2002) a palavra vulnerabilidade tem origem no Latim (*vulnus*) e significa ferimento. Atualmente, este termo é, na maioria dos casos, associado à idéia de capacidade de adaptação ou de resiliência de um sistema físico ou social a um determinado impacto. Conforme destaca Adger *et al.* (2004) cientistas sociais e cientistas naturais geralmente querem expressar diferentes coisas quando usam o termo vulnerabilidade. Com isso, torna-se cada vez mais comum usar os adjetivos socioeconômico, físico ou biofísico associados a esta palavra. Para Dolan e Walker (2004) existem três perspectivas para o conceito de vulnerabilidade: a primeira caracteriza a vulnerabilidade em termos da exposição a eventos e como estes afetam pessoas e estruturas; a segunda considerando vulnerabilidade como uma relação humana e não física, isto é, a vulnerabilidade é socialmente construída; a terceira perspectiva

integra tanto os eventos físicos como as características da população relacionadas à sua capacidade em lidar com o risco.

Na literatura específica sobre erosão e inundação costeiras este conceito é geralmente associado à capacidade ou incapacidade de lidar com as mudanças climáticas ou subida do nível do mar. Os estudos cuja abordagem volta-se para a vulnerabilidade física ou biofísica, referem-se a esta como a função do tipo de perigo ao qual se está exposto, da freqüência de ocorrência deste perigo e da sensibilidade do sistema aos impactos provocados (Adger *et al*, 2004). Esta visão aparece também na principal definição de vulnerabilidade dada pelo terceiro relatório do International Painel of Climate Change (IPCC) que a descreve como sendo:

"A suscetibilidade de um sistema ou o grau de incapacidade para lidar com os efeitos adversos da mudança climática, incluindo variabilidade climática e extremos. Vulnerabilidade é função da característica, magnitude e taxa de variação climática ao qual um sistema está exposto, sua sensibilidade, e sua capacidade adaptativa (IPCC, 2001, p.995 apud Adger et al., 2004, p.31)"

Klein (2001 *apud* FORD, 2002) apresenta uma definição semelhante quando afirma que a vulnerabilidade é:

"O grau de sensibilidade de um sistema e a sua incapacidade em lidar com os impactos negativos de um estímulo climático ao qual o sistema está ou pode estar exposto".

É interessante notar que a maioria das diversas definições consultadas correlaciona vulnerabilidade a um cenário futuro, isto é, representa uma análise dos efeitos em termos de perdas ou adaptações naturais, econômicas e sociais em função das mudanças climáticas globais e da subida do nível do mar. Porém, a questão da erosão e vulnerabilidade costeira pode ser abordada também a partir de uma curta escala temporal. Dal Cin e Simeoni (1994) colocam que o termo vulnerabilidade deve ser entendido como a função da possibilidade de ocorrer um episódio de erosão da costa - quanto mais baixo este índice, maior é a segurança das construções na orla costeira. Neste caso, qualquer episódio de erosão costeira é considerado na avaliação da vulnerabilidade, seja este causado pela subida do nível do mar ou pela ação de tempestades.

Portanto, é importante apontar que enquanto as pesquisas se focam principalmente nas mudanças climáticas que ocorrem em escala temporal de décadas e em escalas espaciais grandes, eventos extremos são expressos rapidamente em escalas locais (Dolan e Walker, 2004). Riedlinger e Berkles (2001 *apud* Dolan e Walker, 2004) afirmam ainda que é na escala local que as respostas e adaptações da população são mais importantes. A avaliação destas respostas e adaptações, assim

como dos danos, prejuízos econômicos e das percepções vem sendo considerada relevante para o estudo da vulnerabilidade sob o enfoque socioeconômico.

Assim, é comum associar o termo vulnerabilidade socioeconômica ao conceito de resiliência e à capacidade de adaptação de determinado grupo social ou indivíduo no caso de um evento de danos ou quando o risco é percebido. Para Klein *et al.* (1998) esta capacidade dos sistemas social e econômico de se recuperar de um stress ou choque define o que é chamado de resiliência socioeconômica.

O termo resiliência se refere à propriedade pela qual a energia armazenada em um corpo deformado é devolvida quando cessa a tensão causadora duma deformação elástica (Ferreira, 1975 - Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa). Pode ser definido ainda como a resistência ao choque. Para Adger *et al.* (2004) a resiliência de um ecossistema depende de seu nível de stress relacionado à sua fragmentação, poluição e exploração insustentável. Nas ciências sociais este conceito começou a ser aplicado para descrever o comportamento das comunidades, das instituições e da economia (Klein, 2003). Timmerman (1981 *apud* Klein, 2003) foi um dos primeiros autores a discutir a resiliência social às mudanças climáticas. Este conceito costuma estar associado ao conceito de adaptação. Este último, por sua vez, pode ser definida como um ajuste natural ou humano em resposta a determinado impacto (Klein, *op. cit*.). No entanto, apesar da semelhança entre os dois termos, por definição, resiliência implica na volta ao estado original, após alguma deformação ou impacto, enquanto que adaptação sugere o estabelecimento de um ajuste do estado original, sem, no entanto, voltar à situação anterior à deformação ou mudança.

Apesar dos esforços para diferenciar os termos e conceitos discutidos acima, ainda se observam muitas confusões e usos inadequados. Nas ciências naturais, por exemplo, o termo risco natural tem sido cada vez mais utilizado aparecendo em alguns casos, indevidamente, como sinônimo de vulnerabilidade físico-ambiental. Segundo Adger *et al.* (2004 o conceito de vulnerabilidade física conforme definido pelo IPCC ainda é confundido com o conceito de risco usado na literatura especializada em perigos naturais. Da mesma forma, muitas vezes a idéia de vulnerabilidade socioeconômica e utilizada como sinônimo de risco social. Veyret (2007), visando tornar ainda mais claras as diferenças entre estes dois termos e outros associados, resume de forma esquemática a definição de cada um (quadro 2).

Quadro 2 – Conceitos relacionados aos estudos de risco e vulnerabilidade

RISCO	Percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele.
INCERTEZA	Possibilidade de ocorrer um acontecimento perigoso sem que se conheça sua probabilidade.
INDETERMINAÇÃO	Trata-se da situação em que um acontecimento desconhecido poderia acontecer.
ÁLEA (*HAZARD*) / PERIGO	Acontecimento possível; pode ser um processo natural, tecnológico, social, econômico, e sua probabilidade de realização.
PERIGO	Conseqüências objetivas de uma álea sobre um indivíduo, grupo de indivíduos, organização do território ou meio ambiente.
CINDÍNICA (CIÊNCIA DO PERIGO)	Abordagem multidisciplinar e sistêmica do risco
ALVO	Elementos ou sistemas sob ameaça de áleas.
VULNERABILIDADE	Magnitude do impacto previsível de uma álea sobre os alvos. Pode ser humana, socioeconômica ou ambiental.
CRISE	Realização concreta, material de uma álea cuja amplitude excede a capacidade de gestão espontânea.
CATÁSTROFE	Definida em função da amplitude das perdas causadas às pessoas e aos bens.

Fonte: Veyret (2007, p.24)

Adger *et al.* (2004) adota um conceito para vulnerabilidade muito semelhante ao explícito no quadro acima:

"(...) a vulnerabilidade de determinado sistema depende do grau de exposição de populações e de sistemas ao impacto físico direto de um determinado perigo, e do grau com o qual eles podem absorver e se recuperar destes impactos" (Adger et al., 2004 p.70).

Segundo o autor (*op. cit.)* estes impactos diretos podem afetar indivíduos, comunidades, infra-estruturas, ecossistemas e outros aspectos do ambiente físico. Adotando-se esta última definição e os conceitos descritos por Veyret (2007) e Aneas de Castro (2000), torna-se clara a distinção entre os termos vulnerabilidade e risco, tantas vezes confundidos na literatura.

Como foi definido por Dolan e Walker (2004) e Ford (2002) a vulnerabilidade não deve ser entendida apenas em termos da exposição a eventos e como estes afetam as pessoas e estruturas. Tão pouco a vulnerabilidade deve ser entendida apenas socialmente. Este conceito deve ter uma perspectiva integrada dos eventos físicos e das características da população relacionadas à sua capacidade em lidar com o risco (*op. cit*.). A vulnerabilidade socioeconômica especificamente também envolve questões além da exposição ao perigo. Este termo está relacionado essencialmente ao conceito de resiliência e à capacidade de adaptação de determinado grupo social ou indivíduo no caso de um evento de danos ou quando o risco é percebido. Assim, a condição social, a percepção do risco, a participação da população na gestão municipal, os instrumentos de gestão municipal entre outros aspectos estão relacionados à vulnerabilidade socioeconômica.

O risco, portanto, não deve ser confundido com este conceito integrado de vulnerabilidade. O risco, este sim, está relacionado à maior ou menor exposição das estruturas ou da população a eventos que podem causar danos.

CAPÍTULO II

AS DIMENSÕES DA VULNERABILDIADE COSTEIRA

A onda do mar leva
A onda do mar traz
Quem vem pra beira da praia, meu bem,,
Não volta nunca mais.
(Dorival Caymmi – Quem vem pra beira do mar)

As peculiaridades físico-naturais, socioeconômicas e, como lembra Widmer (2009), administrativas, fazem com que sejam necessárias metodologias, teorias e programas de gestão específicos para as zonas costeiras. Small e Nicholls (2003) comentam que na literatura sobre desastres e perigos as zonas costeiras são reconhecidas como um tópico específico devido a sua natureza distinta e à concentração de pessoas expostas aos perigos. Portanto, para o estudo da vulnerabilidade da zona costeira e dos riscos associados é preciso abordar os aspectos específicos deste ambiente, aspectos estes considerados essenciais para a compreensão tanto dos processos físicos e ambientais, quanto das características socioeconômicas.

Em relação aos processos físicos, destacam-se a enorme dinâmica e instabilidade da linha de costa, que está sujeita a processos oceanográficos, meteorológicos e morfológicos atuantes em diferentes escalas espaço-temporais. A complexidade e dinamismo intrínsecos da geomorfologia costeira, envolvendo aí os processos costeiros, desde a geração das ondas, as correntes costeiras e o transporte de sedimentos, até a formação das feições deposicionais, são parte fundamental do estudo de vulnerabilidade física aos perigos naturais por revelar, dentre outros aspectos, a exposição aos eventos de maior magnitude, o balanço sedimentar (que está associado à capacidade de resistência do sistema praial) e a estabilidade da linha de costa.

A fragilidade ecológica dos ecossistemas costeiros, também merece atenção especial. Por se tratar de um ambiente localizado no contato da terra com o mar, os ecossistemas costeiros possuem características únicas, estando sujeitos a inundações periódicas pela água salgada do mar e concomitantemente à influência de rios e da sedimentação terrestre. Apresentam-se, portanto, expostos à dinâmica do litoral e às alterações naturais ou antrópicas. Dentre os ecossistemas costeiros mais importantes destacam-se as dunas frontais, os estuários, os manguezais e os recifes de coral.

As características socioeconômicas também apresentam particularidades que não podem ser desprezadas, visto que na maioria das zonas costeiras do mundo, e principalmente no Brasil, tais particularidades estão relacionadas ao acelerado ritmo de crescimento urbano das cidades costeiras, muito acima da média nacional e das cidades interioranas; à sazonalidade da atividade turística e a conseqüente superação da capacidade de suporte ambiental; e à falta de planejamento urbano adequado para as orlas costeiras, resultando em áreas de risco.

2. 1 DINÂMICA FÍSICA DO LITORAL

Uma das características que tornam os processos físicos costeiros complexos e dinâmicos é a sua atuação em diferentes escalas espaço-temporais (figura 3). Observando-se a figura, nota-se que tais processos podem ocorrer em escala de tempo instantânea (segundos, horas e dias), em escala de eventos (dias, meses, estações e anos), em macro-escala (anos, décadas e séculos) ou em escala geológica (milênios). A escala espacial refere-se, na figura, ao comprimento da modificação provocada pelo processo em determinado tempo. Assim, por exemplo, a atuação de ondas durante apenas alguns segundos forma marcas de ondulações no fundo marinho que possuem menos de 10^0 m. No outro extremo, a variação do nível do mar ou as mudanças climáticas podem causar uma mudança na posição da linha de costa de mais de 10^5 m de extensão, ou seja, refere-se a uma escala regional.

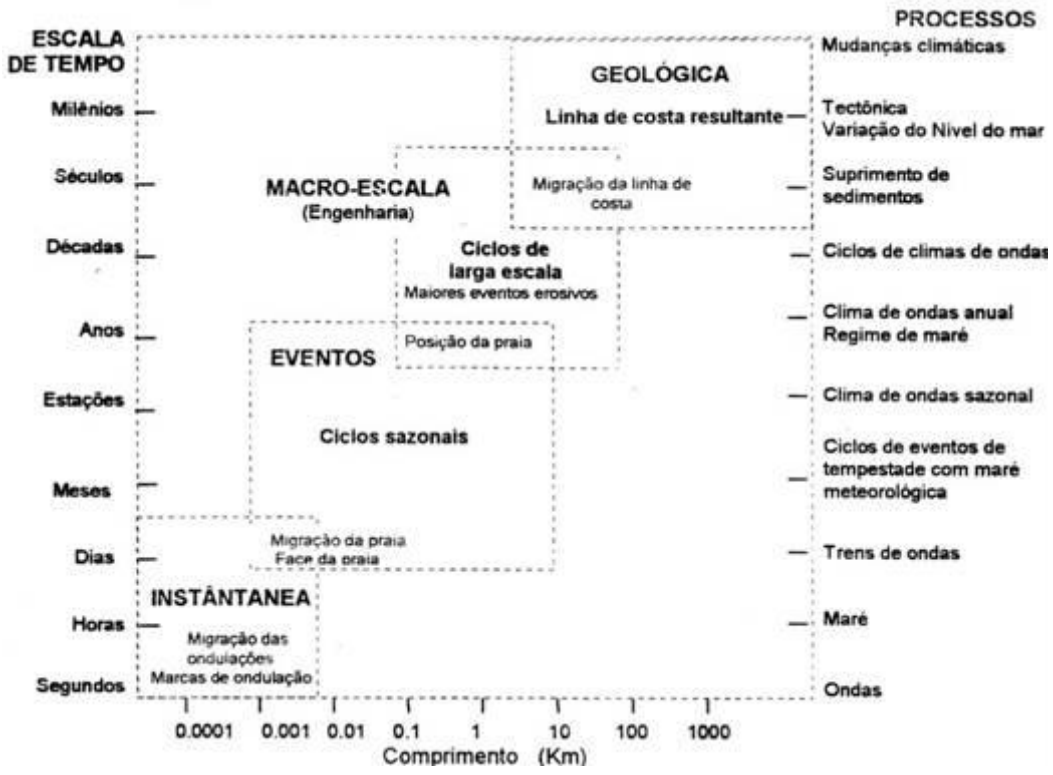


Fig. 3 – Escalas espaço-temporal envolvidas no estudo de praias e processos relativos à dinâmica costeira. Fonte: Short, 2000 (adaptado de: Cowel e Thom , 1994)

Para o estudo da vulnerabilidade costeira, a compreensão da relação entre os processos nas diferentes escalas temporais é fundamental. Na escala instantânea, em horas ou dias, a ação de uma tempestade (ressaca), pode causar modificações significativas nos perfis transversais e longitudinais de uma praia. A escala de eventos inclui os ciclos sazonais, muitas vezes responsáveis pela variabilidade anual das praias. Tal escala está muito relacionada à influência da freqüência e magnitude das ondulações em cada estação do ano. Já a macro-escala envolve ciclos de larga escala, ou seja, décadas ou séculos, onde ocorrem mudanças na posição do litoral e grandes eventos de erosão ou progradação costeira. Não apenas o clima de ondas, mas também o regime de maré e o suprimento de sedimentos são processos que irão influenciar na zona costeira nesta escala temporal. Finalmente, é na escala geológica onde se observam os processos de mudanças climáticas, oscilações do nível do mar e eventos tectônicos que modelam as zonas costeiras e dão forma à linha de costa.

2.1.1 Escala instantânea

Em escala instantânea as ondas possuem papel predominante em pequenas modificações do fundo marinho, assim como, na atuação de correntes e transporte de sedimentos. Inman e Bagnold (1963 *apud* Komar, 1976) desenvolveram um modelo de equilíbrio do transporte relacionado à declividade da praia. Apesar da circulação da zona de arrebentação ser ainda pouco conhecida, é possível afirmar que a energia da onda acompanhada de forças ascendentes e turbulência nesta zona a torna ponto focal de transporte de areia ao longo da praia.

Inmam e Bowen (1963 *apud* Komar, 1976) descrevem o movimento dos sedimentos no fundo do mar durante a passagem da onda e procuram explicar a formação das marcas de ondulação simétricas e assimétricas comparando uma situação com apenas a ação da onda e uma com a atuação também de uma corrente unidirecional. No momento em que começa o movimento orbital da onda forma-se um vórtice próximo ao fundo suspendendo os sedimentos e tornado mais fácil o transporte destes por correntes. Os sedimentos suspendem mais no momento em que a crista da onda passa, devido a sua maior velocidade orbital. Na presença de uma corrente unidirecional em direção à costa, por exemplo, ocorre o aumento da velocidade de transporte nesta direção alterando as marcas de ondulações que passam a apresentar-se assimétricas. No caso de uma corrente para o mar pode acontecer de apenas os sedimentos mais finos serem transportados para esta direção enquanto os mais grossos que restaram são transportados para a costa (Komar, 1976).

Tais processos são importantes, portanto, para o estudo de deposição e erosão de sedimentos e podem ajudar na compreensão de padrões granulométricos, assim como na resposta de uma praia à

eventos de tempestade. Esta última terá fortes influências em um perfil de praia não apenas na escala instantânea, mas também em ciclos sazonais.

2.1.2 Escala de eventos e ciclos sazonais

Uma forma de equilíbrio das praias se dá através da adaptação do perfil longitudinal e transversal à direção e energia das ondas (Muehe, 1989). A água trazida em direção à praia, pelas ondas, se acumula na zona de surfe e precisa retornar ao mar aberto. Este retorno é realizado nos pontos em que as ondas são mais baixas e é chamado de corrente de retorno (figura 4). Concomitantemente se formam as correntes longitudinais, paralelas à praia. Portanto, freqüentemente se estabelece uma série de células de circulação constituída destas duas correntes e que podem ser facilmente percebidas pela elevada turbidez decorrente dos sedimentos colocados em suspensão. A corrente de retorno que atravessa a zona de arrebentação em fluxo rápido e concentrado, espraiando-se logo após em forma de leque é aproveitada pelos surfistas e podem ser importantes porque renovam a água ao remover poluentes, embora constitua um perigo para banhistas em geral, pois sua velocidade dificulta o retorno à praia.

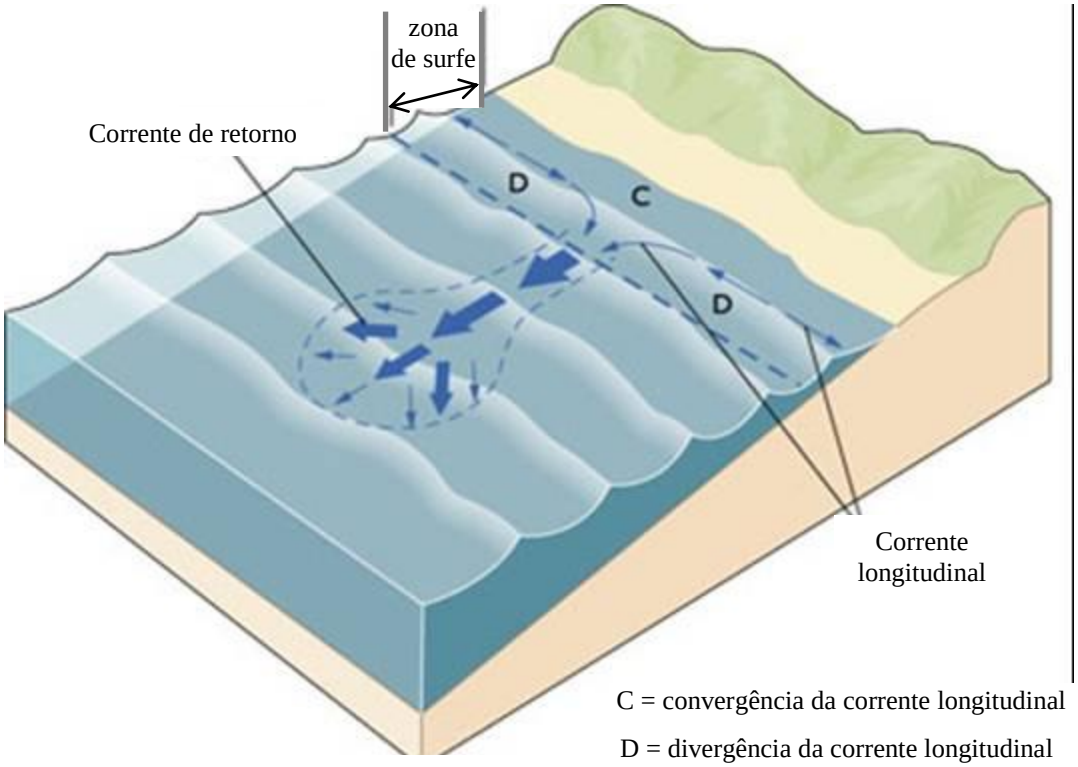


Fig. 4 - Esquema mostrando como se dá acorrente de retorno.

Fonte: modificado de Komar, 1976

As correntes longitudinais também podem ser formadas pela obliqüidade das ondas em relação à costa. O ângulo de incidência das ondas, isto é, o ângulo formado entre a crista da onda na arrebentação e a linha de praia, gera determinadas direções do transporte de sedimentos. Como resultado do espraiamento oblíquo e refluxo segundo a direção do mergulho da face da praia, o sedimento segue uma trajetória em zigue-zague. O transporte longitudinal de sedimentos gera acúmulo destes em uma extremidade da praia e erosão na outra, buscando desta forma, uma posição perpendicular ao ângulo de incidência da onda (figura 5). Essa posição de equilíbrio é rompida com a mudança da direção de incidência das ondas, e um novo ajuste se processa.

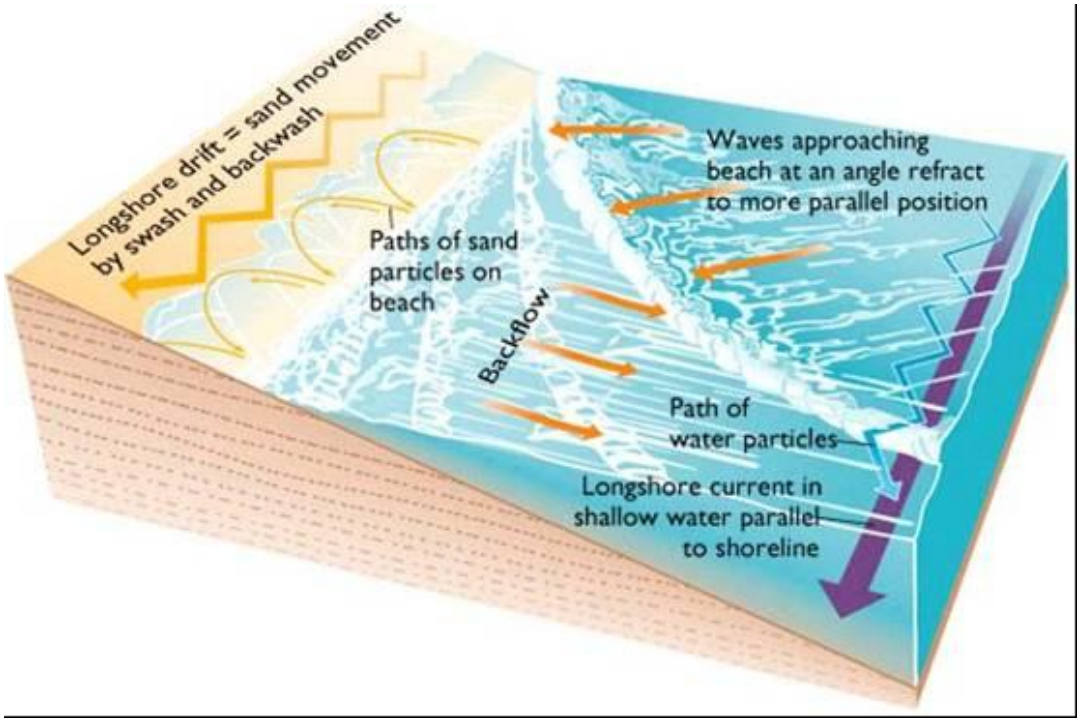


Fig. 5 - Reação do perfil em planta de uma praia à ação de ondas oblíquas à linha de costa. A linha tracejada indica o perfil inicial e as setas pretas indicam o transporte longitudinal de sedimentos induzido pelas ondas.

Fonte: modificado de Komar, 1976

O transporte de sedimentos no sentido transversal à praia (costa-mar), por sua vez, é geralmente correlacionado com a esbeltez da onda, ou seja, a relação entre altura e comprimento das ondas que incidem na praia King e Willians (1949, *apud* Komar, 1976). Ondas mais esbeltas tendem a transportar sedimentos para o mar, e ondas pouco esbeltas para a costa. Assim, no caso de ondas de tempestade, a areia do mar na zona de arrebentação move-se em direção à costa e a área da zona de surfe é transportada na direção do mar. Esta convergência dos dois transportes levam a formação de um banco no ponto de arrebentação. Com ondas menores e pouco esbeltas a areia é movida para a costa em qualquer profundidade, acumulando areia na berma.

De um modo geral, portanto, em eventos de tempestade (ressaca), quando as ondas são mais esbeltas, ocorre erosão da praia, levando parte do estoque de areia para a zona submarina, formando bancos de areia. Estes bancos fazem com que a zona de arrebentação se localize mais longe da praia protegendo esta de uma maior erosão. Passada a tempestade e decorrido algum tempo o banco de areia retorna à praia que volta para seu perfil de acumulação.

A partir desta constatação foram diferenciados dois tipos de perfis, o perfil de verão e o perfil de inverno (figura 6). O primeiro é caracterizado por uma berma alta e não possui bancos de areia submersos. O perfil de inverno não apresenta berma, visto que o estoque de areia desta foi transportado para o mar formando bancos de areia paralelos à costa. O volume de areia de ambos os perfis é praticamente o mesmo.

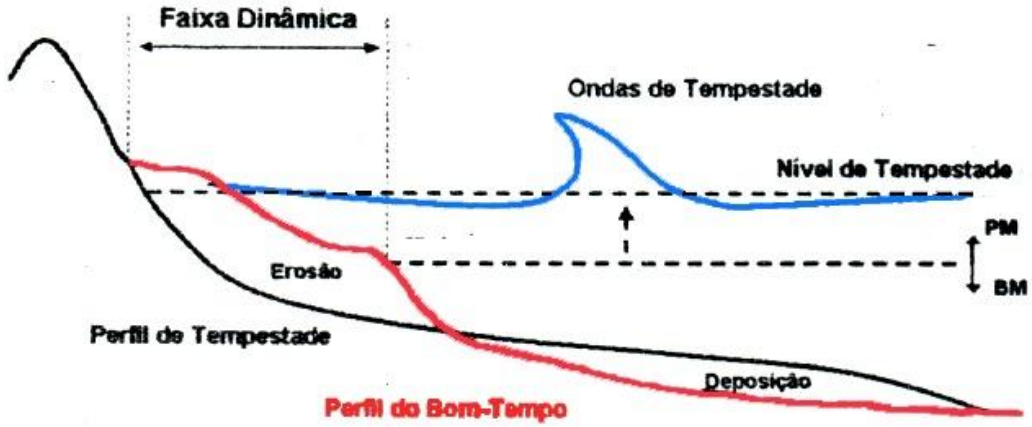


Fig. 6 – Reação do perfil transversal de uma praia à ação de ondas de tempestade.

Johnson (1949, *apud* Komar,1976), para eliminar a idéia de sazonalidade dos perfis, mudou os termos para perfil de tempestade e perfil normal. Hayes e Boothoyd (1969 *apud* Komar, 1976) usam "perfil de tempestade" e "perfil pós-tempestade". Komar (1976) prefere os termos "perfil de tempestade" (*Storm Profile*) e "perfil de marulho" (*Swell Profile*).

Além destes dois tipos de perfil (de inverno e de verão) o estudo da morfologia das praias resultou na classificação de diferentes tipos de perfis de praia de acordo com a sua forma deposicional e seus processos hidrodinâmicos. A classificação mais adotada foi elaborada por Wright e Short (1984) que distinguiram seis estados de praia, dois extremos (dissipativo e refletivo) e quatro intermediários, os quais contêm tanto elementos refletivos como dissipativos.

2.1.3 Macro-escala e balanço sedimentar

O estudo dos transportes longitudinal e transversal de uma praia pode ser importante para se conhecer o balanço sedimentar e desta forma estudar os ciclos de erosão e deposição de um determinado arco praial. Visando compreender tais processos foi elaborado por Stapor (1971 *apud* Tanner, 1973) um modelo, denominado modelo a-b-c (figura 7), elaborado a partir de estudos de balanço sedimentar. O modelo representa uma baía, de um lado, e um promontório do outro, formando juntos a forma de uma curva senoidal. O início do promontório é onde está o ponto chamado de *a* e o outro extremo é o lugar do ponto *e*. O trecho compreendido entre *a* e *e* corresponde a uma célula ou compartimento segundo a concepção de Stapor (*op. cit*.). O ponto *a* representa o início do transporte de sedimentos em direção ao ponto *e.* Neste ponto *a* a energia da onda é suficiente para começar o transporte de sedimentos. Tal energia cresce até atingir um valor máximo quando chega no ponto *c*. A partir deste ponto a energia decresce chegando à zero no ponto *e*. Assim, o segmento de *a* para *c* sofre erosão, enquanto o segmento de *c* para *e* sofre deposição. Todo o sedimento erodido entre *a* e *c* deve passar pelo ponto *c* e todo o sedimento que passou por *c* deve ser depositado entre *c* e *e*. Este modelo tornou-se um método importante de análise da costa que permite identificar trechos ao longo da praia onde ocorre saída de sedimentos por transporte longitudinal e trechos adjacentes onde ocorre deposição. A concepção de células ou compartimentos contrapõe a idéia que prevalecia na época de que os sedimentos são transportados ao longo da costa por centenas ou milhares de quilômetros (Stapor, *op. cit.*).

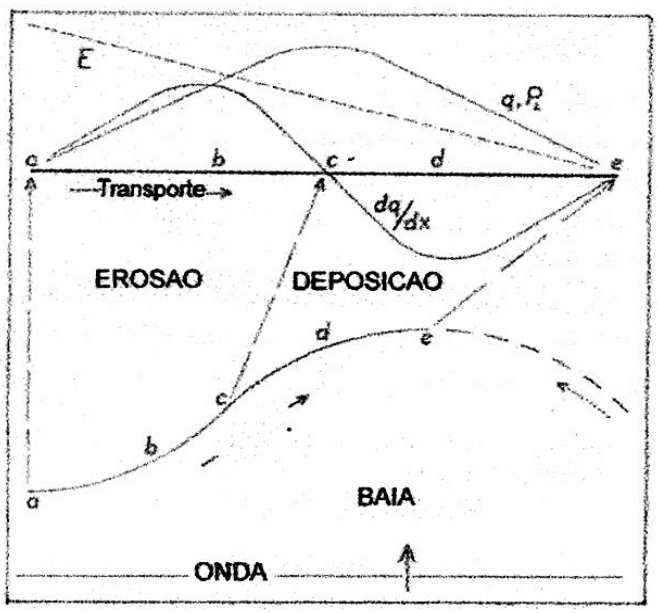


Fig. 7 – Modelo abc de transporte de sedimentos

Fonte: Stapor, 1971 *apud* Tanner, 1973

O transporte longitudinal dos sedimentos pelas ondas é responsável por ciclos de erosão semelhantes ao explicado no modelo a-b-c como ocorre, por exemplo, nas praias de Ipanema e Leblon, na cidade do Rio de Janeiro.

O balanço sedimentar de uma praia é, no entanto, influenciado por diversos outros fatores além do transporte longitudinal, que contribuem para o aporte ou a retirada de sedimentos (figura 8).

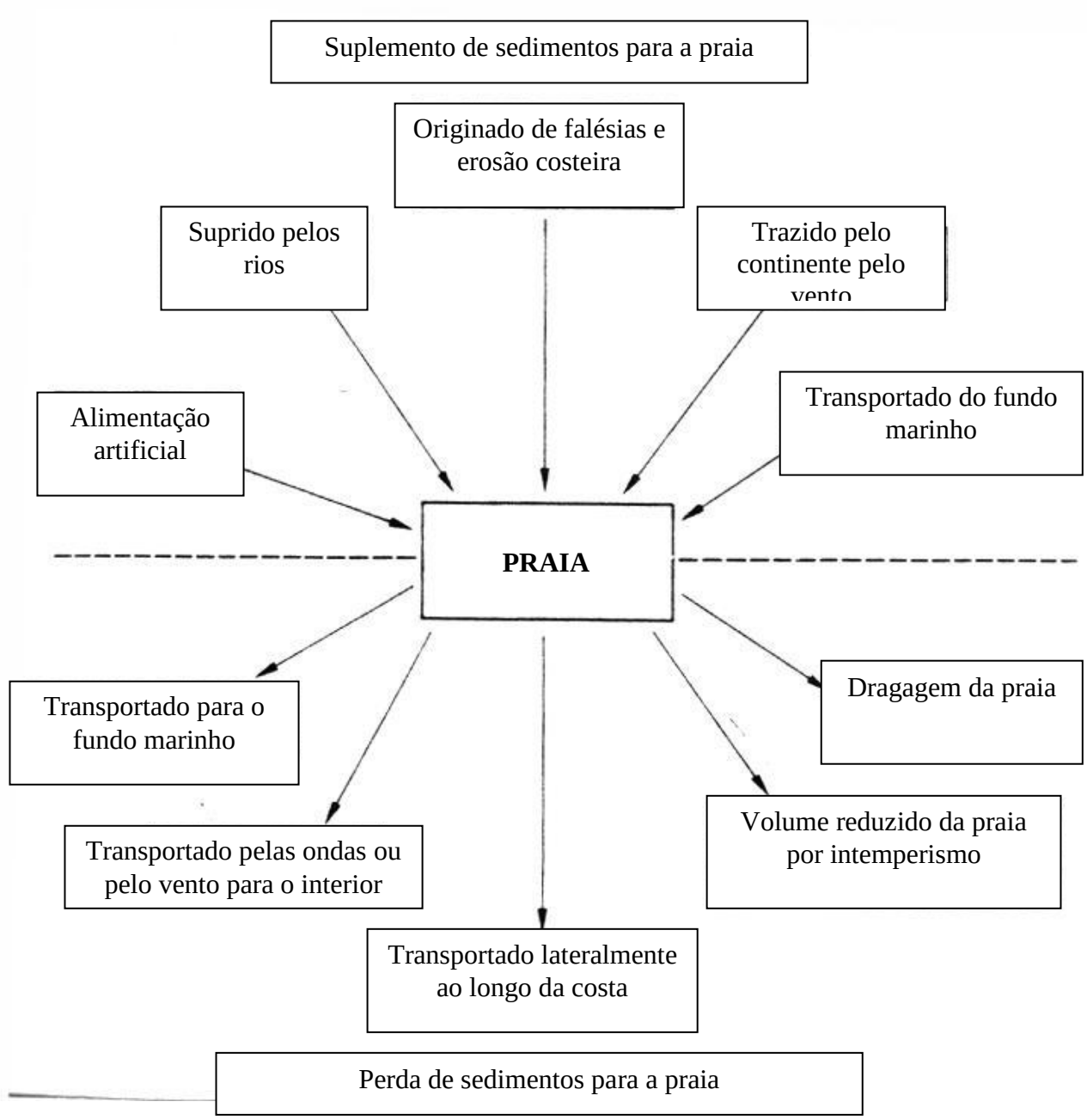


Fig. 8 – Fontes e perdas de sedimentos para a praia

Fonte: modificado de Brid (1993 p. 49)

Quando ocorre mais perda de sedimentos do que ganho, a praia sofre erosão; ao contrário, quando o aporte sedimentar é maior a praia adquire um perfil de acumulação.

2.1.4 - Escala geológica e oscilações do nível do mar

Ao longo da história geológica o nível médio do mar passou por enormes variações em função de eventos tectônicos, mudanças climáticas, variações na temperatura dos oceanos, entre outras causas. O fenômeno de variação do nível dos oceanos com aumento real de sua massa em escala global é chamado de eustasia ou variação absoluta do nível do mar. Quando é o continente que passa por transformações, ou seja, sofre soerguimento ou rebaixamento por ajustamentos da crusta terrestre, ocorre o que é chamado na literatura de isostasia o que se expressa numa variação relativa do nível do mar. O nível relativo do mar recebe influências de natureza meteorológica (radiação solar, ventos, pressão atmosférica e outras), oceanográfica (correntes, volume dos oceanos, densidade da água), geológica e biológica (deposição de sedimentos, subducções, e outras) e astronômica (dissipação da energia das marés, glaciações e outras) (Mesquita, 2005). Estudos internacionais apontam para a tendência global de subida do nível absoluto do mar em função das mudanças climáticas observadas no século XX e nos dias de hoje. A emissão de gás carbônico, o aquecimento da temperatura da atmosfera e dos oceanos e o derretimento das calotas polares são os principais fatores destes processos de mudanças climáticas globais e subida do nível do mar (IPCC, 2007). A retenção de calor (radiação infra-vermelha) na atmosfera está diretamente associada a um aumento da presença na atmosfera de gases responsáveis por tal retenção e que são, principalmente, o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o vapor d'água (H_2O) e os clorofluorcarbonos (CFC). Com exceção deste último, introduzido unicamente pela ação humana, todos os outros passaram ao longo da história geológica por variações devido a efeitos naturais que influenciaram no clima do planeta Terra (Muehe, 1990). Correlações positivas entre a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e o aumento da temperatura da Terra estabelecidas para os últimos 160.000 anos A.P. foram claramente demonstradas a partir de análises de bolhas de ar encontradas na camada de gelo da Antártica (figura 9).

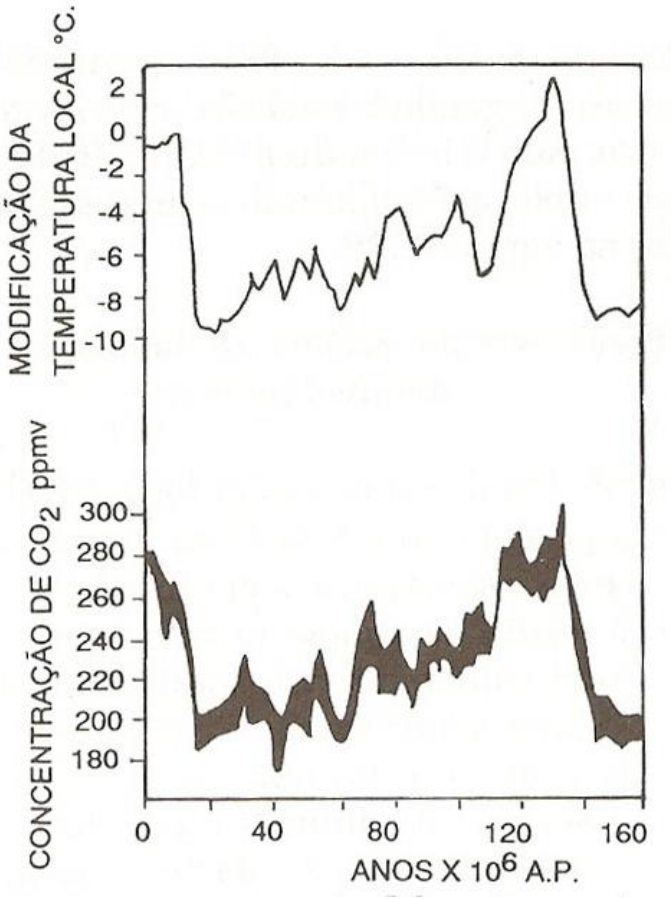


Fig. 9 – Concentração de gás carbônico e modificação da temperatura nos últimos 160.000 anos

Fonte: Barnola, *apud* Muehe, 1990

As variações das características atmosféricas, da temperatura global e de outros fatores ocorridas na história geológica do planeta, acarretaram ao longo tempo em amplas oscilações do nível do mar global. A curva de Fairbridge (1961 *apud* Casseti, 2005) demonstra a relação entre a temperatura global nos períodos glaciais e interglaciais do Pleistoceno e o nível do mar (figura 10).

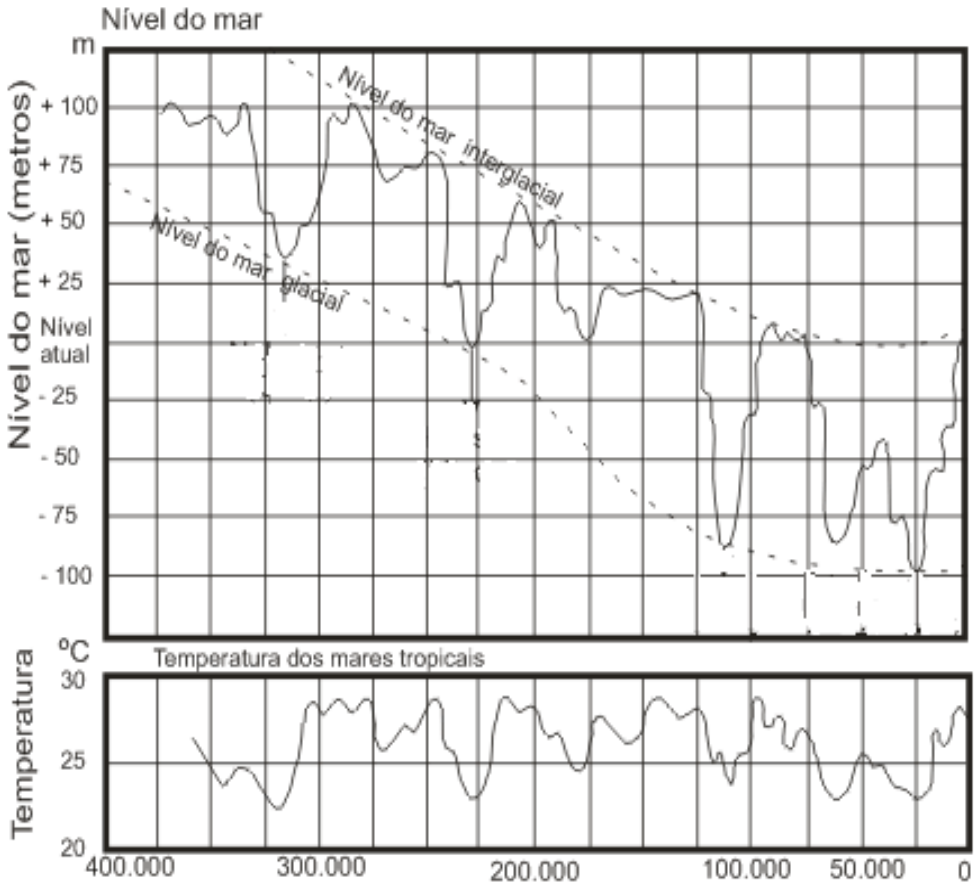


Fig. 10 - Oscilação do nível do mar e da temperatura dos mares tropicais nos últimos 400.000 amos A.P.

Fonte: Fairbridge (1961 *apud* Casseti,, 2005)

Apesar dos dados geológicos apontarem períodos de aquecimento e resfriamento do planeta, assim como de subida e descida do nível absoluto do mar exclusivamente por causas naturais, é reconhecido hoje a enorme importância da influência do homem para a aceleração destes processos, principalmente a partir de meados do século XX. As medições do nível relativo do mar de vários portos do planeta (figura 11) têm sido cuidadas e armazenadas pelo Serviço Permanente para o Nível do Mar – Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL), desde 1933, e pelo Sistema de Observação do Nível do Mar - Global Sea Level Observing System (GLOSS).

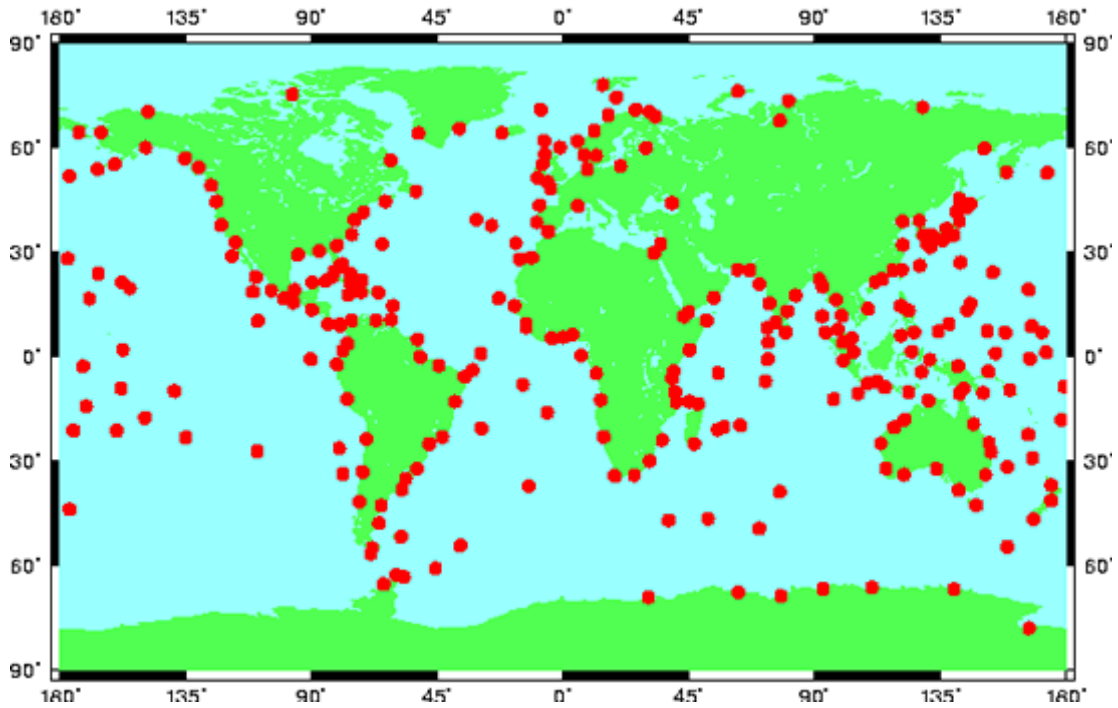


Fig. 11 – Distribuição das estações permanentes de medição do nível do mar.

Fonte: GLOSS (2009)

As séries históricas, envolvendo medições desde 1810 até 1995, em diversas localidades indicam um acentuado aumento do nível relativo do mar em praticamente todos os continentes (Mesquita, 2005). Tal constatação coincide com os relatórios do IPCC (2007) que afirmam estar ocorrendo aumento da temperatura em todos os continentes e oceanos, com maior importância principalmente a partir de 1950 (figura 12). Os dados medidos para o período entre 1900 e 2000 (linha preta na figura) demonstram grande semelhança com aqueles previstos por modelos que consideraram a influência do homem neste processo (faixa rosa). Já as previsões feitas por modelos que consideraram apenas os fatores naturais (faixa azul) revelam que o aumento da temperatura seria muito abaixo do que aquele que o planeta está experimentando.

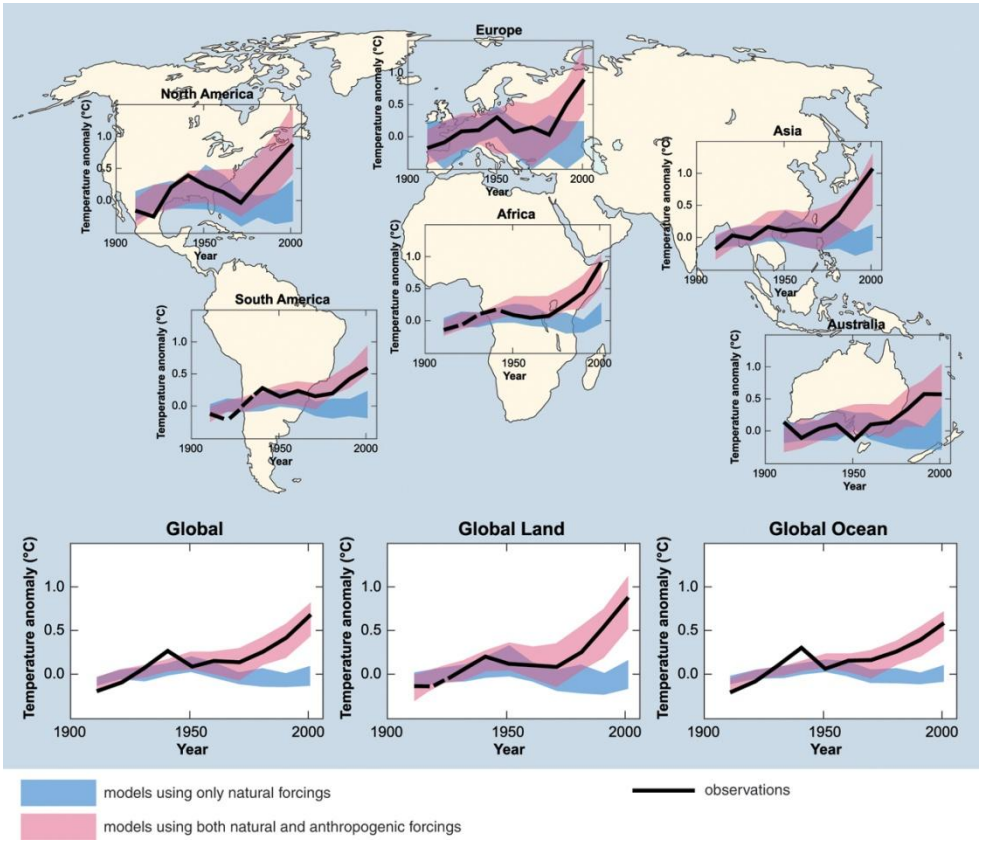


Fig. 12 – Modelos de previsão da temperatura global da terra e do mar, considerando apenas as forças naturais (faixa azul) e os aspectos naturais e antropogênicos em conjunto (faixa rosa)

Fonte: IPCC (2007)

Apesar das tendências globais, é importante realçar que a taxa de variação do nível do mar é muito distinta nas diferentes costas do mundo em função de suas características locais, tais como correntes litorâneas, exposição às ondulações, pluviosidade e características geomorfológicas do litoral.

2.1.5 Erosão e Progradação do litoral

É importante ressaltar que, embora atuem em escalas diferentes, os processos envolvidos na dinâmica costeira estão correlacionados, não existindo um limite rígido nas escalas de atuação. No quadro da figura 3, os modelos e processos erosivos apresentados podem ou não estar associados a uma tendência de erosão costeira em longo prazo. Não se deve, portanto, confundir os eventos ou ciclos erosivos, como a reação da praia a uma tempestade ou as variações sazonais do perfil de praia, com o desequilíbrio do balanço sedimentar que efetivamente caracteriza uma situação de tendência à erosão costeira. Portanto, a erosão costeira, assim como a progradação, são processos mais permanentes, associados ao balanço sedimentar de um determinado arco praial. Neste sentido, quando se fala em erosão costeira refere-se ao processo de recuo da linha de costa em direção ao

continente (retrogradação) podendo ter como causas diferentes processos naturais ou antrópicos, sendo a subida do nível do mar apenas uma das possíveis causas. O processo inverso, ou seja, o avanço da linha de costa em direção ao oceano, é chamado, por sua vez, de progradação costeira.
Komar (1976) afirma que a erosão costeira pode ser o resultado da complexa interação de processos físicos, tais como a circulação da água induzida pelas ondas, marés, tempestades e correntes próximas à costa; e das intervenções humanas, sendo os casos mais freqüentes a realização de obras costeiras mal planejadas ou a retirada ilegal de sedimentos, significando geralmente uma alteração do sistema de transporte dos sedimentos. Bird (1993) apresenta uma lista com 20 possíveis causas para a erosão costeira de determinada praia e cita como exemplos a diminuição de aporte sedimentar por rios, o transporte longitudinal de sedimentos, a redução de aporte sedimentar da plataforma continental e o aumento do ataque das ondas por alguma alteração no clima de ondas ou no relevo marinho.

Estudos recentes vêem demonstrando que a causa de erosão costeira observada em localidades bem pontuais está relacionada à direção e energia das ondas transformadas pelo processo de refração. Outro fenômeno que se estuda atualmente é a importância da freqüência de eventos de alta energia (ressacas e tempestades) no processo de erosão costeira. Além do aumento do nível do mar, outra conseqüência da mudança climática global que vem sendo considerada é justamente o aumento da freqüência de eventos extremos. Tal aumento teria enorme importância na dinâmica costeira uma vez que são estes eventos de mais alta energia que provocam as mais importantes modificações da linha de costa. Alguns estudos baseados em monitoramento de praias vem demonstrando a importância destes eventos extremos no processo de recuso da linha de costa, associando a erosão de uma praia primordialmente a tais eventos extremos, ou seja, com momentos em que é provocado forte recuo intercalados por momentos de estabilidade.

Finalmente, outra importante causa da erosão costeira é a subsidência da terra causando mudança relativa do nível do mar. Recentemente Mesquita (2005) apresentou indícios no litoral paulista de que vem ocorrendo, além da subida absoluta do nível do mar, uma subsidência de 6cm/século, o que representa um maior aumento relativo.

Além destes elementos e fatores que em conjunto podem dar início a eventos ou processos de erosão costeira é preciso compreender ainda que as características locais de um determinado litoral influenciam diretamente a intensidade da erosão. A reação, tanto a um episódio instantâneo representado por uma tempestade, como à subida do nível do mar, será distinta em um litoral constituído por falésias e outro por cordões litorâneos, por exemplo. Aspectos como a exposição do litoral às ondulações, a quantidade de aporte sedimentar por diferentes fontes (rios, dunas), as características morfológicas (planície de crista de praia, cordões litorâneos, costões rochosos), a cobertura vegetal, a granulometria entre outros, são importantes para avaliação da maior ou menor

resistência, fragilidade ou instabilidade daquela linha de costa. O estado morfodinâmico precedente a um evento também é fundamental para a previsão das alterações que a praia deverá sofrer.

De modo geral é possível prever a retrogradação ou progradação de uma praia arenosa adotando-se a regra de Brunn (1962 *apud* Bird, 1993; Komar, 1976). Tal regra estabelece que, uma vez alcançado o perfil de equilíbrio da praia, uma elevação subseqüente do nível do mar perturbaria este equilíbrio que seria então restaurado mediante translação desse perfil em direção ao continente. A idéia central de Bruun é a de que os sedimentos erodidos da parte emersa da praia com a subida do nível do mar serão transferidos para a antepraia, elevando o assoalho numa magnitude igual à elevação d nível do mar, mantendo assim uma profundidade constante na lâmina d'água (figura 13).

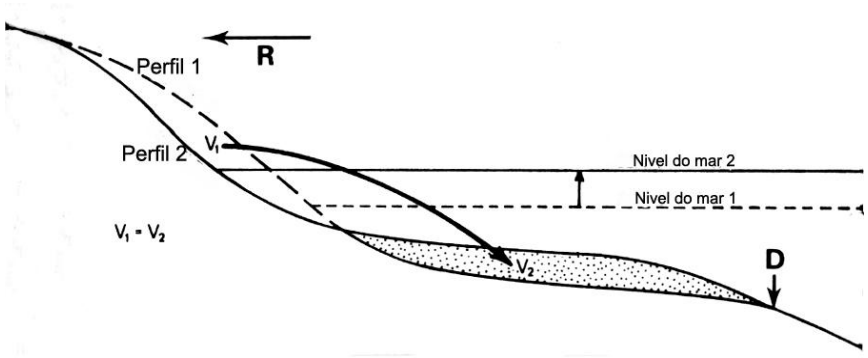


Fig. 13 – Esquema explicativo da regra de Bruun. Quando ocorre a subida do nível do mar a praia recua e os sedimentos migram para a antepraia.

Fonte: Brunn (1962 *apud* Bird,1993 p. 57)

Na figura "R" significa recuo e "D" representa o limite da deposição dos sedimentos. A magnitude da retrogradação decorrente varia de acordo com a elevação do nível do mar, do comprimento e altura do perfil ativo e da proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo. A regra de Brunn tornou-se importante por permitir que seja calculado o recuo da linha de costa em metros, baseando-se em poucos parâmetros e com uma formulação matemática relativamente simples. Dominguez (1982) aponta que a mesma hipótese pode ser usada para prever o avanço da linha de costa no caso de um rebaixamento do nível do mar.

No entanto, apesar de se prever de modo geral a reação da linha de costa à subida ou rebaixamento do nível do mar, outros mecanismos mais específicos, como as mudanças oceanográficas que acontecem durante esta variação do nível do mar, a influência do aporte sedimentar por rios ou por erosão de falésias e terraços pré-existentes, o transporte lateral de sedimentos em função da direção de propagação das ondas, a declividade do fundo marinho, entre

outros, dão maior complexidade à problemática. Bird (1987 *apud* Muehe, 1994) apresenta diferentes reações à subida do nível do mar de acordo com as características morfológicas do litoral (figura 14).

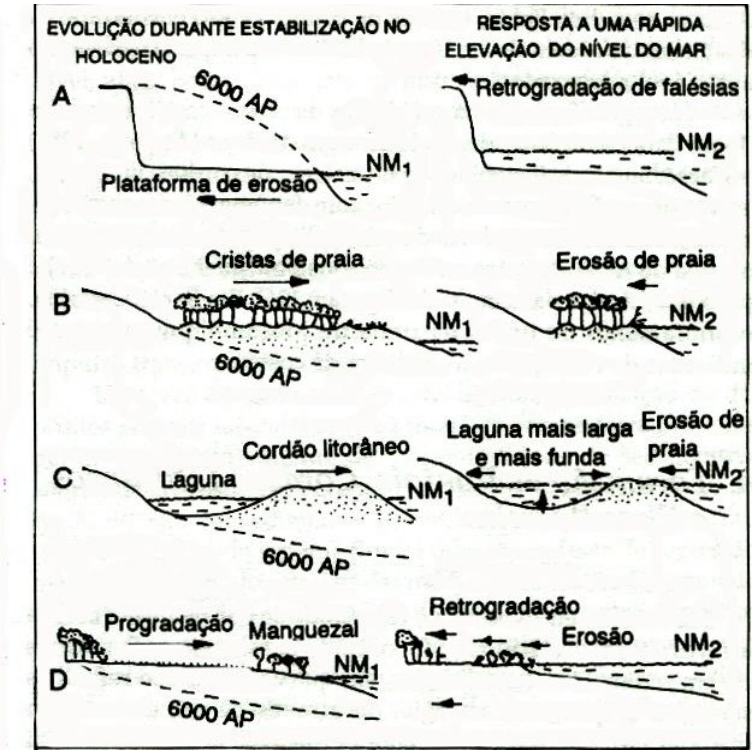


Fig. 14 - Diferentes respostas às variações do nível do mar

Fonte: Bird (1987) modificado por Muehe (1994)

O primeiro cenário (A) representa um costa formada por falésias ou encostas íngremes onde geralmente pequenas modificações deverão ocorrer no caso da subida do nível do mar. A taxa de recuo de uma encosta ou falésia costeira varia de acordo com a resistência da rocha, estrutura, exposição às ondas e variação da maré (Sunamura, 1992 *apud* Bird, 1993). As cristas de praias (B), formadas por progradação costeira em função de grande aporte de sedimentos em momentos de estabilidade do nível do mar, tendem a sofrer forte recuo quando ocorre rápida elevação do nível do mar. A presença de vegetação pode representar maior resistência ao processo de recuo destas cristas de praia. O terceiro cenário (C) refere-se às respostas de cordões litorâneos com presença de lagunas a retaguarda. Para este cenário, a tendência em caso de subida do nível do mar é o aumento da largura e profundidade das lagunas em função da penetração da maré, aumento dos fluxos e erosão de suas margens (Bird, *op.cit.*). Em casos mais extremos, o cordão litorâneo pode ser completamente erodido em alguns trechos, abrindo novos canais de ligação do mar com as lagunas. É possível ainda que novas lagunas sejam formadas devido à transposição das ondas e a conseqüente inundação das planícies costeiras. Além disso, as lagunas tenderão a se tornar mais salgadas com a entrada da água do mar o que é acompanhado por diversas alterações ecológicas. O último cenário (D) revela o

processo de desenvolvimento de manguezais no primeiro momento e sua retrogradação no caso da subida do nível do mar. O avanço de um manguezal em direção ao mar em condições de estabilidade ou rebaixamento do nível marinho se dá pela retenção de sedimentos, resíduos de plantas e organismos depositados pelo mar em momentos de maré alta. Como resultado, é formado um terraço onde ocorre o crescimento da vegetação de mangue. A taxa de recuo deste terraço e do manguezal com um todo em situações de subida do nível do mar está diretamente relacionada com o volume de sedimentos disponível e a capacidade de retenção deste pela vegetação.

Estes modelos de resposta das diversas feições à subida do nível do mar revelam como o conhecimento da dinâmica de cada ecossistema costeiro torna-se importante, à medida que esta influencia nos processos litorâneos. O inverso também é verdadeiro, visto que as mudanças geomorfológicas da linha de costa, as variações do nível do mar e as condições oceanográficas interferem diretamente na formação e no desenvolvimento destes ecossistemas.

2.2 ECOSSISTEMAS COSTEIROS

A zona costeira apresenta grande variedade de paisagens moldadas pelas variações do nível do mar, pelo aporte sedimentos por rios e pela sua história geológica. Originaram-se desta combinação de fatores importantes feições deposicionais e erosivas, que abrangem as planícies arenosas, as áreas úmidas costeiras (*wetlands*), os estuários, as planícies de maré, os terraços marinhos, as falésias, os costões rochosos, entre outros. A influência marinha e continental e a diversidade de topografia destas feições costeiras propiciam a formação de muitos habitats e consequentemente de uma flora e fauna ricas e variadas (Araújo, 1984). Em áreas tropicais, como grande parte do litoral brasileiro, encontra-se uma ecodinâmica particularmente rica, que se desdobra no número de ecossistemas presentes na costa (Ab'Saber, 2001). Assim, estas condições ambientais favoráveis e, ainda, as excepcionais condições de abrigo e suporte à reprodução e à alimentação inicial da maioria das espécies que habitam os oceanos, transformaram os ambientes costeiros num dos principais focos de atenção no que diz respeito à conservação ambiental e manutenção de sua biodiversidade (www.bdt.org.br/workshop/costa *apud* Polette e Vieira, 2005). Nas planícies arenosas encontram-se os principais ecossistemas terrestres, como as dunas frontais, cordões litorâneos, cristas de praias e a vegetação de restinga. Áreas úmidas e lagunas costeiras muitas vezes localizam-se no meio de campo de dunas, em restingas ou à retaguarda dos cordões litorâneos. Já os manguezais, um dos mais importantes ecossistemas costeiros, geralmente se formam em estuários ou em praias abrigadas. No ambiente marinho destaca-se o recife de coral que funciona como berçário e habitat para uma enorme diversidade de organismos. No contato direto dos ambientes marinho e terrestre estão, por sua vez, os costões rochosos, que também possuem importância ecológica por

apresentarem forte endemismo de espécies florísticas. Os ecossistemas costeiros possuem atributos muito próprios, conferindo a estes um caráter muito particular (Ab'Saber, *op. cit.*). Tal originalidade é reforçada pelo fato de ocorrerem, além de alguns ecossistemas efetivamente terrestres e outros tipicamente marinhos, múltiplos ecossistemas de transição em lagunas, canais, estuários, restingas, e deltas. Desta forma, a particularidade e fragilidade ecológica intrínsecas destes ecossistemas costeiros contribuem, em conjunto com a enorme dinâmica geológica e geomorfológica do litoral, para aumentar a vulnerabilidade física da zona costeira, à medida que pequenas interferências naturais ou antrópicas podem causar enormes impactos ambientais, com conseqüências socioeconômicas negativas.

2.2.1 Dunas

Dentre os ecossistemas costeiros mais importantes destacam-se as dunas, devido ao seu alto grau de endemismo, sua importância para a estabilidade da linha de costa e sua função como armazenadora de água doce (Clark, 1977, Carter, 1988). Especificamente em relação à erosão costeira, as dunas representam importante estoque de sedimentos, além de ser uma barreira elevada dificultando a transposição de ondas. A constante troca de sedimentos entre a praia e a duna é um processo natural que mantém tanto a estabilidade morfológica quanto ecológica (Carter, *op. cit.).*

Para ocorrer a formação de dunas é preciso haver grande disponibilidade de sedimentos de granulometria fina o suficiente para ser transportada por ventos. A maior parte das dunas se forma na presença de vegetação que, dependendo da sua densidade, cobertura e composição, influencia na morfologia e no desenvolvimento das dunas. No caso das dunas frontais, o crescimento da vegetação pode contribuir para a fixação destas, impedindo que as dunas sejam impulsionadas das praias para o interior pelos fortes ventos. O baixo teor de nutrientes da maioria das comunidades de plantas de dunas implica em pouca atratividade para espécies animais, embora um grande número de insetos e pequenos mamíferos habite as dunas.

Ainda segundo Carter (1988.) impactos provocados pelo homem, tanto diretos, com o pisoteio e a passagem de veículos, como indiretos, através de alterações do solo e do micro-clima, vêm causando fortes modificações ecológicas e geomorfológicas nas dunas (figura 16). Anders e Leatherman (1987 *apud* Carter, 1988) demonstraram que a passagem de veículos sobre as praias e dunas frontais causa compactação e movimentação dos sedimentos, assim como a rápida destruição da vegetação. A retirada de vegetação acarreta lavagem acelerada de nutrientes para um nível de profundidade do solo fora do alcance das raízes, num processo de empobrecimento gradual do sistema (Araújo e Lacerda, 1987 *apud* Bastos *et al.*, 2001). Carter (1988) afirma ainda que a rede de caminhos que se forma causa fragmentação da cobertura vegetal do campo de dunas aumentando sua

suscetibilidade à erosão por ventos, o que pode ocasionar formação de dunas móveis representando risco para a ocupação humana do entorno.

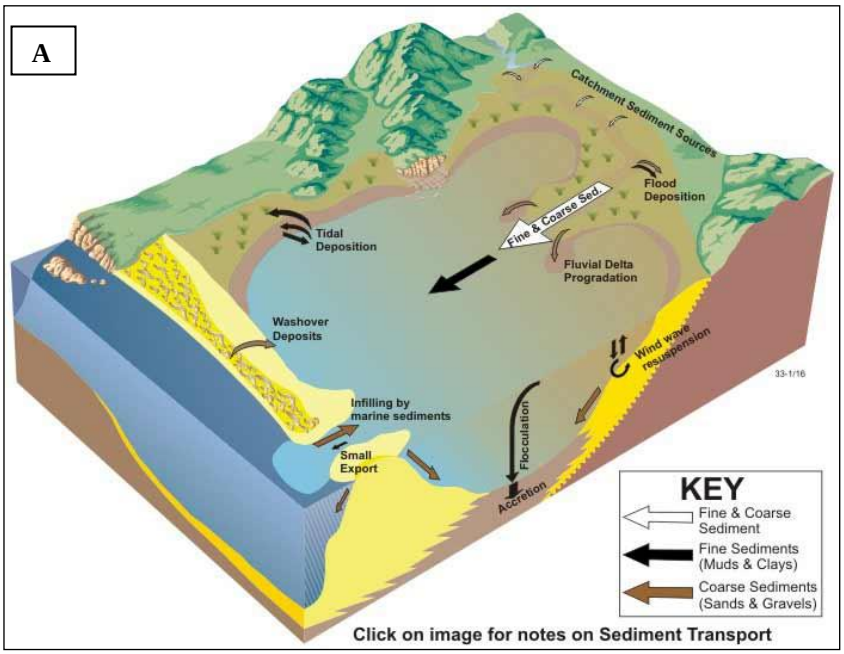
2.2.2 Vegetação de restinga

A vegetação de restinga recobre terrenos sedimentares, incluindo dunas e depressões sujeitas a inundações periódicas (Bohrer *et al.,* 2009). Esta vegetação, que no Brasil está incluída no chamado Bioma Mata Atlântica, é considerado um habitat marginal ou periférico (Scarano, 2002 *apud* Sá e Araújo, 2009) submetido a condições estressantes para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas, como elevada salinidade, ventos fortes, profundidade do lençol freático e baixa fertilidade do solo. A vegetação de restinga pode ser classificada como restinga arbórea de porte florestal e alta densidade de árvores e arbustos; restinga arbustiva com fisionomia bastante heterogênea intercalando trechos com arbustos, áreas de solo nu e vegetação halófita típica de ambiente úmido; e restinga herbácea que inclui vegetação halófita e psamófila que se estendem por toda área de dunas frontais, cristas e vertentes das dunas e depressão entre dunas (Araújo, 1992; Araújo e Henriques, 1984, Araújo *et al*., 2004 *apud* Bohrer *et al*., 2009). A importância ecológica da vegetação de restinga reside na grande diversidade de espécies florísticas e no alto grau de endemismo.

Em termos geomorfológicos a vegetação de restinga tem importância devido à sua função fixadora de dunas, através da retenção dos sedimentos, o que leva a diminuição da dispersão destes pelos ventos. Alguns autores apontam para a correlação entre o menor grau de erosão costeira e a presença de vegetação nas dunas frontais que reduzem a ação dos ventos e do espraiamento das ondas e fixam os sedimentos (Morton, 2002), o que fora observado também em trabalho anterior sobre erosão costeira no município de Maricá (Lins-de-Barros, 2005).

2.2.3 Estuários

Os estuários, devido às características relacionadas ao confinamento, profundidade, salinidade, circulação e influência da maré, são considerados o ecossistema costeiro mais risco em nutrientes e também o mais vulnerável aos impactos causados pela poluição (Clark, 1977). Para o homem, estes ecossistemas representam importante função de abrigo para a construção de portos e o desenvolvimento de cidades. A interferência do regime de marés e ondas sobre a hidrodinâmica e os processos erosivos e deposicionais de um estuário o torna extremamente dinâmico e variável. Na figura 15 são apresentados dois modelos principais das feições e transportes em um estuário dominado por ondas ou por maré.



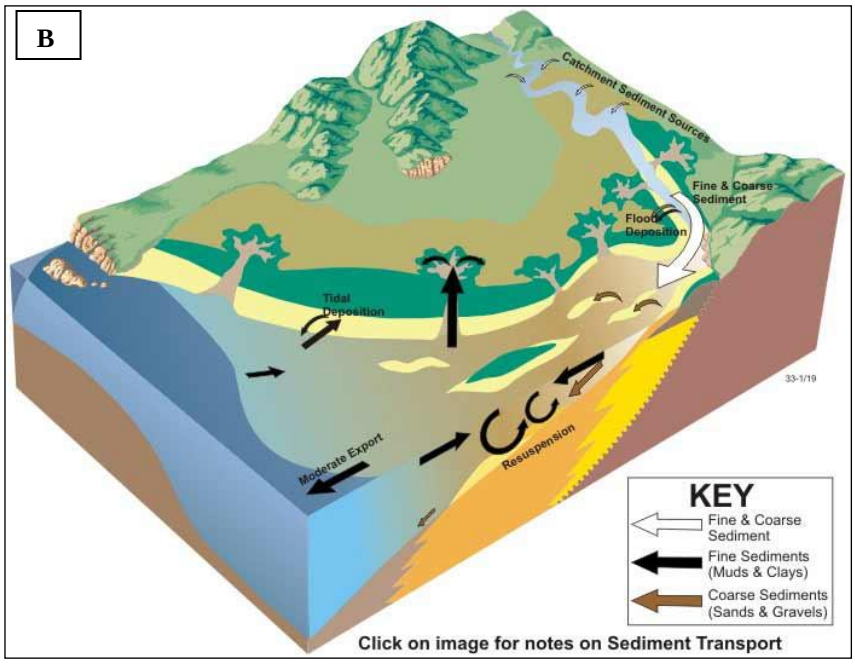


Fig. 15 – Modelo esquemático das feições e transportes em um estuário dominado por ondas (A) e um estuário dominado por maré (B).

Fonte: Oz Coasts – Austrália online coastal information (2007).

2.2.4 Manguezais

Em muitos casos, devido a sua riqueza nutricional e sua função de abrigo, desenvolvem-se manguezais na parte interna dos estuários. Estes fazem parte das chamadas zonas úmidas costeiras (*wetlands*) e também possuem papel muito importante, não apenas em termos ecológicos, mas como amortecedores da ação das ondas e marés, diminuindo a erosão e retendo os sedimentos. Em termos ecológicos, os manguezais são considerados como o berço da vida marinha (Ab'Saber, 2001). Funcionam ainda como filtradores de toxidade e retentores do excesso de nutrientes inorgânicos, contribuindo assim para a diminuição da poluição. A vegetação de mangue pertence ao grupo de ecossistemas classificados como helobiomas, ou seja, se desenvolvem em faixas de solo lodoso sujeito à salinidade emitida pelo ingresso da maré (Ab'Saber, 2001). Esta característica torna o manguezal um tipo de ecossistema com distribuição espacial extremamente particular, visto que depende do contato da água salgada do mar com a água doce do subsolo ou dos rios para se desenvolver.

No século XIX os manguezais e áreas alagadas (brejos e pântanos) eram considerados áreas insalubres para o homem, devido ao seu odor desagradável e seu aspecto de putrefação. Com isso, era comum a realização de aterros visando a eliminação de tais ecossistemas, como ocorreu em diversos pontos da cidade do Rio de Janeiro. Posteriormente, os manguezais passaram a ser explorados comercialmente em diversas partes do mundo, sendo a coleta de caranguejo e a extração de madeira para queima, as principais atividades econômicas no Brasil associadas a este ecossistema. Mais recentemente manguezais começaram a ser plantados para proteção da costa e por razões estéticas e ecológicas (Lewis, 1982 *apud* Carter, 1988).

2.2.5 Lagunas

Por sua importância social e econômica destacam-se as lagunas, definidas como um corpo d'água separado do mar por um cordão litorâneo (*beach barrier*) ou pontal. A circulação dentro de uma laguna é regida principalmente pela amplitude de maré, responsável pela renovação de suas águas, transferindo sedimento e matéria orgânica entre o sistema lagunar e marinho, além da topografia da bacia, a variação climática e o regime de ventos. O canal que interliga uma laguna ao oceano é denominado canal de maré e pode apresentar-se aberto permanentemente ou apenas em algumas épocas do ano em função da amplitude de maré e do regime de ondas. Conforme Kjerve, 1989 (*apud* Texeira, 2000) as lagunas podem ser sufocadas (*chocked lagoons*), com apenas um canal simples de ligação com o oceano e pequena influência da maré; restritas (*restricted lagoons*), com um ou mais canais de entrada e sob influência do regime de maré; ou vazadas (*leaky lagoons*) quando

apresenta vários canais de comunicação com o mar e a ação da maré é preponderante. As lagunas sufocadas podem se tornar hipersalinas em regiões de clima árido ou semi-árido, o que as tornam extremamente suscetíveis à poluição, uma vez que possui um tempo comparativamente longo de renovação de suas águas, refletindo numa deterioração da qualidade da água (Kjerve *et al*., 1996 *apud* Texeira, 2000).

As lagunas apresentam elevada produtividade primária[2], visto que são ambientes geralmente rasos, com baixa circulação da água e grande quantidade de nutrientes trazidos pelos rios e acumulados aí. Tal característica contribui para a manutenção de uma grande e complexa cadeia trófica a partir da transferência desta energia primária dos organismos produtores (plantas, algas e bactérias) para os organismos consumidores, como os peixes e crustáceos. A diversidade de organismos resultado destas interações atrai ainda as aves aquáticas, que buscam estas áreas não apenas para alimentação, como também para refúgio e reprodução em função do abrigo fornecido.

Esta riqueza torna as lagunas áreas de enorme interesse para atividade pesqueira, principalmente quando encontram-se espécies de alto valor financeiro. Esteves (1998) destaca que além da pesca, as lagunas são importantes para o homem como áreas de lazer, valorização imobiliária e valorização turística, receptor de efluentes tratados e controle de inundação. Este último aspecto interessa particularmente o estudo da vulnerabilidade costeira.

A poluição destes corpos d'água é um dos maiores problemas enfrentado hoje nas zonas costeiras. O lançamento excessivo de efluentes domésticos e industriais somado à infiltração de agrotóxicos e pesticidas agrícolas é a principal fonte de poluição. Tal impacto pode causar diminuição de espécies e do tamanho das populações, gerando conseqüências em toda a cadeia alimentar. Além disso, alterações no tamanho do corpo d'água por drenagem ou aterros, provocam mudanças no regime hidráulico da maré que podem ter efeitos na estabilidade linha de costa adjacente. Tais alterações afetam também a salinidade, a quantidade de nutrientes e as taxas de poluentes, levando em último caso à eutrofização. Os impactos sociais mais comuns são problemas de saúde associados ao uso da água, afetando o lazer e o turismo, assim como a diminuição dos recursos pesqueiros.

[2] Produtividade primária é a taxa de energia radiante convertida, pela atividade fotossintética e quimiossintética de organismo produtores, em matéria orgânica. (Odum, E.P. 1983. Ecologia. Ed. Guanabara Koogan S.A. 434pg.)

2.2.6 Recifes de Coral

Também merecem atenção especial os recifes de corais. Esses ecossistemas apresentam grande valor ecológico por serem os ambientes marinhos de maior produtividade, e conseqüente diversidade biológica, que corresponde a 25% da diversidade marinha (Thurman, 1997). São o hábitat de uma grande variedade de peixes, conchas e pequenos organismos marinhos, que dependem desses ecossistemas para se alimentarem, se abrigarem e se reproduzirem. Esta característica faz com que sejam ecossistemas geradores de renda, tanto em relação ao turismo devido a sua grande beleza cênica, quando a sua alta produtividade pesqueira (as regiões de recifes de coral são consideradas as melhores áreas de pescas, junto com as áreas de ressurgência marinha). A grande diversidade também faz dos recifes de coral um ecossistema importante como fonte de substâncias químicas de interesse biotecnológico, como antibióticos e anticancerígenos. Além disso, muitos recifes desenvolvem-se paralelamente a costa em regiões costeiras, conferindo uma proteção do litoral às ondulações, funcionando como barreira física à ação das ondas. Sua base de construção reside na presença de corais recifais, animais invertebrados capazes de secretar grandes quantidades de carbonato de cálcio (matéria prima dos recifes), graças à presença de uma relação simbiótica com algas unicelulares presentes no interior de seus tecidos. São, no entanto, ambientes de elevada sensibilidade às mudanças do ambiente. Alterações antrópicas nestes frágeis e importantes ecossistemas vêm causando grandes impactos ambientais e, conseqüentemente, gerando problemas sociais e econômicos.

2.2.7 Aqüíferos

Finalmente, destaca-se ainda a relevância dos aqüíferos, enormes reservatórios de água doce para o consumo humano e animal, que nas zonas costeiras apresentam-se mais suscetíveis à poluição e à intrusão salina causada pela infiltração da água do mar. As águas do mar e das lagunas estão hidraulicamente conectadas, e em condições de equilíbrio ideal, o gradiente hidráulico do aqüífero induz um fluxo de água doce em direção ao mar (Seabra, 2007, Nobre, 2006). Apenas na chamada zona de mescla ocorre o contato entre as águas doce e salgada no subsolo. Este equilíbrio, no entanto, pode ser alterado quando ocorre intenso bombeamento da água do lençol freático para abastecimento diminuindo o fluxo de água doce para o mar e facilitando a penetração da água salgada. Este processo facilita, portanto a intrusão salina, podendo gerar graves problemas de disponibilidade de água para consumo. A impermeabilização das zonas de infiltração em áreas urbanas também contribuiu para a modificação da relação entre água doce e salgada.

2.3 DENSIDADE URBANA, TURISMO E CAPACIDADE DE SUPORTE

A preocupação com a capacidade de suporte da Terra não é recente. Desde o século XVIII grandes pensadores questionavam-se sobre o número máximo de habitantes que a Terra suportaria. Por um lado havia a idéia divina de perfeição da Terra e do homem e, conseqüentemente, de uma capacidade ilimitada (Glacken, 1973). Por outro lado, esta constatação implicava no grave problema da incapacidade da natureza em produzir alimentos suficientes para todos: os freios do crescimento faziam parte da ordem natural. Dentre vários outros autores que discutiram estas questões, destaca-se Thomas Malthus cujas idéias tiveram grande repercussão no pensamento ocidental. A doutrina de Malthus, exposta principalmente em seu Primeiro Ensaio no final do século XVIII, estava baseada em duas idéias gerais: a fecundidade e a plenitude da vida; e as forças da natureza, que constantemente atuam para controlar a inexorável expansividade daquela. Para ele a quantidade de alimentos à disposição do homem tem limites e, à medida que o homem ocupa novas terras, a alimentação do mundo se torna mais difícil. Este princípio da população levou ainda a debates sobre a distribuição espacial da população e a relação desta com a fertilidade do solo. Curiosamente este tema é também debatido pelo geomorfólogo Hutton na sua publicação *Theory of the Earth* de 1788 (Dean, 1989). Nesta, Hutton enfatiza que a Terra é uma criação única, especialmente desenhada para servir como habitação de todas as formas de vida. O solo, necessário ao crescimento das plantas, só pode ser criado pela destruição da terra. Ou seja, a erosão é uma função necessária e, contraditoriamente, a remoção do solo fértil dos continentes é, na verdade, uma parte de um grande ciclo através do qual a fertilidade da Terra é garantida. Independente das diferenças entre as teorias formuladas, nota-se que a questão da capacidade de suporte já estava presente neste período e encontrava-se associada à idéia de sucessivos ciclos, de um crescimento populacional progressivo e linear no tempo e de uma natureza provedora de alimentos e outras necessidades humanas. A preocupação atual com o esgotamento dos recursos naturais encontra grande semelhança nestas teorias do século XVIII.

Atualmente o termo capacidade de suporte vem sendo adotado por diversas especialidades. Conforme afirma Oh *et al.* (2005) os ecologistas definem este termo como sendo o número máximo de indivíduos que um ambiente pode suportar sem experimentar decréscimo desta capacidade para gerações futuras. Planejadores, por sua vez, consideram capacidade de suporte como a habilidade que determinado sistema, natural ou artificial, tem de absorver o crescimento da população ou o desenvolvimento físico sem sofrer danos ou degradação consideráveis. Semelhantemente, Godschalk e Parker (1975, *apud* Oh *et al*., 2005) afirmam que o limite de suporte de um sistema é alcançado no momento em que ocorrem instabilidades e danos irreversíveis.

Para o estudo das zonas costeiras este conceito torna-se importante quando relacionado à pressão exercida pelo elevado crescimento urbano e grande fluxo de turistas sobre os ambientes costeiros. É preciso estabelecer uma relação entre o número de habitantes, de veranistas e de turistas, a rede de serviços de infra-estrutura básica e o limite físico de modificação dos ambientes. Neste contexto, Shelby e Heberlein (1986 *apud* Lankford *et al*., 2005) definem capacidade física como a quantidade de espaço disponível para uma determinada atividade ou uso; capacidade ecológica é o grau de aceitação dos danos aos recursos naturais causados pelo turismo e recreação; capacidade estrutural envolve infra-estruturas adicionais que têm o intuito de dar suporte às atividades ligadas ao turismo; finalmente a capacidade de suporte social é ultrapassada quando o número e a distribuição dos visitantes supera o que é percebido como agradável ou confortável.

As definições acima são muito úteis para se definir metodologias de controle do número de visitantes ou manejo de uso em áreas costeiras pequenas e em parques ambientais. No entanto, é preciso uma maior reflexão sobre a capacidade de suporte em ambientes costeiros quando se busca estabelecer uma gestão costeira em escala regional. Além disso, a pressão sobre a zona costeira não deve ser vista apenas como função do número de habitantes ou de turistas, mas pela relação deste com as condições do meio. Hogan (1991) aponta que além da equação população / meio ambiente é preciso reconhecer outros fatores sociais, permitindo uma análise sociológica muito mais adequada, tanto do papel do crescimento demográfico, como do próprio desenvolvimento. Acrescenta-se ainda que os aspectos físico-ambientais também são essenciais na análise da pressão sobre o meio, pois estes apresentam diferentes graus de vulnerabilidade e fragilidade que implicam, por sua vez, em capacidades de suporte ambiental distintas. Assim, o limite da capacidade de suporte não é dado simplesmente pelo crescimento da população ao longo do tempo, mas é função também das diferenças espaciais. A evolução turística na grande maioria das cidades costeiras do mundo vem demonstrando que tal capacidade de suporte é sistematicamente ultrapassada, seja pelo crescimento urbano acelerado e conseqüente absorção dos problemas urbanos típicos; seja pelo elevado grau de degradação ambiental e a conseqüente desvalorização turística. Tal constatação incentivou o desenvolvimento de uma série de modelos de evolução turística, visando a compreensão deste ciclo de evolução, tanto no sentido temporal, quanto espacial.

2.3.1 População costeira

Conhecer o número de habitantes que vivem nas áreas costeiras é atualmente um dos desafios mais importantes para a gestão costeira tendo em vista a relação entre a elevada densidade urbana e os problemas ambientais, assim como a necessidade de estimativa da população em áreas de risco à erosão e inundação costeira. A maioria dos trabalhos aponta que as zonas costeiras são o ambiente

com a mais intensa ocupação urbana e elevada densidade populacional. Goldberg (1994 *apud* French, 1997) constata que 50% da população mundial vivem até 1 km da costa. As maiores cidades do mundo encontram-se nesta interface como Tóquio (8 milhões de pessoas) Nova York (7 milhões), Xangai (7 milhões), Bangkok (5 milhões), Jacarta (6 milhões), Rio de Janeiro (5 milhões) entre outras (TAGLIANI, 2004 apud Polette e Vieira, 2005). Na América Latina, aproximadamente 75% da população vive atualmente em cidades e 60 das 77 maiores cidades são costeiras. Muitas destas cidades estão crescendo em taxas maiores do que as médias nacionais. Em termos gerais aproximadamente 60% da população de 475 milhões de pessoas vivem em estados ou províncias costeiras.

No Brasil, segundo dados do Projeto Orla (2002), cerca de um terço da população habita a beira-mar e quase metade reside a menos de 200 quilômetros da costa. Enquanto a densidade média nacional é de 17 hab/km^2, a Zona Costeira alcança 87 hab/km^2 (FEEMA, 2005). Tagliani (2004 *apud* Polette e Vieira, 2005), por sua vez, afirma que aproximadamente 70% da população brasileira encontra-se a uma distância de 60 km da costa, com uma grande parcela concentrada nas grandes cidades como Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Fortaleza e Belém.

Estas estimativas, tanto as nacionais como as internacionais, são realizadas a partir de dados censitários que utilizam como base os recortes administrativos. Embora estes dados sejam muitas vezes mencionados nas discussões sobre subida do nível do mar e riscos associados não existe ainda uma estimativa realmente precisa da quantidade de pessoas que habitam as zonas costeiras (Small *et al*., 2000). Tal imprecisão se deve principalmente a ambigüidade na própria definição dos limites espaciais da zona costeira e na dificuldade de se conhecer a população em recortes distintos daqueles das unidades administrativas. Estas dificuldades levaram a elaborações de novas técnicas de mensuração tanto a nível global como a nível nacional que permitem estimar a população para áreas distintas dos recortes administrativos.

O modelo atualmente mais citado em escala global é baseado na distribuição espacial do número de habitantes por uma malha com células separadas por espaçamento uniforme (*Gridded Population World Model - GPW*). A primeira estimativa gerada por este tipo de modelo foi realizada em 1995 pelo Centro Nacional de Informação e Análise Geográficas (National Center for Geographic Information and Analysis) na Universidade da Califórnia, Santa Bárbara (Tobler *et al*., 1995 *apud* Small e Nicholls, 2003). A metodologia proposta por Tobler *et al.* (1995; 1997 *apud* Balk e Yetman, 2001) assume que as células mais próximas de uma unidade administrativa com elevada densidade populacional têm maior número de habitantes do que aquelas localizadas próximas a unidades administrativas com baixa densidade. Assim, a metodologia utiliza os dados censitários oficiais como base para modelar a distribuição da população em células igualmente distribuídas baseando-se em uma função matemática relativamente simples.

Em 2001 uma revisão e atualização desta primeira metodologia foi proposta pelo Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) da Universidade da Columbia em Nova York. Este segundo modelo (GPW2) apresenta uma malha com polígonos menores do que no primeiro modelo (2,5 arcos de minutos ou 5 km no Equador), aumento assim a resolução espacial, e considera outros elementos para refinar a estimativa da população. Um exemplo deste refinamento é a consideração do tamanho dos corpos d'água e áreas cobertas por gelo como um filtro, evitando superestimar a população nestes locais (Balk e Yetmam, 2001). Mais recentemente o CIESIN publicou a terceira versão do modelo (GPW3) com resolução ainda melhor e estimativas da população para o ano 2015 (http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/index.jsp). Apesar de representar um avanço na precisão do número de habitantes em escala global, o modelo GPW apresenta ainda alto grau de imprecisão visto que assume uma distribuição uniforme da população em cada unidade censitária (Small *et al*., 2000).

No mapa da população global (figura 1) já é possível notar a concentração da população próxima a zona costeira em diversos países. Visando quantificar este dado Small *et al*. (2000) e Small e Nicholls (2003) consideraram os resultados obtidos por Tobler (1997 *apud* Small *et al*., 2000) para estimar a população que vive próximo a linha de costa e em áreas de baixa altitude. A proximidade com a linha de costa foi calculada como a distância até a linha de costa mais próxima para cada polígono que possui uma estimativa da população. Quanto à altitude foi utilizado um modelo digital de terreno global disponibilizado pela Earth Resources Observation Systems Data Center. Assim, cada estimativa de população foi associada à distância da costa e a altitude do terreno. Considerando que várias áreas costeiras contêm relevo montanhoso e muitas planícies não ocorrem na zona costeira é necessário considerar a proximidade da costa e a baixa altitude juntos quando o objetivo é discutir a vulnerabilidade e riscos costeiros (Small *et al*., 2000). Assim, cada estimativa populacional foi associada a uma elevação e a uma distância da costa. Small e Nicholls (2003) acrescentaram a este primeiro estudo a análise dos aglomerados urbanos tendo como base a composição de imagens de satélite noturnas da Terra disponibilizadas pela NOAA. A partir da quantidade de luzes emitidas na imagem os autores calcularam o tamanho e quantidade de vilas e cidades próximas a costa. Os resultados encontrados demonstraram que aproximadamente 400 milhões de pessoas vivem em 4.000 cidades distantes em até 20 km da costa e em altitudes inferiores a 20 metros

Os autores apontam que, apesar das imprecisões tanto do modelo GPW quanto da modelagem digital do terreno e ainda do uso das imagens de satélite, é possível constatar a magnitude da ocupação próxima da zona costeira em relação às áreas interiores. Considerando a faixa de até 100 km de distância e 100 metros de altitude Small e Nicholls (2003) encontraram que a densidade populacional média neste limite é muito maior (112 hab/km^2) do que a densidade populacional média

global (44 hab/km^2). Tanto a densidade como o número absoluto de pessoas diminuem à medida que se distancia da costa e aumenta a altitude (figura 16).

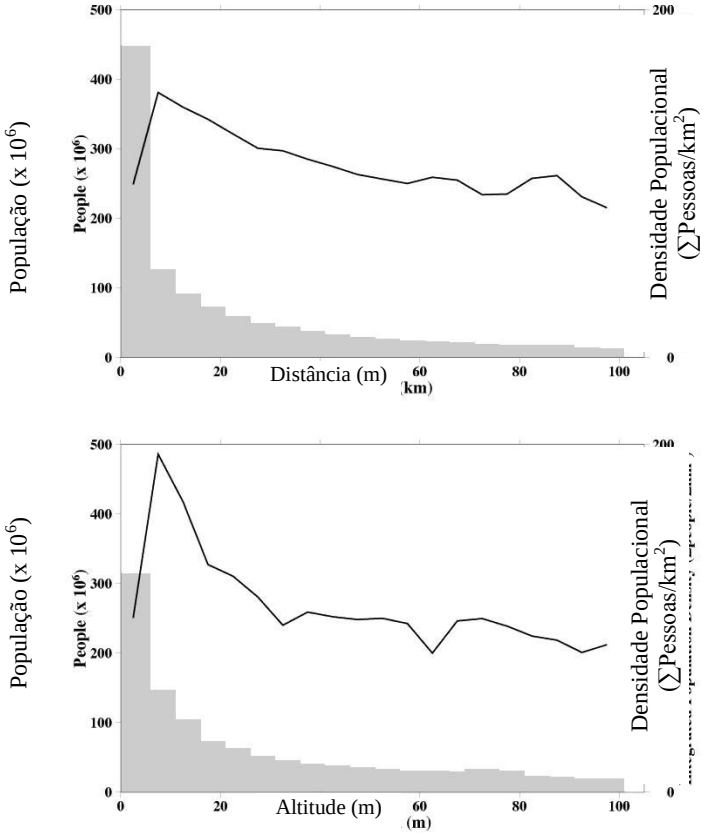


Fig. 16 – Relação entre a densidade populacional e a distância da linha de costa (gráfico de cima) e a altitude (gráfico de baixo)

McGranahan *et al.* (2007) conseguiram melhorar ainda mais a estimativa da população na zona costeira, adotando como limite desta a faixa que vai até 10 metros de altitude (low elevation coastal zone – LECZ), podendo apresentar variadas larguras. Utilizaram como bases uma modelagem digital do terreno mais precisa do que aquelas usadas nos trabalhos anteriores; os dados da versão mais atual do modelo GPW; e ainda o mapa global das áreas rural e urbano (Global Rural Urban Mapping Project – GRUMP) elaborado pelo CIESIN com base nas imagens de satélite noturnas. Os resultados revelaram que 10 % da população mundial, o que equivale a aproximadamente 634 milhões de pessoas, vive nesta faixa da zona costeira de baixa altitude (LECZ).

A análise realizada por Small e Nicholls (2003) expõe um outro aspecto pouco comentado mas muito importante sobre a distribuição da população na zona costeira: grande parte da população próxima a costa não vive em grandes cidades. Apenas 10 % da população da zona costeira estão situadas em grandes cidades com altas densidades; 30 % correspondem a cidades médias com

densidades populacionais entre 1000 e 10.000 hab/km2. O restante da população costeira, o que equivale a 60%, habita pequenas cidades ou áreas rurais espalhadas, com densidade média de 1000 hab/km^2.

No Brasil o padrão de distribuição populacional da zona costeira parece refletir esta tendência global apontada por Small e Nicholls (2003), conforme apontam os resultados encontrados pela metodologia proposta por Muehe e Neves (1995). Os autores, visando contornar o problema da falta de dados em unidades distintas dos recortes administrativos estabeleceram o parâmetro de população por comprimento de linha de costa. A partir dos dados de população urbana por município dos censos de 1980 e 1991 obtiveram a densidade de habitantes por quilômetro de costa para todas as micro-regiões costeiras do Brasil. Esta primeira tentativa de refinamento da estimativa populacional da zona costeira brasileira teve grande importância por revelar que no ano de 1991 45% da linha de costa eram consideradas áreas de baixa ocupação (<1000hab/km) e apenas 10% podiam ser consideradas como áreas densamente ocupadas (acima de 10.000 hab/km) (figura 17). Estas últimas geralmente correspondem aos grandes centros urbanos e suas proximidades.

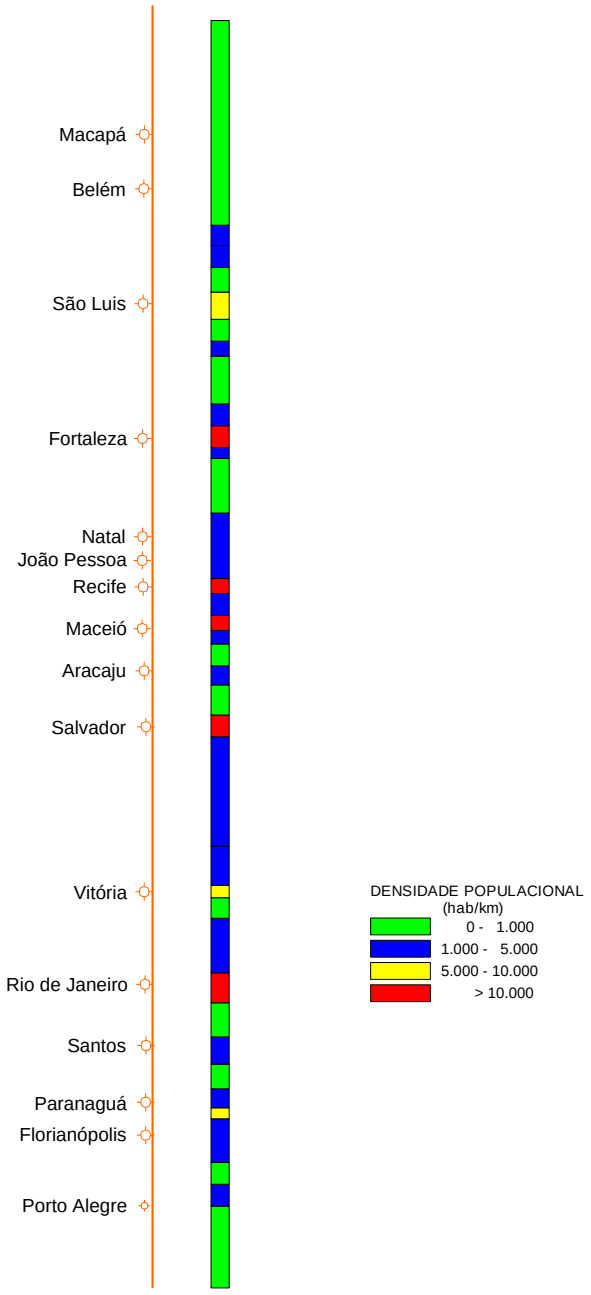


Fig. 17 – Densidade populacional por linha de costa (hab/km). Fonte: Muehe e Neves, 1995.

Tanto as metodologias internacionais como esta proposta por Muehe e Neves (1995), no entanto, não têm precisão suficiente para discriminar a distribuição populacional no interior das unidades administrativas. No entanto, nesta escala também se percebe um padrão de ocupação desigual, ocorrendo maior densidade urbana nas orlas costeiras e nas margens lacustres do que nos espaços interiores, levando à ocupação de áreas vulneráveis à erosão e inundação; à degradação ambiental de ecossistemas frágeis; e a problemas sociais, tais como segregação residencial e falta de infra-estrutura. Portanto, a identificação destas áreas de concentração da população urbana torna-se

essencial na definição de áreas especiais para a gestão costeira em escala local. Tendo em vista que tal heterogeneidade não pode ser identificada pelos dados demográficos comumente associados às unidades político-administrativas, Faber *et al.* (2004) sugerem a mensuração e distribuição da população através da utilização de imagens de satélite em conjunto com dados do censo, através de um modelo matemático simples que permite estimar o número de habitantes em unidades distintas daquelas de origem dos dados. Utilizando-se os dados da menor unidade censitária disponível no Brasil, os setores censitários, em conjunto com a classificação qualitativa da ocupação urbana por imagem de satélite os autores estabeleceram uma formulação matemática que permite estimar a população por pixel da imagem. Tal metodologia foi testada pela primeira vez em áreas costeiras por Lins-de-Barros e Faber (2007) que encontraram resultados satisfatórios para a estimativa da população em áreas de risco. Tal metodologia, assim como o uso de setores censitários, será melhor explicada no capítulo referente a proposta metodológica da presente tese.

De modo geral, os estudos mais precisos de estimativa da população costeira revistos acima demonstram que de fato existe uma enorme concentração de pessoas vivendo nas áreas costeiras quando se comparado com as áreas interiores. Além disso, os dados demonstram que grande parte da população costeira, ao contrário do que se costuma afirmar, não habita áreas densamente ocupadas, mas sim cidades pequenas. Por outro lado, como ocorre no Brasil, cidades grandes e metrópoles situam-se na zona costeira representando, portanto, trechos relativamente pequenos se comparados com a extensão total da linha de costa com densidade populacional muito elevada. Esta predominância de grandes cidades e capitais nas zonas costeiras está relacionada com sua posição estratégica que historicamente facilitou a comunicação, assim como pela disponibilidade de recursos. Por outro lado a ocupação de cidades médias e pequenas costeiras está muito associada com a valorização turística destes espaços, conforme será abordado no item a seguir.

2.3.2 Ciclos de evolução turística e as cidades costeiras

Estudos sobre a ocupação urbana das zonas costeiras ganharam importância no Brasil, principalmente após a década de 1970, quando viver a beira-mar torna-se um símbolo de status social. É neste período também que aparecem as chamadas segundas-residências, destinadas ao turismo em época de férias nas cidades pequenas e médias. Surgem na pauta da geografia e outras disciplinas afins estudos voltados para a compreensão deste processo de ocupação e sua relação com a organização do espaço costeiro.

Neste contexto, autores de diferentes nacionalidades elaboraram modelos de evolução do espaço turístico, abordando tanto a evolução temporal como espacial. No primeiro caso, trata-se

principalmente das mudanças na estrutura social, destacando-se a influência do estrangeiro na população local. No segundo, enfatizam-se as mudanças morfológicas e funcionais do local de destino e a relação deste com a rede de cidades que compõem sua hinterlândia. Um dos modelos mais citados foi proposto por Lundgren (1974 *apud* Pearce, 1987) que aponta a relação entre o crescimento da cidade de origem dos turistas e a influência na região periférica de segundas-residências (figura 18).

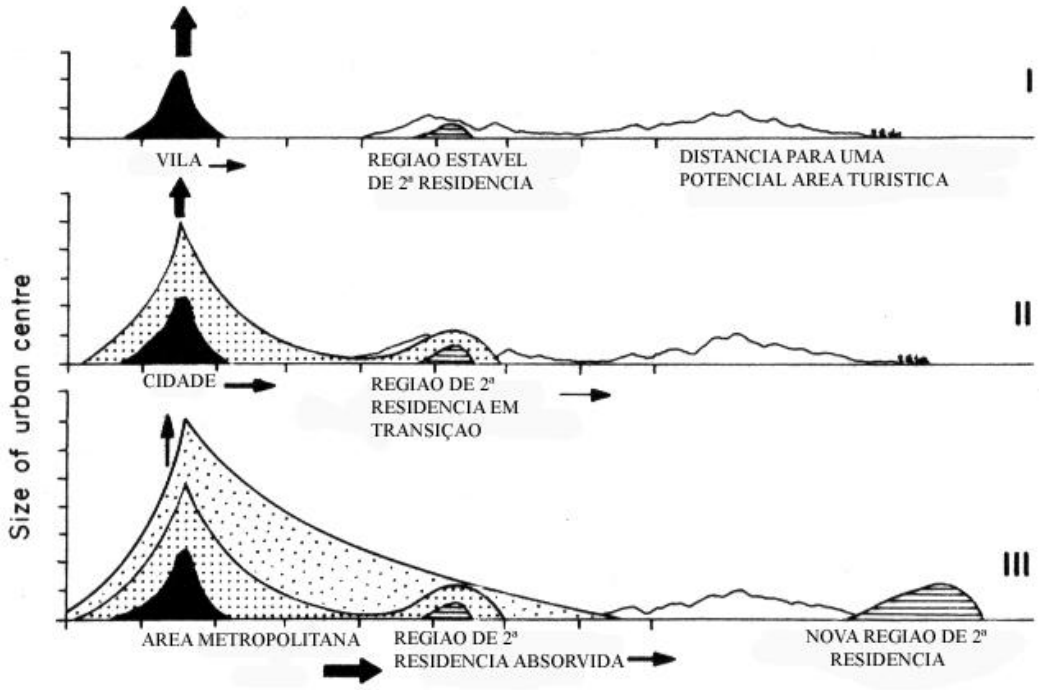


Fig. 18 – Modelo de expansão urbana e regiões de segundas-residências

Fonte: Lundgren, 1974 apud Pearce, 1987, p.196

Destacam-se ainda os modelos de Miossec (1976, 1977 *apud* Pearce, 1987) e de Gormsen (1981 *apud* Pearce, 1987) em que são enfatizados o desenvolvimento e crescimento das cidades turísticas e as conseqüentes mudanças na provisão de facilidades e no comportamento da população e dos políticos locais, assim como dos próprios turistas. Miossec (*op. cit*.) considera cinco diferentes fases desta evolução turística, destacando para cada uma a estruturação urbana, o tipo de transporte, o comportamento do turista e as atitudes dos gestores e da população locais. Nota-se que ambos os modelos revelam, de maneiras distintas, uma fase final de crise ou saturação do centro turístico, podendo levar a desvalorização e até mesmo ao desaparecimento da função turística naquela localidade.

Tal processo é apontado também pelo modelo de Butler (1980), um dos mais conhecidos modelos evolutivos para o turismo em áreas costeiras. No modelo (figura 19) são descritas cinco

etapas de evolução da atividade em um balneário turístico. Segundo o autor, o estágio de exploração é caracterizado por um pequeno número de turistas e as viagens são feitas esporadicamente, seguindo um padrão irregular de visitação. Neste momento inicial o local de destino não oferece nenhuma infra-estrutura turística. Com o aumento do número de turistas e uma certa regularidade nas visitas, alguns residentes locais entram no estágio de envolvimento e começam a oferecer alguns serviços. Nesta fase, começa a ser caracterizada uma época do ano de maior visitação e ocorrem algumas mudanças locais no padrão social. A atividade turística exerce as primeiras pressões sobre agências governamentais para o melhoramento no transporte e outros serviços. O estágio seguinte de desenvolvimento reflete uma área turística bem definida. A partir deste estágio o envolvimento dos residentes locais começa a declinar rapidamente, pois organizações e empresas assumem a distribuição de serviços, tais como acomodações e alimentação. A atração natural inicial é substituída por atrações artificialmente criadas e alterações do ambiente físico são notadas. O número de turistas no período de maior visitação pode igualar ou até ultrapassar o número de residentes permanentes. Já no estágio de consolidação o que ocorre, segundo o autor, é um declínio na taxa de crescimento do número de turistas, apesar do número total continuar crescendo. O grande número de turistas pode causar conflitos com os residentes locais que não estão envolvidos nesta atividade. No momento em que é atingido o estágio de estagnação, o número máximo de turistas terá sido alcançado, isto é a capacidade de suporte terá sido atingida ou ultrapassada, implicando em problemas sociais, ambientais e econômicos. Conforme afirma Butler (*op.cit.*) neste estágio a imagem do local de destino vai estar divorciada do seu espaço geográfico, pois a paisagem será composta de elementos importados e artificiais. Finalmente no estágio de declínio o balneário não será mais capaz de competir com outras áreas de atração. Há uma mudança na função dos antigos serviços, tais como os hotéis que se transformam em condomínios ou em área residencial. No entanto, é possível que ocorra um rejuvenescimento a partir da criação de novas atividades, como cassinos, *spas* e casas de shows.

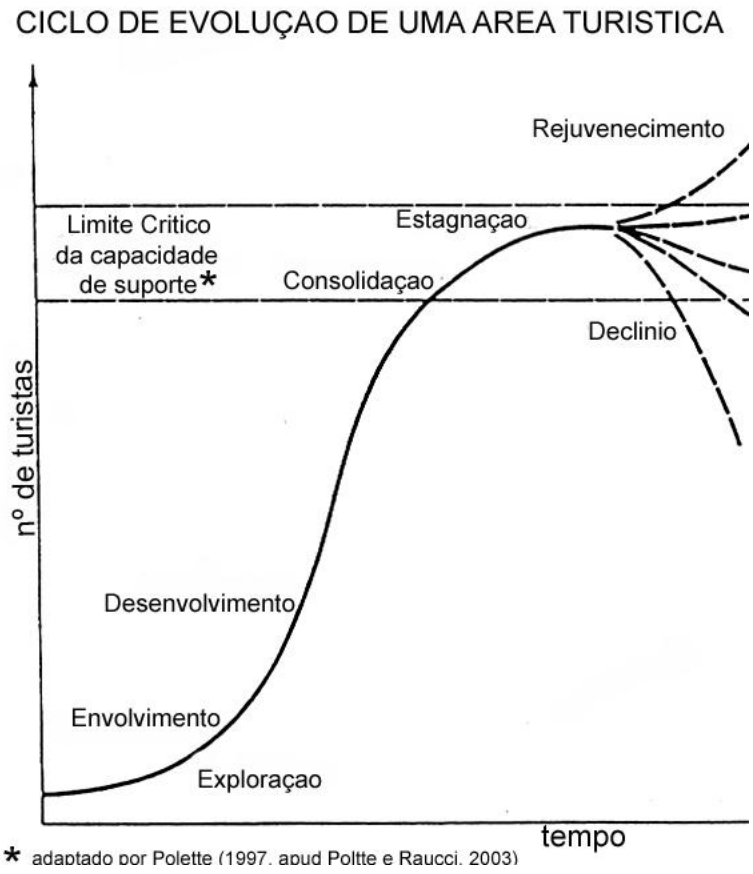


Fig. 19 – Ciclo de evolução de uma área turística

Fonte: Adaptado de Butler, R. W. (1980 p.7).

Segundo Agarwal (2002), este modelo foi o mais aceito e citado em estudos sobre a zona costeira, pois inclui fatores sociais, culturais, econômicos e ambientais através da abordagem da dinâmica dos processos. Diversos estudos de caso foram elaborados na tentativa de definir o estágio de evolução de cada balneário observado. Destaca-se o trabalho de Smith (1991) que, influenciado pelo ciclo de evolução turística de Butler e pelas idéias advindas dos estudos urbanos, propõe um novo modelo de evolução para balneários turísticos, desta vez através de uma análise histórica associada à morfologia urbana. Foram selecionados indicadores relacionados aos fatores morfológicos, físicos, ambientais, sociais e econômicos que definiram 8 estágios de evolução. Mais uma vez, inicia-se em um estágio pré-turismo (estágio 1), passando por uma progressiva evolução até o estabelecimento de um centro turístico consolidado (estágio 5). A partir desta consolidação a capacidade de suporte é alcançada e os problemas ambientais, como poluição do mar, falta de saneamento e produção de lixo, tornam-se significativos. O estágio final é caracterizado por uma cidade turística totalmente urbanizada com redes de serviços entre diferentes centros turísticos e de comércio.

Priestley e Mundet (1998) apontam para o problema da falta de consciência até o momento de saturação da capacidade de suporte e formulam um modelo considerado como ideal para o

desenvolvimento turístico (figura 20). De acordo com a proposta dos autores, neste modelo ideal do ciclo de evolução o desenvolvimento do turismo deve sofrer uma estagnação forçada antes que a capacidade de suporte do ambiente natural e construído seja superada.

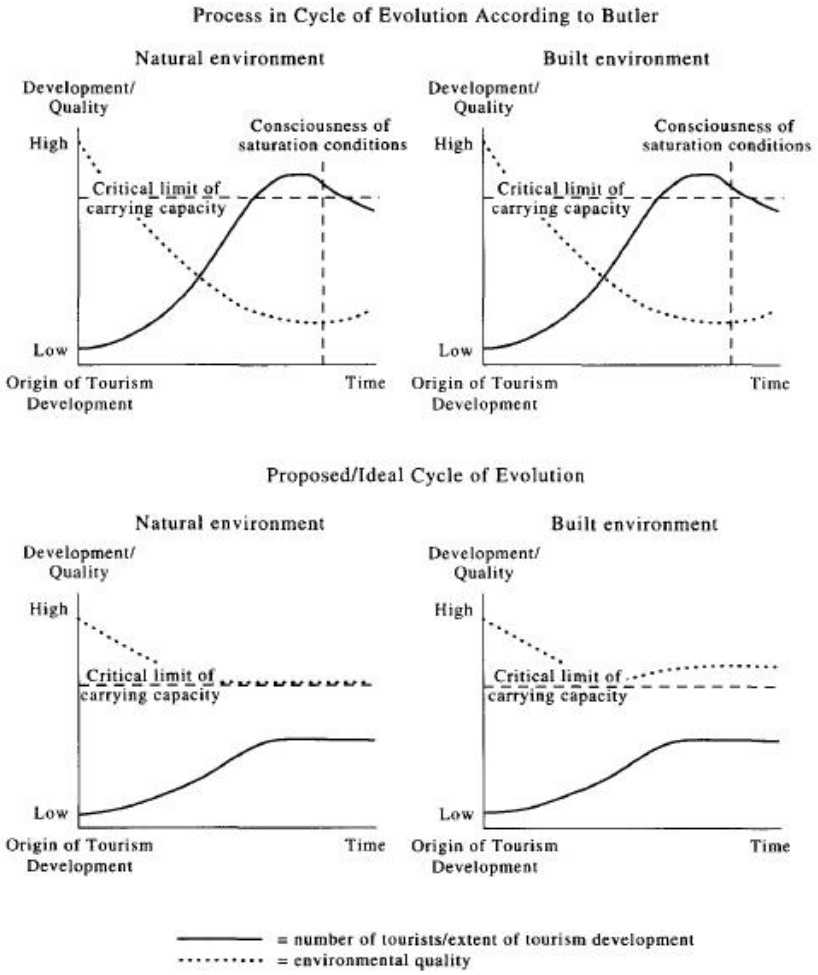


Fig. 20 Ciclo do turismo alternativo baseado na concepção do ciclo de Butler (1990)

Fonte: Priestley e Mundet (1998, p. 107)

Muitas críticas a estes modelos são apontadas por outros autores, como Agarwal (2002) e Jennings (2004). Em primeiro lugar, destaca-se a ausência das influências de processos externos, relacionados a uma escala regional, nacional ou global. Além disso, Jennings (2004) ressalta que a não consideração das diferentes escalas espaço-temporal pode implicar em uma interpretação equivocada do ciclo de evolução, pois em alguns casos os estágios da evolução urbana e das atividades voltadas para o turismo não coincidem. Começa a ser questionada também a evolução em seqüências cronológicas pré-estabelecidas, visto que muitos casos não se enquadravam nesta.

Conforme aponta Massey (1999) a falta de compreensão das diferenças espaciais, não apenas de seus fixos, mas também das relações que se estabelecem nele, leva a uma redução simplista e a-

espacial da realidade. Isto é, excluindo a espacialidade, as diferenças entre lugares serão explicadas apenas a partir de sua seqüência temporal, onde uns estão em um estágio mais avançado que outros. Massey (*op.cit.*) sugere, portanto, outra maneira de reconhecer as diferenças entre os lugares que reconheça a possibilidade de uma multiplicidade de trajetórias. Em outras palavras, para se compreender as espacialidades é preciso compreender que existe mais de uma história no mundo, e que estas histórias têm relativa autonomia.

2.4 CONTRADIÇÕES E DINÂMICA DA VULNERABILIDADE COSTEIRA

A revisão dos processos físicos litorâneos, da fragilidade dos ecossistemas e das problemáticas urbanas e turísticas apresentada nos itens anteriores revela que a questão ambiental das zonas costeiras ultrapassa os típicos problemas ambientais urbanos vivenciados por cidades não costeiras. Nota-se a grande contradição gerada entre a valorização e apropriação do espaço pelo homem, e o processo inverso de desvalorização em função da própria valorização inicial. Os problemas de degradação ambiental ilustram claramente este conflito, visto que são, por um lado, uma resposta ao processo de valorização e urbanização, e, por outro, induzem à desvalorização, à medida que a diminuição da qualidade ambiental é percebida. Nas zonas costeiras este processo ocorre em relação à percepção do risco à erosão costeira, conforme discutido por McLaughlin *et al.* (2002) (figura 21). Segundo o gráfico, à medida que as construções urbanas se aproximam do mar, mais valorizado é o imóvel. No entanto, em caso de um evento de erosão costeira, o risco é percebido levando a uma crescente desvalorização. Há, portanto, uma proximidade limite (situação 4 no gráfico) para o aumento da valorização, o qual pode ser estendido através de medidas que diminuem o risco ou a percepção deste.

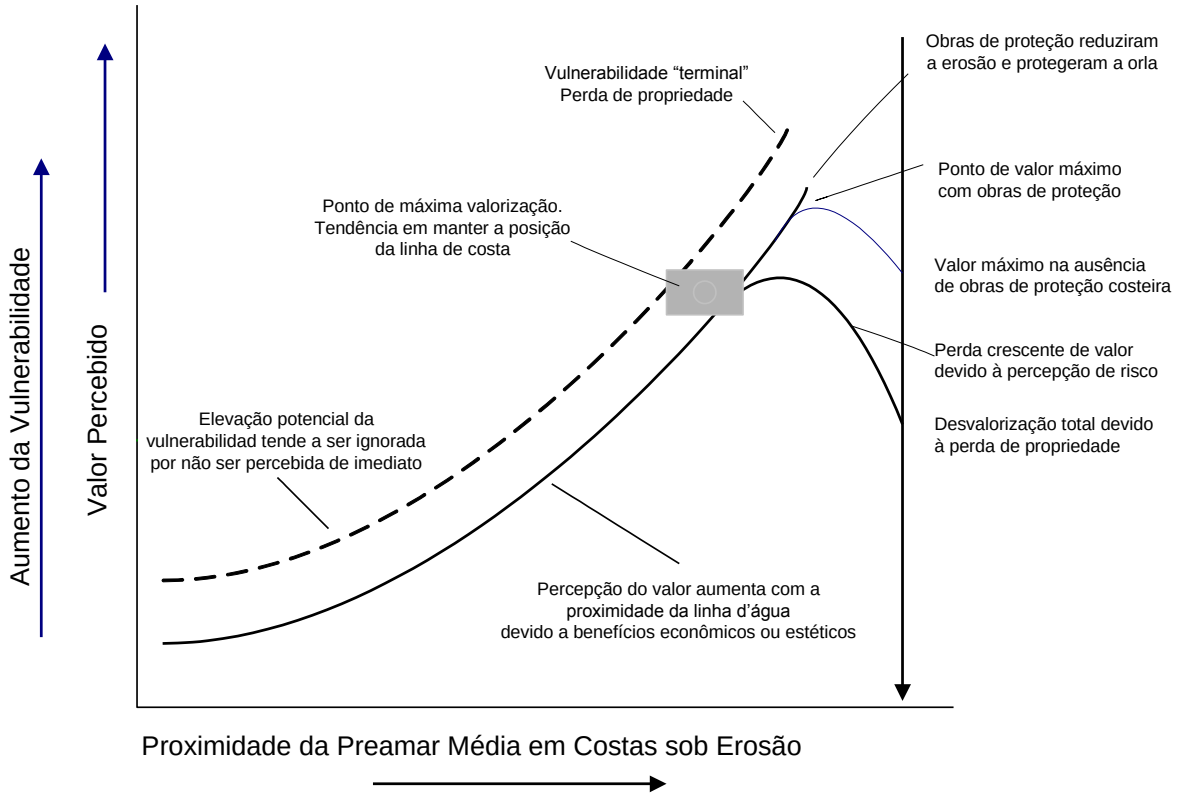


Fig. 21 - Processo de valorização / desvalorização das propriedades litorâneas em função da proximidade do mar e da percepção do risco à erosão costeira.

Fonte: Traduzido de S. McLaughlin *et al.*, 2002, p. 496

Nota-se tanto neste último gráfico como nos modelos do ciclo turísticos apresentado anteriormente que o problema-chave está na idéia de que a evolução se dá de forma uniforme no tempo e no espaço, tendendo a uma certa estabilidade até o momento em que esta é quebrada por um forte impacto, seja uma catástrofe natural, seja um colapso das atividades sociais e econômicas. Este momento caracteriza-se por uma enorme transformação que pode levar ao declínio ou ao rejuvenescimento de determinado processo. Esta idéia predomina não apenas na idealização dos modelos, como no próprio processo descrito por estes. No caso da problemática do risco à erosão costeira, nota-se que tanto os proprietários dos imóveis como os gestores não têm consciência de que o processo de erosão não ocorre apenas durante as fortes ressacas, mas que somado a este evento extremo pode existir um processo constante de perda de sedimentos. Outras mudanças ambientais também só são percebidas pelo homem quando atingem uma situação crítica em que a capacidade de resiliência e adaptação do sistema é nula ou quase nula. Em outras palavras, o processo de contínua transformação e as diferentes possibilidades de reação às perturbações não são facilmente

compreendidos. Esta dificuldade é também um problema para os estudos de avaliação da vulnerabilidade costeira, visto que a metodologia adotada precisa dar conta destas contradições e dinâmicas.

CAPÍTULO III

VULNERABILIDADE COSTEIRA NO BRASIL

3.1 VARIAÇÃO DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO BRASIL

Os primeiros estudos sobre variação do nível médio do mar na costa brasileira datam da década de 1960 com destaque para os trabalhos de Jahannessen, Leinebö e Mesquita (1967; 1969; 1967 *apud* Mesquita e Leite, 1985). Tais trabalhos tiveram como referência medições do nível médio diário da maré realizadas nos portos de Paranaguá (PR), Cananéia e Santos (SP), Imbituba (SC), Rio de Janeiro (RJ), Salvador (BA), Recife, (PE), Fortaleza, (CE) e Belém (PA). Na década de 1980 estudos pioneiros apontavam pela primeira vez as evidências de oscilações do nível do mar no Quaternário e a tendência recente de subida do nível médio do mar no litoral do Brasil, com destaque para estudos sobre o litoral de São Paulo (Suguio e Martin, 1976, 1981; Mesquita e Leite, 1985), do Espírito Santo (Bittencourt *et al.,* 1976; Martin *et al*., 1978, 1976, 1980 *apud* Bittencourt *et al*., 1985), da Bahia (Dominguez, 1982 *apud* Bittencourt *et al*., 1985) e do Rio de Janeiro (Muehe, 1985).

O comportamento do nível do mar durante o Pleistoceno segundo estudos paleogeográficos e geológicos esteve relacionado às condições climáticas, ora caracterizadas por um clima seco e frio, ora por um clima quente e úmido. A datação de terraços marinhos elevados e testemunhos como a linha de falésias "mortas" do Grupo Barreiras e formações recifais não aflorantes no sul da Bahia, apontam que a penúltima transgressão marinha no Brasil, ocorreu no Pleistoceno, há aproximadamente 120.000 anos A.P., quando o clima era semelhante ao atual (Flexor *et al*., 1984; Bittencourt *et al.* 1982). Entre 120.000 e 7.000 anos A.P. o nível do mar permaneceu abaixo do atual, apesar de importantes oscilações. Neste período foram formadas diversas feições deposicionais dando origem a terraços marinhos, assim como feições erosivas pela atuação de rios, como os vales profundos, atualmente ainda visíveis por sondagem na plataforma continental (Bittencourt *et al.*, 1982). Apenas há 17.000 anos A.P. se inicia a última grande transgressão marinha, e entre 6.500 e 7.000 anos A.P. o nível do mar ultrapassa o nível atual. Os primeiros estudos sobre as variações do nível do mar no Quaternário apontaram evidências sedimentológicas, ambientais e morfológicas observadas na plataforma continental inferindo com estas a localização da antiga posição da linha de costa para o período entre 15.000 e 9.000 anos A.P. (Kowsmann e Costa, 1974 *apud* Suguio e Martin, 1981). Posteriormente, mapeamentos detalhados e datações por radiocarbono das planícies costeiras

de São Paulo (Cananéia e Santos), Rio de Janeiro (Angra dos Reis) e Bahia (Salvador) revelaram fortes comprovações da ocorrência da transgressão pleistocênica (120.000 anos A.P.) e da última transgressão marinha há 7.000 anos A.P. (Suguio e Martin, 1981). Tais mapeamentos e datações levaram em considerações estudos dos terraços sedimentares, evidências biológicas, como incrustações e fósseis de animais marinhos e a localização e idade de Sambaquis (*op. cit.*). Estes dados permitiram a reconstituição das antigas posições ocupadas pelo nível médio relativo do mar o que resultou na construção de curvas de variações do nível do mar para estes últimos 7.000 anos nas três localidades estudadas. Tais curvas apresentam formas muito semelhantes o que converge para a afirmação de que o nível do mar ultrapassou o nível atual há aproximadamente 7.000 anos atrás, atingindo o máximo transgressivo, com mais ou menos 5 metros acima do atual, por volta de 5.100 anos antes do presente. Depois desta data o nível do mar permaneceu mais ou menos regular com exceção de dois curtos períodos de rápida elevação entre 3.800-3.600 e 2.700-2.500 anos A.P.

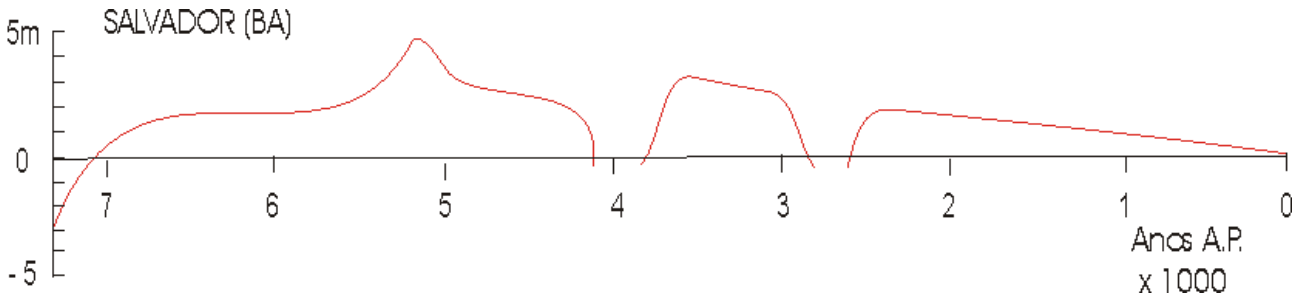


Fig. 22 – Curva da variação do nível do mar no Brasil nos últimos 7.000 anos

Fonte: Suguio e Martin (1981)

As oscilações do nível do mar nestes últimos 7.000 anos se traduziram na paisagem com a formação de sistemas de barreiras arenosas associadas às lagunas costeiras, assim como, com a construção dos terraços marinhos arenosos e cordões litorâneos em função do contínuo rebaixamento após 5.100 anos A.P (Bittencourt 1982). Kikuchi e Leão (1998) apontam também correlações entre os valores do nível do mar encontrados nas curvas traçadas para os últimos 7.000 anos e as etapas de desenvolvimento de recifes de corais no litoral da Bahia para o mesmo período, o que representa mais uma evidência na paisagem atual destas oscilações do nível do mar.

As tendências atuais de oscilação do nível do mar no Brasil vêm sendo estimadas a partir das medições da maré nos portos brasileiros que apontam para um aumento de aproximadamente 40cm/século (figura 23).

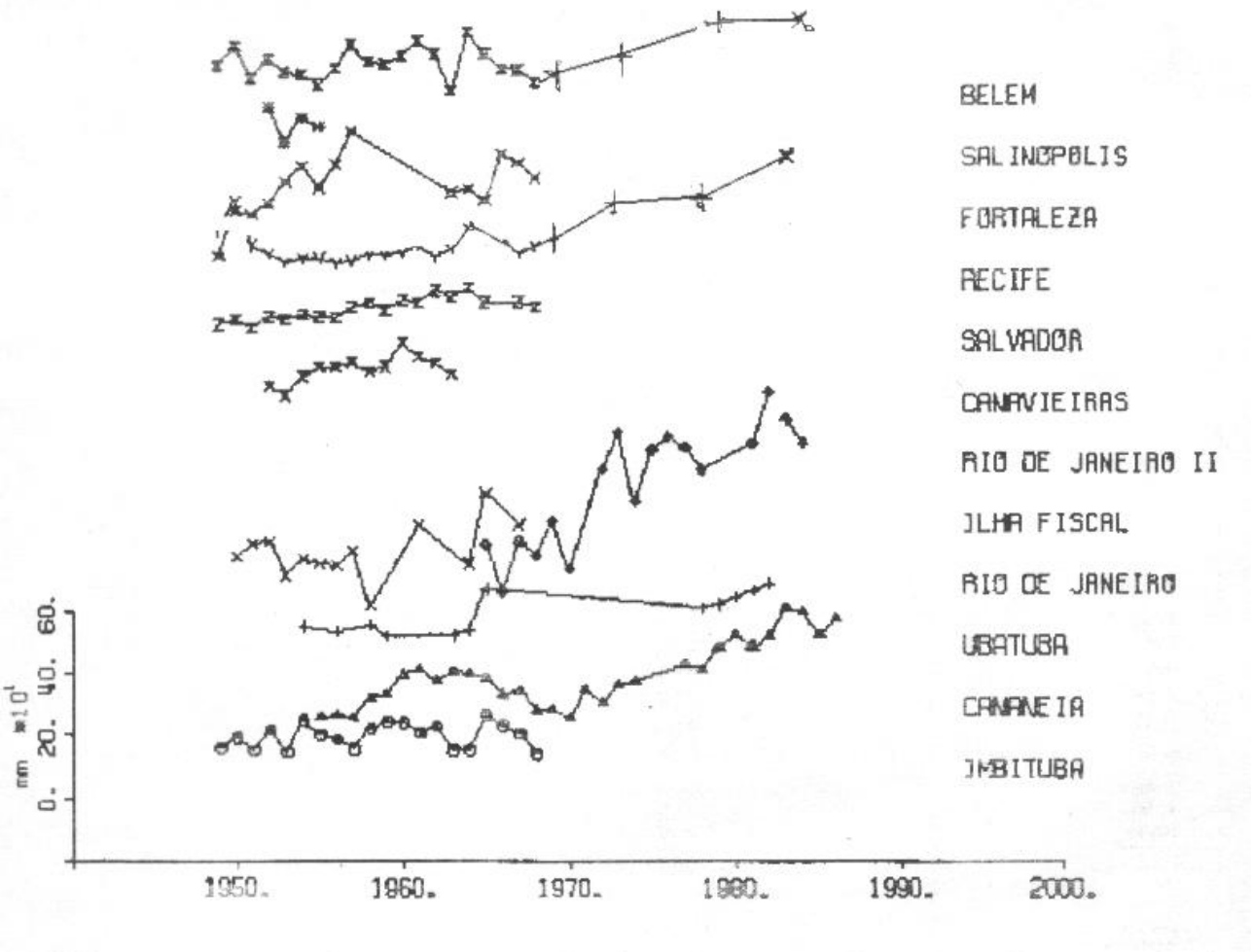


Fig. 23 – Variação do nível médio do mar entre 1950 e 2000 para os portos brasileiros

Fonte: Mesquita, A. (2005, p.8)

Observa-se na figura, no entanto, que a maior parte dos portos brasileiros deixou de realizar as medições, que em muitos casos só foram feitas apenas no momento das obras de instalação portuária acarretando na descontinuidade das séries históricas. Em 2004 o programa internacional GLOSS (Global Observing Sea Level System) foi implementado no Brasil com recursos da CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) o que representa significativo avanço nos estudos do nível do mar por garantir grande cobertura de dados, além da continuidade das medições realizadas.

3.2 EROSÃO E INUNDAÇÃO COSTEIRA DO LITORAL BRASILEIRO

3.2.1 Erosão Costeira

O levantamento realizado pela União Geográfica Internacional – UGI – entre 1972 e 1984 demonstrou que ocorre erosão em 70% das costas sedimentares do mundo, menos de 10% estão em progradação, enquanto entre 20-30% encontram-se estáveis (Bird, 1985 *apud* Bird, 1993). Ao longo do extenso litoral brasileiro, os estudos recentes voltados para este tema também vêm mostrando em diversos estados uma tendência à erosão costeira (Esteves *et al.* 2003 para o litoral do Rio Grande do Sul; Souza e Suguio, 2003 para o litoral de São Paulo; Diniz, 2002 para o litoral do Rio Grande do Norte, Muehe *et al.* 2001, para o litoral do Rio de Janeiro). O livro "Erosão e Progradação do litoral brasileiro" publicado em 2006 pelo Ministério do Meio Ambiente no âmbito do Programa de Geologia e Geofísica Marinha – PGGM, sob coordenação do Dr. Dieter Muehe, representou um marco para os estudos de erosão costeira no Brasil, sistematizando as informações através de mapeamentos, descrições e classificações para cada estado costeiro do Brasil.

De modo geral, a erosão predomina largamente sobre a progradação segundo os registros e relatos de diversas partes do litoral brasileiro (Muehe, 2005). Do total de ocorrências, 40% se refere à erosão de praias, 20% trata da erosão das escarpas sedimentares e 15% das desembocaduras dos rios e estuários (Muehe, 2005; Muehe, 2006). Apenas 10% dos casos relatados referem-se a praias arenosas. No caso dos estuários há a mesma quantidade de registros de erosão e de progradação, merecendo destaque os processos erosivos da foz dos rios São Francisco e Paraíba do Sul, considerados os mais fortes do Brasil (figura 24), e a progradação da foz do rio Jequitinhonha (Muehe, 2006).

Vila do Cabeço (SE)

Atafona (RJ)

Fig. 24 – Erosão costeira na foz do Rio São Francisco (Vila do Cabeço) e foz do Paraíba do Sul (Atafona)

Em relação à erosão de praias arenosas, destacam-se os casos emblemáticos do litoral de Fortaleza e de Recife, no nordeste do Brasil, assim como os casos estudados no litoral do Rio Grande do Sul e no Rio de Janeiro. Em Fortaleza a construção de um quebra-mar em 1875 com a finalidade de criar condições de abrigo às embarcações e, posteriormente a construção de um molhe, interromperam o transporte de sedimentos e desencadeou um processo erosivo que afetou as praias urbanas da cidade (Valentini, 1994 *apud* Neves e Muehe, 2008) (foto). Em Pernambuco a erosão intensa que afetou, em especial, o litoral de Olinda, parece estar originalmente ligado ao déficit de aporte sedimentar devido a dragagens no porto de Recife (Neves *et al.*, 1991 apud Neves e Muehe, 2008). Já na praia de Boa Viagem, apesar da presença de recifes que poderiam significar proteção, a erosão costeira intensa já vem causando prejuízos com a destruição da avenida litorânea e com a colocação de enrocamentos para contenção (figura 25).

Fig. 25 –Enrocamentos para contenção da erosão na praia de Boa Viagem, Recife (PE)

No Rio Grande do Sul foram identificados trechos de erosão próximos a cidade de Rio Grande e na praia do Hermenegildo, no extremo sul do litoral (Calliari *et al*., 2000; Speranski, e Calliari , 2006; Esteves *et al*.,2003). A erosão costeira no litoral do Estado do Rio de Janeiro será comentada no capítulo concernente à área de estudo.

As principais causas de erosão apontadas para o litoral brasileiro segundo Muehe (2005; 2006) foram relacionadas à intervenção humana, principalmente em função de obras costeiras, como foi visto para os casos de Fortaleza e Recife, e do processo de urbanização. No entanto, é preciso alertar, conforme destaca o próprio autor, que:

"(...) a urbanização em si não provoca erosão, entretanto, a construção de edificações dentro da faixa de resposta dinâmica da praia às tempestades tende à retomada pelo mar da área construída." (Muehe, 2005 p.8)

Outra causa observada em diversas praias é a falta de suprimento sedimentar, seja por esgotamento da fonte natural (plataforma continental interna), seja por retenção de sedimento pelos rios ou pela transferência de sedimentos para campos de dunas. Por fim, alguns eventos de erosão costeira mais pontuais estão associadas à concentração de energia de ondas por efeito de refração controlada pela topografia do fundo marinho. Este é o caso do litoral de Hermenegildo e Farol da Conceição no Rio Grande do Sul onde Calliari *et al.* (2000) e Speranski e Calliari (2006) afirmam que a principal causa da erosão costeira é a convergência das ondas (foco) por efeito de refração. Em Rio das Ostras, no litoral do estado do Rio de Janeiro, Muehe *et al.* (submetido para publicação) também sugerem a mesma correlação.

Além de fornecer uma visão geral dos processos de erosão no litoral do Brasil e sua relação com a grande variedade geomorfológica e oceanográfica encontrada ao longo de quase 8.000km de costa, o livro "Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro" foi importante por alertar a necessidade da continuidade e avanço da pesquisa em erosão costeira. O Ministério do Meio Ambiente, visando direcionar esta continuidade, realizou em 2008 o primeiro Simpósio Nacional Sobre Erosão Costeira, cujo documento síntese aponta as diretrizes e recomendações para três eixos temáticos, incluindo os temas suprimento sedimentar e aqüíferos costeiros, monitoramento e gestão da erosão costeira e obras de engenharia costeiras (MMA, 2008). Neste documento aponta-se, dentre outras diretrizes, a necessidade de:

- aquisição de dados geológicos e geofísicos da plataforma continental;
- aquisição de dados batimétricos e altimétricos;
- monitoramentos das praias e das condições oceanográficas;
- mapeamento da vulnerabilidade da linha de costa à erosão em diferentes escalas;
- aquisição de dados de sensores remotos multitemporais e multiescalas.

Um dos pontos de demanda comum para os diferentes eixos temáticos discutidos no simpósio foi a necessidade de dados batimétricos e altimétricos de alta resolução para geração de modelos de refração de ondas e modelagem digital do terreno. A ausência de dados altimétricos precisos no Brasil tem sido citada como fator limitante não apenas nos trabalhos sobre erosão costeira, mas principalmente em pesquisas sobre inundações.

3.2.2 Inundações Litorâneas

Talvez em função da deficiência de dados altimétricos os estudos sobre inundações litorâneas no Brasil são muito menos numerosos do que aqueles voltados para erosão costeira. Uma contribuição pontual é o trabalho de Souza (2005) sobre a suscetibilidade de bacias de drenagem às inundações em áreas costeiras do litoral norte de São Paulo. Em nível nacional o Macro Diagnóstico da Zona Costeira e Submarina publicado em 2008 pelo Ministério do Meio Ambiente apresenta no capítulo sobre Risco Natural, organizado por Moisés Tessler, as principais áreas inundação litorânea no Brasil. A metodologia adotada neste diagnóstico considera como regiões mais propensas à inundação aquelas sob processos erosivos, uma vez que estes tendem a destruir barreiras naturais como restingas, dunas frontais, falésias e mangues. (Tessler, 2008). Além disso, foram usados os dados altimétricos da SRTM-NASA para geração de um modelo digital do terreno cuja resolução permitiu discriminar as áreas abaixo de 10 metros de altitude, consideradas as mais vulneráveis. Apesar de satisfatório para o estudo em escala nacional, estudos internacionais vêem utilizando modelos digitais de terreno com resoluções muito mais altas que permitem discriminar até 1 metro de altitude.

A principal causa de inundações litorâneas é a alta energia de ondas ou a grande variação de maré associadas a relevos de baixa declividade e altitude. No litoral norte e nordeste brasileiro onde há grande variação da maré, observam-se diversos trechos com predomínio de planícies fluviais, muito suscetíveis às inundações, intercalados por trechos com falésias do Grupo Barreiras, que fornecem proteção ao avanço do mar. No sudeste a variação da maré não é tão significativa, mas a exposição a fortes ondulações confere alta energia ao litoral que também apresenta planícies associadas à desembocadura de rios, como o Rio Doce e o Rio Paraíba do Sul. No estado do Rio de Janeiro, Tessler (2008) destaca a Região dos Lagos por representar um trecho de cordões litorâneos com exposição à ação de tempestades, ocasionando os eventos erosivos de maior magnitude. As falésias no Espírito Santo e norte do Rio de Janeiro, assim como formações rochosas do embasamento cristalino e a diminuição da planície costeira devido à proximidade da Serra do Mar no sul do Rio de Janeiro, são elementos que conferem menor exposição à inundação em alguns trechos do litoral sudeste. Por outro lado, as baixadas fluminense e santista representam áreas extremamente vulneráveis. No litoral de Santa Catarina e Paraná, Tessler (*op. cit.*) afirma que, baseando-se na elevada topografia e no baixo grau de ocupação humana, ocorre predominância de risco de inundação médio a muito baixo. O autor aponta como exceção a ilha de Santa Catarina onde a densa ocupação confere um grau mais elevado de risco. Neves e Muehe (2008) apontam também como exceção deste baixo risco, o estuário de Itajaí-Açu que, segundo os autores, é freqüentemente impactado por inundações, tendo o porto de Itajaí como importante escoadouro de produção do estado. Finalmente, em Rio Grande, no litoral do Rio Grande do Sul, onde se constata a mais alta energia de ondas e o

relevo é caracterizado por sucessões de cordões litorâneos ou barreiras formando extensas planícies, encontram-se um dos mais elevados graus de risco à inundação do litoral brasileiro (Tessler, 2008).

CAPÍTULO IV

MÉTODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA

4.1 O USO DE INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE COSTEIRA

Segundo McLaughlin *et al.* (2002) inúmeros índices foram criados para avaliação da vulnerabilidade e sensibilidade apresentando como objetivo principal a classificação da costa. As perturbações físicas que são geralmente consideradas nestes índices incluem a subida do nível do mar, tempestades, mudanças climáticas e impactos humanos (*op. cit*.).

A vulnerabilidade física pode ser avaliada segundo diversos métodos que incluem indicadores de diferentes naturezas (hidrológico, geomorfológico, climatológico, geológico, e outros). A escolha dos indicadores com os quais se pretende trabalhar está relacionada aos objetivos da pesquisa, assim como à interpretação do conceito de vulnerabilidade e outros conceitos correlacionados.

Segundo Bush *et al.* (1999) a partir de geo-indicadores, tais como a cobertura vegetal, a taxa de erosão, a morfologia da praia, a conformação das dunas, a proximidade de uma foz de rio, a costa pode ser facilmente classificada em risco elevado, moderado e baixo. Sugere-se ainda a utilização de indicadores suplementares para avaliação da mudança da linha de costa que pode ser classificada como costa com erosão severa, com erosão, e com progradação ou estável (*op. cit*.).

Morton (2002) apresenta vários fatores físicos que podem influenciar o tipo e a magnitude de um evento de tempestade. O autor destaca a ação dos ventos, os quais podem transferir energia adicional ao oceano; a topografia antecedente das praias; a granulometria dos sedimentos; tipo e densidade de vegetação; e o tipo e densidade de desenvolvimento urbano, pois estruturas e modificações na topografia podem complicar as interações das correntes e ondas e acentuar as forças destrutivas das tempestades.

A vulnerabilidade física é também relacionada ao grau de resiliência de determinado sistema ambiental. No caso das praias, a resiliência está associada à mobilidade morfodinâmica e a capacidade de recuperação após um evento de tempestade.

Na literatura sobre vulnerabilidade sócio-econômica aos riscos de tempestades, envolvendo não apenas a ação das ondas, mas também dos ventos e das chuvas (enchentes, deslizamentos), as variáveis mais citadas para a diferenciação da vulnerabilidade são a estrutura familiar, idade, raça,

etnia, tipo de construção, recursos materiais, meios de transporte e de comunicação e outros serviços (Clark *et al*., 1998). Outros aspectos menos citados são, por exemplo, a imigração e a educação (*op. cit*.). Para Adger (2001) a vulnerabilidade é diferenciada pelos níveis de igualdade, diversidade de formas de sustento, potencialidade de ocorrer impacto climático e formas institucionais apropriadas. O autor defende que para a compreensão dos impactos potenciais de uma mudança climática em longo prazo deve ser debatida a questão da desigualdade social, visto que a causa da vulnerabilidade e a capacidade de adaptação de cada grupo social são muito distintas (*op. cit.*). A resiliência individual à seca e, conseqüentemente, ao acesso à alimentação, por exemplo, vai ser comprometida pela saúde, nutrição e pobreza. A resiliência de um sistema agrícola ao mesmo perigo, por sua vez, será determinada pela capacidade em lidar com o problema através de medidas como irrigação e armazenamento de água (Adger *et al*., 2004).

Segundo Klein (2003) existem diferentes maneiras de distinguir as opções de adaptação. Primeiro, dependendo do tempo, objetivo e motivação, a adaptação pode ser tanto reativa como antecipatória. Adaptação reativa ocorre depois do impacto inicial da mudança climática, enquanto adaptação antecipatória ocorre antes. Uma segunda distinção pode ser baseada no sistema em que a adaptação ocorre: no sistema natural ou no sistema humano. No sistema humano uma terceira distinção pode ser feita em relação a motivação, que pode ser relacionada a interesses privados ou públicos. Decisões privadas podem incluir tanto proprietários individuais como companhias comerciais, enquanto os interesses públicos envolvem todas as escalas de jurisdição.

Outros autores apontam ainda para mais uma distinção da adaptação: planejada e autônoma ou espontânea (Carter *et. al*., 1994 *apud* Klein, 2003; Adger, 2001). A primeira resulta de uma decisão política que está relacionada ao conhecimento de que as condições mudaram ou podem mudar e que uma ação é necessária para retornar ou manter o estado desejado. Adaptação autônoma, que envolve mudanças tanto do sistema natural como do humano, vai decorrer em resposta de mudanças das condições, sem envolver políticas ou decisões. Adaptação autônoma é individual enquanto que a planejada é coletiva. Ambas estão relacionadas à adaptação privada e pública respectivamente.

A adaptação planejada vem sendo cada vez mais relacionada ao conceito de governança. Este último é definido por Ehler (2003) como um processo através do qual diversos elementos da sociedade garantem poder e autoridade e, conseqüentemente, influencia e cria políticas e decisões relacionadas à vida pública e ao desenvolvimento econômico e social. Um dos problemas mais apontados na literatura que influencia negativamente a governança costeira é o conflito de competência entre as diferentes esferas jurisdicionais. Os indicadores mais comumente usados para medir o grau de governança é a autoridade legal de gerenciamento, a quantidade de recursos

financeiros alocados para gestão, o arranjo institucional para planejamento e implementação, a existência de plano de gestão, a participação da sociedade na gestão e o processo de revisão do plano.

4.1.1 Definição e Mensuração de Índices

A definição e a mensuração de índices são baseadas em uma complexa combinação de variáveis e indicadores que revela uma condição síntese de determinado objeto de pesquisa. Como afirma Cendrero *et al.* (2003) algumas destas variáveis ou indicadores podem ser expressas por parâmetros quantitativos e outras, qualitativos; algumas são mensuradas de forma objetiva, outras só podem ser avaliadas subjetivamente. Além disso, as variáveis podem ser contínuas, discretas ou categóricas e podem representar uma característica estática / permanente ou dinâmica. O grande desafio está em sintetizar em um único valor uma grande quantidade de variáveis de diferentes naturezas A maioria dos índices conhecidos internacionalmente são índices quantitativos, resultados de uma formulação matemática objetiva, geralmente simples, apesar de envolver em seu processo estatísticas complexas.

A utilização de índices em escala mundial data do final da década de 1950 quando foi desenvolvido o índice de Produção Interna Bruta – PIB – como indicador do progresso econômico de um país. Nos anos 1990, suprindo a demanda por uma mensuração das diferenças sociais e não apenas econômicas, foi criado pela ONU o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH – que agrega quantitativamente aspectos da qualidade de vida baseados na taxa de alfabetização, escolaridade, expectativa de vida e no PIB *per capita*. Para Braga *et al.* (2004) apesar da contribuição do IDH ao incluir aspectos sociais na idéia de desenvolvimento, os aspectos ambientais ainda não são considerados. Um exemplo de índice de vulnerabilidade humana e ambiental citado por Adger *et al.* (2004) é o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (Environmental Vulnerability Index – EVI) desenvolvido pelo South Pacific Applied Geosciencies Commission (SOAPAC) com o objetivo de representar a vulnerabilidade de pequenas ilhas aos perigos naturais e antrópicos. Adger *et al.* (*op. cit.*) e Braga *et al.* (*op. cit.*) citam ainda o Índice de Sustentabilidade Ambiental (Environmental Sustainability Index – ESI) desenvolvido em 2002 pela Universidade de Yale e de Columbia, com o apoio do World Economic Fórum. Tal índice é composto por 20 indicadores, cada um compreendendo entre 2 e 8 variáveis, representando um total de 68 dados. O ESI constrói um ranking de países considerando cinco componentes: sistemas ambientais, redução de stress, redução de vulnerabilidade humana, capacidade institucional e social e relacionamentos internacionais.

Além da seleção e da integração coerente de todas as variáveis, a criação de um índice necessita algum tipo de padronização e metodologia de agregação. Para tanto, cada indicador deve ser normalizado e reduzido a uma escala numérica comum. Operações matemáticas podem então ser

aplicadas para combinar os indicadores e formar sub-índices ou um índice composto único. Tal procedimento não elimina a subjetividade, visto que certos critérios devem ser estabelecidos, como a seleção dos indicadores, a definição de pesos e o procedimento lógico de agregação (Mohr, 1988 *apud* Cendrero *et al.*, 2003). Braga *et al.* (2004), em estudo sobre a definição de índices de sustentabilidade municipal, sugere como etapas para o cálculo a realização de testes de padronização e adequação das variáveis a partir do uso de técnicas de análise multivariada. Por análise de correlações foi possível eliminar as variáveis consideradas como redundantes ou pouco sensíveis. A padronização das variáveis foi realizada pelo método *z-score*, de modo a permitir sua agregação ao converter todas as variáveis a uma escala numérica única. Os autores optaram por não dar pesos às variáveis por ausência de consenso científico sobre o peso específico das contribuições relativas de cada variável. Adger *et al.* (2003) chamam atenção para a cautela na definição de pesos para construção de índices que pretendem comparar regiões ou países, visto que o nível de importância de determinada variável pode se alterar de um lugar para o outro. Uma alternativa para mensuração menos quantitativa de índices apontada por Adger (*op. cit*.) é a definição de categorias representando diferentes níveis ou graus, como baixo, intermediário e alto. Para cada categoria é dado um valor e o índice é calculado simplesmente pelo somatório destes valores baseados na hierarquização inicial de cada indicador. A mensuração e definição de índices podem apresentar inúmeras outras metodologias, mais ou menos complexas. Todas, no entanto, conforme ressaltam Braga *et al.* (2004), devem estar atentas a alguns problemas freqüentemente encontrados, tais como: ausência ou fragilidade da concepção conceitual, fragilidade dos critérios de escolha das variáveis representativas, falha de critérios claros de integração dos dados e baixa relevância dos dados utilizados.

4.1.2 Construção de índices de vulnerabilidade costeira

Observam-se nas últimas décadas alguns avanços conceituais importantes para o desenvolvimento de programas e políticas de gestão costeira o que demandou a criação de metodologias de avaliação dos problemas observados. O surgimento do conceito de gestão costeira integrada nos anos 1980 é bem representativo desta nova demanda, visto que a preocupação deixou de estar restrita aos problemas de erosão costeira para abranger, de forma integrada, uma gama de conflitos e de questões sociais, ambientais e políticas. Uma contribuição a este desafio aparece mais recentemente, através de estudos que sugerem o uso de indicadores para a avaliação sócio-ambiental a partir da matriz metodológica Pressão-Estado-Resposta (P-E-R), desenvolvida pela OECD (Em português: OCDE – Organização para Co-operação de Desenvolvimento Econômico). Esta matriz foi debatida, aperfeiçoada e aplicada por diversos autores. Bowen e Riley (2003) apontam basicamente duas fraquezas do modelo inicial: a não inclusão de fatores naturais na categoria de pressão e a ausência de investigação das motivações que levam a determinadas respostas sociais. Estas e outras fragilidades apontadas em diversos trabalhos levaram a modificação da matriz que agora inclui as categorias *forças motrizes* ou *forçantes naturais* (driving forces) e *impacto*, passando de P-E-R para D-P-E-I-R. Independente do uso das três ou cinco categorias, estes avanços permitiram repensar o modelo sob uma perspectiva ainda mais complexa.

Nos últimos anos, a matriz metodológica P-E-R começa a ser adotada por diversas pesquisas sobre a zona costeira. Um olhar atento à revisão bibliográfica dos principais estudos baseados em indicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira realizada por Adger *et al.* (2003) permite identificar duas principais metodologias para escolha destes indicadores. A primeira baseia-se nos indicadores por tipo, ou seja, se eles são indicadores de pressão, estado ou de resposta; a segunda separa os indicadores por temas da pesquisa, como por exemplo, recursos naturais, riscos, infra-estrutura urbana e turismo.

A metodologia desenvolvida por Cendrero *et al*. (2003) e testada nos litorais da Espanha, Argentina e México buscou atrelar as duas abordagens metodológicas descritas acima. A partir da análise de 67 indicadores de pressão, estado e resposta, relacionados ao uso dos recursos naturais, produção de efluentes, grau de "naturalidade" e serviços de suporte (quadro 3) o autor estabelece o cálculo de índices para cada tipo e dimensão a partir dos quais define o que ele chamou de índice de qualidade ambiental.

Quadro 3 - Exemplo de indicadores de pressão-estado-resposta para a zona costeira segundo as diferentes funções

Tipo	Indicador	Medida
FUNÇÃO: Ambiente natural		
Pressão	1 Densidade de estradas	km/km2; km/habitante
Estado	2 Fragmentação de ecossistema	nº. Poligonos/km^2
Resposta	3 Área protegida	%; m^2/habitante
FUNÇÃO: Fonte de recursos		
Pressão	4 nº de barcos de pesca	nº/km^2; nº/1000hab
Estado	5 diversidade de ecossistemas	nº/km^2
Resposta	6 Habitats protegidos	%; m^2/habitante
FUNÇÃO: Efluentes/descarte de resíduos, lixo		
Pressão	7 Produção de lixo sólido urbano	Tm/km2; kg/habitante
Estado	8metais pesados na água	ppm
Resposta	9 Gastos no processamento de lixo	R$/km2; kg/habitante
FUNÇÃO: Suporte de atividades/fornecedor de serviços (construção)		
Pressão	10 densidade populacional	Hab/km^2
Estado	11 construção em área de risco	%; m^2/habitante
Resposta	12 Gastos em mitigação do risco	R$/ano; R$/hab/ano
FUNÇÃO: Suporte de atividades/fornecedor de serviços (turismo)		
Pressão	13 Licenças de construção de habitações	nº/km2; nº/1000 hab
Estado	14 Área construida	%; m2/habitante
Resposta	15 Área *non edificandi*	%; m2/habitante

Fonte: Adaptado de Cendrero et al., 2003.

Cendrero *et al.* (2003) apontam alguns problemas e dificuldades para a aplicação desta metodologia. Em primeiro lugar, ressalta que o resultado encontrado é como uma caricatura da realidade, pois quanto maior o número de variáveis associadas a um indicador, mais distante de cada dado individualizado este indicador ficará. Segundo o autor, uma variável pode, freqüentemente, significar uma medida bastante objetiva de determinado ambiente. No entanto, quando se combinam algumas variáveis para gerar um índice o grau de subjetividade aumenta, mas, por outro lado, aumenta o grau de integração (figura 26).

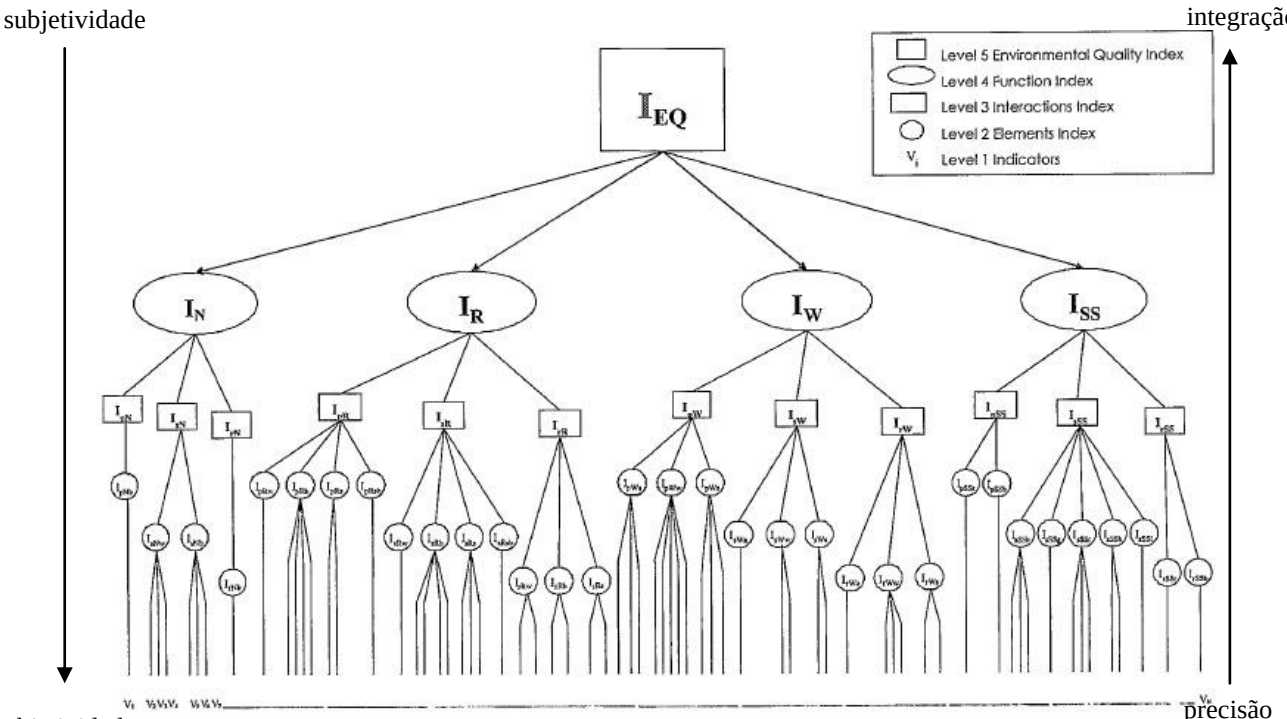


Fig. 26 – Hierarquia dos indicadores.

Fonte: Adaptado de Cendrero *et al.*, 2003 p.925

Outra dificuldade é trabalhar com dados em diferentes escalas e medidas. Como se observa no quadro 3 as medidas dos dados podem ser expressas em área, percentagem, densidade, quantidade (número inteiro), etc, de acordo com a variável e com o objetivo do uso desta. Além disso, alguns dados estão associados a um recorte espacial administrativo, enquanto outros estão associados a um recorte ambiental. A grande quantidade de dados exigidos pela análise, incluindo dados temporais, foi outro problema encontrado.

O autor aponta, por outro lado, as vantagens do uso de indicadores, destacando sua importância para trabalhos que visem contribuir para a tomada de decisões, seu poder na geração de sínteses e diagnósticos e, ainda, a possibilidade de estudos comparativos entre o passado e o presente e as tendências futuras. Tais vantagens estão intimamente relacionadas às vantagens do uso de banco de dados, pois sem este não seria possível reunir de forma organizada os dados necessários para as análises e comparações.

A metodologia proposta por Cendrero *et al.* (2003) representa um importante esforço da utilização de indicadores representativos da pressão que é exercida nas zonas costeira, assim como do estado destes ambientes e das respostas políticas e sociais que decorrem dos problemas.

Outro trabalho interessante foi elaborado por Cox *et al.* (2004) na costa australiana. Neste, foram utilizados indicadores diretos e indiretos de pressão sobre as águas costeiras; da condição físico-químico do ambiente; de impactos sociais e econômicos; e de respostas em termos de gerenciamento e políticas. A contribuição deste último trabalho foi demonstrar a possibilidade de

definição de áreas prioritárias para o gerenciamento costeiro a partir da utilização de indicadores de P-E-R. No Brasil algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com este mesmo objetivo, apesar de, em sua maioria, apresentarem um enfoque restrito aos problemas de erosão costeira e subida do nível do mar, além de, na maioria dos casos, adotarem uma classificação qualitativa em detrimento da análise quantitativa. Em escala nacional Muehe e Neves (1995) desenvolveram uma pesquisa pioneira sobre a vulnerabilidade e os efeitos potenciais da subida do nível do mar na costa brasileira. No Rio Grande do Sul, Esteves (2003) identificou as áreas críticas, áreas de ação prioritária, áreas latentes e áreas naturais através de indicadores de vulnerabilidade à erosão costeira e do grau de urbanização. Adotando uma classificação semelhante Lins-de-Barros (2005) elabora para o município de Maricá, Rio de Janeiro, o mapeamento das áreas críticas e de risco potencial à erosão costeira através de indicadores de vulnerabilidade física do litoral, do grau de danos por eventos pretéritos e de características da ocupação urbana. Szlafsztein (2005) aproxima-se mais dos trabalhos internacionais anteriormente discutidos ao propor a elaboração de um índice de vulnerabilidade para o litoral do estado do Pará através de índices de vulnerabilidade física e socioeconômica. Apesar das dificuldades de obtenção de dados o autor analisou 8 parâmetros para avaliação da dimensão física da vulnerabilidade e 7 outros para avaliação da dimensão socioeconômica. Levando em consideração a relevância de cada variável foram dados pesos para o posterior cálculo do índice de vulnerabilidade total (figuras 27 e 28).

	Variáveis	Peso
vulnerabilidade socioeconômica	população afetada (total: população não residente, criança, idoso)	1
	densidade populacional	0.5
	população não residente, criança, idoso	0.25
	população total, pib municipal, pobreza	0.125
vulnerabilidade natural	comprimento da linha de costa, áreas de enchentes, medidas de proteção, casos de desastres, tamanho total do sistema fluvial	1
	feições costeiras	0.5
	continentalidade, complexidade da linha de costa, % de enchentes, densidade de drenagem	0.25

Fig. 27 – Variáveis socioeconômicas e físicas e os respectivos pesos atribuídos.

Fonte: Adaptado de Szlafsztein (2005, p.23).

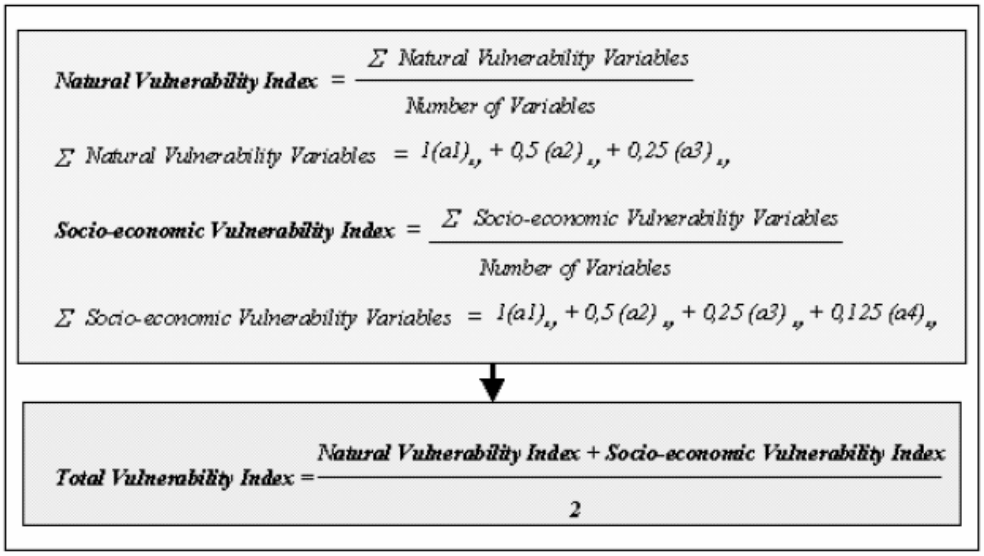


Fig. 28 – Definição dos índices de vulnerabilidade física, socioeconômica e total.

Fonte Szlafsztein (2005, p.20)

Apesar destes avanços, o desenvolvimento de metodologias que agreguem as diferentes dimensões da vulnerabilidade costeira ainda é incipiente ou possuem fraco embasamento conceitual e teórico. Como já fora exposto na introdução, na grande maioria dos estudos as especificidades da zona costeira são reconhecidas, mas não são adequadamente trabalhadas.

CAPÍTULO V

GESTÃO COSTEIRA

5.1 DOS PRIMEIROS ESTUDOS A GESTÃO COSTEIRA ATUAL

Os riscos relacionados à zona costeira e sua vulnerabilidade são assuntos presentes no pensamento ocidental desde o início do período moderno. O perigo do mar, o poder destrutivo das ondas, a dinâmica e a irregularidade da linha de costa eram aspectos discutidos em relatos, livros e obras. Entre os séculos XV e XVIII a interpretação dos relatos da Criação e do dilúvio estava no centro do debate suscitado pelas grandes teorias da Terra (Capel, 1985; Corbin, 1989). Todos situavam a catástrofe do dilúvio no centro de suas cosmologias. A irregularidade da linha de costa, com seus cabos e promontórios rochosos, era interpretada como uma ruína, vestígio de um cataclismo, apresentando um aspecto caótico e incompreensível. Predomina o temor do mar e a repugnância em permanecer em suas praias. Pensadores como William Whiston, Burnet e Woodward concordavam que os oceanos, a irregularidade da linha de costa, as areias litorâneas e a disposição incompreensível dos recifes eram vestígios do dilúvio (Corbin, 1989). No entanto, outras percepções sobre o mundo natural eram defendidas por alguns sábios religiosos e poetas que exaltavam o prazer de se estar próximo ao mar. A chamada teologia natural propõe um sentido ao espetáculo da natureza e percebia o mundo exterior como uma representação divina. Para esta última corrente de pensamento as praias e dunas não eram entendidas como resultado de processos costeiros, mas como elementos de uma arquitetura, edificada após o dilúvio.

Porém, é somente a partir de 1750, principalmente, quando os relatos de admiração pelas belezas da natureza, pelo espetáculo das ondas e pela grandeza do mar tornam-se numerosos. No período entre 1750 e 1840 surge o desejo coletivo das praias, diretamente associado à influência que os médicos exerceram neste período através da difusão de novos conteúdos simbólicos em relação às áreas litorâneas (Ferreira e Silva, 2001).

Na metade do século XVIII a área litorânea não representa apenas este lugar valorizado pela medicina para os banhos terapêuticos; volta a representar também importante palco para os estudos que buscam compreender o passado da Terra e as origens da vida (Corbin, 1986). Torna a ser debatida a questão em torno do dilúvio e a dificuldade de se relacionar os fenômenos observados com o texto bíblico leva à formulação de novas teorias, confrontando com as idéias catastrofistas. Estas últimas defendiam que as mudanças do relevo terrestre ocorriam em momentos de grande

instabilidade relacionados aos castigos divinos. À esta visão confronta-se àquela da teoria uniformitarista, desenvolvida por James Hutton no século XVIII, onde a evolução do relevo é interpretada como contínua, lenta e progressiva. Nesse momento de busca pela explicação da origem da Terra e da compreensão dos mistérios do mar, o litoral torna-se objeto de muitos estudos aplicados. Em 1694 o sueco Urban Hiärne realiza a primeira pesquisa científica sobre o recuo do mar através de um amplo questionário aplicado aos pescadores escandinavos, cujas respostas foram publicadas entre 1702 e 1706 (*op. cit*.). Posteriormente surge a primeira mensuração das oscilações da linha de costa realizada por André Celsius (Wegman, 1977 *apud* Corbin, A. 1989). A partir de 1724 Celsius começa a investigar a emergência de alguns recifes, o abandono de canais e o relato de pescadores em diversas praias do mar Báltico. Em 1731 continua sua pesquisa a partir da marcação de linhas de controle sobre rochedos para, finalmente, em 1743 estimar o recuo do mar, realizando assim a primeira medida científica do fenômeno a qual sustentava a hipótese da diminuição dos oceanos. Posteriormente outros grandes estudiosos fizeram observações e mensurações a respeito do recuo do mar.

Esta e muitas outras teorias e hipóteses que surgiram a partir do século XVIII representavam uma mudança na forma de perceber o tempo na geomorfologia. Os defensores das teorias uniformitaristas acreditavam que o passado poderia ser explicado através da observação das formas atuais. Charles Lyell resume esta idéia ao afirmar que "o presente é a chave do passado" (Lyell, 1833 *apud* Inkpen, 2005). A continuidade dos processos geomorfológicos, isto é, a idéia de que os processos que agem atualmente são os mesmos que sempre agiram desde a origem da Terra, passa a ser inquestionável, o que torna possível não apenas reconstituir o passado, como também prever o futuro. Tal constatação leva a interessantes debates sobre a idade da Terra. Ao contrário dos 6000 anos de idade defendido anteriormente, agora se acreditava que a Terra era muito mais antiga para permitir que os lentos processos formassem a paisagem observada no presente. Entre 1750 e 1850 a escala de tempo geológica é inteiramente revista por cientistas naturais, incluindo grandes nomes como Newton e Buffon. No final do século XVIII e ao longo do século XIX surgem os primeiros modelos e as grandes teorias de evolução da Terra. A compreensão dos processos marinhos e continentais, responsáveis pela erosão e deposição, torna-se o centro da questão. Mitchell (1974) ressalta quatro principais escolas de geologia entre 1785 e 1845 que formularam interpretações da história da Terra baseadas no uniformitarismo. James Hutton (1726-1797) enfatizou a importância da chuva e dos rios; William Hopkins (1793-1866) defendeu as forças estruturais; Charles Lyell (1779-1875) apresenta uma teoria de erosão da superfície da Terra baseando-se em agentes geológicos; e Andrew Ramsey (1814-1891) baseia-se nas idéias de planação e dedica-se à análise de ambientes fluviais e glaciais. Estes dois últimos nomes foram importantes por apontar o papel dos processos marinhos no desenvolvimento da paisagem. A partir de meados do século XIX, a maioria dos

cientistas passa a estudar as recentes descobertas da influência dos processos glaciais na formação de feições de vales e de irregularidades. O ciclo de erosão de W.M.Davis, já no final do século XIX, é largamente difundido, assumindo definitivamente o papel central dos processos continentais nas grandes teorias.

O uniformitarismo predominava em todas estas teorias e dava grande importância à observação e, por tanto, ao empirismo. Assim, evidências de campo tornaram-se numerosas em meados do século XIX contribuindo para as explicações da relação terra / nível do mar. A teoria da glácio-eustasia, introduzida por MacLaren em 1842 e difundida por Daly a partir de 1920, teve grande aceitação ao longo do século XX. A partir daí a geomorfologia costeira se torna uma temática especializada dos estudos mais gerais sobre a paisagem. Baseado no modelo de Davis, Douglas W Johnson propõe em 1919 uma classificação das zonas costeiras a partir dos processos de submersão, emergência e estabilidade da costa ao longo da história geológica. A questão das alterações da linha de costa assume lugar central definitivo na geomorfologia costeira.

No século XIX, a erosão costeira fora tema de debates intermináveis entre engenheiros e geólogos que buscavam soluções para evitar prejuízos em função de destruições de portos e outras construções. Até meados do século XX, o estudo da estabilidade / instabilidade do litoral envolvia a investigação das causas e da intensidade do processo - através do monitoramento das praias – e a proposta de obras para conter a erosão. A visão da engenharia defendia a capacidade do homem em conter o poder destrutivo do mar através de obras costeiras "duras", isto é, espigões, quebra-mares, enrocamentos. Já os geólogos acreditavam que a tecnologia nem sempre teria sucesso e defendiam medidas menos intervencionistas e obras mais "leves", como a introdução de vegetação e o aumento artificial do estoque de areia na praia.

A tentativa em solucionar a erosão costeira deu início aos primeiros programas de gerenciamento costeiro do mundo, iniciados em meados do século XX nos EUA. No entanto, até fins da década de 1960, a erosão costeira era abordada como um problema pontual e específico, interessando ao gerenciamento estudos que propusessem soluções para evitar os danos e prejuízos aos empreendimentos localizados na orla. A partir das discussões internacionais sobre os problemas ambientais e as mudanças climáticas na década de 1970 a erosão costeira começa a ser tratada como um problema global relacionada à possível subida do nível do mar. Apesar de as pesquisas sobre oscilação do nível do mar no quaternário já estarem bem avançadas, com a formulação de curvas e previsões para diversas localidades, é apenas nas últimas décadas do século XX que tais efeitos começam a ser sistematicamente associados às ações antrópicas. A crescente preocupação com outros problemas ambientais e com a escassez de recursos levou também à ampliação do conceito de gerenciamento costeiro que a partir da década de 1980 começa a ser substituído pelo termo gerenciamento costeiro integrado e, mais recentemente, gestão costeira integrada. Este termo é

definido por Cicin-Sain e Knecth (1998) como: *"um processo dinâmico e contínuo através do qual são tomadas decisões, visando o uso e desenvolvimento sustentável e a proteção das áreas costeiras e marinhas e seus recursos"* (1998, p. 39). A meta desta gestão deve ser *"... melhorar a qualidade de vida das comunidades humanas que dependem dos recursos costeiros levando em consideração a manutenção da diversidade biológica e a produtividade dos ecossistemas costeiros."* (Polette e Silva, 2003, p.28).

Nota-se, portanto, que entram na pauta da gestão costeira muitos outros assuntos além da erosão costeira, apesar desta ainda ser uma das temáticas centrais. A definição desta gestão costeira integrada e suas metas revelam uma forte influência do conceito de desenvolvimento sustentável sem, no entanto, ter sido estabelecido um olhar crítico sobre este e outros conceitos associados. Uma reflexão sobre tal questão nos leva a perceber que o conceito de desenvolvimento sustentável incorre em um problema fundamental, ou seja, estar baseado na continuidade do progresso e do desenvolvimento econômico, com a única vantagem de agora se pretender garantir os recursos para as gerações futuras. Dois aspectos são importantes nesta discussão, o primeiro é a capacidade de suporte ambiental da Terra, ou seja, qual a capacidade que o nosso planeta tem para sustentar um número crescente de habitantes que aspira condições de vida cada vez mais baseadas no consumo e no aumento da produção. O outro aspecto é a noção de preservação baseada na visão utilitarista de natureza que é entendida única e exclusivamente como recurso para o homem. Estas duas questões são imprescindíveis para se compreender, de um lado, a degradação ambiental da zona costeira e suas relações com os problemas sociais e econômicos e, de outro, para se perceber a motivação destes problemas e os interesses envolvidos.

5.2 GESTÃO COSTEIRA NO BRASIL

O nascimento do gerenciamento costeiro no Brasil está atrelado a uma série de fatos voltados para a zona costeira e marinha que tiveram início em meados da década de 1970. Em 1974 é criada a Comissão Interministerial de Recursos do Mar (CIRM), órgão de assessoria da Presidência da República presidido pelo Ministério da Marinha. Em 1980 a CIRM sanciona a Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) cuja finalidade era estabelecer condições necessárias ao desenvolvimento de pesquisas, exploração e explotação racional dos recursos do mar (CIRM, 1980).

Esta política é elaborada em um momento de ascensão da temática ambiental na agenda governamental marcada pela publicação da Lei nº6938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). A associação entre os interesses voltados para a zona costeira e marinha e a política ambiental se intensificou no decorrer da década de 1980 com a aplicação da perspectiva ambiental nas ações da CIRM (Moraes, 1999). A crescente consciência de se discutir o gerenciamento costeiro no Brasil culminou na organização pela com apoio da CIRM de dois Seminários Internacional sobre Gerenciamento Costeiro ocorridos no Rio de Janeiro em 1983 e 1984. As discussões e debates ocorridos no âmbito dos seminários levaram a proposição da elaboração de um Macrozoneamento da Zona Costeira na Escala da União. Em 1985 a primeira proposta metodológica para tal Macrozoneamento é desenvolvida e apresentada no II Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, tendo como área piloto a Baía de Sepetiba (*op. cit*.). Esta proposta, elaborada pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro, é escolhida como paradigma inicial para a estruturação de um plano nacional de gerenciamento costeiro. Em 1987 a CIRM estabelece o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído no ano de 1988 pela Lei Federal nº 7.611 e aprovado pela Comissão em 21/11/90. Neste mesmo ano a coordenação do Programa é transferida para o Ministério do Meio Ambiente e para o IBAMA. O Macrozoneamento da Zona Costeira do Brasil na Escala da União foi publicado em 1995 em conjunto com uma série de publicações temáticas sobre a zona costeira brasileira, contribuindo para uma visão geral desta. No entanto foram encontradas dificuldades metodológicas e institucionais, assim como pouca clareza nos objetivos do Programa. Em 1992 o IBAMA realiza uma avaliação do PNGC apresentando um inventário de problemas enfrentados na adoção do programa e também no zoneamento proposto. No ano de 1997, visando a solução destes primeiros desafios encontrados no PNGC foi aprovado o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II). Este é coordenado a nível Federal pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) apoiado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (CI-GERCO), órgão interministerial de articulação política e de definição de diretrizes para a atuação do programa. Em linhas gerais, o PNGC II acentuou as responsabilidades das escalas federal e municipal e da sociedade civil na condução do Programa, aumentou a articulação do GERCO com outras rotinas dos órgãos ambientais (e.g. licenciamento e fiscalização) e deu maior destaque aos Planos de Gestão nas variadas escalas (Polette e Vieira, 2005). A definição de "zona costeira" recebeu uma conceituação mais operacional, passando a delimitar o território a ser gerido a partir dos limites políticos dos municípios litorâneos. Finalmente, para facilitar as conexões interinstitucionais foram criados, no âmbito da CIRM, o Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GIGERCO) e em seu interior o Subgrupo de Integração dos Programas Estaduais (Moraes, 1999).

A principal finalidade do PNGC II é o estabelecimento de normas gerais visando à gestão ambiental da zona costeira, tendo como objetivos mais específicos o ordenamento do uso dos

recursos naturais; a gestão das atividades socioeconômicas; o diagnóstico da qualidade ambiental; o controle de agentes poluidores; e a produção de conhecimento. Como instrumentos para alcançar tais objetivos destacam-se:

- Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro
- Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro
- Sistema de Informações de Gerenciamento Costeiro – SIGERCO
- Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA-ZC
- Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira
- Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC
- Plano de Gestão da Zona Costeira – PGZC

Alguns avanços importantes se estabeleceram, com destaque para a implantação do SIGERCO, do PGZC e do ZEEC em vários estados. Em 1999, Moraes (1999) afirma que apenas três dos dezessetes estados litorâneos (Piauí, Espírito Santo e Rio Grande do Sul) não possuíam ainda algum tipo de plano de gestão. A área abrangência do PNGC inclui todos os municípios diretamente em contato com o mar e também todos os que se enquadram nas seguintes condições:

- Os municípios não defrontantes com o mar que se localizem nas regiões metropolitanas litorâneas
- Os municípios contíguos as grandes cidades e às capitais estaduais litorâneas, que apresentem processo de conurbação;
- Os municípios próximos ao litoral, até 50km da linha de costa, que aloquem em seu território atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental sobre a Zona Costeira ou ecossistemas costeiros de grande relevância;
- Os municípios *estuarinos-lagunares*, mesmo que não diretamente defrontes com o mar, dada a relevância destes ambientes para a dinâmica marítimo-litorânea e;
- Os municípios que, mesmo não defrontantes com o mar, tenham todos os seus limites estabelecidos com os municípios referidos nas alíneas anteriores.

Tal abrangência, apesar de ter mérito por considerar as interações e dinâmicas ambientais, é demasiadamente grande, englobando aproximadamente 400 municípios, muitos destes com pouca relação com os problemas costeiros. A gestão desta enorme área consiste em um desafio para entender as diferenças das realidades regionais e locais, com variados níveis de distribuição

populacional, diferenças significativas de renda, enorme diversidade natural, entre outros aspectos. Este desafio é certamente um dos elementos que dificultou o desenvolvimento e a aplicação dos instrumentos e zoneamentos propostos pelos estados. Segundo Moraes (1999), até o fim da década de 1990 nenhum estado havia conseguido viabilizar ou objetivar plenamente as orientações dos zoneamentos elaborados. O autor destaca ainda a falta de informação de base, o que obriga os programas a muitas vezes gerarem, com grande dificuldade, os dados necessários. Polette e Vieira (2005) consideram que o PNGC ainda não constitui uma política realmente eficaz de controle dos usos dos recursos naturais e dos espaços litorâneos e de integração das políticas públicas incidentes sobre o litoral. Isso se reflete no fato de apenas os Estados do Amapá, Rio Grande do Norte, Espírito Santo, São Paulo e Paraná terem aprovado Leis instituindo o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC). Dos quase 400 municípios costeiros, nenhum deles sequer iniciou o processo de elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC).

Com isso, os novos debates a respeito do melhor formato de gerenciamento costeiro sugerem a inversão da hierarquia das esferas governamentais, ou seja, começa a ser gerado um esforço no sentido de enquadrar o gerenciamento costeiro na esfera municipal, partindo desta para uma escala estadual e por último, federal (Dias, 2004). Um dos principais desafios dos programas de Gerenciamento Costeiro Integrado apontado por Cicin-Sain e Knecht (1998) e por Sorensen *et al.* (1992) é justamente a sobreposição de competências ou a organização extremamente centralizada na esfera nacional. Na figura a seguir (figura 31) observa-se um modelo da divisão e intensidade do controle governamental para cada segmento da zona costeira, demonstrando a forte presença deste controle no mar territorial e na zona econômica-exclusiva e a substituição gradual deste controle por controle privado nas terras altas costeiras.

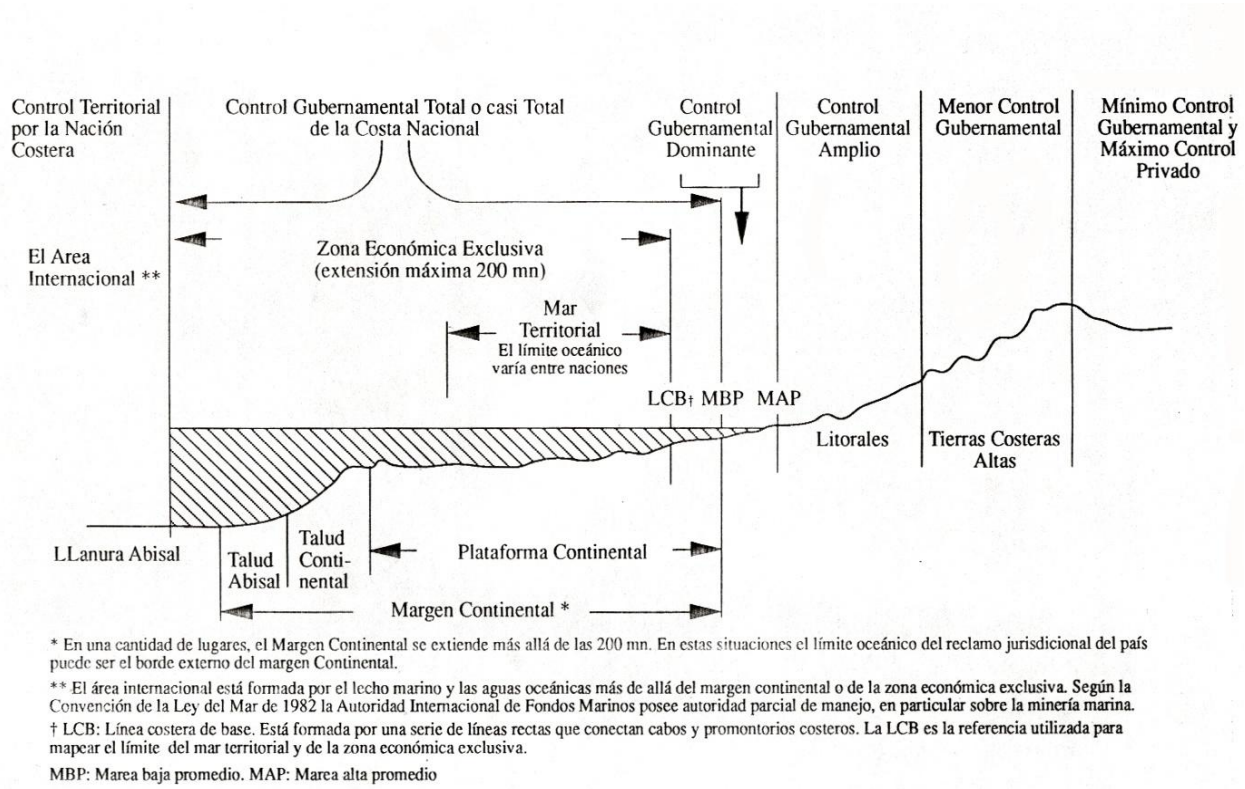


Fig. 29 – Controle governamental dos diferentes segmentos da zona costeira.

Fonte: Sorensen *et al.*, 1992, p28.

No Brasil o controle sobre a zona costeira marinha segue este padrão centralizado apresentado por Sorensen *et al.* (1992), sendo controlado pelo governo federal. No entanto, os problemas relativos à qualidade da água e ao tratamento de esgotos lançados no mar por emissários submarinos são de responsabilidade estadual. Na zona costeira emersa o ordenamento urbano é de responsabilidade municipal, apesar da responsabilidade legal e política continuar sendo nacional, não existindo em escala estadual ou municipal órgãos públicos destinados à gestão deste espaço. Entram no cenário ainda as empresas privadas que poderão prestar serviços de abastecimento de água e tratamento de efluentes domésticos por meio de concessão.

O Projeto Orla, criado em 2002 pelo Ministério do Meio Ambiente no âmbito do PNGC II, por meio de sua Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamento Humanos (SQA) e da Secretaria do Patrimônio da União (SPU/MP), pode ser considerado um primeiro passo para resolução, pelo menos parcial, destes conflitos jurisdicionais. Tal Projeto tem como meta principal promover o disciplinamento de usos e de ocupação na orla marítima brasileira, sendo uma de suas diretrizes aumentar a capacidade dos municípios para formulação de planos de gestão costeira nesta escala (Projeto Orla, 2004). Visando alcançar esta diretriz o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério do Planejamento (MMA, 2004 - disponível: www.mma.gov.br) assinaram em agosto de 2004 convênios de cooperação técnica com 13 municípios, de sete estados, para descentralização da

gestão da orla. Os municípios terão que assumir algumas tarefas da Secretaria do Patrimônio da União no gerenciamento dos terrenos de marinha, passando a ter um instrumento de planejamento do uso e ocupação da zona costeira (*op. cit.*). Com a descentralização da gestão na orla marítima, os municípios poderão promover ações de reurbanização, saneamento básico e ordenamento de áreas da União. Esta medida de descentralização busca resolver, portanto, este problema tão apontado na literatura sobre os desafios da gestão costeira integrada, ou seja, os conflitos jurisdicionais sobre as áreas costeiras.

Visando orientar e fornecer as bases teóricas para o desenvolvimento do Projeto Orla foram publicados uma série de documentos. O primeiro deles, intitulado "Manual de Gestão" orienta por meio de linguagem técnica simplificada o diagnóstico, a classificação e a caracterização da situação atual e a composição de cenários (MMA, 2002). Outro documento, intitulado "Fundamentos para a Gestão Integrada" apresenta a estrutura conceitual e os arranjos político-instituicinais como base para orientar a descentralização da gestão da orla em esfera municipal (*op. cit*.). Por fim, em 2004 foi publicado o documento "Subsídios para um Projeto de Gestão" (MMA, 2004) com o intuito de definir conceitos e metodologias importantes para a gestão da orla, incluindo propostas de classificações da urbanização e métodos para definição de faixas de proteção. Estes documentos serviram de base para nortear a parte referente à gestão da orla do Decreto 5300 / 04 que regulamenta a Lei 7611 / 88 que institui o PNGC e contempla os limites, objetivos, instrumentos e competências da gestão da orla.

É interessante notar que pela primeira vez a questão da vulnerabilidade da costa à erosão costeira é tratada de forma adequada. Ao contrário da tendência internacional que apresentava a erosão costeira como tema principal dos primeiros programas de gerenciamento, no Brasil os PNGC I e II não abordaram explicitamente esta questão. É, portanto, no Projeto Orla que aparecem as primeiras preocupações com a definição de faixas de proteção das praias considerando as características de exposição do litoral e suas tendências evolutivas. A metodologia para definição do limite terrestre da faixa de proteção foi sugerida por Muehe (2001) e teve como base a previsão de retrogradação do litoral considerando aspectos geomorfológicos do litoral brasileiro. Para fins de gestão é proposta para todo o Brasil uma faixa de 50 metros a partir do final da praia ou das dunas frontais em áreas urbanizadas e 200 metros em áreas ainda não urbanizadas. Muehe (2001) aponta ainda a necessidade de se estender esta faixa em caso de evidências atuais de erosão costeira com taxas elevadas. Por fim o autor sugere uma faixa marítima até a profundidade de 10 metros que deve ser considerada como parte dinâmica da praia e portanto merece atenção especial na gestão da orla. Esta proposta foi apresentada pelo Projeto Orla em 2002 no documento "Fundamentos para a Gestão Integrada" (MMA, 2002) (figura 32)

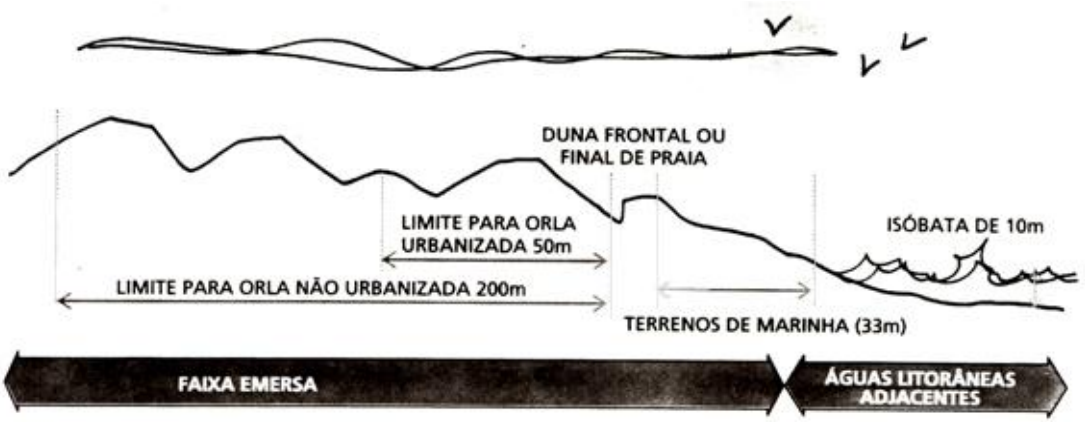


Fig. 30 – Limites das Faixas de Proteção terrestre e marítima.

Fonte: Projeto Orla (MMA, 2002)

Mais tarde, tal delimitação foi adotada legalmente pelo Decreto 5300 / 04 para a definição da faixa terrestre e marítima da orla conforme estabelecido pelo Artigo 23 (anexo 1). Nota-se, porém, que, apesar de ter seguido as orientações apresentadas por Muehe (2001), os limites propostos no Decreto não se referem a uma faixa de proteção, mas sim ao conceito de orla adotado como área de abrangência da gestão. Tal delimitação, portanto, não estabelece nenhuma restrição de uso ou ocupação. Acrescenta-se ainda a dificuldade de delimitação precisa desta área de gestão proposta uma vez que os limites se baseiam na demarcação de feições muitas vezes dinâmicas ou com grande dificuldade de identificação. O Decreto apresenta, por outro lado, interessante avanço quanto à proposta de ordenamento urbano e ambiental, apresentando uma série de critérios para classificação da orla baseado no tipo de uso e no grau de urbanização, assim como na presença de unidades de conservação. Fornece ainda orientações para o zoneamento e metas ambientais para cada tipologia estabelecida.

No entanto, assim como o PNGC II, o Projeto Orla, embora possua uma proposta descentralizada e muito mais simples, não teve até o momento seu desenvolvimento pleno, esbarrando com problemas de ordem política e técnica. Em diversos municípios o Projeto Orla foi implementado, mas não apresentou continuidade em função, principalmente, da constante troca da equipe que integra as secretarias municipais e do conflito de interesses e de usos que norteiam a orla costeira.

O momento atual tem sido marcado por novas políticas e projetos relacionados à zona costeira brasileira. A temática da mudança climática global adquiriu importância central nesta nova fase do gerenciamento costeiro no Brasil que finalmente começa a tratar de forma mais séria e eficaz a questão da erosão e inundação costeiras em escala nacional. A publicação do livro *"Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro"* pelo MMA em 2006 representa um marco neste sentido. Soma-

se a essa importante publicação a elaboração do novo zoneamento da zona costeira na Escala da União que resultou na publicação do "Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil" em 2008, após mais de 10 anos da publicação primeiro zoneamento. O processo de atualização do Marcodiagnóstico foi iniciado em 2005 e apresenta importantes novidades em relação ao macrozoneamento realizado em 1995, a começar pela incorporação da área marinha. Além disso, a abordagem é primordialmente voltada para o conceito de risco que, conforme o documento, envolve desde a ocorrência de catástrofes naturais, impactos da alocação de fixos econômicos no território, até as resultantes das condições sociais de reprodução (MMA, 2008). Assim, são consideradas no diagnóstico três dimensões do risco: a dimensão natural, definida como risco à inundação; a dimensão tecnológica circunscrita no âmbito dos processos produtivos e industriais e; a dimensão social visto como resultante das carências sociais que contribuem para a degradação das condições de vida (*op. cit*.).

Finalmente destaca-se como mais um avanço no gerenciamento costeiro brasileiro a instalação, desde 2000, do Programa GLOSS-Brasil (Global Sea Level Observing System) vinculado a um programa mais amplo da Comissão Oceanográfica Intergovernamental da Unesco denominado Global Ocean Observing System (GOOS). Este programa propõe instalar até 10 estações maregráficas permanentes ao longo da costa brasileira e ilhas oceânicas (Neves e Muehe, 2008).

CAPÍTULO VI

A REGIÃO DOS LAGOS

Uma simples língua de areia
tudo modificou (Alberto Lamego, 1945)

6.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

A Região dos Lagos foi instituída oficialmente em 1997 pelo artigo primeiro da Lei nº 2829/97, como segue abaixo:

"Art. 1º - *Fica denominada Região dos Lagos Fluminenses, o conjunto dos Municípios de Maricá, Saquarema, Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo, Iguaba Grande, Armação de Búzios, Casimiro de Abreu e Rio das Ostras"* Lei 2829/97.

Constituída por dez municípios, apenas Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia não se encontram defrontes para o mar, como se observa no mapa abaixo (figura 31).

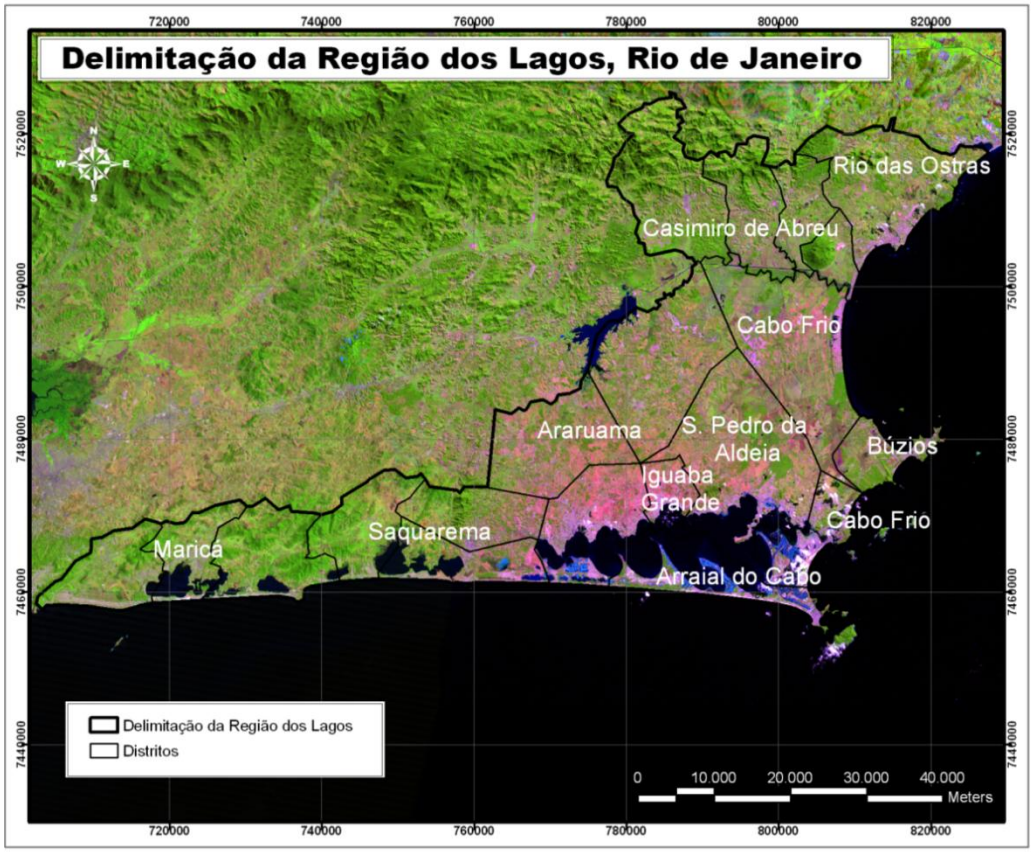


Fig. 31 – Localização dos municípios e distritos que integram a Região dos Lagos

A paisagem costeira da região na sua porção compreendida entre os municípios de Maricá e Cabo Frio é marcada pela presença de extensos arcos praiais, associados a cordões litorâneos que freqüentemente ocorrem em forma de duplos cordões (Muehe e Valentini, 1998). Sua característica mais significativa é o conjunto de lagunas desenvolvido à retaguarda dos cordões litorâneos, cuja presença motivou sua designação. As lagunas maiores, com destaque para a de Araruama, localizam-se à retaguarda do cordão litorâneo mais interiorizado, enquanto as menores encontram-se comprimidas entre o reverso do cordão litorâneo frontal e a frente do cordão mais interiorizado, completamente isoladas de qualquer aporte fluvial (*op. cit*.). Existem ainda áreas de antigas lagunas que foram colmatadas e substituídas por áreas brejosas e alagadiças. É comum em toda a faixa litorânea deste segmento a presença de vegetação de restinga e dunas frontais. As praias são extensas, com raras interrupções por afloramentos rochosos do cristalino. Na parte nordeste da Região, que abrange a parte norte de Cabo Frio, Casemiro de Abreu e Rio das Ostras, a paisagem se transforma em uma planície fluviomarinha com destaque para a foz do Rio São João na divisa dos municípios de Rio das Ostras e Casemiro de Abreu. O cabo de Búzios apresenta uma geologia particular, com a presença de embasamento cristalino Pré-cambriano, formado por rochas graníticas e gnáissicas. Este litoral se caracteriza pela alternância entre afloramentos rochosos, especialmente na sua porção peninsular, e planícies costeiras, formadas pela deposição de sedimentos no Quaternário.

O clima de ondas da área de estudos é marcado pela entrada de constantes frentes frias originadas por ciclones extratropicais geradas no sul, principalmente nos meses entre maio e setembro. Estes ciclones produzem eventos extremos com a geração de ondas com alturas da ordem de 15 metros e períodos de 17 segundos em mar aberto (Neves e Muehe, 2008). À medida que se aproximam da costa estas ondas perdem energia e altura, mas podem chegar às praias com até 4 metros de altura. De modo geral, as praias localizadas ao norte de Arraial do Cabo encontram-se parcialmente expostas a estas fortes ondas, embora estejam relativamente abrigadas de ondulações advindas de sul e de sudoeste. A partir da ilha de Cão Frio o litoral sofre uma grande mudança de direção que passa a ser leste-oeste tornando as praias entre Maricá e Arraial do Cabo diretamente voltadas para o quadrante sul e, portanto, extremamente expostas às fortes ondulações. Em condições de tempo bom predominam ondas pequenas, com menos de 1 metro de altura próximo a costa. Nesta situação predomina um vento constante do nordeste, variando de moderado a forte.

6.1.1 Evolução da linha de costa do litoral do estado do Rio de Janeiro

A primeira teoria sobre a evolução geológica da linha de costa do litoral do estado do Rio de Janeiro foi exposta por Alberto Ribeiro Lamego na década de 1940 com a publicação dos livros Restingas na costa do Brasil (1940) e Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses (1945). O trecho do litoral compreendido entre a baía de Ilha Grande e Cabo Frio é contemplado neste segundo livro onde é apresentada a teoria de que a evolução da linha de costa se deu por migração lateral de oeste para leste. O autor defende que toda a faixa litorânea deste trecho do estado é caracterizada por restingas que teriam se iniciado como pequenos esporões que aos poucos se desenvolveram causando a barragem das atuais lagunas costeiras. Segundo Lamego:

"Do pico da Marambaia à ilha de Cabo Frio, a costa fluminense corre singularmente retilínea de oeste para leste devido à deposição recente das restingas pelo dinamismo construtivo do mar" (Lamego, 1945 p.15)

No caso de Maricá, a restinga teria tido origem no Falso Pão de Açúcar até a soldagem final em Ponta Negra. Em Saquarema o mesmo processo teria se dado a partir de Jaconé até o morro gnáissico de Nazaré. Finalmente, a formação do cordão litorâneo que deu origem à Lagoa de Araruama é explicada por Lamego pela mesma teoria. O embasamento desta teoria de evolução das restingas do litoral fluminense tem três requisitos apontados pelo autor:

"Para tal formação três requisitos são fundamentais: mares rasos, uma corrente litorânea que roça uma ilha ou o bordo continental e a abundância de areais soltas movimentadas pela água que circula" (Lamego, 1945 p.12)

Apenas algumas décadas depois a teoria de Lamego começou a ser contestada, tendo como argumento principal a inexistência de uma direção predominante da corrente litorânea. Os primeiros autores a discordarem do modelo de evolução adotado por Lamego foram Poçano *et al.* (1976 *apud* Muehe e Correa, 1989) propondo que a restinga da Marambaia teria crescido por combinação de progradação lateral em duas direções e incorporação de coroas arenosas. Muehe (1982, 1984) aponta evidências de migração em direção ao continente dos cordões litorâneos mais recentes entre Itacoatiara, em Niterói, e Ponta Negra em Maricá, sem, no entanto, entrar na discussão sobre processos de progradação lateral. Ireland (1989), através de estudos e datações de diatomáceas nas lagunas do Padre, em Maricá, e Itaipu, Niterói, reforça a idéia de que a formação dos cordões litorâneos e das lagunas à retaguarda ocorreu por migração no sentido transversal, como

conseqüência das variações do nível do mar, apontando quatro episódios de transgressão marinha (subida do nível do mar) e quatro de regressão (rebaixamento do nível do mar). Muehe e Correa (1989) lembram ainda que teorias de evolução de cordões litorâneos em outras partes do mundo já consideravam como possível a formação por elevação e migração em consonância com a subida do nível do mar e formação de uma laguna à retaguarda por afogamento, conforme era proposto no modelo de Hoyt (1967, *apud* Muehe e Correa, 1989).

Diversas evidências começaram, então, a contestar a teoria de Lamego sobre a evolução dos cordões litorâneos no estado do Rio de Janeiro. Muehe e Correa (1989), a partir do estudo da incidência das ondas na restinga da Massambaba, apontam para a tendência de perda de areia no setor leste contra o ganho no setor oeste. Demonstram ainda o predomínio de direção da corrente longitudinal em direção a oeste, o que contrapõe o modelo de crescimento em direção a leste como proposto por Lamego. Além disso, a resultante do transporte para oeste representa algo em torno de 13% do volume de sedimentos deslocados para cada um dos lados, ou apenas 6% do transporte total. Este resultado aponta, portanto, mais para uma situação de equilíbrio, em que a maior freqüência de ondas de SE, de menor energia, é compensada pela maior energia das ondas de tempestade (SSW). A identificação e caracterização de arenitos de praia submersos nas praias de Itaipuaçu, Maricá, e de Jaconé, em Saquarema, foi outro testemunho usado para defender a teoria de migração destes cordões litorâneos em direção ao continente como forma de adaptação à subida do nível do mar, visto que estes indicam que a antiga da linha de costa situava-se defronte do atual cordão (Muehe e Ignarra, 1984). Interpretações paleoambientais baseadas em foraminídeos realizadas por Barbosa (1997) e por Texeira (2001) em lagunas costeiras da região reforçam ainda mais a defesa desta nova hipótese ao associar a formação do cordão litorâneo mais externo com as variações do nível do mar durante o Quaternário. Além disso, conforme destacam Muehe e Correa (1989a; 1989b), são observados dois cordões litorâneos bem individualizados em quase todo o trecho entre Maricá e Cabo Frio (figura 34), revelando que a evolução deste litoral foi muito mais complexa do que presumia Lamego.

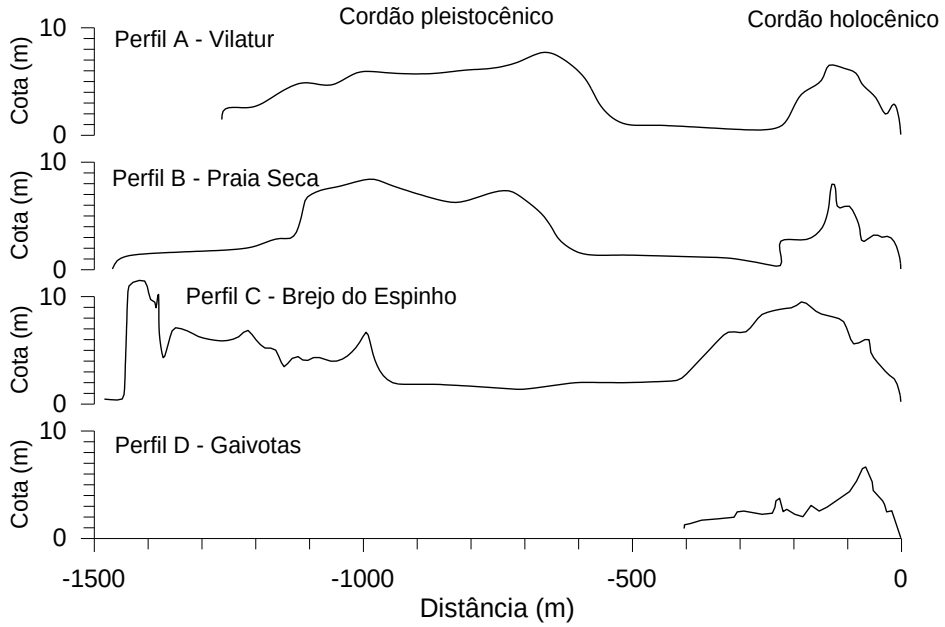


Fig. 32 – Exemplos de perfis transversais mostrando a ocorrência de duplos cordões litorâneos**.**

Fonte: Muehe, 2006

A morfologia dos cordões litorâneos, tanto o mais interno como o externo, caracterizados por elevada declividade em seu reverso e suavidade moderada na parte da frente, indica que estes se formaram em momentos de subida do nível do mar. Os mecanismos de formação de cordões litorâneos, como os estudados no litoral do estado do Rio de Janeiro, foram pesquisados em diversas outras costas do mundo, dando origem a uma série de modelos. Roy *et al.*(1994) apresentam alguns destes modelos que associam fatores como a velocidade da subida do nível do mar, exposição às ondulações, amplitude da maré, aporte sedimentar e declividade da antepraia como decisivos para a compreensão da retrogradação do litoral. Segundo os autores a migração de barreiras arenosas durante a subida do nível do mar ocorre primordialmente a partir de depósitos por transposição de ondas (*overwash*) e por canais de maré.

Este mecanismo de formação dos cordões associado à subida do nível do mar torna-se praticamente consenso entre os pesquisadores, mas a seqüência evolutiva dos cordões litorâneos do Rio de Janeiro passou ainda por grandes discussões sobre a idade de cada um deles. Os primeiros estudos levantaram a hipótese de que ambos os cordões litorâneos foram formados no Holoceno. A diferença de altura do cordão mais interno, com 8 a 12 metros de altitude, em relação ao cordão externo, com 4 a 7 metros de altitude, sugeria que o primeiro teria se formado no último máximo transgressivo, por volta de 5.100 anos A.P., e o mais externo estaria relacionado aos curtos períodos de rápida elevação entre 3900-3600 ou 2.700-2.500 anos A.P. Ireland (1989) é o primeiro que contesta tal hipótese, sugerindo através do estudo de sedimentos e organismos coletados nas lagunas

de Itaipu, Itaipuaçu e do Padre, que o cordão litorâneo externo seria mais antigo do que 2700 anos e que o mais interno teria se formado no Pleistoceno. Na lagoa do Padre, em Maricá, a seqüência deposicional encontrada pelo autor demonstra a existência de turfas características de ambientes lacustres com idade aproximada de 7.150 A.P. o que indica a presença de uma barreira arenosa interna anterior a esta data. Ireland (*op. cit.*) aponta ainda a presença de depósitos de argila com elevada compactação, que segundo o autor indica idade pré-holocênica. Barbosa (1997) também demonstra, através de datações de foraminídeos em lagunas de Saquarema e Arraial do Cabo, que alguma barreia externa que fornecia proteção para lagunas interiores já existia antes de 6.000 anos A.P. Mais recentemente Turc *et al.* (1999) afirmam que datações de fragmentos de madeira coletados no cordão interno indicam uma idade de mais de 30.000 anos A.P. Em relação ao cordão externo os autores afirmam que este deve ter se formado depois de 3.900 anos A.P. pois depósitos com mais de 4.000 anos A.P. foram encontrados em sedimentos intra-cordões. Finalmente, Turcq *et al* (*op. cit.*) argumentam que areias impregnadas com acido húmico são muito comuns no cordão litorâneo interno e esta característica pedológica não é comum em terraços holocênicos. Desta forma, considera-se que o cordão litorâneo mais interno é anterior à ultima transgressão marinha ocorrida no Holoceno, o que leva a conclusão de este se formou na penúltima grande transgressão marinha há aproximadamente 123.000 anos A.P.. O cordão mais recente teve sua formação associada à última transgressão marinha que, como já foi visto, teve início por volta de 7.000 anos A.P. e deve ter se estabelecido completamente entre 6500 e 3900 A.P.. O modelo completo desta evolução foi sistematizado por Turcq *et al.* (1999).

6.1.2 Cordão litorâneo transgressivo atual

Segundo Roy *et al.* (1994) as principais características de um cordão litorâneo transgressivo, ou seja, com tendência de retrogradação em função da subida do nível do mar, são a presença de depósitos sedimentares por transposição de ondas (*overwash*), dunas frontais pouco desenvolvidas e pequena largura do cordão litorâneo. Além disso, segundo o autor (*op. cit.*) barreiras transgressivas em litorais de alta energia tendem a ter entre 15 e 25 metros de espessura, 2 a 3 km de largura e entre 2 e 4 metros de altitude ou mais (*op. cit.*). A morfologia do cordão litorâneo recente da Região dos Lagos apresenta características que coincidem com estes aspectos apontados por Roy (*op. cit*) como representativos de cordões transgressivos. Muehe e Correa (1989b) chamam a atenção para o fato de atualmente estar ocorrendo eventuais transposições destes cordões pelas ondas de tempestade, assim como marcas de erosão na escarpa da pós-praia. Além disso, o cordão litorâneo frontal se apresenta estreito (de menos de 50 metros até 400 metros de largura) e com alturas variando entre 5 e 10 metros reforçando sua característica transgressiva e indicando alta energia de ondas. A ocorrência de

depósitos de transposição (*overwash*) neste cordão litorâneo que foi formado quando o nível do mar estava mais alto que o atual pode indicar o recomeço de uma situação de instabilidade, seja por uma nova subida do nível do mar ou pelo aumento da freqüência de ondas de tempestade. Muehe (2009) levanta também a probabilidade de estar ocorrendo subsidência, baseando-se em medidas realizadas para o litoral de São Paulo por Mesquita (2005), o que representaria um aumento relativo do nível do mar. Muehe (2009) afirma que:

"Este cordão litorâneo, que teria sido construído a cerca de três metros acima do nível do mar atual, não deveria ser ultrapassado pelas ondas. Isso sugere que este litoral está baixando. Bom, mas se nós pegarmos aqui uma descida de três metros em cinco mil anos, nós vamos ter cerca de 6 centímetros de subsidência em 100 anos. Observem, é muito pouco mas, se o nível do mar está subindo e o continente está baixando, então as duas coisas se somam e nosso nível de elevação das águas vai ficar um pouco maior, subindo um pouco mais rápido."(Muehe, 2009)

Quanto à velocidade e intensidade da retrogradação de cordões litorâneos durante uma transgressão marinha, Roy *et al.* (1994.) destacam a importância do balanço sedimentar, apontando que quando este é negativo ocorre rápida diminuição do volume da barreira arenosa durante sua retrogradação. Ao contrário, quando existe grande aporte sedimentar a retrogradação do litoral se dá concomitantemente ao aumento da largura e do volume de sedimentos do cordão. Muehe e Sucharov (1982) afirmam que entre a Baía de Guanabara e o Cabo Frio os sedimentos da plataforma continental representam praticamente a única fonte de sedimentos para a manutenção das praias, visto que o aporte fluvial fica retido nas lagoas costeiras e os promontórios rochosos do complexo cristalino apresentam grande resistência à erosão. Os autores ressaltam ainda que o padrão de distribuição dos sedimentos na antepraia de Itaipu, Guaratiba e Jaconé é típico de praias sob efeitos erosivos (*op. cit*.). Os resultados desta ausência de aporte sedimentar continental, conforme Neves e Muehe (2008.) são:

"(...) praias oceânicas com areias bem selecionadas e polidas de alta maturidade e que, por muito tempo, vêm sendo submetidas à ação das ondas, transitando continuamente entre os sistemas praia, antepraia e plataforma continental. Elas formam um sistema fechado cuja ruptura, em caso de elevação do nível do mar ou aumento de intensidade ou freqüência de tempestades, se traduzirá diretamente em erosão costeira por déficit sedimentar" (Neves e Muehe, 2008, p.253).

Tal constatação revela, portanto, uma situação de grande vulnerabilidade à erosão costeira, uma vez que as praias são mantidas apenas pelos sedimentos que já se encontram nelas ou na antepraia e plataforma continental adjacentes. Esta situação só é amenizada nos trechos que possuem

dunas frontais que desempenham importante papel na estabilização do cordão pelo seu estoque sedimentar.

6.1.3 Evidências atuais de erosão costeira e inundações na Região dos Lagos

Diversas evidências de erosão costeira no estado do Rio de Janeiro e, especificamente na Região dos Lagos, vêm sendo documentadas em publicações que apresentam desde a situação regional (Muehe e Correa, 1989; Muehe *et al*., 2006) até estudos de caso (Muehe *et al*., 2001; Fernandez, 2003; Lins-de-Barros, 2005; Lins-de-Barros, 2005b; Figueiredo (2004); Azevedo, 2008; Silva *et al*., 2008; Muehe *et al.*, submetido para publicação).

Em 1989, Muehe e Correa (1989b) apresentaram a primeira classificação da linha de costa compreendida entre Cabo Frio e Niterói quanto ao risco de erosão costeira. Foram considerados como indicadores de risco a cobertura vegetal, a presença de dunas, a transposição do cordão pelas ondas de tempestade e evidências de erosão na parte frontal ou no reverso do cordão litorâneo. A partir destes o litoral foi classificado em três níveis de risco (seguro, atenção e perigoso) com base na metodologia apresentada por Pilkey *et al.* (1980). Nesta classificação preliminar foram identificados no total 6 segmentos de diferentes tamanhos considerados como perigosos, sendo 3 deles no município de Maricá (Praia de Itaipuaçu, Guaratiba e Ponta Negra), 2 em Saquarema (Praia de Itaúna e Praia da Vila) e 1 na parte leste da praia da Massambaba, em Arraial do Cabo.

A publicação do capítulo referente ao estado do Rio de Janeiro no livro "Erosão e Progradação do litoral Brasileiro" em 2006, apresenta uma nova classificação do litoral quanto ao grau de erosão costeira, às características geomorfológicas e ao grau de exposição às ondas (Muehe *et al.,* 2006). Alguns trechos já identificados por Muehe e Correa (1989b) como perigosas foram classificados com forte erosão costeira, confirmando a primeira classificação. Este é o caso das praias de Piratininga, em Niterói e Itaipuaçu, Guaratiba e Ponta Negra, em Maricá. O litoral de Saquarema e Arraial do Cabo apresentou apenas forte erosão em parte da praia de Jaconé e na praia Vilatur, em Saquarema. Já no segmento norte da área de estudo da presente tese nenhuma praia foi classifica com forte erosão, mas no município de Rio das Ostras foram identificadas quatro praias com erosão média e fraca.

Trabalhos mais específicos sobre trechos deste litoral apontam mais detalhadamente o local de erosão, sua magnitude e, em alguns casos, aponta suas causas e os ricos para a população. Para o litoral de Maricá estudos anteriores (Lins-de-Barros, 2005; Lins-de-Barros, 2005b) apresentaram uma classificação da instabilidade física da linha de costa e do risco de danos por erosão, estes últimos baseados na densidade de ocupação e na posição desta em relação à praia. A classificação da

instabilidade física foi baseada, por sua vez, em indicadores como cobertura vegetal, presença de dunas e exposição às ondas e indicaram elevada instabilidade na Praia de Itaipuaçu e em todo o trecho entre as praias da Barra de Maricá de Ponta Negra. A avaliação dos danos e prejuízos sofridos pela população de Maricá em função de uma ressaca excepcionalmente forte que atingiu todo o litoral do estado do Rio de Janeiro no ano de 2001, demonstrou a magnitude desta problemática (figura 33). O prejuízo total estimado pela destruição direta de casas e quiosques foi da ordem de 150.000 reais/km (Lins de Barros, 2005; Lins de Barros, 2005b). Lins-de-Barros (2005) aponta ainda a tendência erosiva do arco praial de Maricá nos últimos 30 anos, através de comparação de fotografias aéreas, e revela trechos com até 16 metros de recuo da linha de costa. Resultados muito próximos foram apontados por Silva *et al.* (2008) que encontraram aproximadamente 13 metros de retrogradação no período entre 1976 e 2004 para um trecho da praia de Itaipuaçu.

Praia da Barra de Maricá

Praia de Guaratiba

Fig. 33 - Danos muito fortes após a tempestade de maio de 2001

Fonte: Lins-de-Barros, 2005

Na Praia da Massambaba (Arraial do Cabo), cerca de 70 km a leste da orla de Maricá, os perfis de um segmento de dunas frontais, monitorados nos últimos 13 anos, também apontam um recuo das dunas de aproximadamente 11 metros (figura 34). Poderia se constatar com isso que este litoral apresenta uma taxa de recuo progressivo de pouco mais de 1 metro por ano. No entanto, o monitoramente revelou que a tempestade de maio de 2001, ou seja, um único evento, foi o responsável principal deste recuo. Retrogradação de igual magnitude foi registrada neste mesmo evento na área do loteamento Vilatur (Saquarema), cerca de 30 km mais a oeste, no mesmo arco praial (Muehe *et al.* 2001).

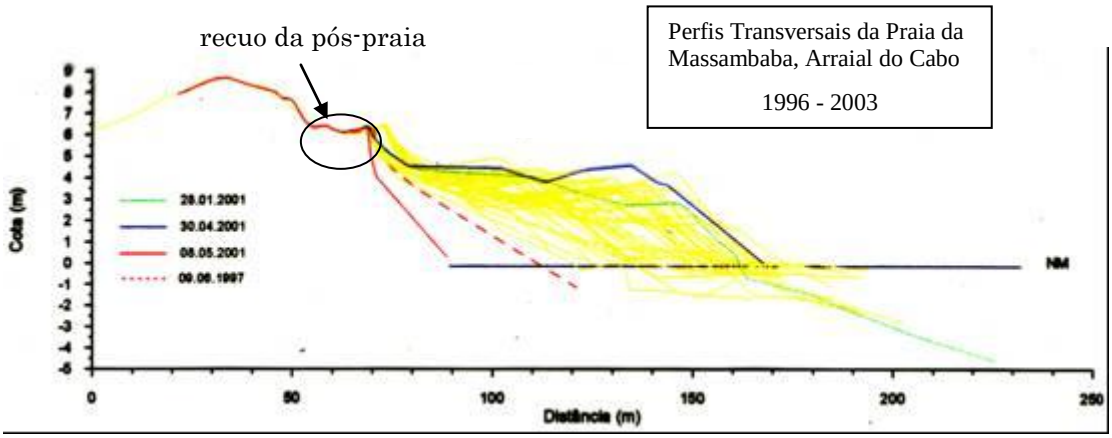


Fig. 34 - Perfis Transversais da praia de Massambaba, Arraial do Cabo. Em amarelo estão representados todos os perfis realizados entre 1996 e 2003. Os perfis em azul e em verde na figura refletem a situação em tempo bom no ano de 2001, enquanto as cores vermelho tracejado e vermelho contínuo representam o perfil da praia logo após as tempestades de 1997 e de 2001 respectivamente. Nota-se que embora o perfil da praia apresente recuperação alguns dias depois de passada a tempestade, a escarpa da pós-praia apresenta recuo sem recuperação.

Fonte: Grupo de Geografia Marinha da UFRJ.

Por outro lado, o volume de sedimentos das dunas frontais teve diminuição progressiva (figura) e não apenas associada ao evento de maio de 2001, revelando uma possível perda contínua de sedimentos para o campo de dunas mais interno através do transporte de sedimentos pelas ondas de tempestade. Estes sedimentos são depositados no reverso das dunas frontais onde o vento não consegue mais atuar na devolução destes para a praia.

No litoral de Rio das Ostras a comparação dos perfis também realizados em monitoramentos do Laboratório de Geografia Marinha – UFRJ, revelou em quase 10 anos um recuo da escarpa da praia do Abricó de 10 metros (figura 35)

1999 2008

Fig. 35 – Comparação da praia do Abricó entre 1999 e 2008, Rio das Ostras

Em outros trechos do litoral da Região dos Lagos, apesar de não haver ainda nenhum trabalho conclusivo, as observações visuais demonstram claras evidências de risco. Este é o caso de algumas praias de Búzios como se observada nas fotografias abaixo onde na maré alta a berma da praia é totalmente coberta pelo mar e as ondas atingem o muro das casas.

Fig. 36 - Praia de Manguinhos em Búzios mostrando construções em cima da berma da praia sendo atingidas pelo mar durante a maré cheia

Em relação às inundações, Castro (1995) identifica pelo menos dez pontos de inundações periódicas sérias na Região dos Lagos. A maioria destes encontra-se nas margens dos rios, devido à deterioração dos canais, e nos brejos, devido à retirada de vegetação das margens para ocupação. A deterioração dos canais e a ocupação inadequada das áreas alagadas são agravantes também do problema de disponibilidade de água doce pelos aqüíferos que já apresentam baixa capacidade de uso em função da intrusão salina pela água do mar e da ausência de canais fluviais de grande porte. O regime hídrico dos canais subterrâneos vem se alterando em função dos desmatamentos e da impermeabilização das zonas de captação pela construção civil que reduzem a infiltração da água gerando erosão por fluxos superficiais e diminuição da recarga dos aqüíferos. Tais problemas têm como conseqüência a falta d'água nos meses de verão quando os municípios recebem um grande número de turistas, que não apenas aumentam a demanda pela água, como produzem mais efluentes e resíduos sólidos responsáveis pela poluição do lençol freático e das lagunas.

6.2 CRESCIMENTO URBANO DAS CIDADES COSTEIRAS DA REGIÃO DOS LAGOS

A urbanização dos municípios da Região dos Lagos teve acelerado crescimento a partir da década de 1950, principalmente em função da valorização turística e da maior facilidade de acesso à

região[3]. Até o início da década de 1960, no entanto, a principal forma de acesso para a Região dos Lagos era através da travessia da Baía de Guanabara por balsas, demandando longas filas de espera nos fins de semana. A estrada era de terra e a posse do automóvel era essencialmente privilégio de uma classe média alta.

Na década de 60, Cabo Frio se tornou o principal ponto de atração para a classe média, que passou a investir na construção de segundas residências, impulsionado, além da atração paisagística, pelo barateamento do automóvel cuja fabricação se inicia neste período no Brasil. Outras cidades também passaram a receber o fluxo de turismo e de construção de segundas residências, como Rio das Ostras, Barra de São João, Armação dos Búzios, São Pedro d'Aldeia e Arraial do Cabo. Com o asfaltamento da estrada o afluxo de turistas e moradores sazonais se intensificava gradativamente, passando a dar um salto após a construção da ponte Rio-Niterói em 1974. A partir daí aumentou a atração de outras localidades que antes não faziam parte do circuito turístico, como Saquarema, Barra de Maricá e, em menor escala, Itaipuaçu.

O crescimento urbano acelerado dos municípios desta região continua a ser observado na década de 1990 quando mais uma vez a melhoria de acesso em função da construção da Via-Lagos, é um fator determinante. Observa-se no gráfico a seguir que a taxa média geométrica de crescimento entre 1991 e 2000 da maioria dos municípios que pertence a Região dos Lagos ultrapassa muito a taxa média do estado do Rio de Janeiro. O mesmo ocorre para o período entre 2000 e 2007 (gráfico 1).

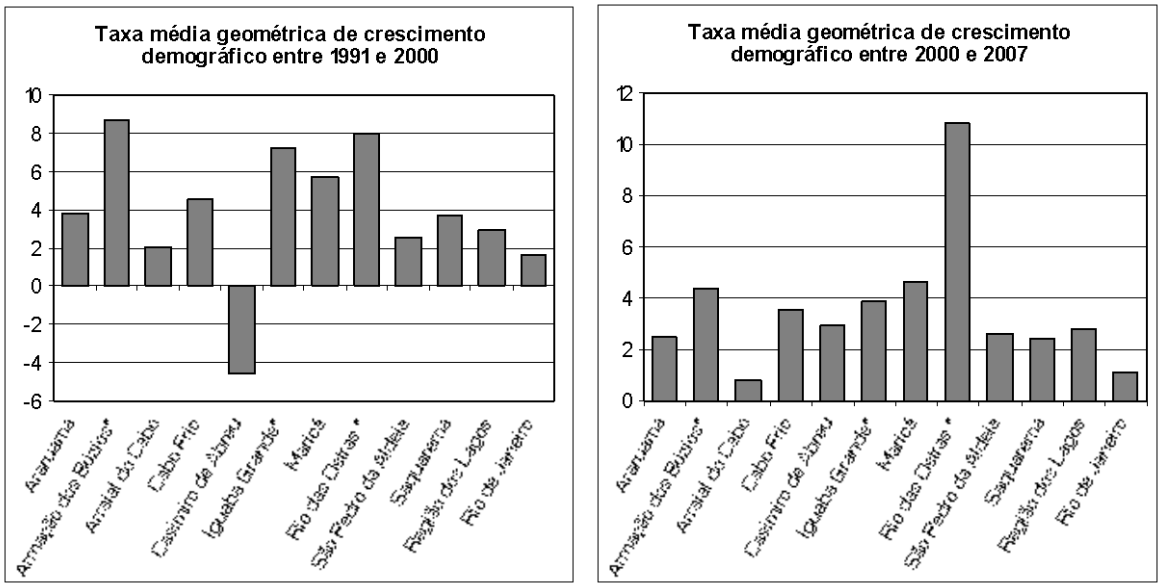


Gráfico 1 Taxa média geométrica de crescimento demográfico de 1991 a 2000 e de 2000 a 2007 . Fonte: IBGE (2000)

* Buzios, Iguaba Grande e Rio das Ostras se emanciparam após o censo de 1991 (1995, 1994 e 1992, respectivamente) e a taxa de crescimento para o período entre 1991 e 2000 foi estimada pelo IBGE a partir do número de habitantes na data

[3] O impulso decisivo para a atividade turística na região foi a construção da Rodovia Amaral Peixoto no fim da década de 1940 (Castro, 1995).

de criação destes municípios. Casemiro de Abreu apresenta taxa negativa no primeiro período em função da emancipação de Rio das Ostras que pertencia a seu território.

O município de Rio das Ostras merece destaque por ter apresentado a maior taxa de crescimento do estado do Rio de Janeiro entre os anos 2000 e 2007, quando sua população passou de aproximadamente 36.000 habitantes para 74.750 habitantes. Tal processo está diretamente correlacionado com o crescimento da atividade de exploração de Petróleo na Bacia de Campos e a instalação da sede da Petrobrás no município. No outro extremo, destaca-se o município de Casemiro de Abreu cuja taxa de crescimento negativa para o período de 1991 e 2000 está relacionada à emancipação do município de Rio das Ostras que fazia parte de seu território até o ano de 1992. É interessante apontar também que os quatro municípios que mais cresceram em todo o estado, tanto no período entre 1991 e 2000 como entre 2000 e 2007, foram Armação dos Búzios, Rio das Ostras, Iguaba Grande e Maricá.

No entanto outras atividades e usos além do turismo e do petróleo estão relacionados ao impulso deste processo de ocupação urbana da Região dos Lagos como, por exemplo, a exploração do sal e as atividades portuárias em Arraial do Cabo. Segundo Coelho (1986), as atividades salineiras e de extração de conchas da lagoa de Araruama pela Companhia Nacional de Álcalis colaborou, através da vinda de técnicos e de pessoas de classes mais altas provenientes do Rio de Janeiro, para divulgação das belezas naturais para veraneio já descobertas na década de 1960. Outro fator de crescimento da região relaciona-se ao processo de suburbanização derivado, por sua vez, da deterioração metropolitana do Rio de Janeiro marcada pelo crescimento da pobreza, da violência urbana, do desemprego, entre outros fatores (Santos, 1998). Este último processo, chamado por Santos (*op cit*.) de involução metropolitana, gerou um intenso fluxo migratório da cidade do Rio de Janeiro para o município de Maricá (90,12% da população imigrante deste último município em 1991 teve origem na cidade do Rio de Janeiro) (BIM, 1991; Lins-de-Barros, 2005).

De modo geral, identificam-se como problemas ambientais críticos, derivados deste processo de urbanização da região, a degradação de áreas de preservação, o loteamento de áreas frágeis, os aterros do espelho d'água das lagunas, a remoção da cobertura vegetal das dunas e o lançamento de esgoto sem tratamento nas lagunas e nos rios (FEEMA, 1989; Castro, 1995). Segundo Bidegain e Bizerril (2002) a ocupação ilegal da orla da Lagoa de Araruama foi a principal responsável pela redução do espelho d'água, a retirada da cobertura vegetal original e a drenagem dos brejos e banhados salgados marginais. Acrescentam-se ainda as alterações da morfologia da orla pelas salinas e seus marnéis.

CAPÍTULO VII

PROPOSTA METODOLÓGICA

Such is the way of the world
You can never know
Such is the passage of the time
Too fast to fold
(Eddie Vedder - Rise)

Conforme foi discutido no capítulo I a vulnerabilidade depende do grau de exposição ao impacto de determinado perigo e do grau com o qual se pode absorver e se recuperar destes impactos. Neste sentido, a vulnerabilidade costeira é função de dois fatores:

- Exposição da linha de costa, dos ecossistemas costeiros e da população aos perigos relacionados à dinâmica física do litoral, ou seja, à erosão e inundação costeira, tempestades, oscilação do nível do mar, ventos, entre outros e;
- Capacidade da linha de costa, dos ecossistemas costeiros e da população de resistir, se recuperar (grau de resiliência) ou se adaptar aos impactos causados por estes perigos.

A proposta metodológica apresentada na presente tese fundamenta-se na afirmação de que a zona costeira é intrinsecamente vulnerável, visto que tanto os fatores físico-ambientais, como os processos socioeconômicos, encontram-se em situação de elevada exposição e apresentam geralmente baixa resiliência ou capacidade de adaptação em caso de impactos. Os principais aspectos da zona costeira que sustentam esta afirmação são:

- Elevada dinâmica dos processos físicos litorâneos;
- Fragilidade dos ambientes costeiros;
- Urbanização acelerada e elevada densidade populacional das cidades costeiras;
- Sazonalidade e dependência da atividade turística.

Tais aspectos conferem a particularidade da zona costeira, e devem ser contemplados na avaliação da vulnerabilidade costeira. A metodologia proposta adota, portanto, o conceito de vulnerabilidade costeira resumido acima, englobando as principais dimensões e particularidades da

zona costeira. Busca-se propor uma abordagem integrada, conforme defendido nos debates teóricos sobre os processos físicos, ambientais e sociais da zona costeira e no atual conceito de gestão costeira. Finalmente, a metodologia proposta utiliza variáveis e indicadores, apoiando-se em métodos de avaliação da vulnerabilidade costeira apresentados no capítulo IV.

A escala geográfica escolhida para a metodologia foi a escala local, o que permitiu fornecer resultados mais precisos e, principalmente, mais importantes do ponto de vista da gestão costeira. A escolha da escala local representa não apenas maior desafio, como uma inovação nas propostas metodológicas voltadas para a avaliação da vulnerabilidade costeira que se restringem, em grande maioria, às escalas regional e nacional.

7.1 AVALIAÇÃO LOCAL DA VULNERABILIDADE COSTEIRA

A avaliação local da vulnerabilidade costeira ora proposta é baseada na interpretação de uma série de variáveis e de processos, resultando na compreensão das diferenças espaciais encontradas quanto à exposição e à capacidade de adaptação e resiliência. Com isso, pretende-se apresentar uma classificação qualitativa que permita identificar diferentes tipologias que considerem a complexidade das questões envolvidas. Para tanto, diversas metodologias específicas foram aplicadas ou elaboradas para posteriormente serem integradas, conforme descrito a seguir.

7.1.1 Vulnerabilidade Física

Para avaliação da vulnerabilidade física foi adotado o procedimento metodológico sugerido em trabalho anterior sobre a vulnerabilidade do cordão litorâneo de Maricá à erosão costeira (Lins-de-Barros, 2005). Neste trabalho foram utilizados como indicadores a evolução da linha de costa nas últimas três décadas, a refração de ondas, as características morfológicas do cordão litorâneo e as marcas de transposição deste pelas ondas. Visando aprimorar a metodologia anteriormente proposta e englobar na análise o estudo da inundação e da vulnerabilidade ambiental, acrescenta-se na presente tese outros indicadores de especial relevância, como a ocorrência de desastres relacionados a enchentes e inundações e a caracterização geomorfológica da orla costeira. Para tanto, são apresentados os seguintes procedimentos:

1. Estudo da modificação da linha de costa e da tendência de erosão costeira em macro escala temporal (décadas);
2. Modelagem de ondas indicando a exposição do litoral a diferentes ondulações;

3. Caracterização e mapeamento geomorfológico da linha de costa;
4. Mapeamento dos locais de ocorrência de desastres naturais relacionados a enchentes e inundações;

As variáveis e métodos associados a cada um destes procedimentos, assim como as inter-relações estabelecidas para elaboração de índices e sub-índices, são expressas de forma didática no fluxograma da figura 37. Todos os elementos destacados serão discutidos nos próximos itens.

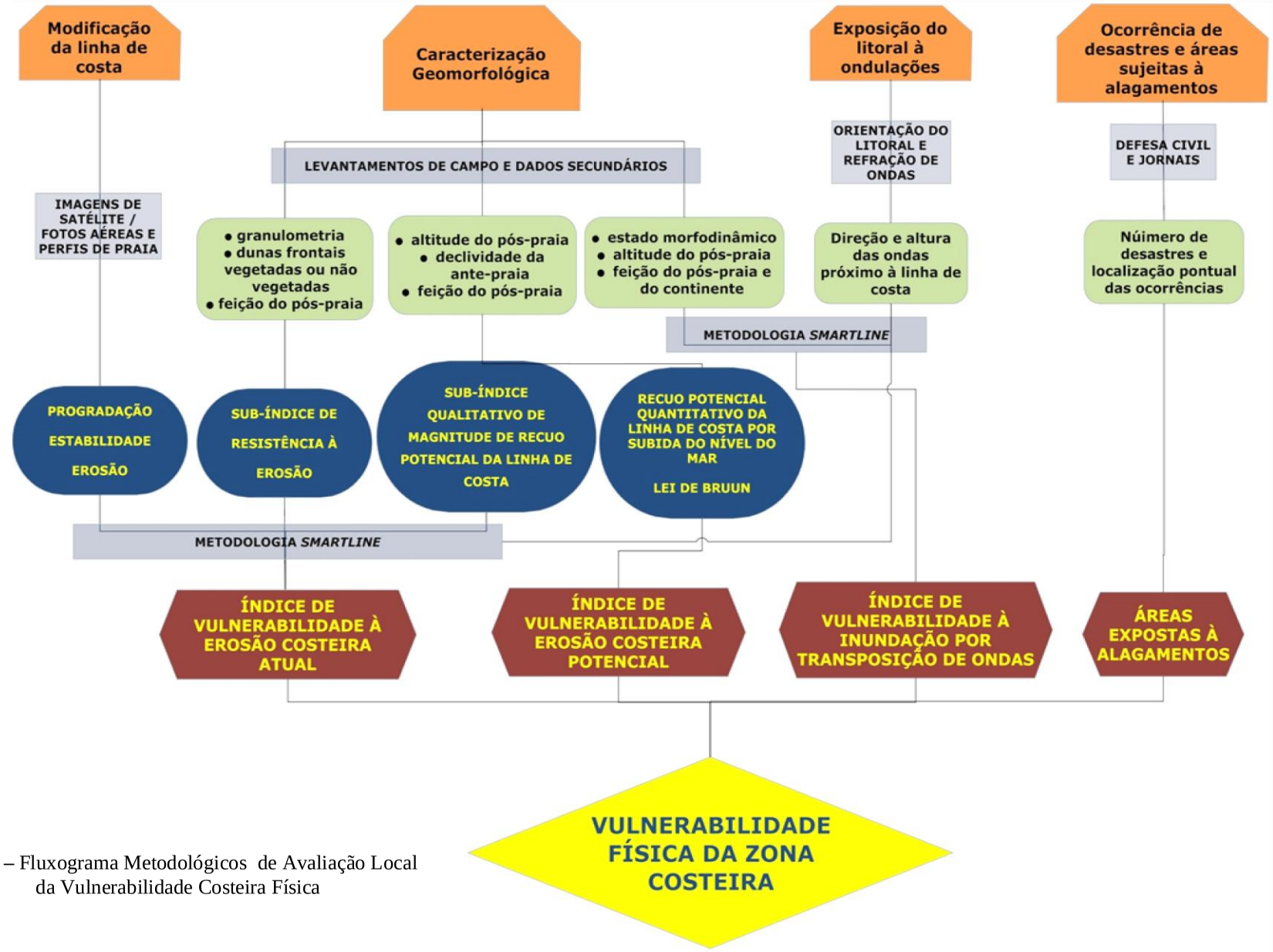


Fig. 37 – Fluxograma Metodológicos de Avaliação Local da Vulnerabilidade Costeira Física

7.1.1.1 Modificação da Linha de Costa e Erosão Costeira

a) Comparação de Fotografias Aéreas

Para o estudo da modificação da linha de costa foi realizada a comparação de fotografias aéreas dos anos de 1959 (1:15.000), 1972, 1976 (1:15.000), 1995, 2000/02 (1:2.000) e da imagem de satélite do ano de 2002 (satélite IKONOS). Para tanto, as fotografias aéreas mais antigas, cedidas pela pelo extinto Centro de Informação de Dados do estado do Rio de Janeiro - CIDE/RJ (1972), pelo Departamento de Recursos Minerais - DRM (1959 e 1976) e pelo Serviço de Patrimônio da União - SPU (1995), foram georrefereciadas tendo como base ortofotocartas do período 2000-02, cedidas pela AMPLA. Para o georreferenciamento foi utilizado o programa Didger 3 seguindo o procedimento usual, ou seja, os pontos de controle identificados nas ortofotocartas foram usados para o georreferenciamento de fotos aéreas de levantamentos dos outros períodos. Após a identificação de pelo menos 3 pontos de controle em cada fotografia é realizado um procedimento de distorção (ferramenta *warp*) finalizando o processo de georreferenciamento. Para comparação das fotografias entre elas e com a imagem de satélite estas foram exportadas com as informações do georreferenciamento para o Programa ArcMap 9.2. A precisão da sobreposição foi conferida a partir do traçado das ruas e outros elementos da paisagem que não tiveram modificação ao longo dos anos. Nos casos em que se identificou um erro de mais de 5 metros foi realizada uma correção manual dos vetores traçados sobre as ruas e os elementos da paisagem e sobre a linha de costa, de forma que o encaixe dos primeiros fosse ajustado. A posição da linha de costa foi definida a partir do contato da escarpa da praia com a barreira arenosas ou terraço costeiro, muitas vezes limitado por cobertura vegetal facilitando sua visualização. No caso da presença de campos de dunas, foi considerado o contato entre a berma da praia e a frente das dunas. Optou-se pela adoção destes contatos como a posição da linha de costa em detrimento do contato da água do mar com a praia, pois este último pode variar muito em função da maré meteorológica, das condições do mar e dos ciclos de erosão e acresção da praia. No total foram utilizadas 1 foto aérea do ano de 1959, cobrindo parte do município de Cabo Frio; 6 fotos do ano de 1972 cobrindo o município de Maricá, 16 fotos do ano de 1976 cobrindo toda a área de estudo com exceção de pequenos trechos; 40 fotos do ano de 2000 para toda a área de estudo; e duas imagens de satélite abrangendo parte do município de Maricá e parte do município de Arraial do Cabo.

b) Comparação de perfis de praia

Para identificação das principais alterações da linha de costa nas últimas décadas foi realizada ainda a comparação de perfis topográficos transversais à praia em diversos pontos do litoral. Para tanto, foram recuperados os perfis de praia monitorados mensalmente entre 1995 e 1997 e em intervalos maiores até 2003 pelo Grupo de Geografia Marinha da UFRJ (Muehe, 1995; Bentes e Muehe, 2003) e novos perfis na mesma localização foram levantados. Para avaliação da alteração da linha de costa foi considerado como referência a escarpa do pós-praia ou a base das dunas frontais.

7.1.1.2 Modelagem de ondas e exposição do litoral

Como já foi discutido na revisão conceitual, a modelagem de refração das ondas pode indicar a distribuição desigual da energia destas ao longo da zona de arrebentação. Assume-se a hipótese de que os pontos de maior convergência das ortogonais das ondas indicam maior vulnerabilidade à erosão, visto que nestes pontos as ondas apresentam maior altura e, consequentemente, maior energia (Komar, 1976; Muehe, 1994).

Para realização do modelo de refração de ondas foi utilizado o programa de livre acesso SisBAHIA (Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental), desenvolvido no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da UFRJ e registrado pela fundação Coppetec. Os dados de batimetria foram disponibilizados pela Divisão de Hidrografia Naval – DHN e organizados através do programa Surfer 8.0, gerando uma malha de pontos batimétricos bastante densa até a profundidade de 300 metros em alguns trechos (figuras 38 e 39).

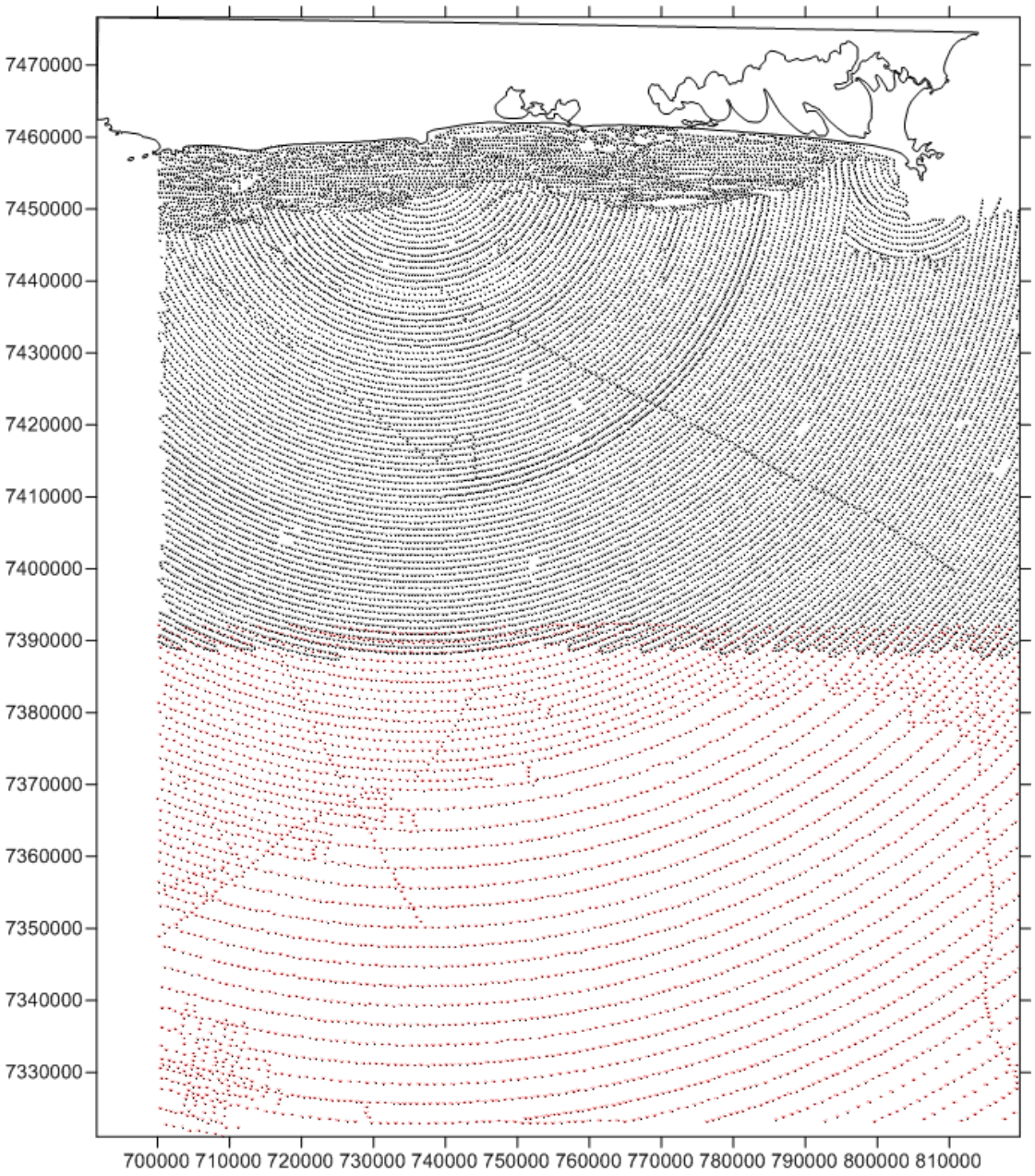


Fig. 38 - Pontos batimétricos defronte ao litoral entre Maricá e Arraial do Cabo

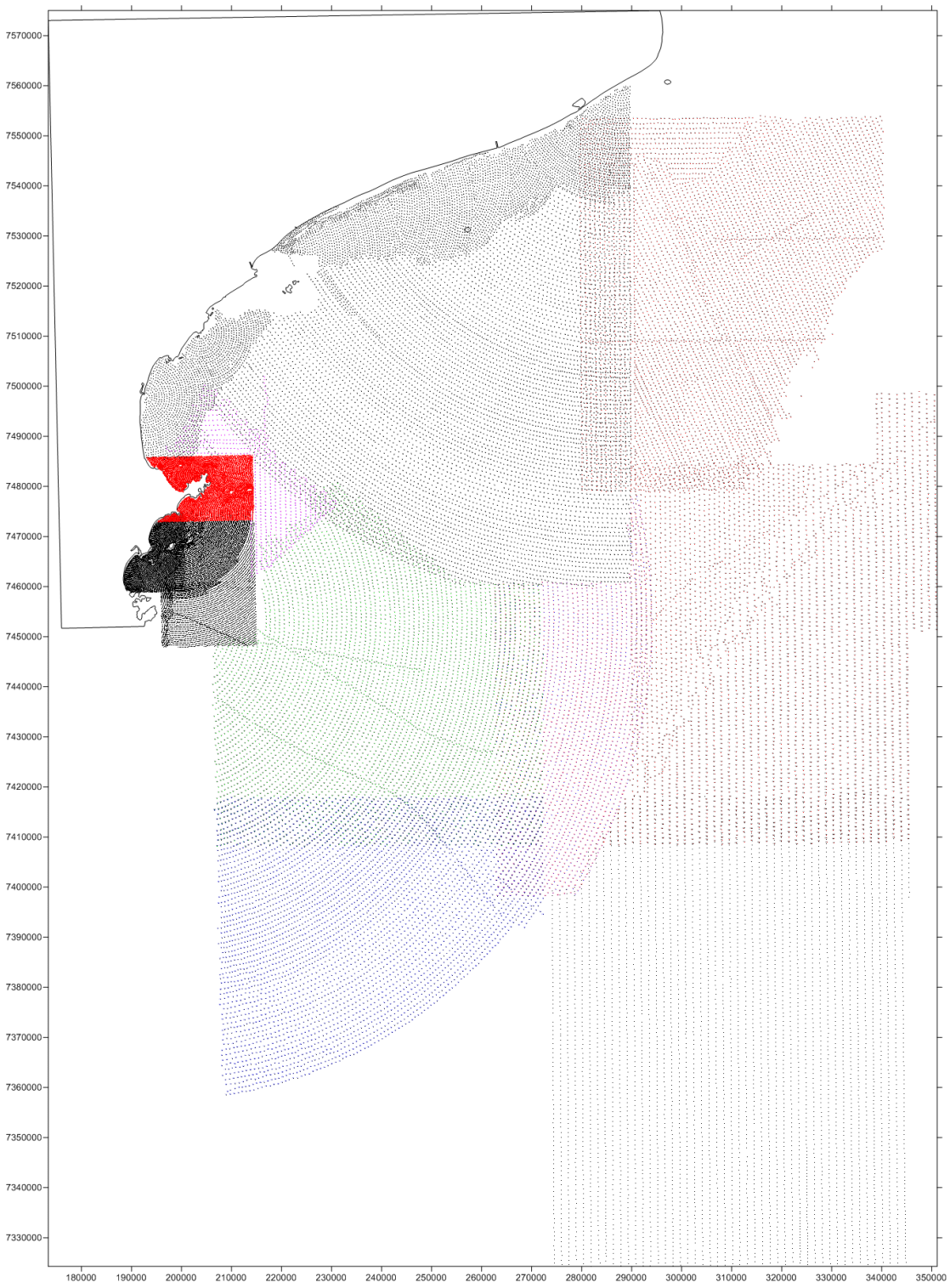


Fig. 39 – Cobertura dos pontos batimétricos defronte ao litoral entre Arraial do Cabo e Cabo São Tomé

A partir destes dados foi gerada uma tabela contendo as coordenadas geográficas e a profundidade de cada um dos pontos. O primeiro passo realizado no programa SisBAHIA foi a geração da malha batimétrica que serviu de base para a geração do modelo de refração propriamente dito. Para escolha dos parâmetros de ondas (direção, altura, período) que melhor caracterizam as situações freqüentes de tempo bom e as situações de mau tempo e fortes tempestades foram

utilizados as análises do clima de ondas realizadas por Pinho (2003) para a Bacia de Campos entre 1991 e 1995 e por Belligotti (2009) para a Bacia de Santos entre 2007 e 2008. As condições da tempestade ocorrida em maio de 2001 também foram consideradas para as ondas do quadrante sul, uma vez que este evento foi responsável por forte erosão das praias e danos sobre construções. Foram realizadas modelagem para as seguintes situações:

Tabela 2 - Parâmetros usados para modelagem de propagação de ondas

Altura – H (m)	**Período – T (s)**	**Direção**
1.8	7.8	Norte, Nordeste e Leste
2.5	10.5	Sudeste
4	10	Sudeste
6	16	Sudoeste
4	14	Sul, Sudoeste e sudeste

Os resultados encontrados foram comparados com os resultados de alteração da linha de costa obtidos por comparação de fotografias aéreas e perfis de praia, visando observar se as áreas com tendências erosivas coincidem com as áreas de alta energia de ondas. Para o mapeamento da altura das ondas próximo à costa foram digitalizados no programa Surfer 8.0 os pontos ou segmentos com valores das ondas segundo o modelo de refração para cada direção de ondas. A classificação final foi baseada na combinação dos resultados de altura de ondas para as diferentes direções de ondulação consideradas.

7.1.1.3 Caracterização Geomorfológica

As características geomorfológicas de um determinado litoral fornecem informações importantes para avaliação da sua resistência e capacidade de adaptação aos efeitos de uma tempestade. Além disso, algumas variáveis podem indicar direta ou indiretamente a tendência erosiva de uma praia, assim como a exposição à inundação litorânea por transposição das ondas.

Assim, foi elaborado um banco de dados com as características da geomorfologia costeira do litoral da área de estudo baseando-se em dados levantados em trabalhos de campo, em consultas de bibliografias e nos mapeamentos de sensibilidade a derrame por óleo realizados para o Ministério do Meio Ambiente (2007). Foram aproveitados ainda dados levantados pelo laboratório de Geografia Marinha – UFRJ ao longo de vários anos de pesquisas. As variáveis levantadas, o método de obtenção e sua fonte estão listadas na tabela abaixo:

Tabela 3 - Variáveis levantadas e forma de obtenção para caracterização geomorfológica do litoral da área de estudo

Variáveis	Método de obtenção	Fonte
Composição do material das praias (sedimentos arenosos ou rocha)	Observação visual	Trabalhos de campo MMA, 2007
Feição morfológica do pós-praia	Observação visual	Trabalhos de campo
Feição morfológica predominante no continente à retaguarda da praia	Observação visual	Trabalhos de campo
Exposição qualitativa do litoral	Orientação da linha de costa em relação às ondulações de tempestade	Pinho, 2003; MMA, 2007; Belligotti, 2009 Mapas da linha de costa
Granulometria dos sedimentos quartzosos da praia	Coleta do sedimento *in loco* e análises por peneiramento em laboratório Análises visuais	Muehe *et al*., 1977; Muehe e Correa, 1989 Trabalhos de campo
Altura máxima da feição do pós-praia (cordão litorâneo, das dunas frontais ou topo da escarpa de pós-praia)	Perfis topográficos	Trabalhos de campo Muehe, 1979; Muehe e Correa, 1989
Morfodinâmica da Praia	Observações visuais Cálculo do parâmetro Delta[4]	Trabalhos de campo Muehe, 1998; Fernandez e Muehe, 1998; MMA, 2007
Declividade da ante-praia	Medidas a partir da batimetria Perfis topográficos submarinos	Folhas de bordo cedidas pelas Divisão Hidráulica Naval – DHN Muehe, 1979
Composição do material da ante-praia (areia, lama, rocha)	Coleta do material e análise por peneiramento e pipetagem em laboratório	Saavedra e Muehe, 1993; Fernandez e Muehe, 1995

[4] Parâmetro desenvolvido por Muehe (1998) para a determinação do estado morfodinâmico no momento da observação. Tal parâmetro associa o coeficiente de dissipação das ondas, isto é, perda de energia durante seu deslocamento, e o coeficiente de regime de fluxo dado pela relação entre o período da onda e o período do espraiamento na face da praia. Lins-de-Barros (2007) propõe outra alternativa complementar ao parâmetro delta baseada em fotografias de longa exposição.

7.1.1.4 Vulnerabilidade física à erosão costeira e inundação

A avaliação da vulnerabilidade física à erosão costeira e inundação teve como norteadora os passos sugeridos por Sharples (2006), conforme explicitado no quadro a seguir:

Quadro 4- Passos metodológicos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa

Passos metodológicos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa
Primeiro Passo ou Mapeamento Indicativo (First Pass ou Indicative Mapping): Identificar o litoral cujas características geológicas e geomorfológicas o tornam potencialmente vulneráveis a impactos de perigos naturais, mas não dão nenhuma indicação das diferenças relativas no padrão, taxa e magnitude do impacto potencial nos diferentes locais. Exemplo: uma costa arenosa, exposta a fortes ondulações e precedida de planície marinha é considerada potencialmente vulnerável.
Segundo Passo ou Avaliação Regional (Second Pass ou Regional Assessment): Integrar tipos geomorfológicos com um conjunto de variáveis regionais de vulnerabilidade como clima de ondas, variação de maré e movimento tectônico que permitam criar uma classificação inicial diferenciando graus de vulnerabilidade ao longo de grandes trechos da linha de costa. É importante ressaltar que podem existir muitas exceções no grau de vulnerabilidade em função de variáveis geomorfológicas locais que não podem ser integradas a uma escala de análise regional, mas que podem aumentar ou diminuir significativamente a vulnerabilidade de alguns locais particulares.
Terceiro Passo ou Avaliação local (Third Level ou Site-Specific Assessment): Identificar todos os fatores geológicos, geomorfológicos, topográficos, oceanográficos e climáticos relevantes para produção de um modelo do comportamento geomorfológico de uma costa particular. Como exemplos de variáveis locais destacam-se a batimetria, a altura das dunas, o substrato da antepraia, o balanço sedimentar, a exposição a ondulações e outros.

O primeiro passo consiste, portanto, em um primeiro indicativo de áreas mais sensíveis através da combinação de atributos geomorfológicos e geológicos de obtenção relativamente simples (figura 39).

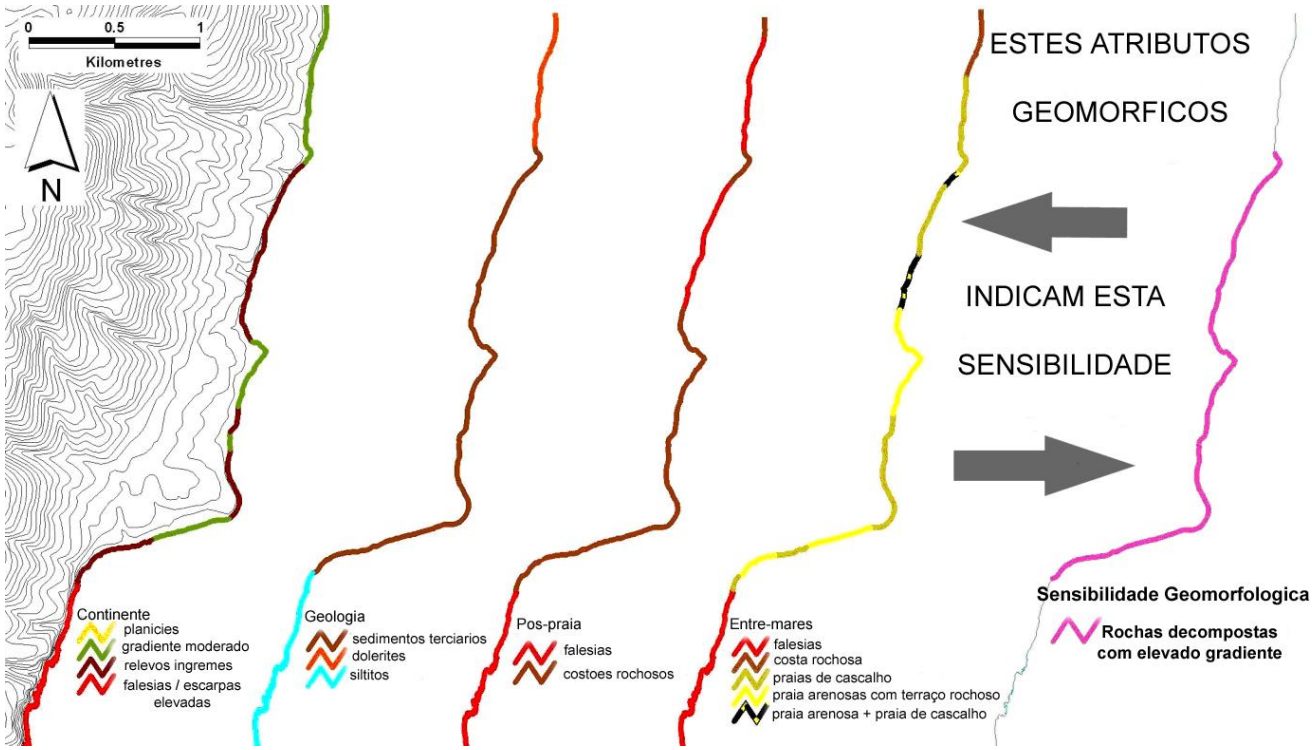


Fig. 40 - Primeiro Passo da metodologia. Fonte: Sharples (2008)

À medida que novos atributos mais complexos e com maior detalhe são incorporados a metodologia avança para os segundo e terceiro passos, permitindo a identificação em escala local de áreas segundo o grau de vulnerabilidade.

Os passos sugeridos por Sharples (2006; 2009) e Sharples e Woodroffe (2009) foram adaptados e aplicados para a área de estudo da presente tese. Foi incorporado ainda um quarto passo visando abordar as variáveis relativas à vulnerabilidade social.

Quadro 5 – Adaptação dos passos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa

Adaptação dos passos para avaliação da vulnerabilidade física da linha de costa

Passos 1 – Mapeamento indicativo da vulnerabilidade:
Classificação da linha de costa quanto ao material da praia (arenoso ou rochoso), à exposição qualitativa às ondulações baseadas na orientação do litoral, e ao relevo do continente imediatamente no reverso da praia. A partir do cruzamento destas três variáveis cada segmento recebe uma tipologia que permite identificar preliminarmente sua vulnerabilidade à inundação e erosão costeira.

Passo 2 – Classificação regional com aspectos pontuais da vulnerabilidade física da linha de costa:
Levantamento das características geomorfológicas regionais (macro e meso-unidades morfológicas) e algumas variáveis locais, tais como morfodinâmica de praia, feição da pós-praia e granulometria. Tal levantamento permite identificar mais detalhadamente as áreas vulneráveis e avaliar preliminarmente algumas o padrão e magnitude dos processos nos diferentes trechos do litoral.

Passo 3 - Abordagem local da vulnerabilidade física da linha de costa: Identificação de variáveis locais que possam gerar um índice de vulnerabilidade, diferenciando diversos segmentos da costa. As variáveis necessárias neste passo são: altura de dunas ou cordão litorâneo, grau de incidência de energia das ondulações em função da refração, declividade da ante-praia e modificação da linha de costa nas últimas décadas. Este terceiro passo fornece informações suficientes para s gerar uma classificação do grau de vulnerabilidade à erosão e inundação costeiras.

Passo 4 – Aspectos da vulnerabilidade social e riscos associados: Mapeamento das varáveis sociais , tais como população total e urbana, densidade demográfica, renda e outros, a partir da transferência dos dados censitários para a linha de costa.

Os passos acima descritos representam uma orientação geral para a avaliação da vulnerabilidade física, apontando as principais variáveis que devem ser levantadas e mapeadas. Cada um dos processos físicos da zona costeira, no entanto, necessita de estudos particulares para fundamentar a escolha das variáveis que devem ser relacionadas.

7.1.1.5 – Erosão Costeira

Como já fora discutido, é preciso diferenciar a erosão costeira em escala temporal longa (escala geológica), causada principalmente por mudanças do nível do mar, da erosão por reação morfológica da praia à ação de ondas de tempestade. A avaliação da erosão de praia nesta curta escala temporal não indica necessariamente uma tendência erosiva em longo prazo, mas tal informação, complementariamente a evidências de médio prazo (décadas) de erosão da linha de costa, assume importante papel ao diferenciar segmentos do litoral quanto à sua vulnerabilidade atual à erosão costeira. Já a avaliação da vulnerabilidade á erosão costeira por subida do nível do mar

aponta para cenários de recuo da linha de costa baseados no clima de ondas e na geometria do perfil de praia sem, no entanto, considerar as características geomorfológicas locais que influenciam a resistência, resiliência e exposição das praias.

Desta forma, a avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira ora proposta enfocou estas duas escalas temporais de maneira complementar, apontando, de um lado, a vulnerabilidade no caso de uma subida do nível do mar e, por outro, a vulnerabilidade em escala instantânea (horas, dias, meses) e de eventos (anos, décadas).

a) Vulnerabilidade à erosão costeira por subida do nível do mar

A avaliação da vulnerabilidade física à erosão costeira por subida do nível do mar se deteve na estimativa da extensão do recuo da linha de costa considerando o cenário de elevação de 1 metro do nível do mar para os próximos 100 anos. Para tanto, foi utilizada a regra de Brunn (1962 *apud* Bird, 1993; Komar, 1976) que assume a seguinte fórmula:

Fórmula (1) $R = G*S*L / b + h$

Onde R é o recuo da linha de costa, G é uma constante relacionada à proporção de material erodido, S é o valor em metros da subida do nível do mar, L é a largura do perfil contada desde a sua parte emersa de maior altitude e até sua profundidade de fechamento, b é a altura do perfil contada desde a cota de maior altitude do perfil emerso até a batimetria da profundidade de fechamento e h é a profundidade de fechamento do perfil.

A escolha da aplicação da regra de Bruun se justifica por sua prática abordagem na determinação do recuo da linha de costa ao apontar, ainda que preliminarmente, um valor a ser considerado como uma faixa vulnerável. Conforme afirma Muehe (2003), o cálculo do recuo baseando-se na regra de Bruun estabelece um limite mínimo, e qualquer questionamento a este limite deverá ser analisado através de estudos de caso baseados em evidências científicas.

A determinação dos valores de altura do perfil (b) teve como base a altura da feição de pós-praia medida por topografia e a curva batimétrica de 10 metros das folhas de bordo da marinha, definida como sendo a profundidade de fechamento do perfil de toda a área de estudo[5]. A largura do

[5] A profundidade de fechamento do perfil é a profundidade máxima que as ondas são capazes de mobilizar os sedimentos do fundo marinho. Esta profundidade pode ser definida pela equação de Hallermeier (1981 *apud* Muehe, 2003) que considera a média da altura das ondas significativas em um ano e o seu desvio padrão. Hallermeier propões ainda outra equação aplicável a um período de 100 anos. Considerando estas duas equações Muehe (2003) encontrou que a profundidade de fechamento da costa brasileira é da ordem de 6.5 metros para 1 ano e de 11.4 para uma previsão de 100 anos. Assim, a profundidade de 10 metros é um valor adequado e por estar presente nas cartas náuticas, é facilmente obtido.

perfil foi calculada para cada praia através dos pontos batimétricos das Folhas de Bordo e dos perfis topográficos.

b) Vulnerabilidade à erosão costeira por ação de tempestades

Inúmeras metodologias visando estabelecer uma hierarquia quanto ao grau e vulnerabilidade à erosão, seja relacionada à curta ou longa escala temporal, já foram propostas por diversos autores (Bruun, 1983; IPCC, 1990; Dal Cin e Simenoni, 1994; Cendrero e Fisher, 1997; Thieler e Hammar-Klose, 1999; Bush *et al*., 1999; Klein e Nicholls, 1999; Harvey *et al*., 1999; Ruggiero *et al*., 2001; Morton, 2002; Tooresan *et al*., 2008; Harvey e Woodroffe, 2008, e outros).

Baseando-se nesta literatura, nos conceitos e teorias apresentados no capítulo II e na experiência de trabalhos anteriores na área de estudo (Lins-de-Barros, 2005ª; 2005b) foram selecionadas as seguintes variáveis para análise da vulnerabilidade à erosão costeira por ação de tempestades:

- presença de dunas frontais vegetadas e não vegetadas,
- granulometria dos sedimentos das praias arenosas;
- exposição das praias às ondulações baseada na orientação do litoral;
- altura das ondas próximo à costa baseada na refração;
- altura da feição do pós-praia (cordão litorâneo, dunas frontais ou do topo da escarpa);
- alterações recentes na linha de costa baseadas na comparação das fotografias aéreas dos últimos 50 anos.

A associação entre tais variáveis e o grau de vulnerabilidade da praia à erosão foi estabelecida com base em conceitos e teorias consagrados na literatura, assim como a partir da evidência de erosão e transposição de ondas nas praias estudadas. O esquema abaixo representa esta relação para cada variável utilizada.

Fig. 41 – Variáveis relacionadas ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira

O cruzamento das variáveis apresentadas na figura acima resultou em um número excessivo de combinações em função da variedade de situações possíveis. Assim, foi necessário criar sub-índices que posteriormente foram combinados gerando a classificação quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira.

O primeiro sub-índice criado foi denominado de resistência do litoral à erosão costeira e foi estabelecido pelo cruzamento da granulometria das praias arenosas e da presença ou ausência de dunas frontais, estas últimas caracterizadas pela existência ou não de cobertura vegetal (tabela 4). A presença de dunas frontais, como já fora discutido no capítulo II, funciona como uma barreira para a ação das ondas, além de ser um estoque importante de sedimentos. A cobertura vegetal contribui ainda para a retenção dos sedimentos e atenuação da energia das ondas (Morton, 2002). Em relação à granulometria, as teorias sobre transporte de sedimentos pelas ondas apontam para a maior facilidade de movimentação dos sedimentos quartzosos mais finos, visto que estes tendem a ser mais leves (Komar e Miller, 1973 *apud* Komar, 1976).

Tabela 4 – Variáveis e limites para definição do sub-índice de resistência

Granulometria	Dunas frontais	Resistência
areia muito fina ou fina	ausentes	muito baixa
areia muito fina ou fina	dunas sem vegetação	baixa
areia média	ausentes ou dunas sem vegetação	moderada
areia média	dunas com vegetação	alta
areia grossa	dunas sem vegetação ou escarpa vegetada	alta

O segundo sub-índice estabelecido teve como intuito criar uma classificação qualitativa da magnitude potencial do recuo da linha de costa em caso de erosão. Para tanto, foram consideras a declividade da ante-praia, a feição à retaguarda da praia e a altura da feição do pós-praia. Esta última variável é especialmente importante para melhor definição da capacidade das dunas frontais, quando presentes, ou do cordão litorâneo de impedir o avanço das ondas. A declividade da ante-praia é outra importante variável, uma vez que praias mais íngremes impedem o avanço do mar para o continente, enquanto que em costas mais suaves a área atingida pelas ondas é muito maior. Os limites quantitativos estabelecidos para a variável de altura da feição de pós-praia foram definidos a partir da medição em trabalho de campo da altitude máxima atingida por transposição de ondas, assim como na avaliação da vulnerabilidade à inundação descrita a seguir. Para definição dos limites da declividade da ante-praia foi adotado o critério estabelecido por Wiegel (1964 *apud* Muehe, 2001). A caracterização da feição à retaguarda da praia teve como intuito diferenciar as praias precedidas por planícies ou terraços marinhos, onde se encontram poucos obstáculos para a inundação, daquelas precedidas por falésias ou montanhas que funcionam como uma barreira natural. A presença de muros também foi considerada como um elemento limitador da inundação.

Tabela 5 – Variáveis e limites para definição do sub-índice de magnitude potencial do recuo da linha de costa

Declividade da ante-praia	Feição do continente à retaguarda	Altitude do Pós-Praia	Magnitude do Recuo
< 0.25^{o}	terraço marinho ou planícies	<= 4m	muito alta
entre 0.25 e 1^{o}	ausênsia de falésias ou montanhas	<= 4m	alta
< 0.25^{o}	ausênsia de falésias ou montanhas	>6m	moderada
entre 0.25 e 1^{o}	ausênsia de falésias ou montanhas	entre 4 e 6m	moderada
<1^{o}	ausênsia de falésias ou montanhas	<=3m	moderada
>1	ausênsia de falésias ou montanhas	>=7m	baixa
-	falésias ou montanhas (barreiras naturais) ou muros	-	muito baixa

A altura das ondas próximo à linha de costa em condições de tempestade foi a variável usada para a formulação do terceiro sub-índice criado, com intuito de classificar o litoral quanto à sua exposição às ondulações. Para tanto, foram utilizados os maiores valores de altura de ondas na linha de costa obtidos pelo resultado da modelagem de refração, considerando as diversas direções e intensidades das ondulações. Foram estabelecidos três graus de exposição a ondulações, conforme se observa na figura 40.

A partir da combinação das classificações dos sub-índices descritos acima, se estabeleceu uma matriz para avaliação do grau de vulnerabilidade costeira, dividida em segmentos com erosão ativa nas últimas décadas, característica que confere um aumento no grau de vulnerabilidade, e em segmentos que não apresentaram ocorrência de erosão costeira (Quadro 6).

Quadro 6 - Matriz de correlação das variáveis para estabelecimento do grau de vulnerabilidade à erosão costeira em segmentos com e sem erosão ativa

		com erosão ativa				**sem erosão ativa**			
Magnitude do Recuo	**Exposição à ondulações**	**Resistência**				**Resistência**			
		alta	mode rada	baixa	muito baixa	alta	modera da	baixa	muito baixa
muito alto	muito alta								
alto									
médio									
baixo									
barreira natural ou muro									
muito alto	alta								
alto									
médio									
baixo									
barreira natural ou muro									
muito alto	moderada a baixa								
alto									
médio									
baixo									
barreira natural ou muro									

Mais vulnerável — menos vulnerável

Para o mapeamento e cruzamento das variáveis e sub-índices que compõem a matriz acima foi realizado um procedimento metodológico baseado em Sharples (2006), conforme será descrito no item 7.1.1.7.

7.1.1.6 – Inundação Costeira

a). Transposição do cordão litorâneo por ondas de tempestade

A avaliação da vulnerabilidade do cordão litorâneo à transposição pelas ondas (*overwash*) foi realizada a partir de evidências atuais deste processo observadas em trabalho de campo ou em registros de casos pelo município ou pela Defesa Civil. Tais evidências foram constatadas pela presença de leques de transposição na praia de Itaipuaçu, em Maricá, onde o topo do cordão litorâneo possui 7 metros de altura, a praia apresenta elevada exposição às ondas e é caracterizada por morfodinâmica refletiva. Na praia da Massambaba, praia intermediária e com elevada exposição às ondas, foi medida a altura máxima ultrapassada pelas ondas de tempestades, obtendo-se o valor de aproximadamente 4 metros de altitude. Próximo a este último ponto, na localidade de Monte Alto, foram registrados pelo município de Arraial do Cabo (Plano Fundiário, 2007) casos de alagamento por ondas numa área com altitude do cordão litorâneo de aproximadamente 5 metros. Finalmente, foram utilizados os dados de registros da Defesa Civil de inundações litorâneas nas praias da Vila e de Itaúna, em Saquarema, onde o topo do cordão é de aproximadamente 6 metros de altura e a praia é exposta e de morfodinâmica intermediária. Assim, através da medição da altitude que foi ultrapassada pelas ondas nestes pontos conhecidos de transposição atual, do grau de exposição do litoral a fortes ondulações e do estágio morfodinâmico das praias, foi estabelecido um critério aplicável a todo o litoral para identificação de outros trechos sujeitos à transposição (Quadro 7).

Quadro 7 - Variáveis associadas ao grau de vulnerabilidade à inundação por transposição de ondas

Estágio morfodinâmico praial	**Exposição às ondulações**	**Altitude do cordão, da escarpa ou das dunas frontais**	**Relevo no pós-praia e à retaguarda**	**Grau de vulnerabilidade**
Refletivo	Praia exposta de alta energia	< = 7m	Cordão litorâneo ou planícies	**Elevado**
Intermediário	Praia exposta de alta energia	< = 6m	Cordão litorâneo ou planícies	**Elevado**
Intermediário ou dissipativa	Praia exposta de alta energia	< = 5m	Cordão litorâneo ou planícies	**Elevado**
Refletivo	Praia semi-exposta de moderada energia	< = 7m	Cordão litorâneo ou planícies	**Moderado**
-	-	-	Falésias ou montanhas	**Baixo**
-	Praia abrigada de baixa energia	-	-	**Baixo**
-	-	> 7m	-	**Baixo**
Qualquer outra combinação de fatores				**Moderado**

Com se observa na quadro acima, todas as áreas à retaguarda das praias refletivas, com elevada exposição às ondas e cujo cordão litorâneo ou dunas frontais possuem menos do que 7 metros de altura foram classificadas como praias de vulnerabilidade muito elevada. A mesma classificação foi adotada para as áreas à retaguarda das praias intermediárias com alta exposição às ondulações e cujo cordão litorâneo ou dunas frontais apresentam altura abaixo de 4 metros. Já as praias consideradas com baixa vulnerabilidade são as que apresentam altura do cordão ou das dunas acima de 7 metros ou estão abrigadas das ondas, ou ainda são limitadas por falésias que impedem a transposição. Todos os outros casos foram considerados como moderadamente vulneráveis. Deve-se ressaltar que o risco de inundação por transposição da área imediatamente a retaguarda da praia varia de acordo com o tipo de feição (escarpa de praia, falésia, campo de dunas vegetadas) ou ocupação urbana, observados e mapeados em trabalho de campo.

b) Inundação por subida do nível do mar

Assim como na avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira, é preciso considerar no caso da inundação os efeitos da possível subida do nível do mar. A regra de Bruun aplicada no caso da erosão é também importante no caso da inundação, uma vez que ao recuar a linha de costa, a barreira natural á inundação será alterada. No caso de cordões litorâneos, o recuo do litoral se processa pela transferência dos sedimentos para sua retaguarda e, de acordo com o estoque de sedimentos, a altura deste se ajusta ao novo nível do mar, garantindo uma proteção para a inundação. No entanto, no caso dos terraços marinhos e planícies costeiras a inundação pode se propagar a grandes distâncias dependendo da declividade do terreno. Assim, foram considerados mais vulneráveis à inundação, os segmentos do litoral com elevada vulnerabilidade à erosão por subida do nível do mar e cuja feição continental é caracterizada por terraços marinhos ou planícies costeiras.

c) Desastres Naturais

As fontes dos dados de desastres naturais foram os relatórios da Defesa Civil Estadual para o período entre 2000 e 2007 (Avaliação de Danos - AVADAN e Notificação de Prejuízos – NOPRED), o mapeamento das áreas de ameaças múltiplas também disponibilizado pela Defesa Civil (http://www.cba-v.cbmerj.rj.gov.br) e as notícias do jornal O Globo para o período entre os anos de 2000 e 2007. O Manual de Desastres publicado em 1996 pelo Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Políticas Regionais e Departamento de Defesa Civil define cinco diferentes tipos de desastres e 15 sub-tipos (tabela 6). Na presente tese foram considerados apenas os sub-tipos alagamentos, enchentes ou inundações graduais, inundações litorâneas e erosão marinha.

Tabela 6 - Tipos, Subtipos e Definições de Desastres Naturais

Tipo	Subtipo	Definição
Desastres naturais relacionados com o incremento das precipitações hídricas e com as inundações	Alagamentos	São águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações.
	Enchentes ou inundações graduais	Nas enchentes, as águas elevem-se de forma paulatina e após se manterem em estado de cheia por algum tempo escoam-se gradualmente. As inundações graduais são cíclicas e sazonais. Relacionam-se com chuvas contínuas e demoradas.
	Enxurradas ou Inundações bruscas	São provocadas por chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.
	Exaurimento de recurso hídrico	
	Inundações litorâneas	Caracterizam-se como desastres secundários, podendo ser provocadas por vendavais e tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas d'água, tsunamis e ressacas.
Desastres naturais relacionados com a geomorfologia, o intemperismo, a erosão e a acomodação do solo	Corrida de Massa	Movimentos gravitacionais de massa gerados a partir de um grande aporte de matéria de drenagem sobre terrenos pouco consolidados
	Erosão Marinha	Resultado das águas oceânicas que atuam sobre as bordas litorâneas, modelando o relevo de forma destrutiva.
	Escorregamentos ou deslizamentos	Escorregamentos de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas. São movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida.
	Quedas de matacões e rochas	Movimentos extremamente rápidos, envolvendo blocos, fragmentos de rocha ou matacões que se desestabilizam por fraturas ou erosão.
Desastres naturais de causa eólica	Tromba d'água	São semelhantes aos tornados, mas ocorrem apenas sobre as superfícies d'água (mar ou lago). A sucção do centro da tempestade eleva para os ares a água da superfície. São incorretamente tratados como sinônimo de chuvas concentradas ou aguaceiros.
	Vendavais muito Intensos	Correspondem ao número 11 da Escala Beaufort, compreendendo ventos entre 102,0 a 120,0km/h.
	Vendavais ou tempestades	Deslocamento violento de uma massa de ar de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão. Correspondem ao número 10 da Escala Beaufort, com ventos entre 88,0 a 102,0km/h. São acompanhados normalmente por precipitações intensas chamadas de tempestade.
Desastres naturais relacionados com a intensa redução das precipitações hídricas	Estiagens	Ocorre quando o início da temporada chuvosa atrasa por prazo superior a 15 dias ou quando as médias de precipitação pluviométricas alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período.
	Incêndios Florestais	Propagação do fogo em áreas florestais e de savanas.
Desastres naturais relacionados com temperaturas extremas	Granizo	Precipitação sólida de grânulos de gelo.

Para identificação do número de desastres por município foi adotada a metodologia elaborada pelo Grupo Retis da UFRJ para formulação do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro (Lins-de-Barros e Monteiro, L.R., 2008). A partir das notícias e dos relatórios da Defesa Civil, foi construída uma tabela identificando o tipo de desastre, a data, o município e outras informações adicionais. Nas situações em que um desastre tenha sido duplamente registrado, as informações adicionais da notícia foram acrescentadas ao registro da Defesa Civil. Para a localização pontual da ocorrência dos desastres foram utilizadas as descrições quanto a localização dentro do município fornecidas pelo AVADAN. Estas permitiram, com o auxílio de mapas e imagens de satélite, determinar a coordenada geográfica de cada ocorrência o que foi acrescentado a outros pontos observados em trabalhos de campo. Foi adotada a terminologia alagamentos para todos os registros encontrados da Defesa Civil referentes a alagamentos, enchentes ou inundação graduais, distinguindo mais claramente das inundações especificamente litorâneas por transposição de ondas.

7.1.1.7 – Cruzamento das variáveis e mapeamento

Visando disponibilizar uma metodologia relativamente rápida e simples para a identificação de segmentos do litoral com elevada da vulnerabilidade física Sharples (2006) elaborou uma abordagem denominada de *"smartline methodology"* aplicada para a costa da Austrália.

Esta metodologia consiste em representar cartograficamente através de linhas a classificação geomorfológica das praias (incluindo a parte emersa e submersa), do reverso da praia (dunas, mangues, restingas, etc.) e do continente (figura 41).

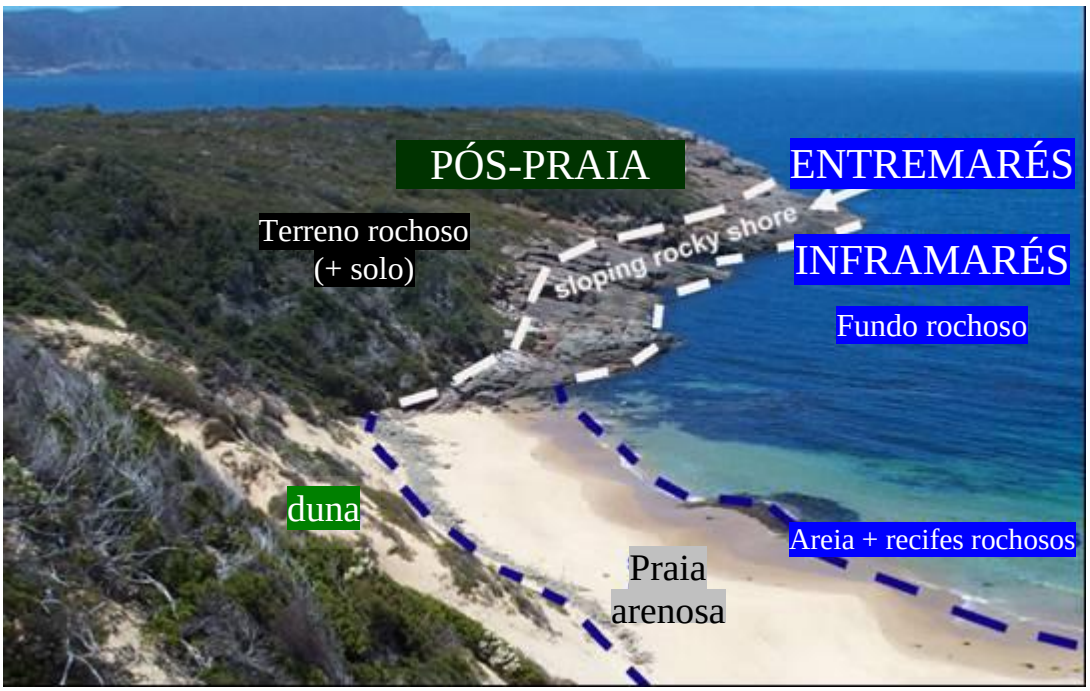


Fig. 42 - Exemplo dos elementos da praia, do seu reverso e do continente próximo para os quais são atribuídas diversas características que posteriormente são mapeadas em um unido segmento de linha.

Fonte: Sharples (2008)

Este tipo de mapeamento em linha permite a criação de uma caracterização completa da costa de forma muito mais rápida do que seria possível através de mapeamentos por polígonos. Além disso, permite gerar mais facilmente combinações das variáveis por ferramentas de sensoriamento remoto para uma enorme variedade de objetivos (Harvey e Woodroffe, 2008). A utilização deste tipo de cartografia já vinha sendo utilizada no Brasil e em outros países para a geração de mapas de sensibilidade a derrame por óleo (MMA, 2007). Sharples (2006) inova ao aplicar esta idéia à classificação da vulnerabilidade física da costa e ao propor que múltiplos atributos, independentes de estarem ou não situados precisamente na linha de costa, sejam representadas numa única linha, facilitando a visualização e a operacionalização das informações. Para tanto, o autor divide a costa em segmentos segundo seu perfil transversal atribuindo características para cada um deles, conforme ilustram as figuras a seguir.

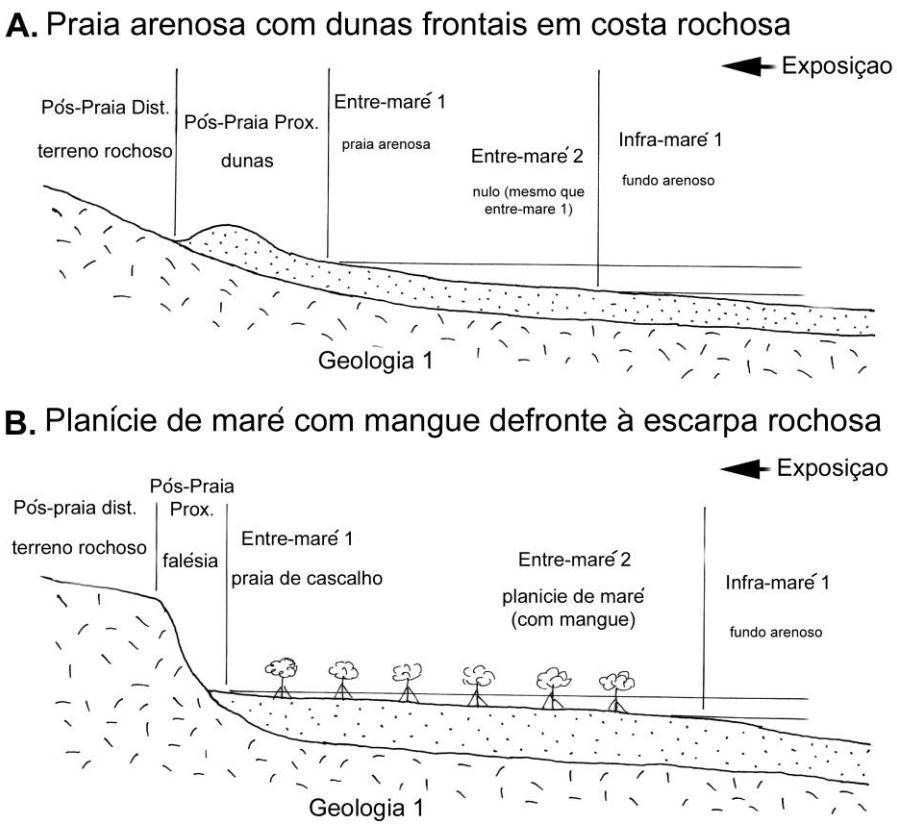


Fig. 43 - Exemplos de dois perfis de praia com os segmentos transversais para os quais serão atribuídas características. Fonte: Sharples (2008)

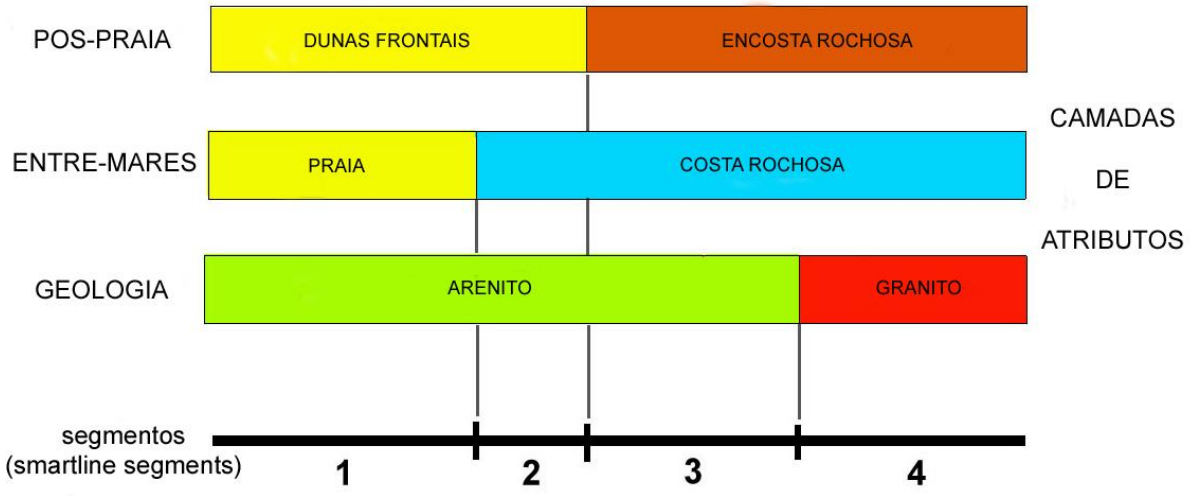


Fig. 44 - Procedimento metodológico de atribuição de características de diferentes elementos formando segmentos em formato linear. Fonte: Sharples (2008)

Segundo o autor deve ser realizada a entrada das variáveis para cada elemento da costa em um banco de dados que será utilizado para o mapeamento. Assim, para cada elemento (berma da praia, pós-praia, continente próximo, dunas, etc.) pode ser atribuído uma ou mais variáveis que deverá receber um código específico para facilitar posteriormente a combinação

por sistema geográfico de informação.

Assim como na metodologia de Sharples (2006), a linha de costa da área de estudo foi dividida em segmentos transversais conforme exemplificado na figura abaixo:

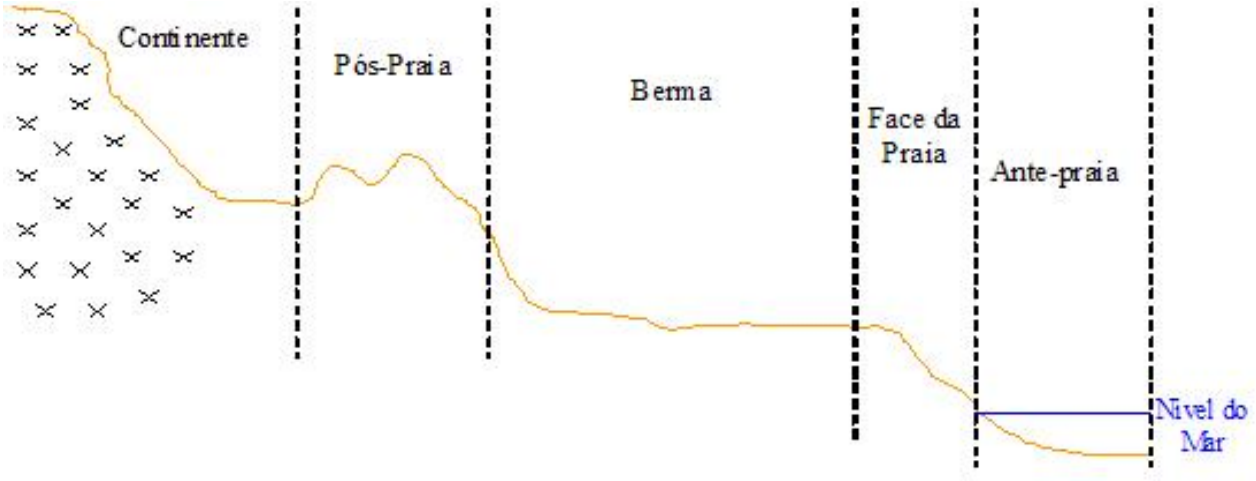


Fig. 45 – Feições transversalmente representadas sobre as quais foram atribuídas as variáveis e classificações

A tabela gerada a partir das variáveis acima mencionadas foi importada para o programa ArcGIS 9.1 e as coordenadas geográficas de cada segmento identificado foram inseridas na linha de costa.

Tabela 7 - Exemplo do banco de dados para classificação geomorfológica das praias

MUNICÍPIO	Armacao de Buzios	Armacao de Buzios	Araruama	Cabo Frio	Cabo Frio	Arraial do Cabo
PRAIAS	Caravelas	sem nome	Praia Seca	Praia do Forte	das conchas	Pernambuca
CÓDIGO	12	27	40	6	69	97
LAT	22º48'5	22º44'1	22º56'1	22º53'0	22º52'0	22º56'3
LONG	41º57'13	41º52'26	42º17'42	41º00'26	41º58'54	42º07'05
MATERIAL	arenoso	rochoso	arenoso	arenoso	rochoso	arenoso
ANTE PRAIA	arenoso	arenoso	arenoso	arenoso	arenoso	arenoso
GRANULOMETRIA	média a grossa	inexistente	sem dado	fina	fina	fina
CONTINENTE	encosta de montanha	encosta de montanha	planície costeira com laguna	terraço marinho	terraço marinho	planície costeira com laguna
EXPOSIÇÃO	exposta	sem dado	exposta	semi-exposta	semi-exposta	exposta
MORFODINÂMICA	sem dado	inexistente	intermediaria	dissipativa	inexistente	intermediaria
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	APA Pero	inexistente	APA Massamba	inexistente	inexistente	inexistente
RETROPRAIA	floresta	costao	duna e restinga	duna vegetada	duna e restinga	urbanizada
TOPO CORDÃO (m)	6.0	inexistente	7.0	3.8	inexistente	9.0
DECLIVIDADE DA FACE DE PRAIA	10.57	inexistente	0.00	3.81	inexistente	4.00

O mapeamento realizado com base no "*smartline methodology*" permitiu realizar o cruzamento das diversas variáveis levantadas pela caracterização geomorfológica, assim com dos resultados obtidos pela comparação da linha de costa e pelos modelos de refração de ondas[6]. Com isso obteve-se uma classificação final da vulnerabilidade física da linha de costa baseando-se em uma análise qualitativa que resultou em diferentes tipologias. Esta tipologia explicita o principal elemento que caracteriza cada segmento ou grupo de segmentos classificados.

Como será visto mais adiante a aplicação da metodologia foi ainda estendida para a incorporação de variáveis demográficas a partir da extrapolação dos dados dos setores censitários localizados defronte ao mar para a linha de costa.

No entanto a *"smartline methodology"* apresenta algumas limitações para representar determinados processos costeiros cujo mapeamento em linha não é possível ou distorceria demais a informação. Este é o caso da migração de dunas e das inundações que podem abranger uma área muito grande ou muito distante da linha de costa, especialmente quando estas últimas estão associadas à subida do lençol freático nas planícies e às enchentes das lagunas. Apenas no caso das inundações por transposição do cordão litorâneo pelas ondas tal processo foi representado em linha.

7.2 VULNERABILIDADE AMBIENTAL

A avaliação da vulnerabilidade ambiental, em função da enorme complexidade ecológica de cada ambiente, se restringiu a um estudo das principais alterações físicas dos ecossistemas mais comuns da Região dos Lagos, da pressão urbana sobre tais ecossistemas, a situação da proteção legal e a poluição das lagunas. No fluxograma abaixo se apresentam os procedimentos metodológicos, as variáveis utilizadas e os resultados esperados.

[6] Para a avaliação da exposição do litoral foram utilizados os resultados de altura de ondas e direção próximas à costa encontrados pelo modelo de refração para diferentes condições oceanográficas.

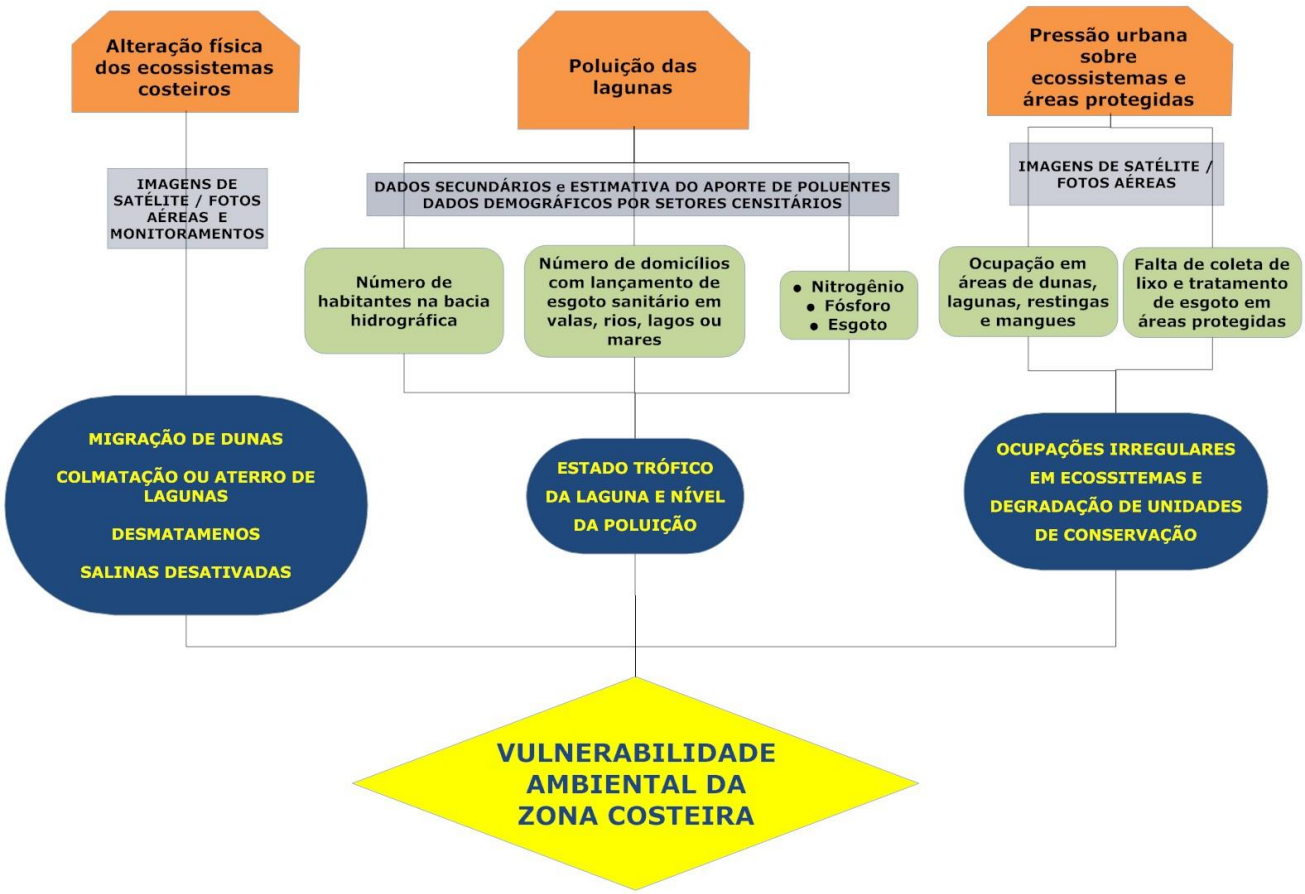


Fig. 46 – Fluxograma Metodológico de Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental da Zona Costeira

7.2.1 Alterações Físicas dos ecossistemas costeiros

Através da interpretação das fotografias aéreas do ano de 1976, cedidas pelo Departamento de Recursos Minerais – DRM, e do ano 2000, cedidas pela AMPLA, foi realizado o mapeamento da área urbana, dos campos de dunas, salinas, lagunas e brejos. Para confirmação da interpretação das fotografias do ano 2000 foram realizados trabalhos de campo na região e os resultados foram comparados com as classificações do Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo na Bacia de Santos elaborado pelo MMA e cedidas em meio digital (MMA, 2007) e pelo mapeamento realizado por Bohrer *et al.* (2009). A comparação dos resultados obtidos para os dois anos permitiu identificar as alterações físicas (tamanho) dos corpos d'água e dos campos de dunas. Identificaram-se ainda lagunas em processo de colmatação com a formação de brejos após o ano de 1976.

Foram realizados também monitoramentos de dunas na praia da Massambaba, Arraial do Cabo e na praia do Peró, em Cabo Frio. Na praia da Massambaba o monitoramento vem sendo realizado pelo Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ há 12 anos mensalmente conforme já descrito no capítulo VI sobre a área de estudo. Já na Praia do Peró foram realizados perfis

topográficos em intervalos mensais por doze meses, ao longo do eixo longitudinal de três dunas parabólicas reativadas e em local com indicação de erosão da duna frontal. Nesta última praia foram colocadas também armadilhas para os sedimentos em posições que permitissem avaliar a ocorrência ou não de transporte realimentador das dunas a partir das dunas frontais.

7.2.2 Pressão urbana sobre ecossistemas e áreas protegidas

Para avaliação da pressão urbana, o mapeamento das áreas urbanas permitiu identificar a ocupação irregular das áreas de dunas e das áreas úmidas (brejos ou lagunas em colmatação). Além das alterações diretas por ocupação destes ecossistemas, a pressão demográfica sobre as unidades de conservação também foi avaliada a partir do cruzamento dos dados censitários com as áreas das unidades de conservação, classificadas segundo tipo de proteção (uso sustentável ou proteção integral) de acordo com a categorização do o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Tal cruzamento permitiu estimar o número de pessoas, assim como a situação da infra-estrutura sanitária dos domicílios, no entorno próximo ou dentro da área das Unidades de Conservação.

7.2.3 Poluição das lagunas

Para avaliação da poluição das lagunas foi estimado o número de domicílios e de habitantes, por setores censitários, com lançamento de efluentes domésticos direto em valas, rios, lagunas ou no mar, por micro-bacias hidrográficas. Para estimativa do aporte de nitrogênio, fósforo e esgoto foram considerados os valores médios de produção *per capita* segundo a FEEMA (1987 apud Knoppers *et al*., 1999) e a PROLAGOS (2007) (tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de produção de nutrientes (N e P) e esgoto por habitante

Nitrogenio	Fósforo	Esgoto
10gN/dia/ por habitante	3gP/dia/ por habitante	140 a 200 l/dia / por habitante
FEEMA	FEEMA	PROLAGOS

Dados sobre as propriedades químicas em diferentes períodos e sobre o tempo de residência das lagunas foram obtidos na literatura (Knoppers et al., 1999; Azevedo, 2005, Moreira, 2003) e cedidos pela PROLAGOS e pela Organização Não Governamental Viva Lagoa o que permitiu ainda apontar as tendências do nível de poluição.

7.3 VULNERABILIDADE SOCIAL

A abordagem escolhida para a avaliação local da vulnerabilidade social teve ênfase na exposição da população urbana aos perigos da zona costeira e na avaliação dos riscos direta ou indiretamente associados à vulnerabilidade física e ambiental costeira. Foram excluídos da análise estudos de percepção da população e variáveis relativas à educação, composição etária e tempo de residência que, apesar de indicarem o grau de capacidade de resposta da população à determinado evento, não representam aspectos particulares das cidades costeiras, podendo ser tratados separadamente em trabalhos complementares.

Os procedimentos metodológicos seguidos para a avaliação local da vulnerabilidade social estão apresentados no fluxograma da figura 47.

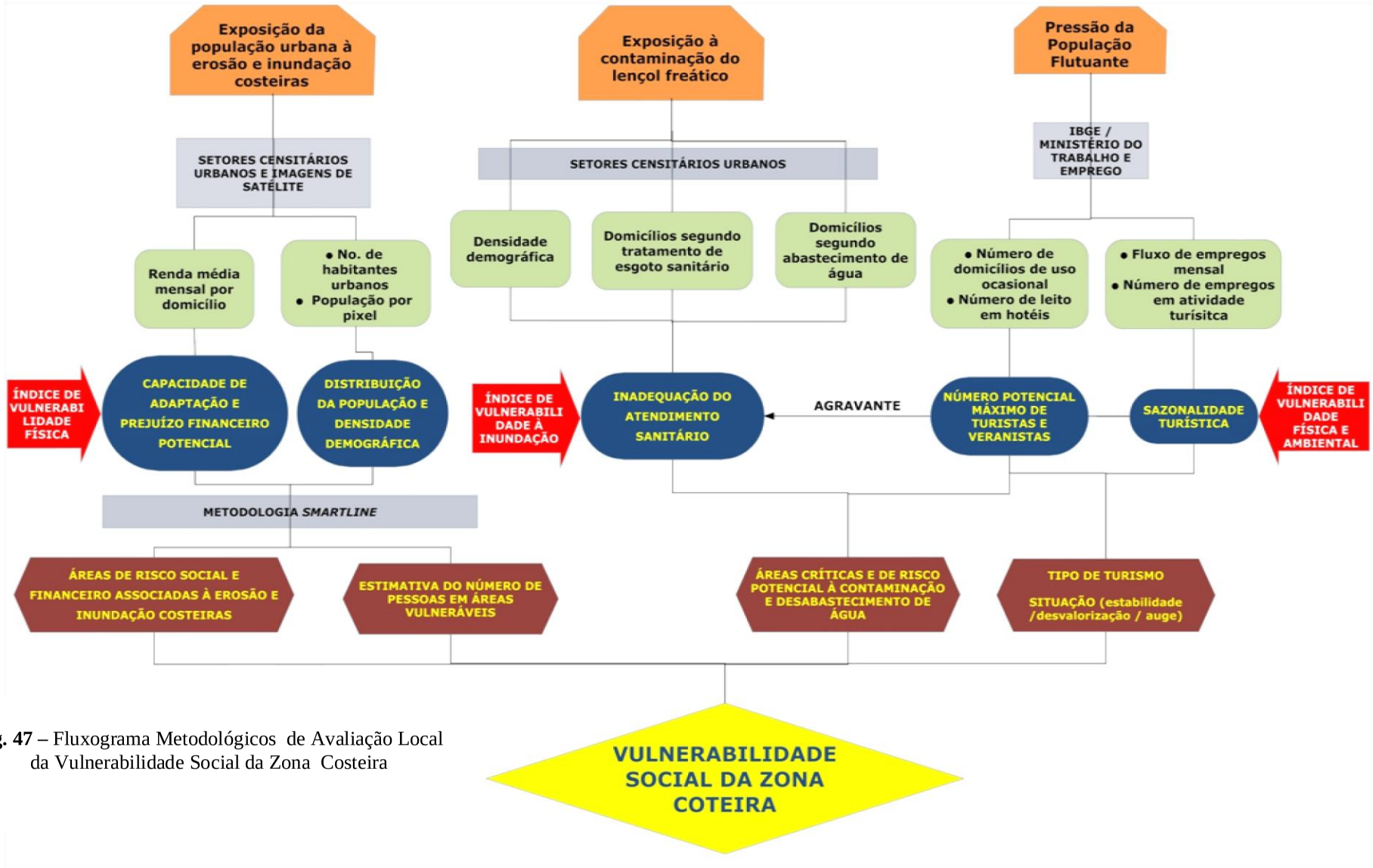


Fig. 47 – Fluxograma Metodológicos de Avaliação Local da Vulnerabilidade Social da Zona Costeira

Visando obter uma avaliação em escala local, foram utilizados os dados por setores censitários urbanos do IBGE para o ano 2000. Os setores censitários são a menor unidade censitária do país, criada para fins de controle cadastral de coleta, e seu tamanho equivale à área percorrida por cada agente censitário. Com isso, quanto mais densa é a área menor tende a ser o tamanho do setor censitário. O uso desta unidade censitária permitiu mapear as variáveis em escala geográfica muito maior do que aquelas disponibilizadas pelas outras unidades censitárias, como o distrito e o município. No entanto, nem todas as variáveis levantadas pelo IBGE são disponíveis na escala de setores censitários. Este é o caso, por exemplo, dos dados relacionados ao turismo. Neste último caso, foram utilizados dados por distrito e por município levantados pela pesquisa censitária do ano 2000 realizada pelo IBGE e pelo Ministério do Trabalho. Foram consideradas como importantes para o estudo da vulnerabilidade social as seguintes variáveis:

Tabela 9 - Variáveis, fonte, ano e escala.

Variável	Fonte	Ano	Escala
número de habitantes urbanos	Censo Demográfico - IBGE	2000	Setor censitário urbano
densidade populacional urbana	Censo Demográfico - IBGE	2000	Setor censitário urbano
tipo de acesso à água	Censo Demográfico - IBGE	2000	Setor censitário urbano
condições de tratamento do esgoto doméstico	Censo Demográfico- IBGE	2000	Setor censitário urbano
condições de coleta do lixo sólido	Censo Demográfico- IBGE	2000	Setor censitário urbano
Renda média mensal	Censo Demográfico- IBGE	2000	Setor censitário urbano
consumo de água *per capita*	Concessionária Prolagos	2007	Município
volume de água tratado	Concessionária Prolagos	2007	Município
produção de esgoto doméstico *per capita*	Concessionária Prolagos	2007	Município
volume de esgoto doméstico tratado	Consórcio Intermunicipal Lagos-São João	2007	Município
número de residências de uso ocasional	Censo Demográfico- IBGE	2000	Distrito
número de hotéis e pousadas	IBGE / Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão – Meios de Hospedagem do Estado do Rio de Janeiro	2001	Município
número de leitos em hotéis e pousadas	IBGE / Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão – Meios de Hospedagem do Estado do Rio de Janeiro	2001	Município
número de veranistas e turistas (população flutuante)	Dado secundário	2000	Distrito

Dentre as variáveis acima listadas o número de habitantes é considerado um dado essencial para avaliação direta da exposição da população aos eventos de erosão e inundação litorânea. As variáveis relacionadas à infraestrutura (serviços de abastecimento e tratamento de água, esgoto e lixo) indicam as áreas onde a população encontra-se mais exposta aos impactos indiretos, principalmente no caso de inundações, tais como poluição do lençol freático e déficit de água doce para o consumo. Indiretamente tais variáveis apontam os setores com menor capacidade de adaptação ou recuperação, o que também está relacionado à renda média da população. Já as variáveis relativas ao consumo ou produção de água e esgoto e ao volume tratado por município revelam a dimensão da oferta e da deficiência deste serviço, o que se agrava nas épocas de férias e feriados em função do aumento da demanda. A sazonalidade do turismo e sua importância econômica para o município com a geração direta de empregos também foram estudadas em escala municipal a partir das duas variáveis listadas na tabela 10. Esta última análise foi realizada visando apontar a vulnerabilidade econômica relacionada à dependência da economia do município à atividade turística.

Tabela 10 - Variáveis relacionadas à atividades turística

Variável	Fonte	Ano	Escala
número de empregos em turismo	Ministério do Trabalho e Emprego – CAGED	1996 a 2005	Município
fluxo de emprego em atividades relacionadas ao turismo	Ministério do Trabalho Emprego – CAGED	2003 a 2008	Município

Além destas variáveis foi utilizado para análise da distribuição da população o mapeamento de uso e ocupação elaborado pelo Grupo Espaço do Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ. O uso deste mapeamento, o ajustamento da base espacial dos setores censitários, o uso das variáveis, o estabelecimento de indicadores e dados secundários e a combinação destes para avaliação serão descritos mais detalhadamente nos próximos itens.

7. 3.1 Setores Censitários Urbanos

A base espacial dos setores censitários urbanos e rurais para o ano 2000 foi disponibilizada pelo IBGE por meio digital já georreferenciadas para cada município separadamente. No entanto, ao agrupar todos os arquivos em um único mapa foi constatada a ocorrência de erros que resultaram na sobreposição dos setores de diferentes municípios, na sobreposição dos setores rurais e urbanos e em distorções espaciais. Além disso, a base espacial dos setores não é elaborada pelo IBGE para os municípios com menos de 25.000 habitantes, como é o caso de Iguaba Grande, Armação dos Búzios e Arraial do Cabo. Para estes municípios foi preciso criar a base espacial utilizado o documento do IBGE que descreve a demarcação dos setores a partir da descrição dos perímetros, usando como referenciais o traçado de ruas ou de outros elementos marcantes da paisagem. Com o auxílio de levantamentos aerofotogramétricos cedidos pelo Serviço de Patrimônio da União – SPU - foi possível identificar as ruas e traçar os polígonos correspondentes aos setores censitários urbanos no programa ArcGIS 9.2. Cada um dos setores descritos possui um código de identificação do IBGE com o qual foi possível posteriormente associar os dados das variáveis. Para solucionar os problemas encontrados no restante dos municípios, os traçados dos setores foram conferidos também com o auxílio do documento descritivo e dos levantamentos aerofotogramétricos. A ferramenta *"Spatial Adjustment"* do programa ArcGIS 9.2 foi utilizada para realizar os necessários ajustes espaciais. Em alguns casos não foi possível corrigir completamente os erros, mas ainda assim o resultado final se mostrou muito mais adequado do que os dados originais (figura 48).

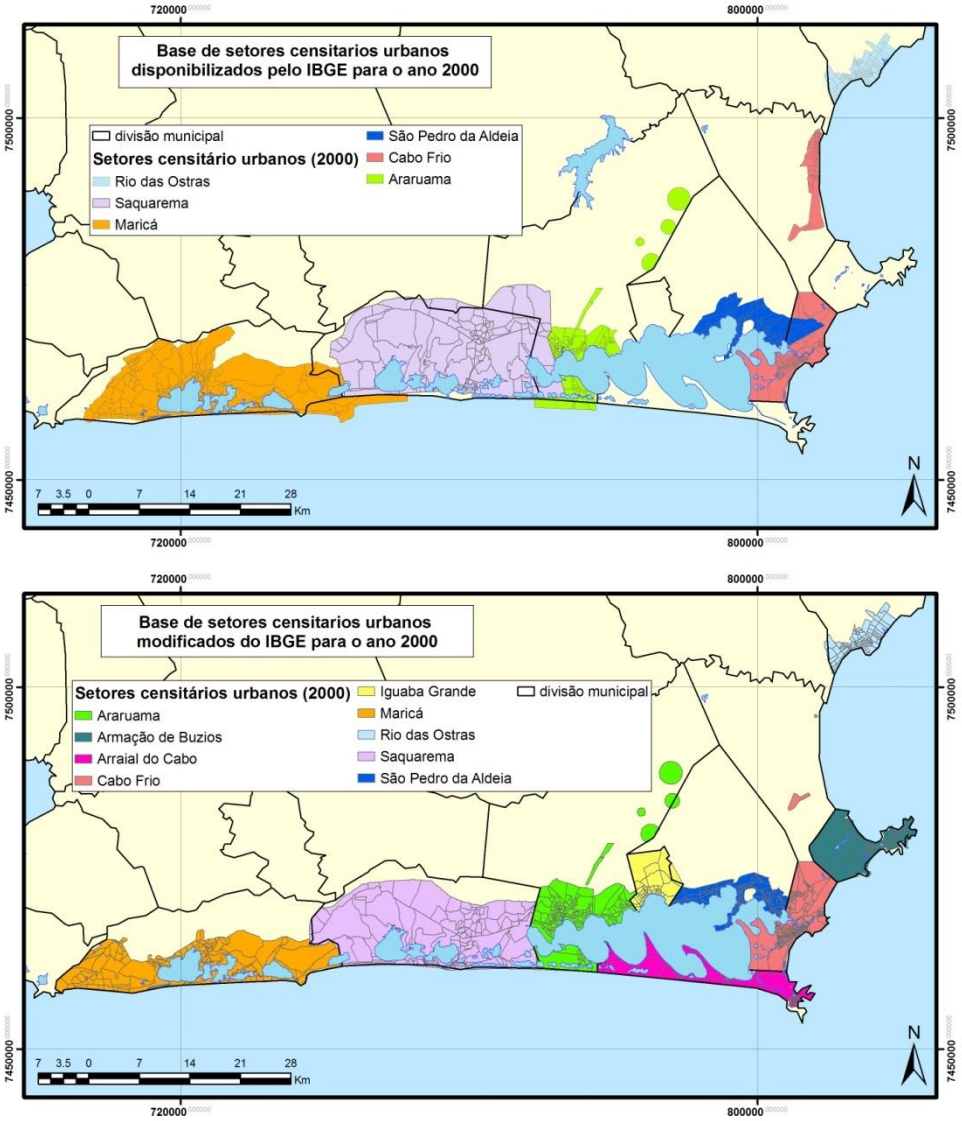


Fig. 48 - Comparação da base espacial dos setores censitários original do ano 2000 disponibilizada pelo IBGE e da base corrigida

Para criação do banco de dados geográfico foi utilizada a tabela fornecida pelo IBGE para o ano 2000 com todas as variáveis levantadas por setores censitários urbanos (anexo 2). A incorporação dos dados da tabela para a base espacial foi realizada por meio da ferramenta *"Join"* do ArcGIS 9.2 que combina os códigos identificadores de cada setor para atribuir os dados de cada variáveis no setor correspondente.

7.3.2 Distribuição da População Urbana e Densidade Demográfica

A partir da população urbana por setor censitário foi obtida a densidade demográfica urbana revelando as áreas de maior concentração demográfica. Considerando que a área efetivamente ocupada de cada setor nem sempre corresponde a 100% da área do setor foi realizado um refinamento da estimativa da densidade demográfica a partir do uso de sensoriamento remoto. Para tanto, foram utilizadas as áreas urbanas identificadas no mapeamento de uso e ocupação realizado através da imagem de satélite Landsat ETM1 do ano 2000 e cedido pelo Grupo Espaço do Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ. Após a revisão e aperfeiçoamento da classificação das áreas urbanas estas foram combinadas com a base espacial dos setores censitários por meio de ferramentas de geoprocessamento do programa ArcGIS 9.2, permitindo conhecer a área urbanizada de cada setor. Outra metodologia utilizando técnicas de geoprocessamento baseada em sensoriamento remoto foi elaborada por Faber *et al.* (2004) para estimar a população em unidades espaciais distintas das divisões censitárias. A metodologia sugere a mensuração e distribuição da população através da utilização de imagens de satélite em conjunto com dados do censo, através de um modelo matemático simples que permite estimar o número de habitantes por pixel da imagem. Estas diferentes estimativas da população e da densidade demográficas foram testadas e comparadas.

Além da concentração e distribuição da população urbana foram identificadas as áreas urbanas em expansão através da comparação das fotografias aéreas de diferentes períodos (1959, 1976, 1995 e 2000/02).

7.3.3 Serviços de abastecimento de água e saneamento básico

Para avaliação dos serviços de abastecimento de água, saneamento básico e coleta de lixo foi utilizado o número absoluto e proporcional (%) de domicílios em cada setor segundo a forma de abastecimento de água (rede de água encanada, poço artesiano ou nascente, e outros), o tipo de esgotamento (rede geral de esgoto, fossas rudimentar ou séptica, lagos, mares ou rios, e outros) e o destino do lixo (coletado por serviço de limpeza; colocado em caçamba de serviço de limpeza; queimado na propriedade; enterrado na propriedade; jogado em terreno baldio ou logradouro; jogado em rio, lago ou mar; outro destino) (ver anexo 1 para melhor descrição de cada categoria). O mapeamento destas variáveis permitiu visualizar concentrações de setores com atendimento parcial ou nulo dos serviços. Tais dados foram usados ainda para avaliação dos riscos de contaminação do lençol freático, como será visto mais adiante.

Além da identificação do déficit de atendimento, os dados referentes ao volume de água distribuído pela concessionária e do volume de esgoto tratado revelam os municípios onde tais atendimentos não suprem a demanda urbana. Tal informação se complementa com os dados acima descritos ao revelar se a capacidade de abastecimento e tratamento nos setores atendidos regularmente é suficiente para atender a demanda. Estas últimas variáveis também permitem estimar o esforço que seria necessário na melhoria destes serviços para que o déficit seja reduzido.

7.3.4 Turismo

7.3.4.1 População Flutuante

Como foi abordado anteriormente, um dos aspectos mais importantes da vulnerabilidade social é a sazonalidade da atividade turística. Tal sazonalidade se expressa principalmente no número de pessoas que vão para as áreas costeiras nos fins de semana, nas épocas de férias e em feriados. Foram considerados na presente análise dois tipos de fluxos populacionais. O primeiro está relacionado ao fluxo de veranistas que possuem residências nas cidades costeiras, as chamadas segundas-residências. O segundo fluxo é relacionado ao turista que se dirige para a cidade costeira principalmente em épocas de férias ou feriados prolongados e geralmente fica hospedado em hotéis ou pousadas. A estimativa do número de veranistas foi feita através do número de domicílios de uso ocasional na escala de distritos segundo o censo do ano 2000 realizado pelo IBGE. Tal variável é definida pelo IBGE como sendo:

"Considerou-se como uso ocasional o domicílio particular que servia ocasionalmente de moradia (casa ou apartamento), isto é, os usados para descanso de fim de semana, férias ou outro fim." (IBGE, 1991)

A estimativa do número de veranistas foi realizada a partir da multiplicação do número de domicílios pela média de pessoas por domicílio no município segundo dados do IBGE (2000). Entrevistas realizadas com a população local e com o secretário de meio ambiente do município de Arraial do Cabo e com agentes do Consórcio Intermunicipal Lagos-São João revelaram que o número de veranistas em cada domicílio pode ser até quatro vezes maior do que o número médio de pessoas por residência. Com isso, foram realizadas outras estimativas assumindo valores acima da média de habitantes por domicílio de uso ocasional, gerando diferentes cenários de fluxo de veranistas. No caso dos turistas a estimativa foi feita através do número de leito nos hotéis e pousadas dos

municípios. Tanto a estimativa dos veranistas como a dos turistas assume uma situação de 100% de ocupação nos domicílios, hotéis e pousadas representando, portanto, a situação mais crítica.

Os dados acima descritos permitiram mapear a população veranista por distrito e a população flutuante por município. Para localização aproximada dos setores censitários urbanos que recebem tal população flutuante foi realizado um mapeamento das áreas de concentração de hotéis e casas de veraneio realizado a partir de informações da secretaria de turismo disponibilizadas nos sites da prefeitura de cada município e do conhecimento adquirido pelos trabalhos de campo.

7.3.4.2 Emprego em atividades turísticas

Considerou-se como um indicador da importância da atividade turística em cada município o número de pessoas empregadas nesta atividade em relação ao número total de empregos formais. Além disso, foi avaliado o fluxo de empregos por trimestre de atividades relacionadas ao turismo para o período de 2003 a 2008. O fluxo de emprego foi gerado a partir dos dados do Ministério do Trabalho do número de pessoas admitidas ou desligadas por mês para diferentes setores considerados como relacionados ao turismo (anexo 3). Este último dado revela não apenas a evolução do número de admissões ou demissões, como aponta para a sazonalidade no padrão de admissão e desligamentos. A interpretação destes dados pode revelar ainda o grau de estabilidade destes empregos em cada município e a tendência de aumento ou diminuição da importância do turismo em função da evolução do número de pessoas empregadas no período analisado.

7.3.5 Avaliação síntese da vulnerabilidade costeira e riscos associados

7.3.5.1 População em área de risco de inundação e erosão costeira

A situação demográfica atual e a identificação dos vetores de crescimento urbano foram usados para a análise de risco atual e potencial da população urbana aos eventos de inundação e erosão costeira. Através da combinação espacial realizada com auxílio de técnicas de geoprocessamento do programa ArcGIS 9.2 entre os mapeamentos da vulnerabilidade física e os mapas de densidade e número de habitantes por setores censitários urbanos foi possível identificar os setores localizados em áreas sujeitas à inundação e erosão costeira. Com isso, o número de pessoas em risco foi calculado através da soma de habitantes de todos os setores localizados nestas áreas. No caso da erosão costeira, todos os setores localizados diretamente em contato com a linha de costa classificada com alto grau de vulnerabilidade foram considerados em área de risco. No entanto, a erosão costeira só influencia a área do setor imediatamente em contato com a praia e em alguns casos as áreas sujeitas à inundação costeira também só englobam uma parte da área do setor censitário. Nestes casos, a contagem da população por setor pode resultar numa estimativa superior à quantidade real de habitantes em risco. Visando gerar uma estimativa ainda mais precisa foi realizada uma combinação dos mapeamentos da vulnerabilidade física com o mapeamento da área urbana realizado por sensoriamento remoto. O número total de habitantes por setor foi então atribuído apenas à área urbana deste setor, permitindo uma contagem mais precisa. A estimativa do número de habitantes por pixel também foi usada nos casos em que um mesmo setor apresenta mais de uma mancha urbana. Nos casos em que o trecho classificado como vulnerável fisicamente não coincidiu com a área urbana do setor censitário foi assumido que nenhum habitante deste setor encontra-se em risco.

Para análise do risco potencial foram usados os vetores de crescimento analisados pela comparação das fotografias aéreas. A expansão urbana em direção a áreas consideradas com alto grau de vulnerabilidade costeira física aponta para problemas que serão enfrentados no futuro pela população caso não seja realizado nenhum zoneamento urbano que considere de forma adequada estas questões.

7.3.5.2 Risco de contaminação do lençol freático e desabastecimento de água doce

Para análise do problema de abastecimento de água doce para consumo, decorrente da exposição do lençol freático à contaminação, foram utilizados os dados referentes ao abastecimento de água (rede de água encanada, poço artesiano ou nascente, e outros) e ao destino do esgoto doméstico (rede geral de esgoto, fossas rudimentar ou séptica, lagos, mares ou rios, e outros). A interação destas variáveis com a densidade populacional resultou na classificação dos setores censitários urbanos quanto à exposição e risco de contaminação, conforme os critérios expostos na tabela a seguir:

Tabela 11 - Critério para classificação dos setores quanto ao risco de contaminação do lençol freático

Exposição e risco de contaminação do lençol freático		**Abastecimento de água por poço ou nascente (% de domicílios)**							
		acima de 75%		**entre 50 e 75%**		**entre 25 e 50%**		**até 25%**	
Densidade demográfica (hab/km2)		**Alta**	**Baixa**	**Alta**	**Baixa**	**Alta**	**Baixa**	**Alta**	**Baixa**
Destino do esgoto por fossa rudimentar ou séptica (% de domicílios)	**acima de 75%**								
Destino do esgoto por fossa rudimentar (% de domicílios)	**entre 50 e 75%**								
	entre 25 e 50%								
	até 25%								

menos crítico — mais crítico

Além das variáveis descritas na tabela acima, foi incorporado como fator agravante da contaminação a localização das áreas sujeitas à inundação e transposição por ondas em função da contaminação por intrusão salina. Para tanto, mais uma vez foi realizada uma combinação espacial por geoprocessamento dos setores classificados quanto à criticidade de contaminação de acordo com a tabela acima com o mapeamento das áreas vulneráveis à inundação. Considerando ainda a importância das dunas como armazenador de água no lençol freático, foram identificadas áreas de destruição de dunas nas últimas décadas a partir da comparação das fotografias aéreas e de observações de campo. Finalmente, o aumento sazonal da demanda por água e da produção de esgoto doméstico em função da população flutuante agrava ainda mais a situação. Este dado foi incorporado a partir do mapeamento do número de veranistas e turistas nas áreas de concentração de hotéis e casas de veraneio.

7.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA GESTÃO COSTEIRA

O estabelecimento dos índices, sub-índices, tipologias e classificações para cada uma das dimensões da vulnerabilidade costeira permitiu apontar diretrizes para a gestão costeira, através do cruzamento dos resultados obtidos. O fluxograma a seguir aponta as principais ações para gestão sugeridas de acordo com a avaliação integrada das diferentes dimensões.

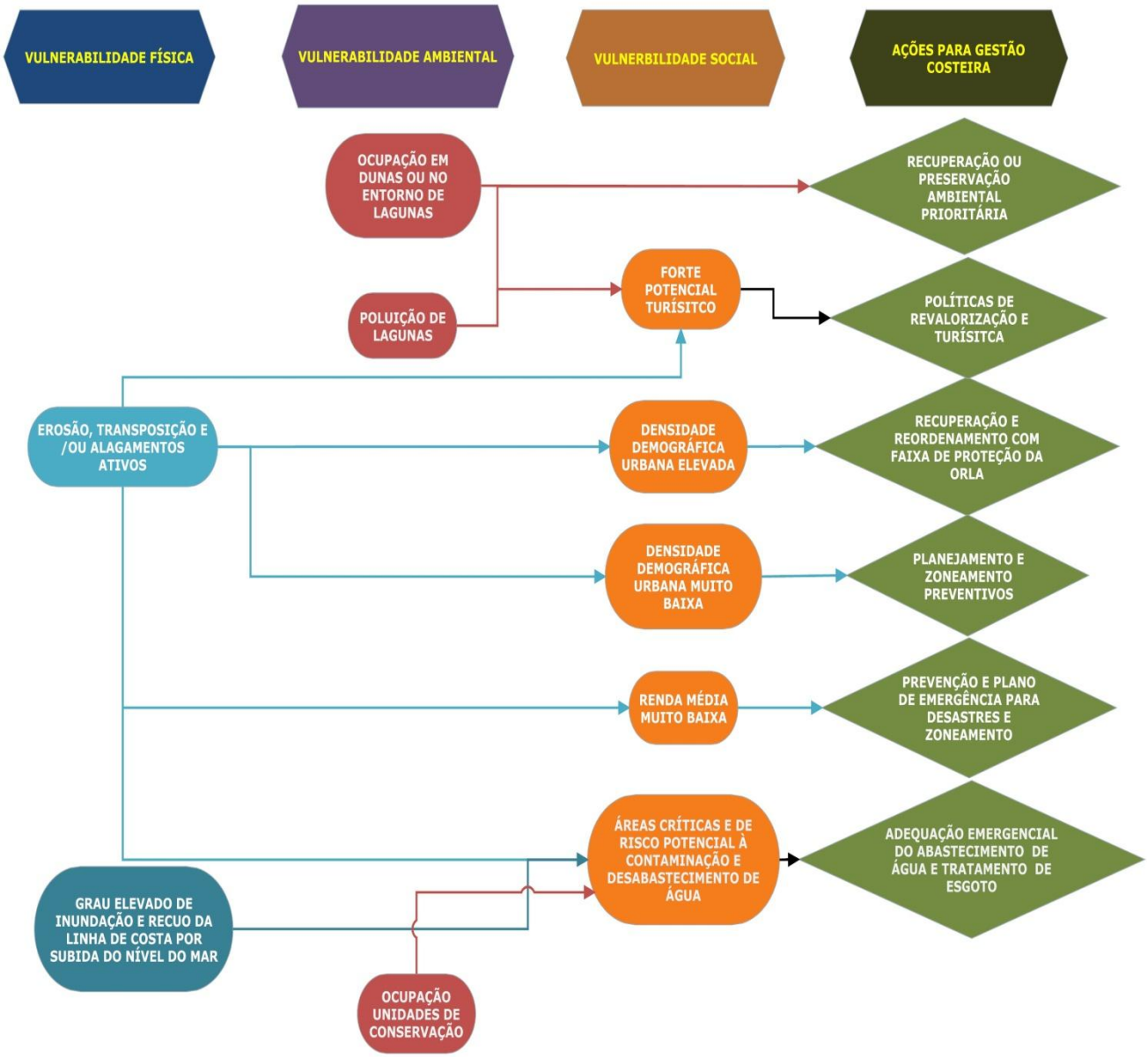


Fig. 49 – Fluxograma Metodológico para Tomada de Decisões para Gestão Costeira

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 AVALIAÇÃO LOCAL DA VULNERABILIDADE COSTEIRA DA REGIÃO DOS LAGOS

8.1.1 Modificação da linha de costa nas últimas décadas

A comparação dos perfis de praia e das fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes datas apontaram para uma gama variada de modificações da linha de costa da Região dos Lagos nas últimas décadas, incluindo processos de progradação, erosão e estabilidade. Em alguns trechos do litoral o contraste de cores nas fotografias aéreas ou imagens de satélite não foi suficiente para a visualização da linha de costa, principalmente quando esta era delimitada pelo contato da base das dunas frontais com a berma da praia. A análise dos resultados, dividida por município, segue abaixo.

a) Rio das Ostras

A comparação das fotografias aéreas dos anos de 1976 e 2000 revelaram dois segmentos com predominância de erosão costeira localizados na praia da Tartaruga e na parte norte da praia do Abricó (figuras 46 e 47). O restante do litoral se mostrou estável no período analisado. O mesmo resultado foi encontrado por Muehe *et al.* (em publicação). Nota-se que o máximo de recuo observado chegou a 12 metros na praia do Abricó. Na praia da Tartaruga a erosão alcançou em média 8 metros de recuo da linha de costa.

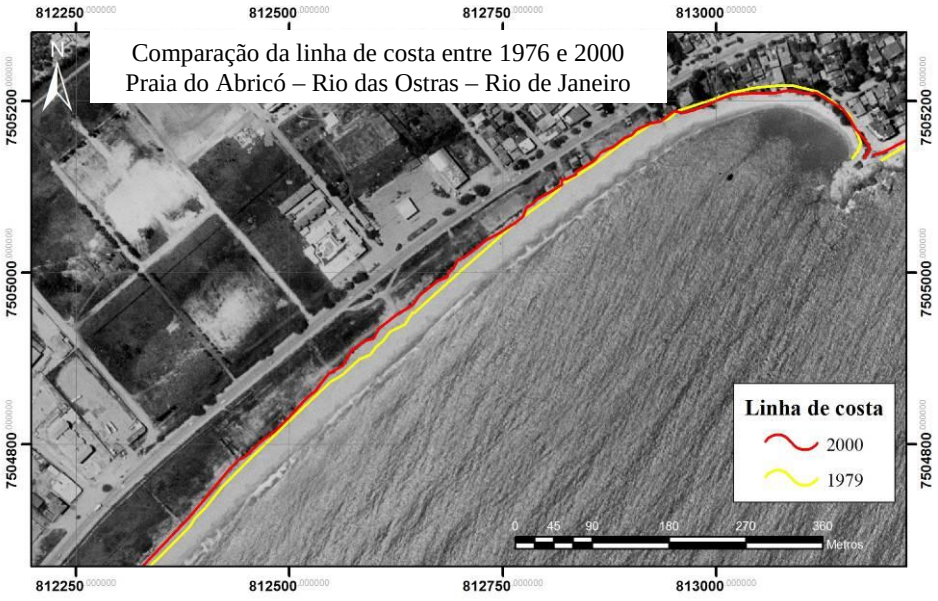


Fig. 50 – Detalhe da comparação da linha de costa da Praia do Abricó entre 1976 e 2000 mostrando erosão de aproximadamente 12 metros

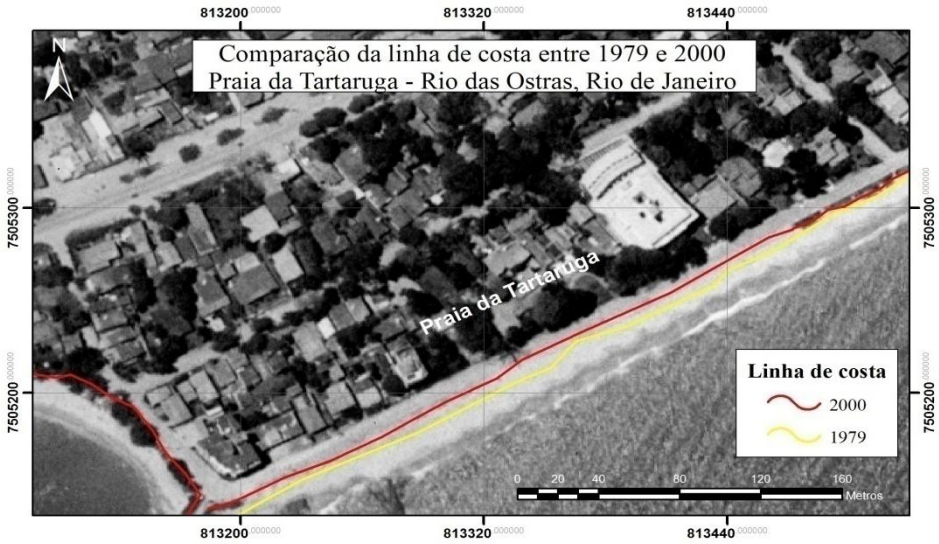


Fig. 51 - Detalhe da comparação da linha de costa da Praia da Tartaruga entre 1976 e 2000 mostrando erosão de aproximadamente 8 metros

A comparação dos perfis de praia realizados entre os anos 1999 e 2009 no centro da praia do Abricó revelou intenso processo erosivo de aproximadamente 10 metros (figura 52).

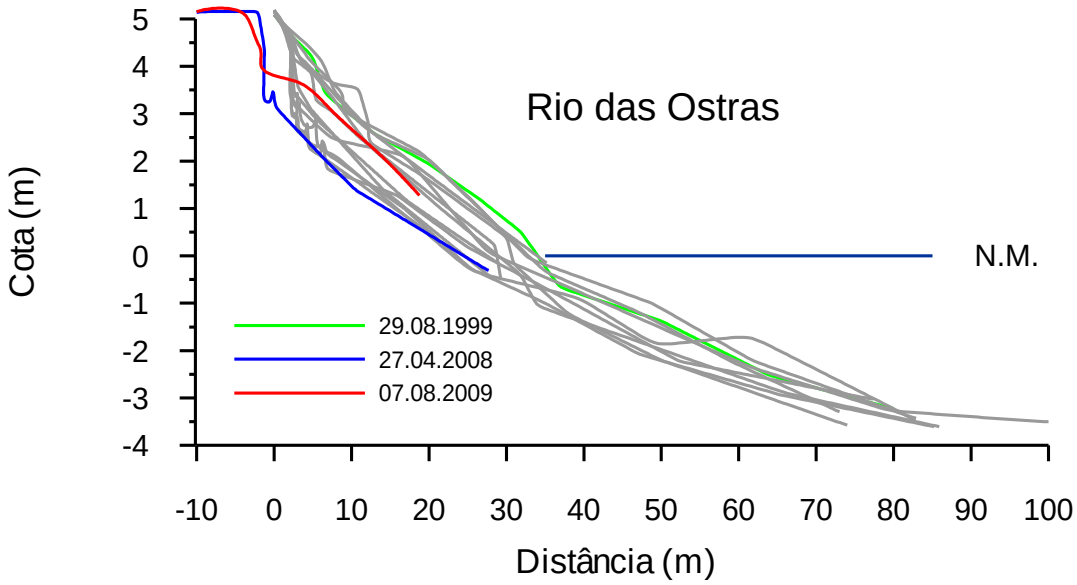


Fig. 52 – Monitoramento do perfil da praia do Abricó entre 1999 e 2009, Rio das Ostras.

Fonte: Muehe *et al*., (submetido para publicação)

Tal processo erosivo, segundo Muehe *et al.* (submetido para publicação), se mostrou constante de 1999 até 2006, resultando no aparecimento de arenitos de praia e no incremento da declividade da praia. Neste primeiro período a tempestade ocorrida em maio de 2001 foi responsável por erosão e destruições de bens na praia da Tartaruga (*op. cit.*). Entre 2006 e 2008 a praia do Abricó se manteve relativamente mais estável até que uma tempestade ocorrida em abril de 2008 causou erosão de quase 3 metros. No local deste monitoramento, no entanto, os resultados da comparação das fotografias aéreas revelaram estabilidade até o ano 2000, o que provavelmente demonstra que o processo erosivo não vem acontecendo progressivamente ao longo das últimas décadas, mas ao contrário, parece ter sido desencadeado a partir de 1999 por eventos de curta duração e de grande magnitude relacionados à entrada de tempestades e ondas de alta energia.

b) Casemiro de Abreu

No município de Casemiro de Abreu os perfis de praia realizados ao norte do rio São João na praia denominada localmente de Praião no distrito de Barra de São João demonstraram, apesar da variabilidade da largura da praia, estabilidade da posição da escarpa da praia entre os anos de 2005 e 2009 (figura 53).

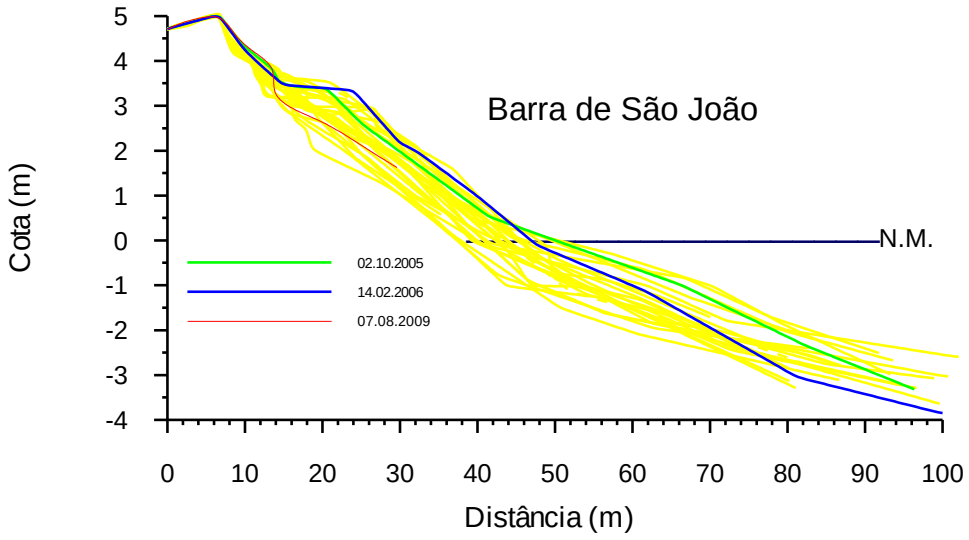


Fig. 53 – Monitoramento do perfil de praia do Praião de Barra de São João, Casemiro de Abreu

c) Armação dos Búzios

As praias do município de Búzios não apresentaram erosão segundo os resultados da comparação das fotografias de 1976 e do ano 2000. Foi possível observar, no entanto, o crescimento vertiginoso da cidade e, em algumas praias, o avanço de casas sobre as dunas e até mesmo sobre a berma da praia, podendo representar um risco em ocasiões de mau tempo, especialmente nas praias mais expostas, como a praia de Geribá. Nas fotografias mostradas na figura abaixo, nota-se este crescimento da urbanização e a construção de residências além do limite considerado como a linha de costa.

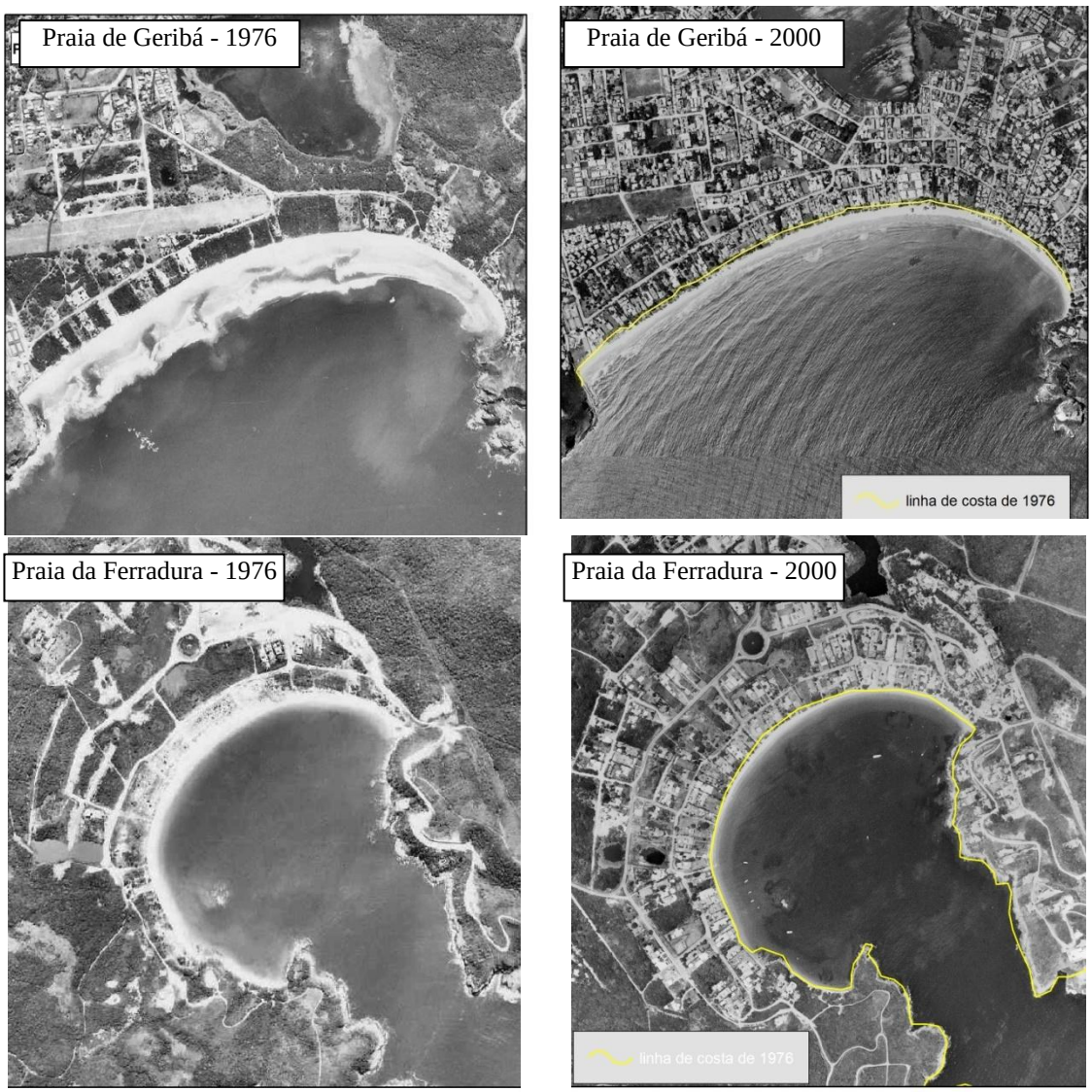


Fig. 54 – Comparação das fotografias aéreas de 1976 e 2000 de duas praias do município de Búzios revelando aumento da urbanização no litoral e estabilidade da linha de costa

d) Cabo Frio

O município de Cabo Frio apresentou diferentes resultados em função de sua extensão e modificação da orientação e outras características da linha de costa. Nas praias do Peró e das Conchas foi possível analisar a posição da linha de costa em três diferentes anos. A primeira praia é caracterizada por extenso campo de dunas a retaguarda e dunas frontais elevadas e vegetadas em quase toda sua extensão. No centro do arco praia encontra-se uma área urbanizada sobre o antigo campo de dunas. A praia das Conchas, localizada ao sul da praia do Peró, é uma pequena praia do tipo enseada (*pocket beach*) semi-abrigada das ondas e com dunas frontais vegetadas na sua parte sul e ocupada por quiosques na parte norte.

O primeiro período, entre 1959 e 1976, revelou predominância dos processos de progradação e estabilidade da linha de costa na praia das Conchas e na parte central e sul da praia do Peró[7]. No período seguinte (entre 1976 e 2000) o processo se inverteu, ocorrendo predominância de erosão costeira e alguns trechos de estabilidade. Resultados iguais foram encontrados por Dias *et al.* (2009), que sugerem uma mudança na incidência das ondas e na intensidade dos ventos de nordestes, responsáveis pela retirada dos sedimentos da praia para o campo de dunas. Outra hipótese para a inversão dos processos pode estar associada ao avanço e recuo da cobertura vegetal da escarpa da praia e das dunas frontais relacionado, por sua vez, a mudanças locais do regime de chuvas (Muehe, comunicação oral). A comparação das fotografias aéreas revela claramente um aumento da cobertura vegetal do campo de dunas entre 1959 e 1976 (figura 55). Dados pluviométricos de Arraial do Cabo para as décadas entre 1920 e 1990 (gráfico 1) apontam grande variabilidade do índice de chuvas com períodos mais chuvosos intercalados por outros com relativa estiagem. A década de 1950 corresponde a um período cujo índice de pluviometria permaneceu muito abaixo da média de todo o período analisado, o que pode ter influenciado na diminuição da cobertura vegetal conforme observado na fotografia aérea do ano de 1959.

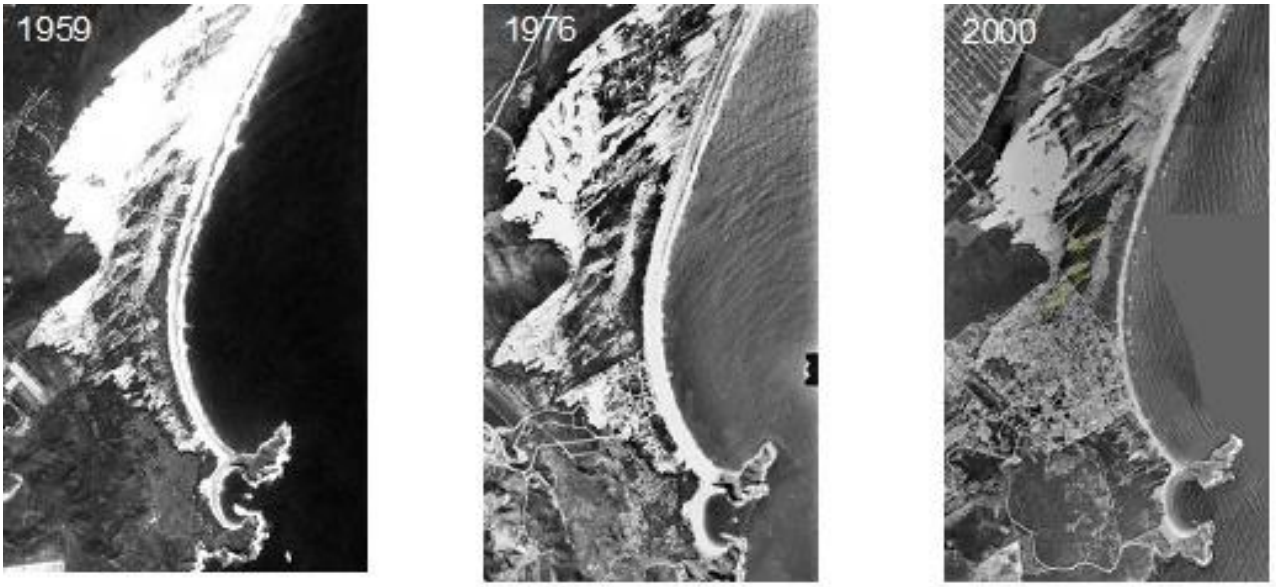


Fig. 55 – Comparação da cobertura vegetal do campo de dunas da Praia do Peró entre 1959 e 2000

[7] A parte norte da praia do Peró não pode ser analisada para o ano de 1959 visto o baixo contraste entre o campo de dunas e a sua base ou escarpa da praia inviabilizaram a demarcação da linha de costa.

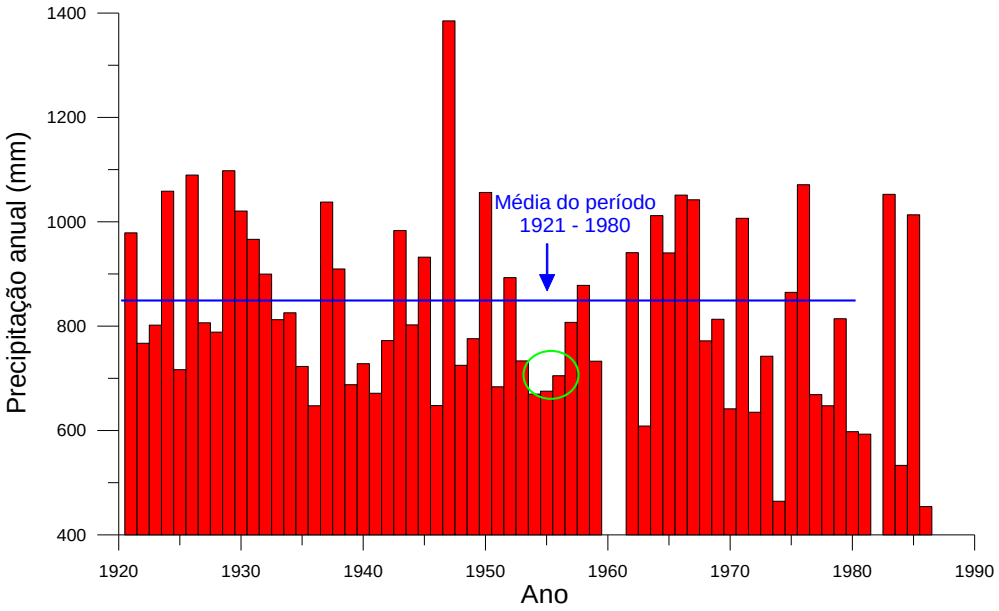


Gráfico 1 – Precipitação anual (mm) entre os anos de 1920 e 1990 em Cabo Frio.

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia, modificado por Muehe (2008)

A análise de todo o período, entre 1959 e 2000, apontou erosão de 5 a 20 metros na parte sul da praia do Peró (figura 56). Nesta parte da praia, mesmo onde houve progradação no período entre as décadas de 50 e 70 a erosão foi tão severa no último período analisado que o processo de erosão predominou. Muito provavelmente esta erosão está associada a intervenções antrópicas, uma vez que a antiga posição da linha de costa está atualmente ocupada por barracas de praia e quiosques que podem ter retirado a vegetação da escarpa da praia e das dunas. No entanto, é preciso mais investigações para compreensão deste resultado, uma vez que se refere a valores de 20 metros de progradação seguidos pela mesma magnitude de erosão em períodos relativamente curtos de tempo.

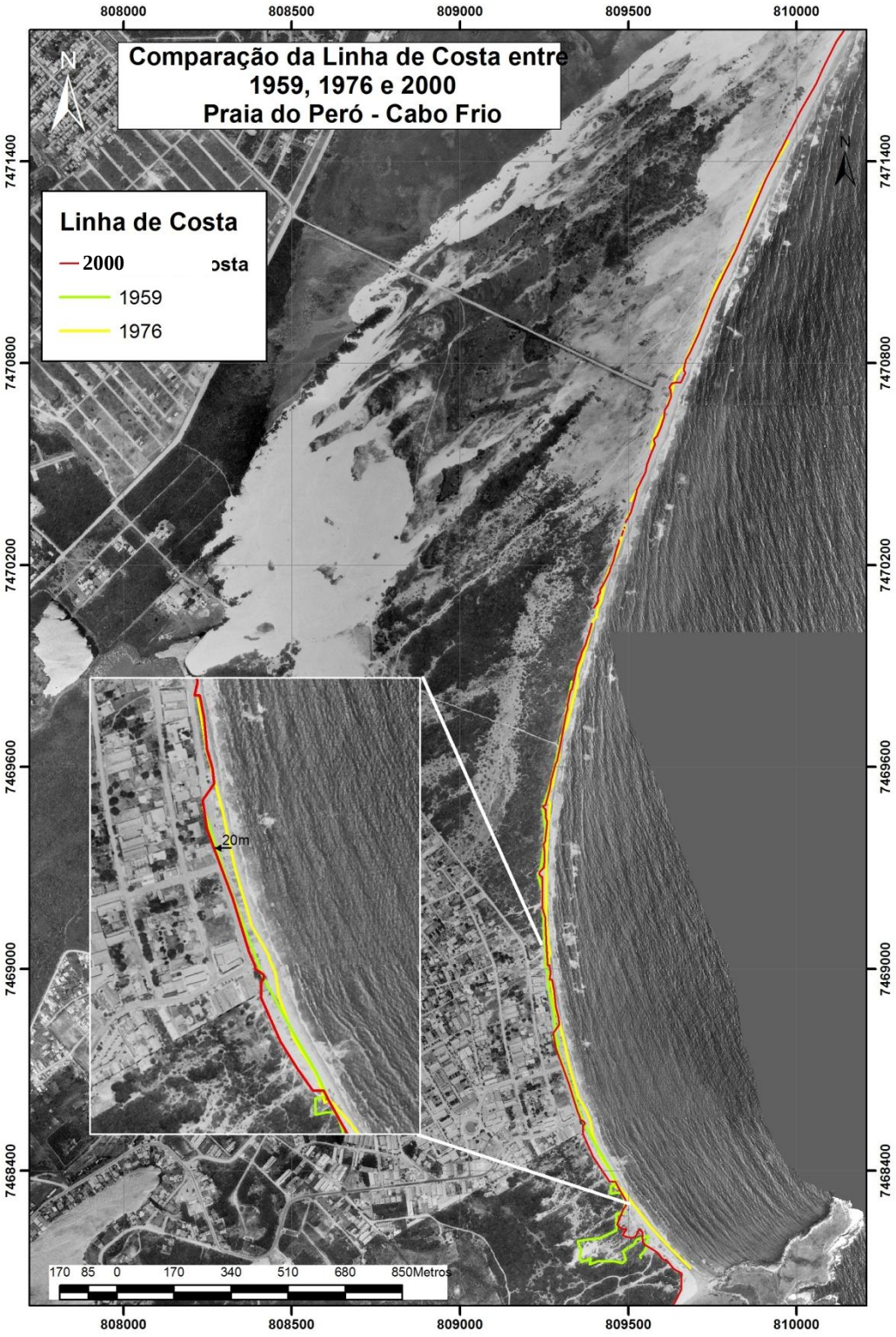
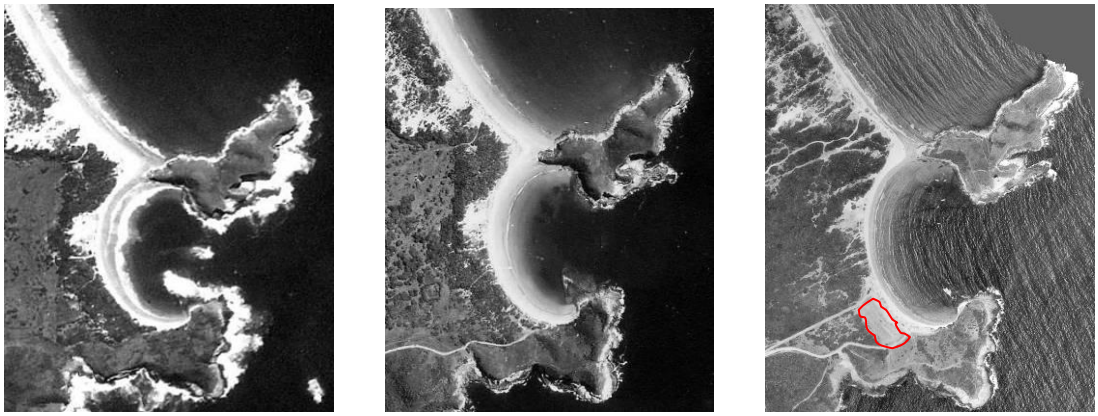


Fig. 56 – Comparação da linha de costa dos anos de 1956, 1979 e 2000 no sul da praia do Peró, Cabo Frio.

Na praia das Conchas a intervenção antrópica com a retirada da vegetação de dunas para construção de quiosques e de um estacionamento também podem ter sido responsáveis pela erosão costeira observada na comparação das fotografias aéreas da década de 1970 e 2000.



1959 1976 2000

Fig. 57 - Fotografias aéreas da praia das Conchas, Cabo Frio, mostrando alteração na cobertura vegetal, com destaque (contorno vermelho na fotografia do ano 2000) para área desmatada no pós-praia no mesmo local onde ocorreu recuo da linha de costa entre 1976 e 2000.

Já o resultado para o período inteiro, de 1959 a 2000, revelou estabilidade na parte sul e norte da Praia das Conchas e pequeno trecho central com indícios de progradação de no máximo 8 metros. Apesar de estes resultados apontarem para uma situação pouco crítica, tanto a praia do Peró, como a praia das Conchas se revelaram suscetíveis à interferência antrópica, assim como às alterações pluviométricas.

Os perfis de praia realizados mensalmente durante um ano (outubro de 2007 a novembro de 2008) em 3 pontos da praia do Peró (figuras 58 e 59) não apontaram erosão da linha de costa. Tendo em vista, no entanto, a complexa variação encontrada na comparação das fotografias aéreas, torna-se necessária a elaboração de novos perfis de praia, visto que o período de um ano não é suficiente para se constatar as tendências da linha de costa.

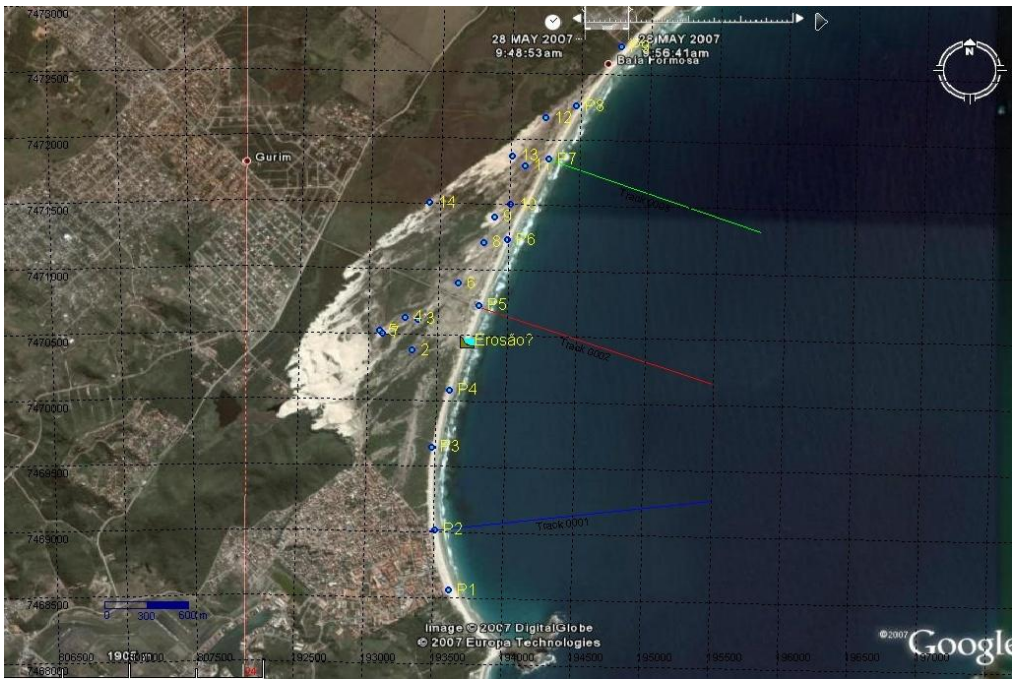


Fig. 58 - Localização dos perfis de praia monitorados na praia do Peró

Fonte: Muehe (2008)

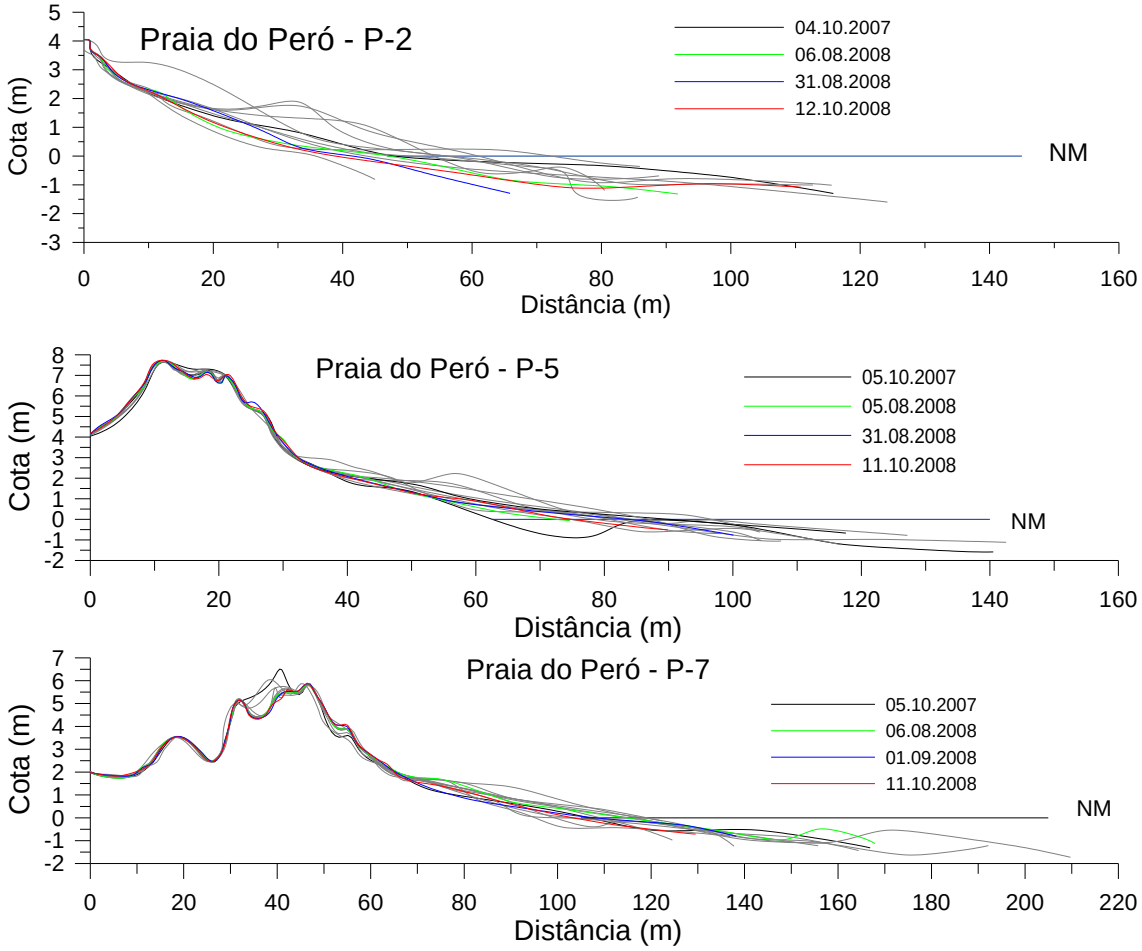


Fig. 59 - Perfis de praia do Peró entre 2007 e 2008 mostrando estabilidade da posição das dunas frontais

Ainda no município de Cabo Frio foram realizadas a comparação das fotografas aéreas de 1976 e 2000 para as praias do Forte, do Foguete e das Dunas A praia do Forte é a praia mais urbanizada do município, concentrando prédios de uso residencial e turístico, avenida litorânea, comércio e restaurantes. Em contraste, as praias das Dunas e do Foguete possuem baixa densidade de ocupação, com predomínio de residências de veraneio e alguns bares e quiosques. Estas duas ultimas praias possuem dunas frontais, às vezes ocupadas por casas ou bares, e são precedidas por pequenas lagunas confinadas ou semi-confinadas. Tanto a comparação das fotografias aéreas como os perfis de praia monitorados trimestralmente entre fevereiro de 2000 e setembro de 2001 e em intervalos maiores até junho de 2006 na praia do Foguete demonstraram estabilidade da linha de costa durante todo o período.

e) Arraial do Cabo

A comparação das fotografias aéreas de 1976 e 2000 e da imagem de satélite IKONOS de 2007 foi realizada para as praias denominadas Prainha, do Forno e dos Anjos. Para a praia Grande e a praia da Massambaba, localizadas na parte sul do município não foi possível distinguir a linha de costa devido à presença de dunas frontais, as quais, na fotografia aérea, se confundem com a berma da praia.

O resultado encontrado revelou estabilidade da linha de costa nas três praias analisadas em todo o período. Trata-se de praias pequenas e abrigadas ou semi-abrigadas à fortes ondulações. A Prainha e a Praia dos Anjos são urbanizadas, sendo a segunda localizada na parte central da cidade. Já a praia do Forno é desocupada e seu acesso se faz apenas por trilha.

O monitoramento de perfis de praia já descrito no capítulo VI sobre a área de estudo revelou na Praia da Massambaba um recuo de aproximadamente 11 metros da base das dunas frontais. Como se observa nos perfis ilustrados na figura 60 este recuo se deu quase inteiramente em função de um único evento de tempestade ocorrido em maio de 2001 que se caracterizou por ondas de mais de 5 metros de altura e maré de sizígia. Assim como na praia de Abricó em Rio das Ostras, tal resultado sugere que a erosão costeira vem sendo controlada por eventos de grande magnitude.

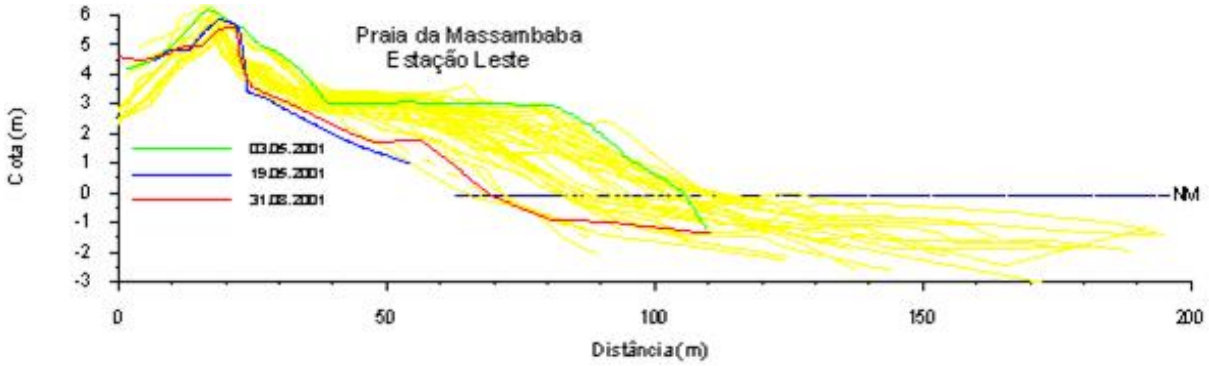


Fig. 60 – Perfis de praia do monitoramento mensal da praia da Massambaba, Arraial do Cabo.
Fonte: Bentes e Muehe (2003) e Muehe (2001)

f) Saquarema

Os resultados encontrados para as praias do município de Saquarema indicaram predominância de estabilidade e progradação da linha de costa para o período entre os anos de 1976 e 2000. Nas praias de Vilatur e Itaúna houve processo de progradação com avanço médio da linha de costa de 20 metros, podendo alcançar até 30 metros em alguns pontos. Na praia da Vila também ocorreu progradação, apresentando trechos com pouco mais de 5 metros de avanço da vegetação da escarpa do pós-praia e outros com aproximadamente 30 metros. Na praia de Jaconé a linha de costa permaneceu estável no período analisado, com exceção de alguns pequenos segmentos na porção leste com progradação de até 24 metros (figura 61). Estes segmentos com progradação podem estar associados ao crescimento da vegetação do pós-praia, como se observa na figura seguinte.

Fig. 61 – Comparação da linha de costa entre 1976 e 2000 na Praia de Jaconé, Saquarema (RJ)

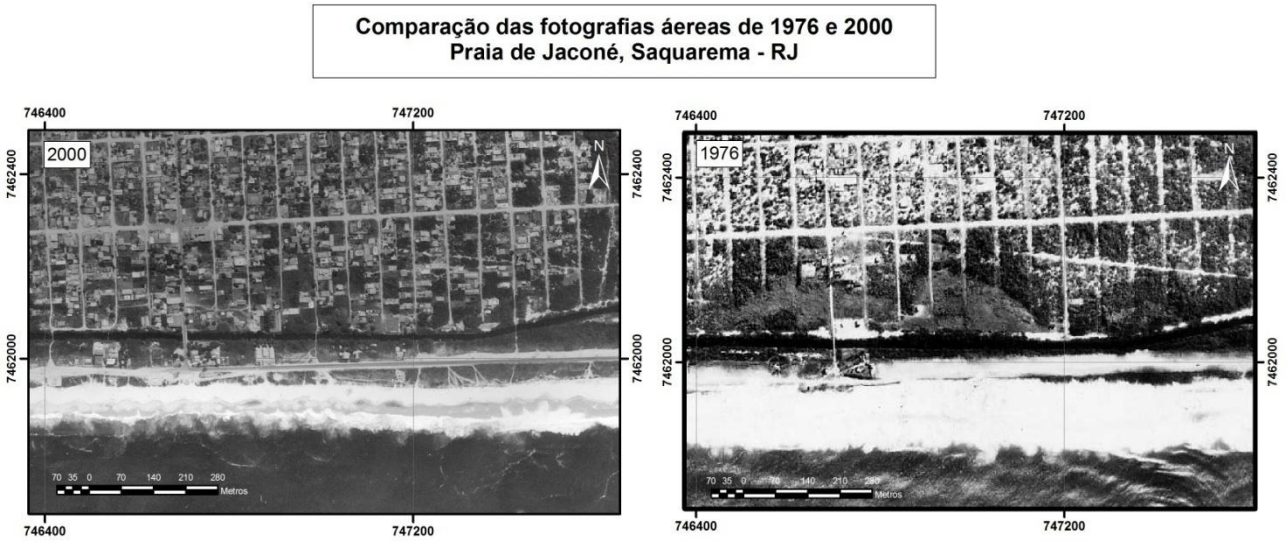


Fig. 62 – Comparação das fotografias aéreas dos anos de 1976 e 2000 da praia de Jaconé, Saquarema. Nota-se a diferença na cobertura vegetal do pós-praia, que aparentemente mostrou avanço de 1976 a 2000

Apesar de tais resultados apontarem para ausência de erosão costeira, a forte tempestade ocorrida em maio de 2001 causou forte erosão na praia de Jaconé e da Vila destruindo grande parte da avenida litorânea e diversos quiosques localizados na escarpa da praia (figura 63).

Fig. 63 - Erosão costeira e danificação da Avenida Litorânea na praia de Jaconé, Saquarema, após tempestade ocorrida em maio de 2001

Nota-se, mais uma vez que a erosão costeira não se manifestou de forma progressiva ao longo do tempo, mas sim de forma pontual durante um único evento de grande magnitude. O mesmo foi observado no município de Maricá que será analisado a seguir.

g) Maricá

A linha de costa das praias do município de Maricá foram analisada por comparação de fotografias aéreas para os anos de 1972 e 1999 em trabalho anterior (Lins-de-Barros, 2005). Para a presente tese, no entanto, foram refeitas as análises comparando as fotografias aéreas de 1972, 1976, 2000 e a imagem de satélite IKONOS do ano de 2002 (esta última apenas para a Praia da Barra de Maricá).

Todas as praias entre Itaipuaçu e Ponta Negra fazem parte de um mesmo arco praial limitado na extremidade oeste pela Pedra do Elefante e na outra extremidade pelo promontório rochoso da Ponta Negra, onde se localiza o canal de maré de ligação das lagunas com o mar. Na praia de Itaipuaçu, no extremo oeste, foi observada estabilidade da linha de costa entre 1972 e 2000 com um pequeno trecho com recuo da escarpa de praia de aproximadamente 8 metros. Na praia seguinte, denominada praia do Francês, foi constatado recuo da linha de costa médio de 15 metros em dois segmentos de aproximadamente 250 metros de extensão cada um. A praia do Francês é a mais abrigada deste arco praial em função da sombra das ilhas Maricás e ainda assim o processo de recuo da escarpa da praia foi significativo.

Na praia da Barra de Maricá a comparação das fotografias aéreas com a imagem de satélite IKONOS de 2002 permitiu visualizar a erosão causada pela tempestade ocorrida em maio de 2001 cujos prejuízos e danos foram contemplados em trabalhos anteriores (Lins-de-Barros, 2005, 2005a). De 1972 até o ano 2000, segundo a comparação das fotografias aéreas, a linha de costa desta praia permaneceu em grande parte estável, com erosão de aproximadamente 10 metros na parte mais urbanizada. Do ano de 2000 até 2002 se constatou erosão acentuada de até 12 metros em quase toda a praia.

Da praia de Guaratiba a praia de Ponta Negra na extremidade leste deste arco praial ocorrem processos de progradação e erosão pontuais, predominando no restante estabilidade da linha de costa entre 1972 e 2000.

8.1.2 Refração de ondas

Os resultados da modelagem de refração de ondas permitiram classificar o litoral quanto à exposição às ondas de tempestades (swell), assim como identificar alguns pontos de elevada energia de ondas (*hot spots*) durante eventos extremos de ressaca. A brusca mudança de orientação do litoral a partir da ilha de Cabo Frio é responsável por uma evidente mudança na altura das ondas no trecho entre os municípios de Maricá e Arraial do Cabo e na parte norte da região, entre Cabo Frio e Rio das Ostras. Cada um destes segmentos será analisado a seguir.

a) Rio das Ostras a Cabo Frio

Tendo em vista que as ondulações mais fortes estão associadas a anti-ciclones gerados no quadrante sul as praias localizadas ao norte do cabo de Arraial do Cabo, cuja orientação é predominantemente norte-sul, são relativamente menos expostas do que as praias localizadas entre os municípios de Maricá e a parte sul de Arraial do Cabo. Para a modelagem foram consideradas condições extremas para ressaltar os pontos de maior convergência de energia de ondas. Os resultados da modelagem de ondas para diferentes condições de mar apontaram que as ondulações advindas de nordeste, leste e sudeste são as que mais influenciam o litoral deste segmento entre Cabo Frio e Rio das Ostras.

Ondas originadas do norte que, segundo Pinho (2003), apresentam os maiores registros de altura quando comparadas às ondas de nordeste e leste, não atingem o litoral em questão, passando ao largo da costa. As ondas com origem no nordeste também não apresentam forte influência nas praias

deste litoral, chegando com pouca altura e energia na linha de costa (figura 64). Estas ondulações representam as condições mais freqüentes, mas muito raramente adquirem altura superior a 2 metros.

Já as ondulações oriundas de leste, por possuírem uma incidência perpendicular à costa, atingem o litoral sem sofrer muita perda de energia por refração, o que implica em um ataque mais direto das ondas. Localmente ocorre a convergência concentrando com aumento de altura das ondas em alguns pontos (figura 65). No entanto, ondulações desta direção não possuem altura de ondas muito elevadas, implicando em pouco efeito sobre a linha de costa.

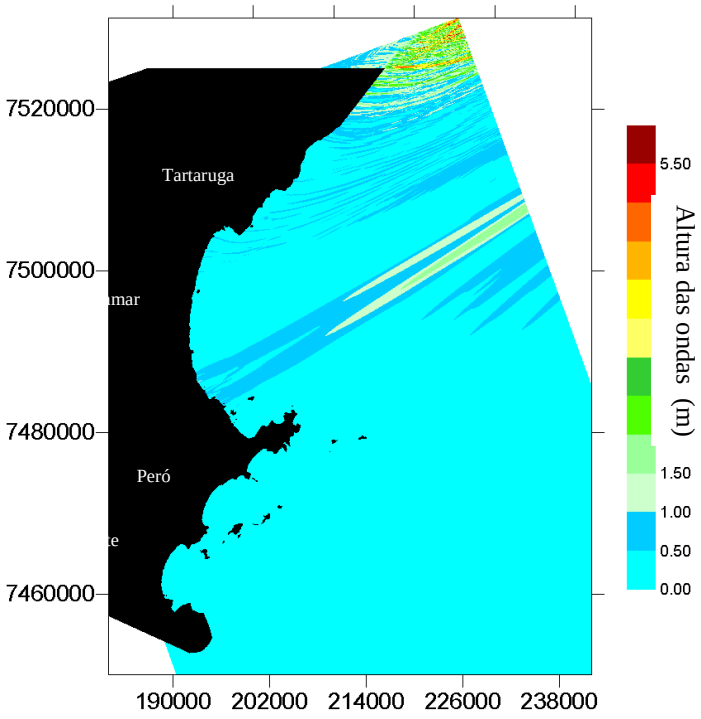


Fig. 64 - Direção NE (45^0) H = 1.8m T = 7.8s

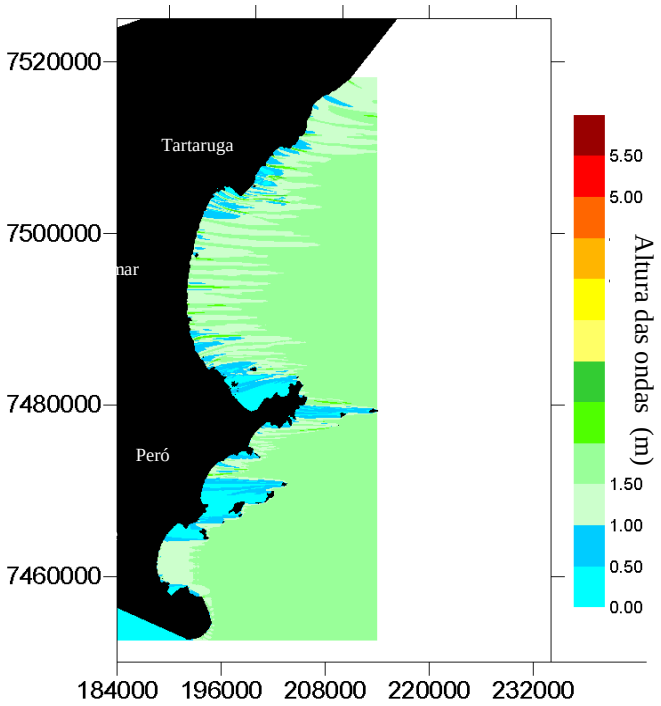


Fig. 65 - Direção E (90^0) H = 1.8m T = 7.8s

Esta concentração de energia em determinados pontos do litoral também ocorre com as ondas de sudeste que, apesar de incidirem obliquamente a linha de costa, apresentam alturas e períodos freqüentemente mais elevados (figuras 66 e 67). Finalmente, as ondulações de sudoeste, apesar de serem as mais fortes, chegando em casos extremos a atingir 6 metros de altura e 16 segundos de período, não atingem este trecho litoral devido à sua orientação e à proteção das ilhas, em especial da ilha de Cabo Frio, em Arraial do Cabo (figura 68). No entanto, eventos extremos, com ondulações de sul com mais de 5 metros de altura podem alcançar algumas praias de Búzios e Rio das Ostras com ondas de até 6 metros em alguns pontos (figura 69).

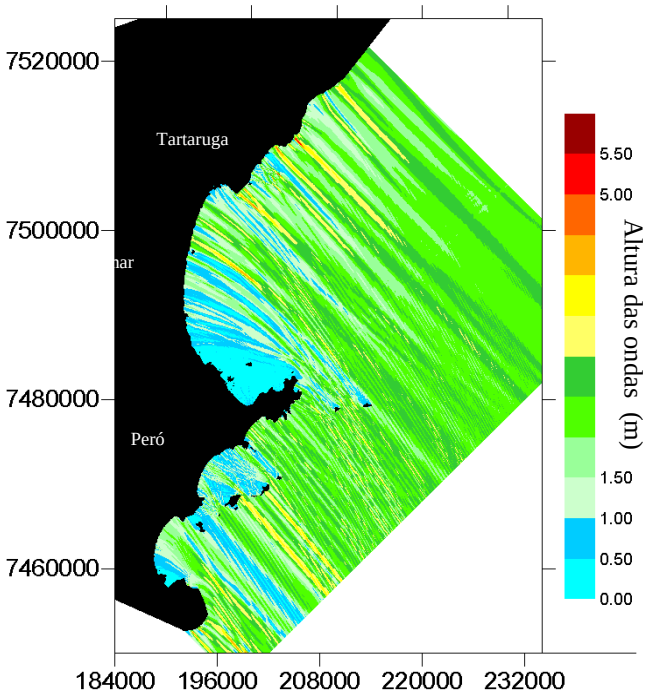


Fig. 66 – Direção SE (135^0) H = 2.5m T = 10.5s

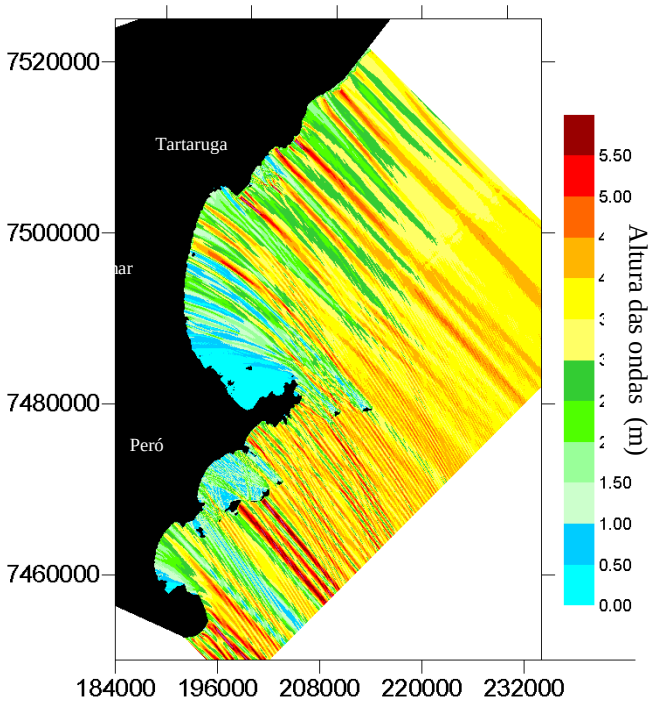


Fig. 67 – Direção SE (135^0) H = 4 m T = 10 s

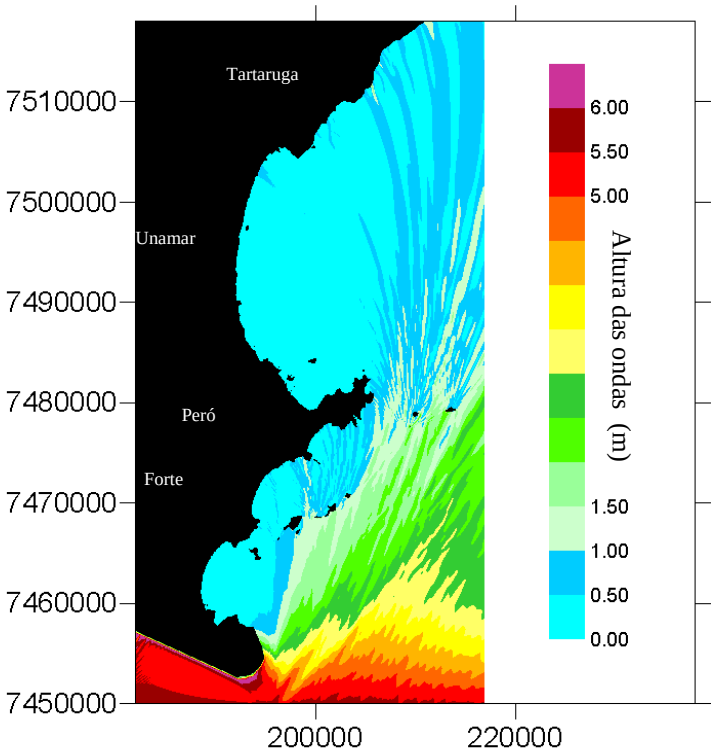


Fig. 68 – Direção SW (2250) H = 6 m T = 16 s

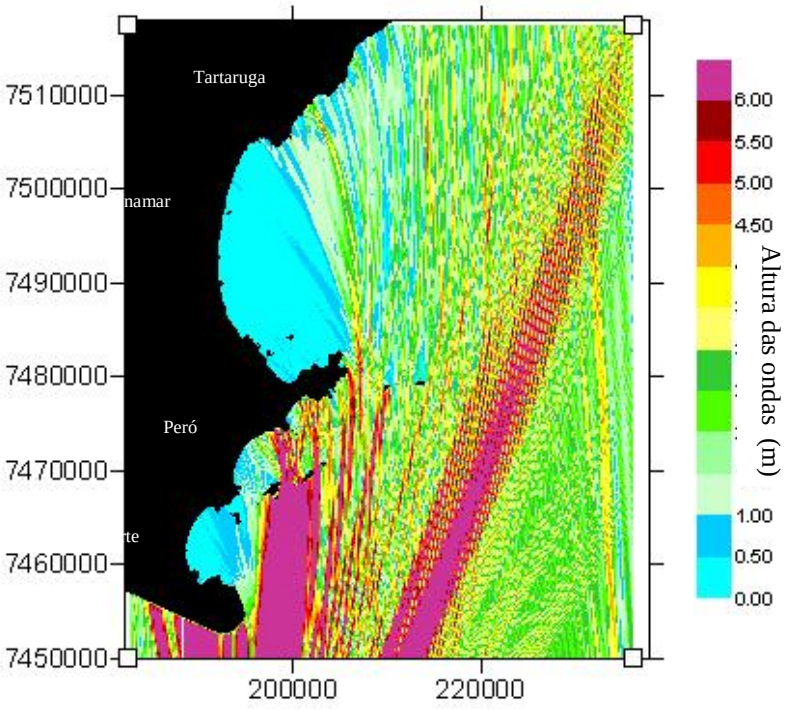


Fig. 69 – Direção Sul (180^0) H= 6m T = 16s

b) Arraial do Cabo a Maricá

O trecho do litoral entre Maricá e Arraial do Cabo orienta-se diretamente para o quadrante sul, recebendo fortes ondulações de sul, sudeste e sudoeste. Tal característica resulta na chegada de ondas na costa com mais de 3 metros de altura em muitos segmentos e, mais pontualmente, as ondas podem atingir mais de 5 metros de altura (figuras 70 a 73).

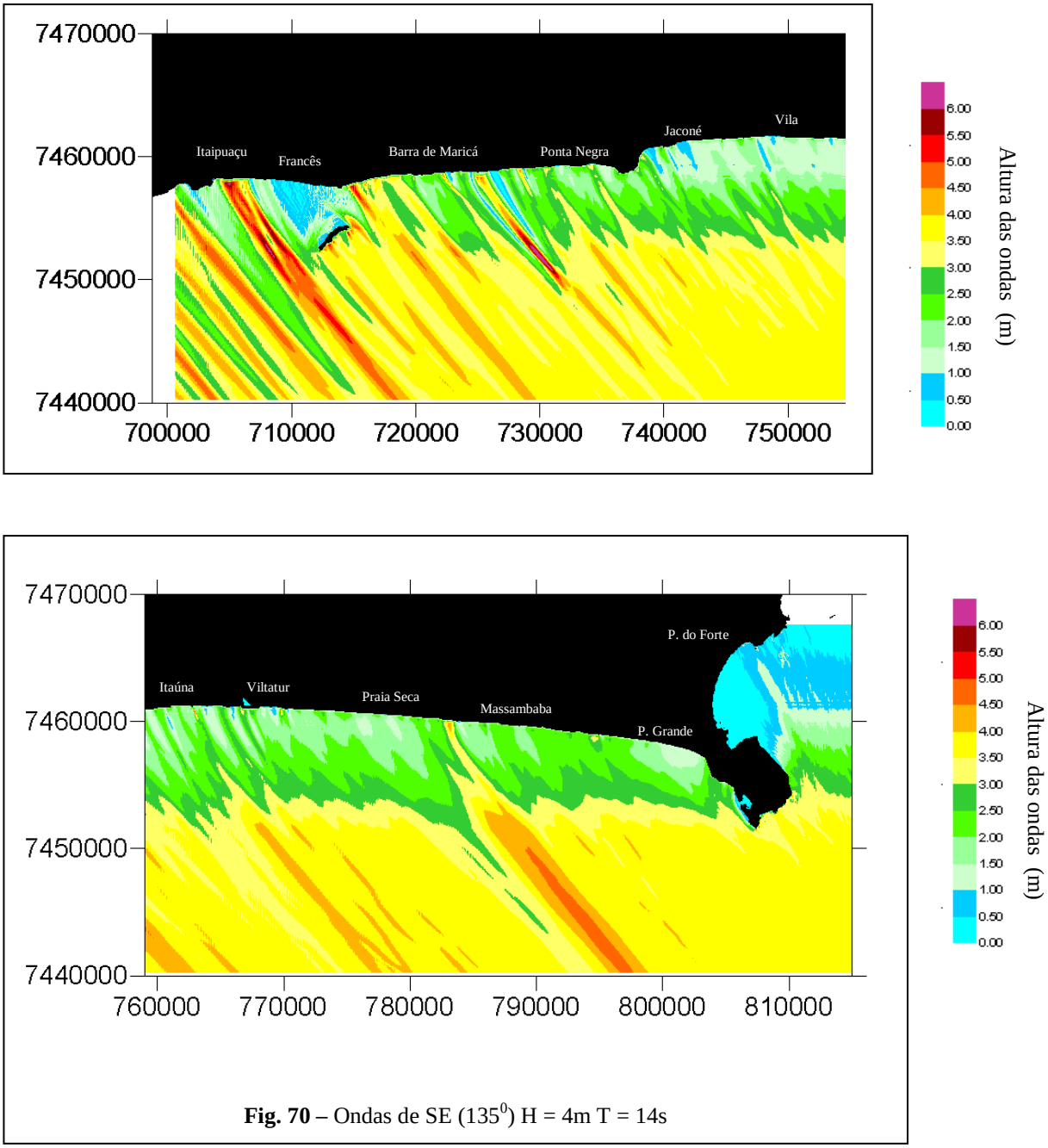
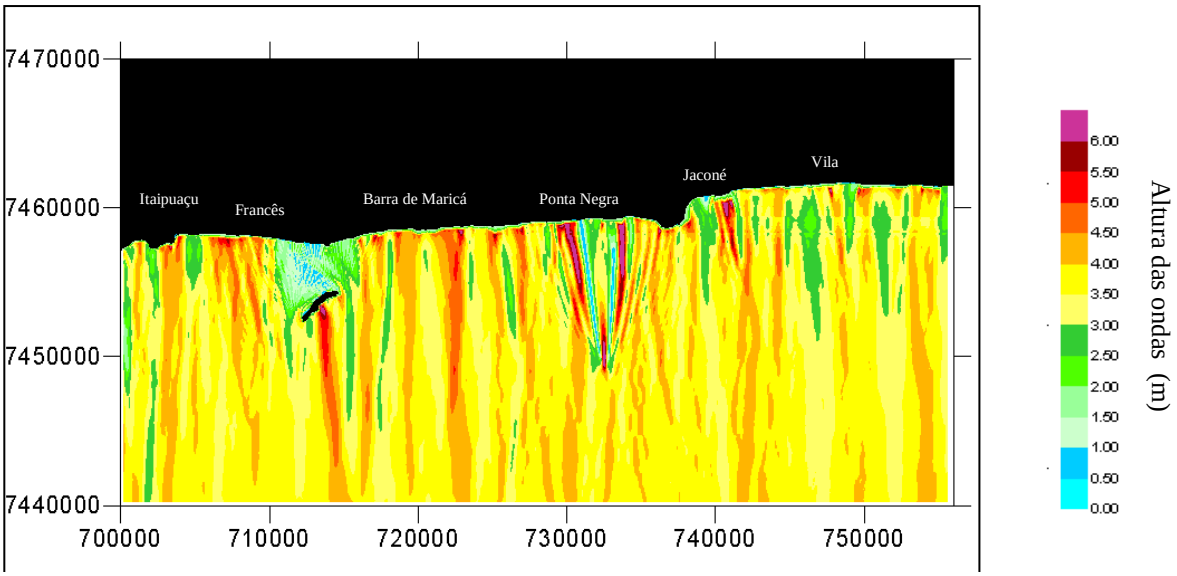


Fig. 70 – Ondas de SE (135^0) H = 4m T = 14s



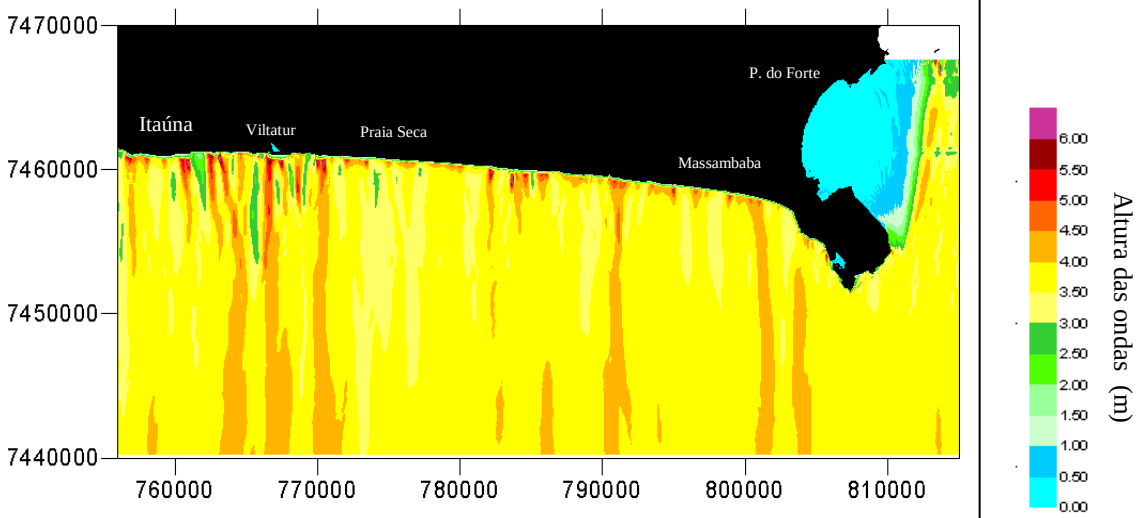
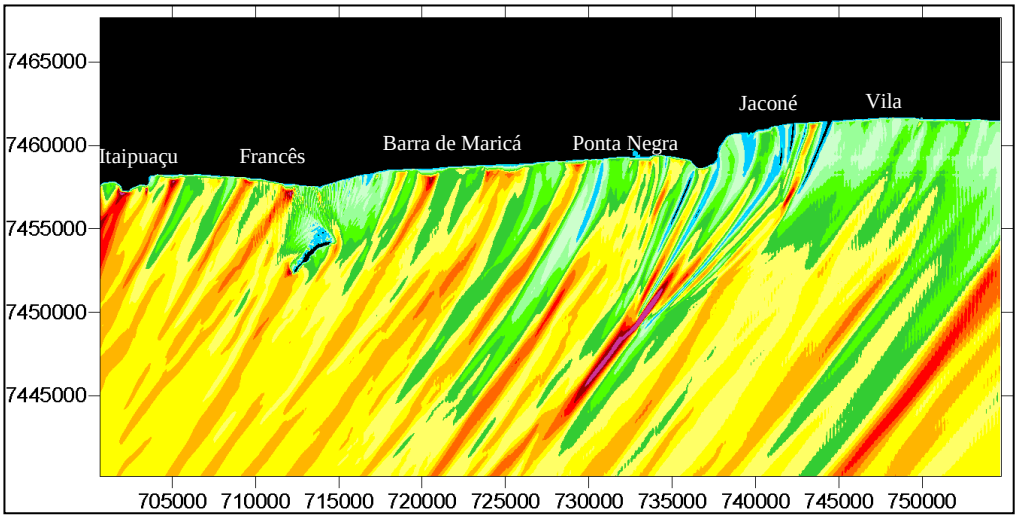


Fig. 71 – Direção S (180^0) H = 4m T = 14s



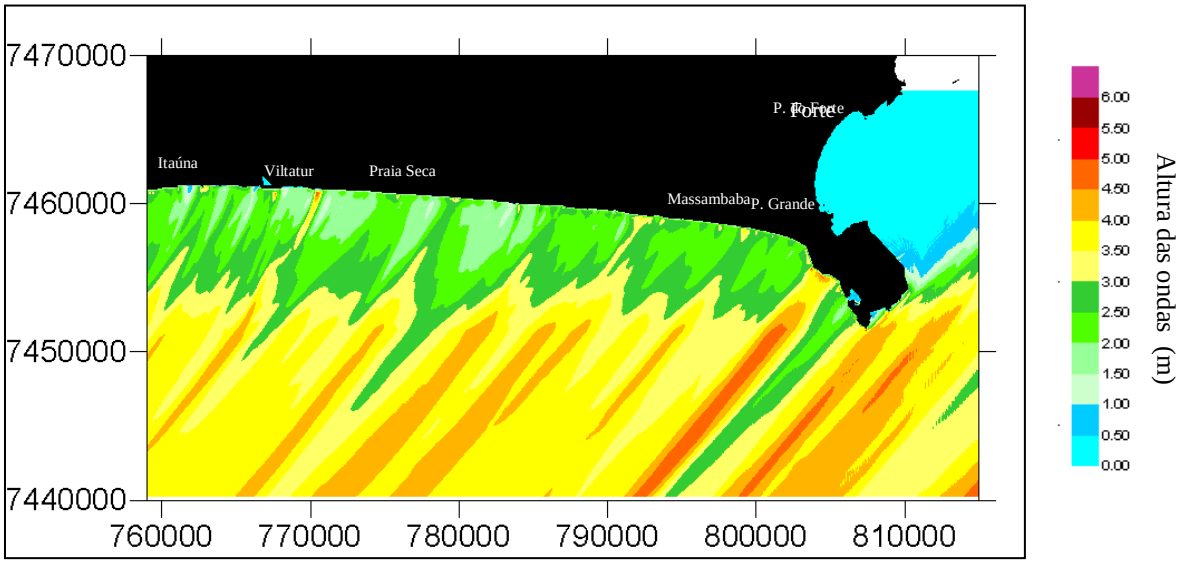


Fig. 72 - Direção SW (225^0) H = 4m T = 14s

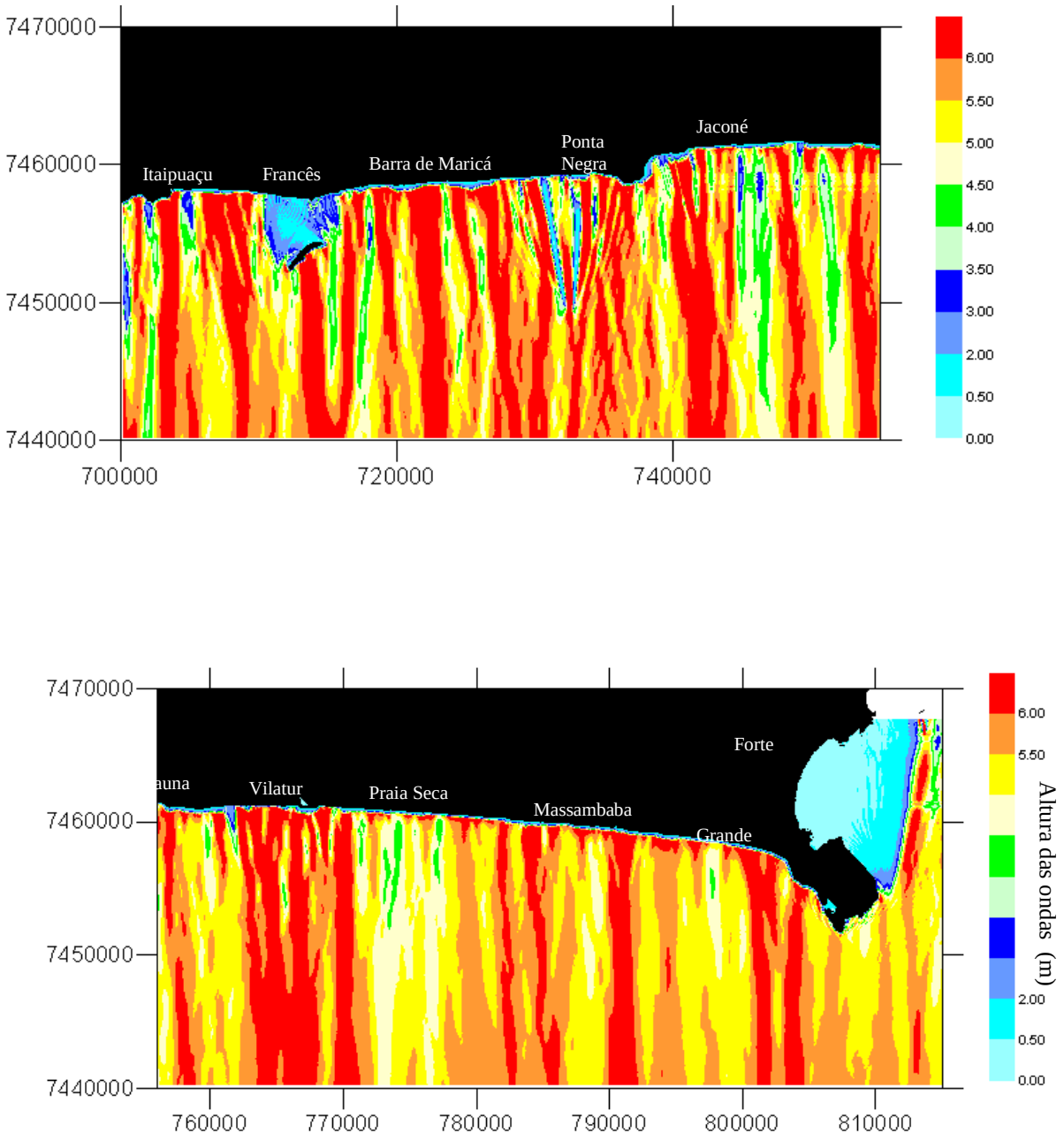


Fig. 73 – Direção Sul H = 6m T = 16s

A ondulação de sul, por sofrer menos modificações durante sua propagação, atinge a costa com alturas um pouco maiores do que as outras duas direções. As modelagens de ondas mostradas nas figuras acima revelam ainda o papel de proteção das ilhas Maricás, resultando em ondas de menor altura na praia do Francês em Maricá.

As ondulações de leste também atingem o litoral entre Maricá e Arraial do Cabo, embora sejam menos freqüentes e apresentem alturas em alto mar significativamente menores.

8.1.3 Caracterização Geomorfológica da linha de costa

O levantamento das variáveis para caracterização geomorfológica resultou em uma série de mapeamentos da linha de costa a partir da aplicação da metodologia *smartline approach*. No total foram mapeados aproximadamente 234km de linha de costa. Tal mapeamento permitiu uma visão regional e local da distribuição das feições contribuindo para o entendimento de processos costeiros. O cruzamento das variáveis resultou na classificação do litoral quanto ao grau de exposição à inundação e erosão costeira. Os resultados desta caracterização foram sub-divididos nos passos sugeridos por Sharples (2006) e adaptados no presente trabalho (quadro 2).

8.1.3.1 - Primeiro Passo (mapa indicativo da vulnerabilidade)

A avaliação das variáveis neste primeiro passo (figuras 74 e 75) revelou predominância de praias arenosas (68% do total da linha de costa), intercaladas por terraços ou costões rochosos (32%), estes últimos mais freqüentes entre o litoral de Arraial do Cabo e Búzios. Além disso, todas as praias possuem relevo suave na sua retaguarda imediata (continente), com raras exceções marcadas pela presença de montanhas ou falésias. Somando-se todos os segmentos constituídos por planícies fluviais, planícies costeiras, terraços marinhos e restingas chega-se a 66% do total da linha de costa, enquanto 34% é constituído por falésias e montanhas. Quanto à avaliação qualitativa da exposição às ondulações baseada na orientação da costa e na direção das principais ondulações, o resultado mostrou que aproximadamente 71 % das praias apresentam-se expostas, 26% semi-expostas e 3% abrigadas. As poucas praias abrigadas estão localizadas nos municípios de Arraial do Cabo, Armação de Búzios e Rio das Ostras onde o litoral recortado foi responsável pela formação de praias pequenas do tipo enseadas. Entre Maricá e Arraial do Cabo as praias de Itaipuaçu e Jaconé foram consideradas como semi-expostas em função da presença de arenitos de praia submersos próximos à costa que fornecem relativa proteção. O mesmo ocorre no município e Rio das Ostras na praia denominada de Praião ao norte do rio São João. No município de Maricá, a praia conhecida localmente como Praia do Francês localizada a leste da praia de Itaipuaçu também foi classificada como semi-exposta devido ao efeito de sombra que as ilhas Maricás provocam.

A amplitude de maré de toda a área de estudo é caracterizada por regime de micro-maré. No entanto, a maré meteorológica pode sofrer algumas variações em função da altura de ondas e da direção dos ventos. Deste modo todo o segmento entre os municípios de Maricá e Arraial do Cabo foi considerado mais expostos aos efeitos da maré meteorológica, uma vez que em situação de

tempestade as ondulações incidem com maior energia neste litoral e os ventos advindos do quadrante sul atingem velocidades elevadas em direção á costa, aumentando o empilhamento de água.

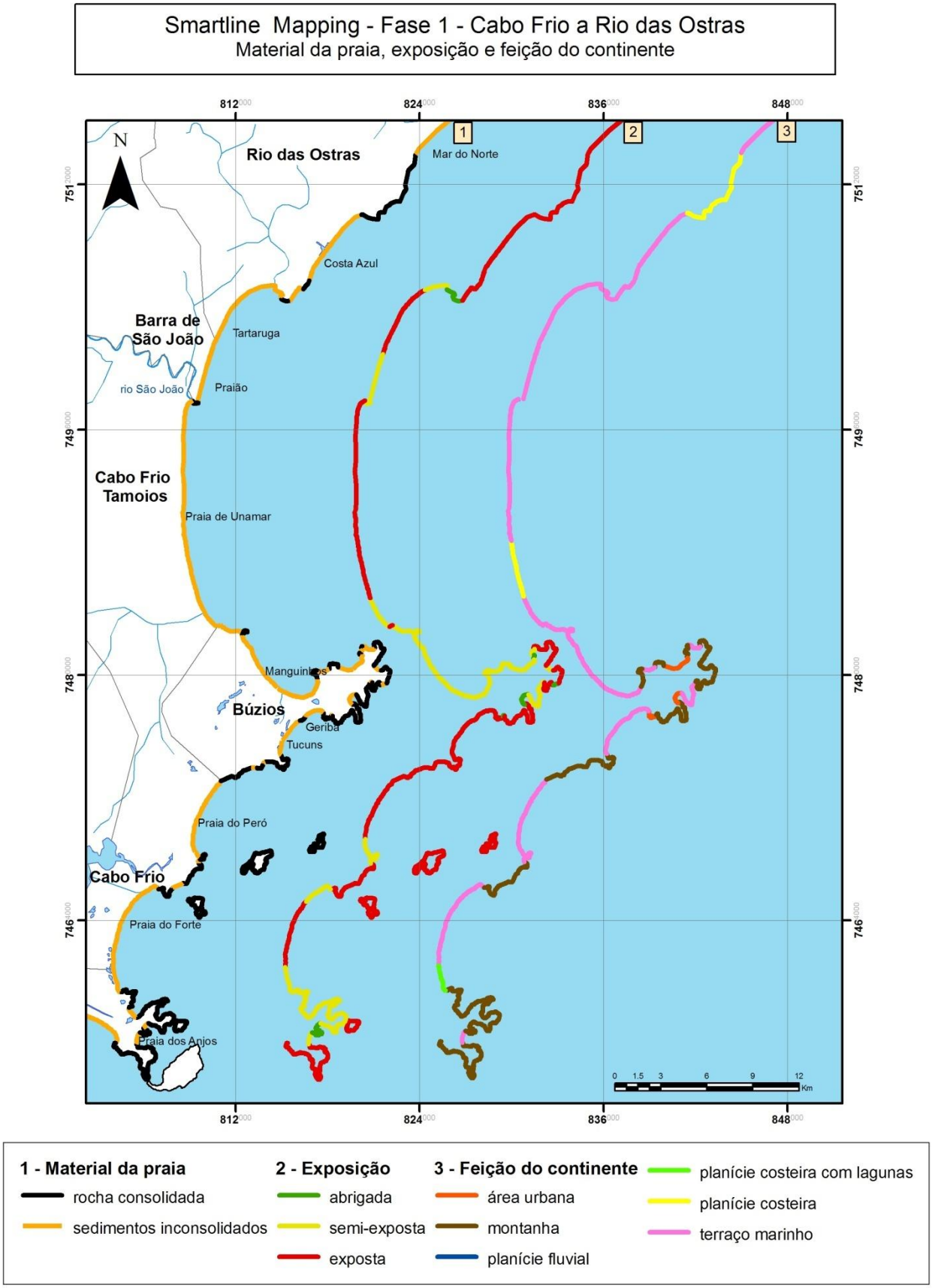


Fig. 74 – *Smartline Mapping* – Fase 1 – Material da praia, exposição e feição do continente entre Cabo Frio e Rio das Ostras

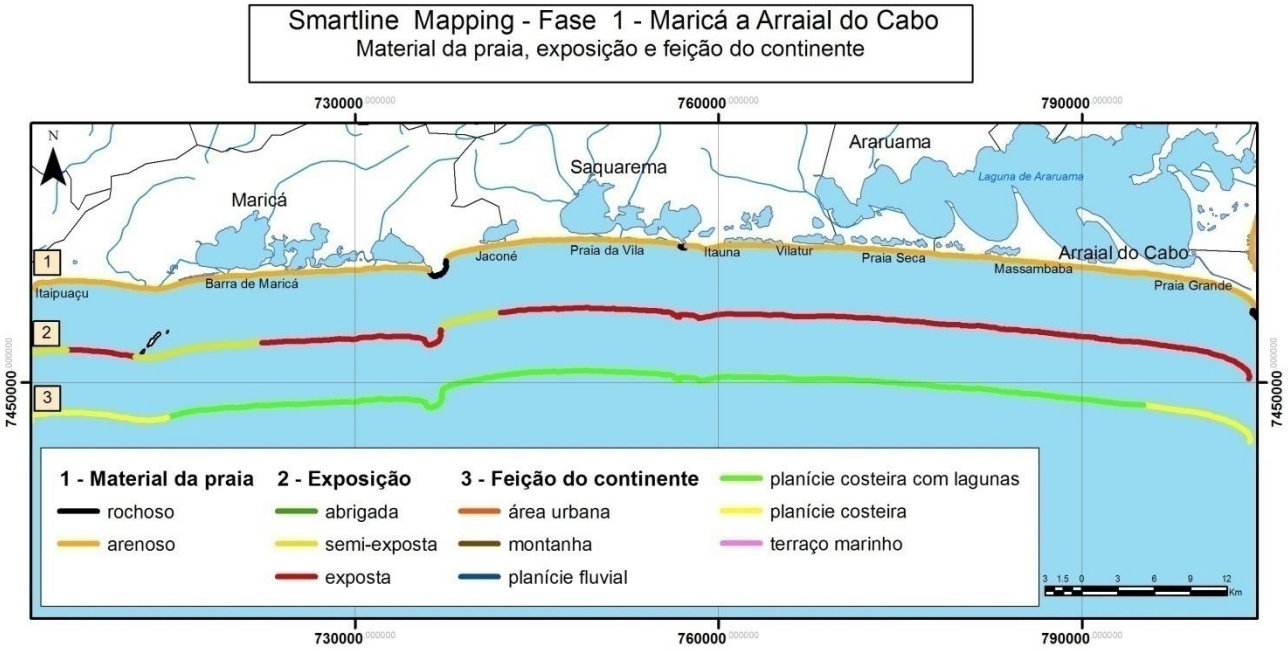


Fig. 75 - *Smartline Mapping* – Fase 1 – Material da praia, exposição e feição do continente entre Maricá e Arraial do Cabo

A partir do cruzamento das três variáveis apresentadas acima foi possível obter o mapa indicativo da vulnerabilidade à erosão e inundação (figuras 76 e 77), baseando-se na metodologia proposta por Sharples (2006, 2008). Esta primeira aproximação permite indicar as praias que, de modo geral, são mais vulneráveis por estarem orientadas para as ondulações mais fortes, possuírem sedimentos sujeitos à erosão e apresentarem relevo suave à retaguarda. Nos mapas das figuras abaixo se destacam em vermelho os segmentos do litoral com estas características, ou seja, considerados mais vulneráveis nesta primeira abordagem.

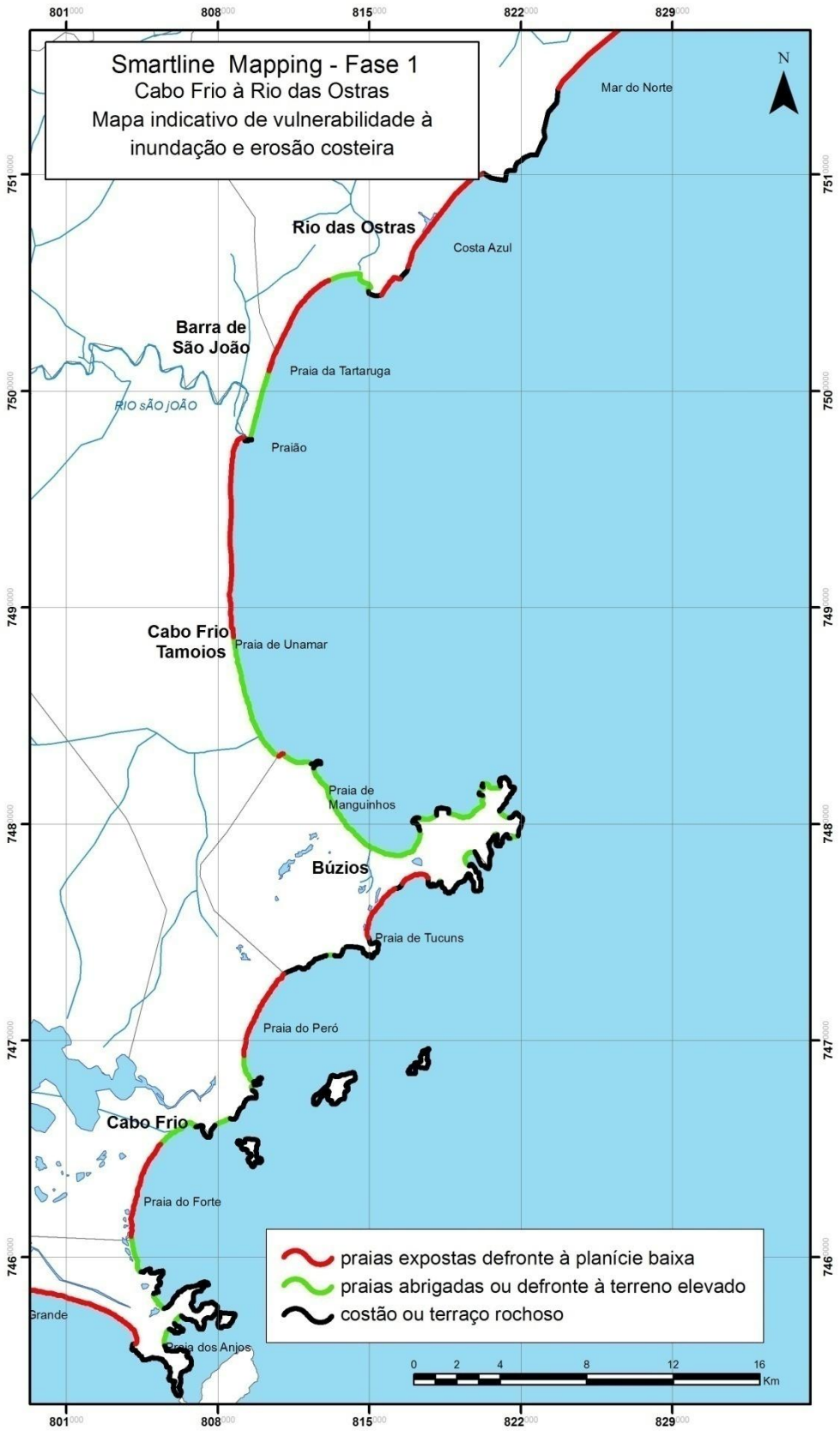


Fig. 76 – Mapa indicativo da vulnerabilidade à inundação e erosão costeira no litoral entre Cabo Frio e Casemiro de Abreu

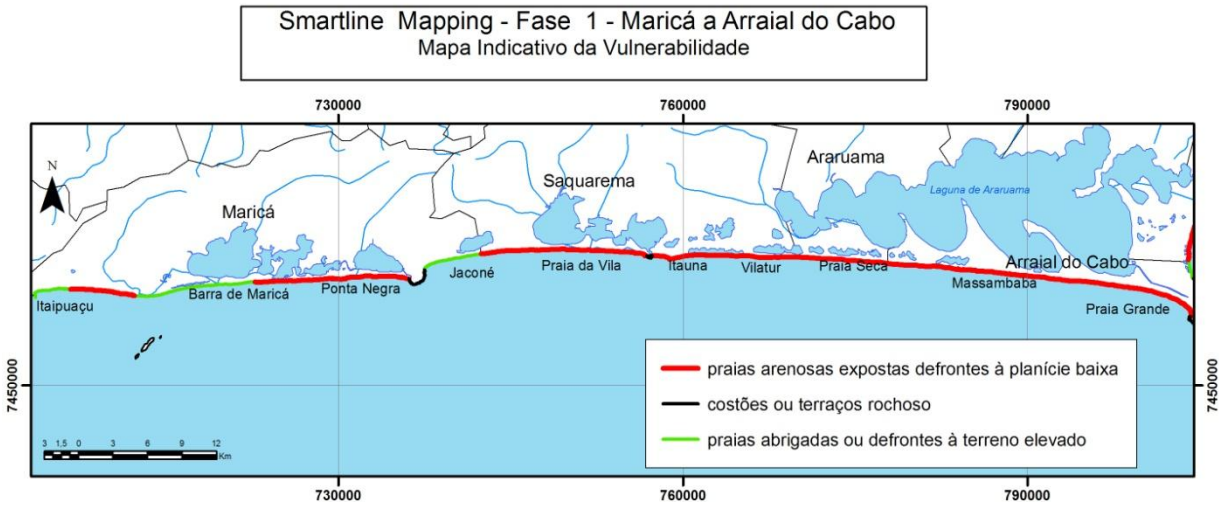


Fig. 77 – Mapa indicativo da vulnerabilidade à inundação e erosão costeira no litoral entre Maricá e Arraial do Cabo

No entanto, a vulnerabilidade local das praias depende de outros elementos importantes que serão analisadas nos próximos itens referentes aos segundo e terceiro passos da metodologia.

8.1.3.2 - Segundo Passo (avaliação regional)

Este segundo passo da metodologia resultou na classificação da unidade morfológica e morfodinâmica das praias (figuras 78 e 79).

A classificação da feição morfológica da pós-praia revelou forte variedade de características, especialmente no trecho compreendido entre Cabo Frio e Rio das Ostras. Aproximadamente 43% das praias arenosas de todo o litoral estudado apresentam dunas, sendo que 39% destas são cobertas por vegetação de praia ou restingas. Uma proporção também alta das praias arenosas, equivalente 30% do litoral, apresenta construções imediatamente atrás do perfil da praia (área urbana), que chegam, em alguns casos, a serem atingidas pelo mar durante tempestades ou mesmo em ocasiões de marés cheias. Presente também em diversas praias (16%) estão as escarpas da berma da praia que se apresentam ora vegetadas desde sua base até o topo, ora erodidas pelas ondas de tempestade.

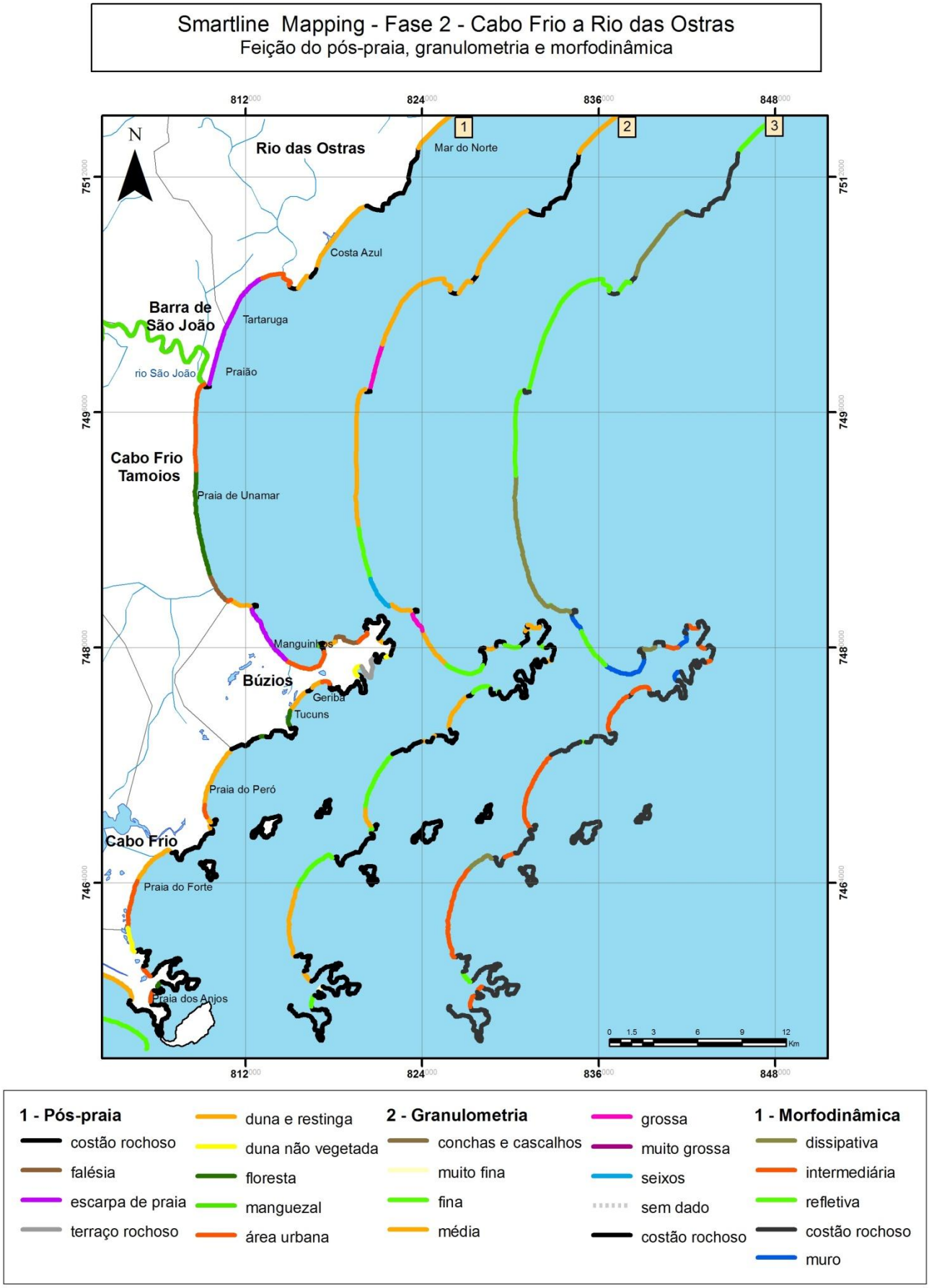


Fig. 78 – Feição predominante no pós-praia, granulometria e morfodinâmica da praia entre Cabo Frio e Rio das Ostras

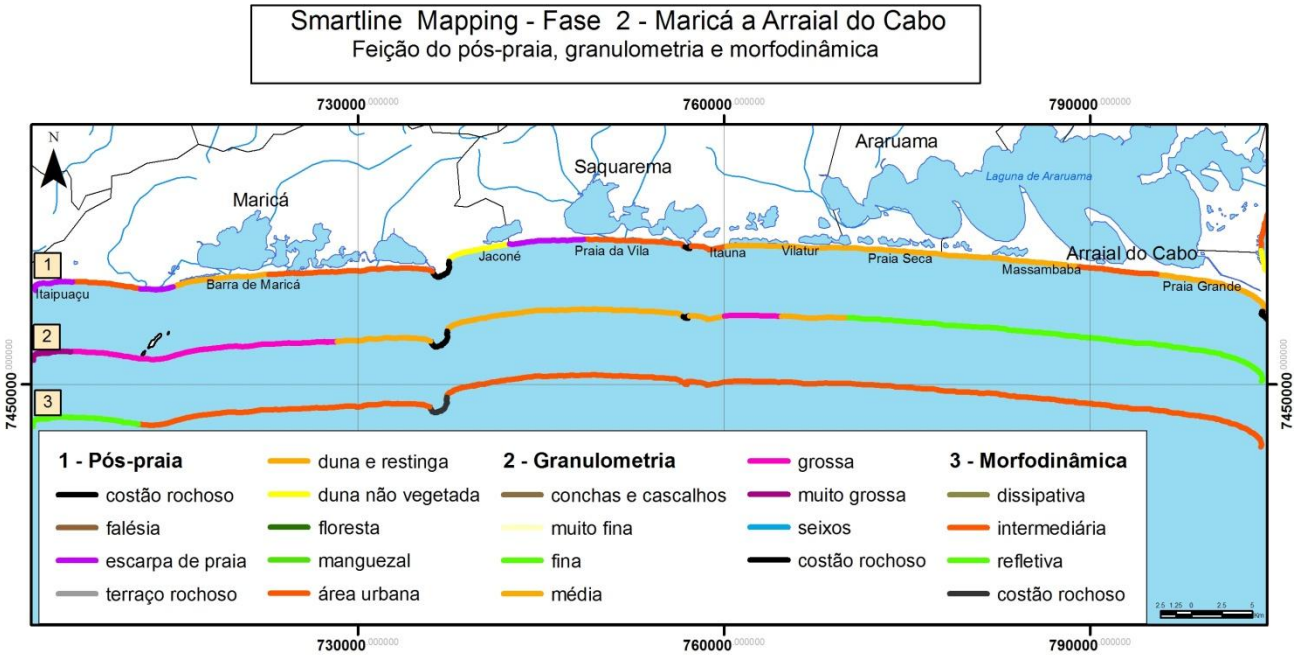


Fig. 79 – Feição predominante no pós-praia, granulometria e morfodinâmica da praia entre Maricá e Arraial do Cabo

A classificação das praias quanto ao diâmetro médio granulométrico na berma apontou para a predominância de sedimentos médios e finos. Na praia de Itaipuaçu encontram-se sedimentos muito grossos cuja origem é atribuída por Muehe (1987) à interferência dos arenitos de praia submersos no transporte transversal dos sedimentos, que seriam responsáveis pela retenção de sedimentos mais finos. Nota-se um gradual afinamento dos sedimentos de Maricá a Arraial do Cabo também apontado por Muehe e Corrêa (1989). Areias mais grossas voltam a aparecer nas praias de Manguinhos, em Búzios, Unamar, em Cabo Frio e no Praião de Barra de São João em Casemiro de Abreu.

A granulometria da praia está geralmente muito associada à morfodinâmica desta. Tal relação foi constatada em algumas praias, tais como Itaipuaçu que se apresenta refletiva e no outro oposto, a praia de Manguinhos com sedimentos finos e predominantemente dissipativa. Nota-se também que algumas praias classificadas com abrigadas são praias refletivas, o que demonstra a importância da energia das ondas na morfodinâmica.

8.1.3.3 - Fase 3 (avaliação local)

Finalmente, o terceiro passo da metodologia teve como resultados os mapeamentos da altura do cordão litorâneo ou dunas frontais, a declividade da praia e da ante-praia e a energia das ondas próximo à costa (figuras 80 e 81).

A altura do cordão litorâneo, da escarpa de praia ou das dunas frontais, quando existentes, variou de 1.4 a 9 metros, revelando grande diferenciação entre as praias. Nota-se nos mapas que grande parte do litoral entre Maricá e Arraial do Cabo apresenta alturas superiores a 5 metros, enquanto que a partir de Cabo Frio torna-se mais freqüente praias com alturas entre 1.4 e 4.9 metros. Em quase todas as praias, alturas superiores a 5 metros estão relacionadas à presença de dunas frontais no pós-praia. Uma exceção é feita para a parte central da Praia da Tartaruga, em Rio das Ostras, onde a altura de mais de 7 metros corresponde à escarpa de pós-praia.

É importante ressaltar ainda que praias com maior exposição tendem a apresentar maior altura em função da constante deposição de sedimentos no cordão de praia pelas ondas. A exposição às ondulações avaliada preliminarmente em função da orientação da praia no primeiro passo foi refinada a partir da introdução dos resultados das modelagens de ondas apresentadas no item sobre refração.

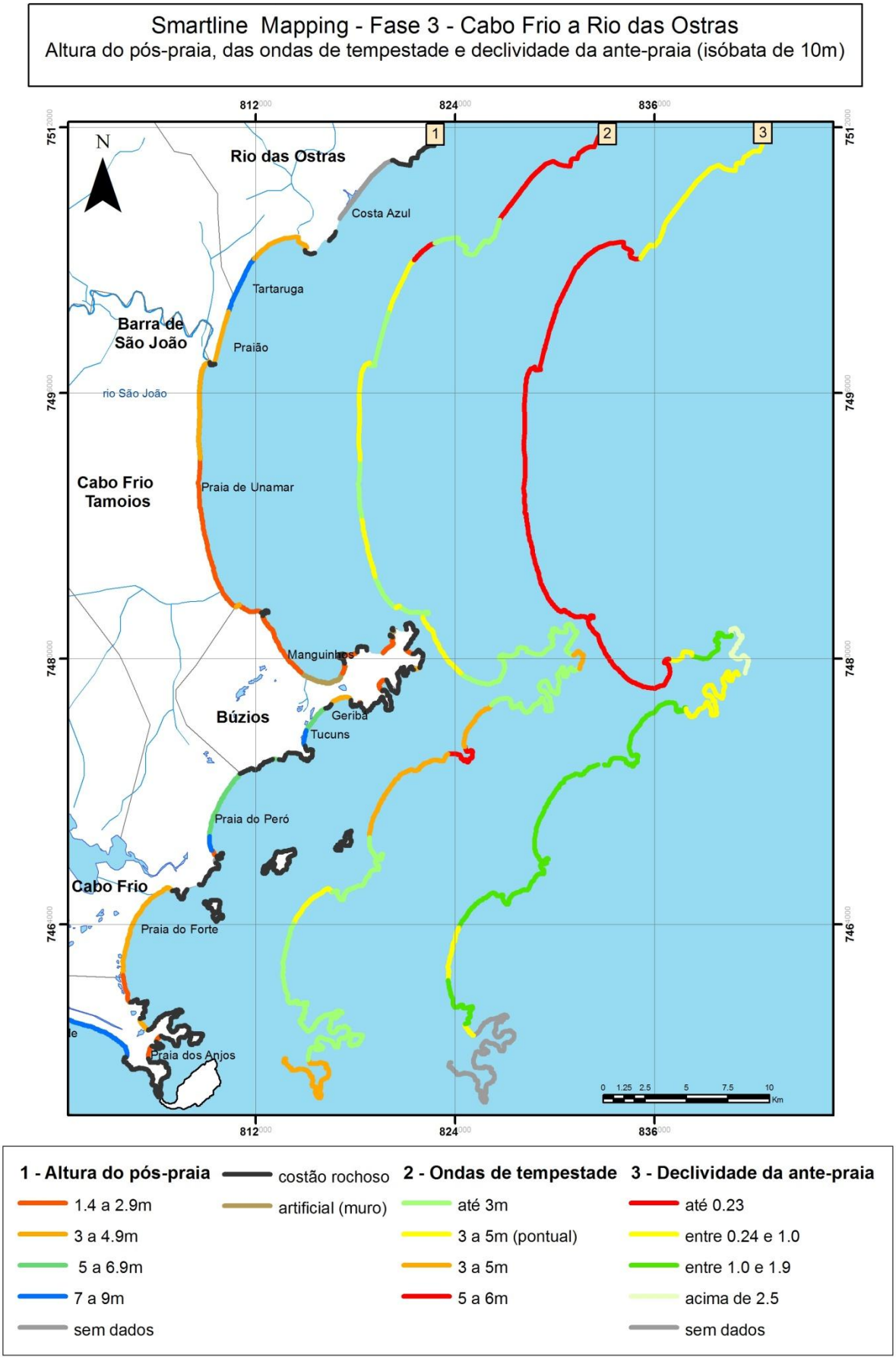


Fig. 80 – Altura (metros) da feição na pós-praia, das ondas de tempestade na costa (quadrante sul e leste) e declividade (graus) da ante-praia até 10m de profundidade

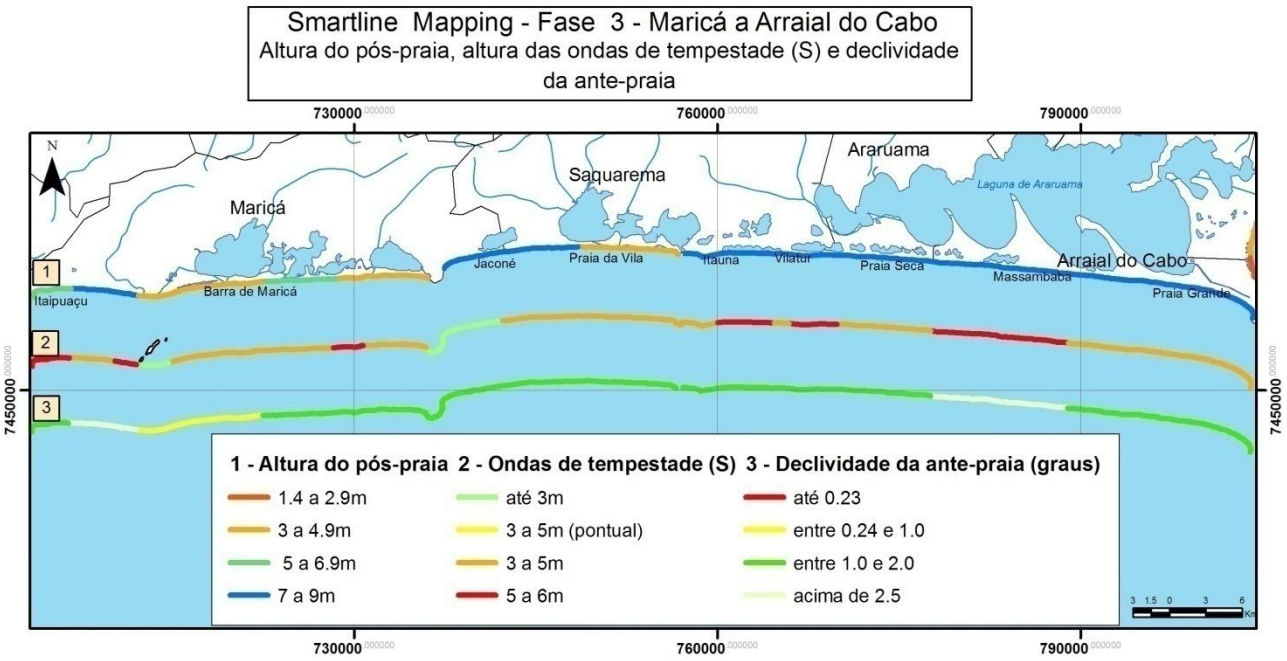


Fig. 81 – Altura (metros) da feição na pós-praia, das ondas de tempestade (quadrante sul) e declividade (graus) da ante-praia até 10 metros de profundidade

Entre Cabo Frio e Rio das Ostras há uma alternância de segmentos com ondas de até 3 metros de altura e segmentos com ondas entre 3 e 5 metros. Os segmentos onde ocorrem convergência de ondas entre 3 e 5 metros atingindo pontualmente o litoral foi classificado na cor amarela do mapa. Este é o exemplo das praias do Peró, Tucuns e Geribá. Ondas acima de cinco metros atingem apenas um pequeno trecho rochoso do litoral de Búzios e grande parte do litoral de Rio das Ostras. Para alcançar tal altura neste último trecho, é preciso a ocorrência de ondulações de sudeste com altura em águas profundas de no mínimo 4 metros e período de 10 segundos. É importante apontar o papel de proteção que as ilhas e o cabo Búzios desempenham, contribuindo para a chegada de ondas com menor altura e energia em diversos segmentos. A orientação contrária às fortes ondulações de algumas praias, como ao sul da Praia do Forte e a Praia de Manguinhos, também é essencial para explicação da menor energia de ondas nestes segmentos do litoral.

A declividade da ante-praia (isóbata de 10 metros) é considerada elevada (acima de 1º) para quase todo o litoral entre Maricá e Armação dos Búzios. Neste último município, as praias peninsulares, ao sul principalmente, apresentam declividade intermediária. Mais para o norte, todo o litoral entre Manguinhos e a praia da Tartaruga apresentam ante-praia com declividade muito baixa. Tais diferenças podem estar associadas à influência da foz do rio São João que provoca o aporte de sedimentos finos.

8.1.4 Vulnerabilidade física da linha de costa à erosão costeira e inundação

Os mapeamentos resultantes da classificação da linha de costa segundo os três passos da metodologia *smartline* forneceram um banco de dados geográficos com todas as variáveis analisadas. O cruzamento entre as diferentes variáveis, conforme a metodologia descrita anteriormente, resultou, por sua vez, na classificação do litoral quanto ao grau de vulnerabilidade à erosão costeira e ao grau de exposição do litoral à inundação por transposição por ondas. Além das variáveis de caracterização geomorfológica individualmente discutidas nos itens anteriores, foram mapeados os dados dos resultados da comparação da linha de costa por fotografias aéreas.

8.1.4.1 Erosão Costeira

A avaliação da vulnerabilidade da linha de costa à erosão costeira resultou em uma classificação hierárquica do grau de vulnerabilidade, de acordo com a matriz apresentada no quadro 6 do capítulo VII. Conforme discutido na metodologia, as praias onde os monitoramentos de perfis ou a comparação de fotografias aéreas revelaram processo de erosão do cordão litorâneo e recuo da linha de costa são consideradas mais vulneráveis do que as que não demonstraram erosão nas últimas décadas. A partir da identificação destes segmentos com ou sem erosão ativa e do cruzamento das variáveis já discutidas, foi obtido o grau de vulnerabilidade à erosão costeira para cada segmento da linha de costa estudado (figuras 82 e 83).

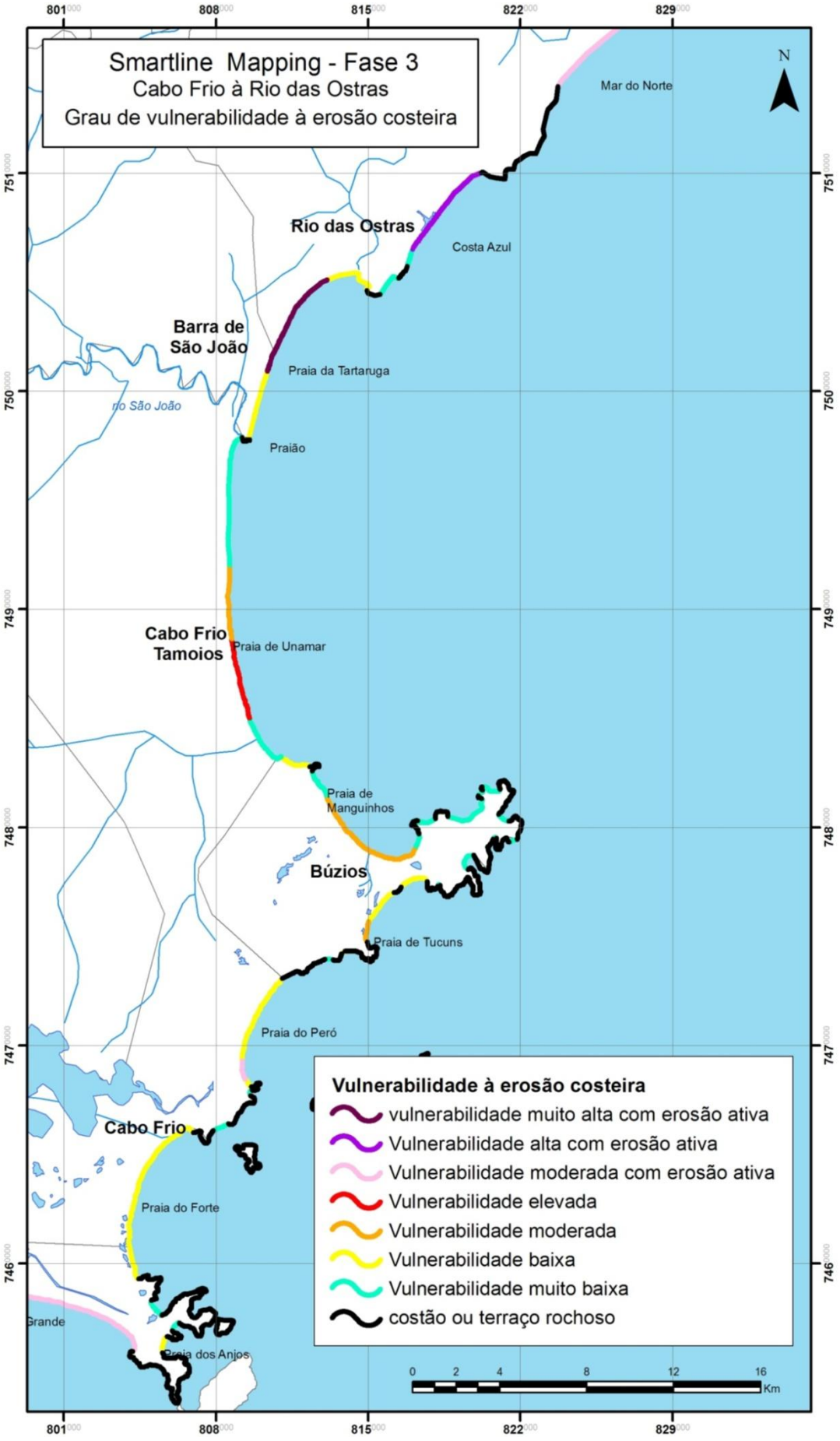


Fig. 82 – Grau de vulnerabilidade à erosão costeira entre Cabo Frio e Rio das Ostras

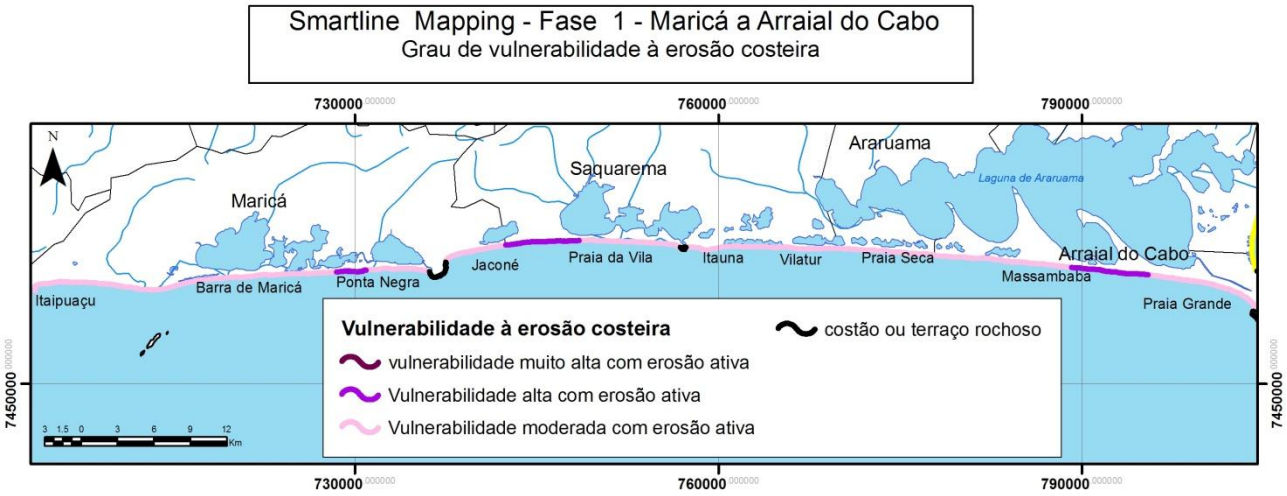


Fig. 83 – Grau de vulnerabilidade à erosão costeira entre Maricá e Arraial do Cabo

A classificação acima mapeada demonstra que apenas os segmentos correspondentes à praia da Tartaruga apresentaram vulnerabilidade muito alta com erosão ativa. A praia da Tartaruga, como já fora comentado na descrição da área de estudo, vem passando por intenso processo de erosão costeira, atingido os muros das casas. As características que a tornam ainda mais vulnerável são a baixa declividade do fundo marinho, a forte energia das ondas que podem atingir até 6 metros em eventos de tempestade e a relativamente baixa altitude o topo da escarpa que não possui dunas. A praia Costa Azul ainda em Rio das Ostras também apresenta erosão ativa e elevada vulnerabilidade à erosão costeira, apresentando, porém, menor suscetibilidade ao recuo da linha de costa em função da presença de dunas vegetadas. O restante do litoral entre Cabo Frio e Rio das Ostras foi classificado predominantemente com baixa vulnerabilidade, sendo a baixa energia das ondas um dos fatores de importante influência. Destacam-se, no entanto, dois importantes segmentos. O primeiro corresponde a praia de Unamar que, apesar de não ter sido observado indícios de erosão ativa, apresenta-se muito vulnerável à erosão por sua baixa declividade, tanto da ante-praia como da retaguarda da praia formada pela planície do rio Una. Além disso, é uma praia de sedimentos finos, com baixa altitude da escarpa, não ultrapassando os 3 metros, e elevada energia de ondas. O segundo segmento de destaque encontra-se na parte sul da praia do Peró onde foi observada erosão costeira nas últimas décadas. Este trecho da praia é o único que não possui mais dunas frontais que deram lugar a urbanização do bairro.

Entre Maricá e Arraial do Cabo, o processo de erosão foi considerado ativo em todo litoral. Apesar disso, com exceção de três segmentos, a vulnerabilidade foi considerada moderada em virtude da presença de dunas frontais ou cordões litorâneos relativamente elevados, assim como alta declividade da ante-praia. Este resultado aponta para uma diferenciação entre os segmentos com

maior vulnerabilidade ao recuo da linha de costa por erosão costeira daqueles que, com ou sem erosão ativa, apresentam maior resistência e possivelmente menores taxas de recuo.

8.1.4.2 Desastres e áreas sujeitas à inundação

a) Inundação litorânea por transposição de ondas

A classificação do litoral quanto à vulnerabilidade à transposição do cordão litorâneo por ondas resultou em 22 segmentos do litoral com exposição elevada, somando um total de 65km de linha de costa ou 28% do litoral mapeado. Os segmentos com baixa vulnerabilidade estão relacionados às praias com presença de dunas frontais elevadas ou baixa energia de ondas. Já aqueles classificados como sem transposição correspondem às praias precedidas por falésias ou montanhas, ou aos segmentos formados por costões rochosos.

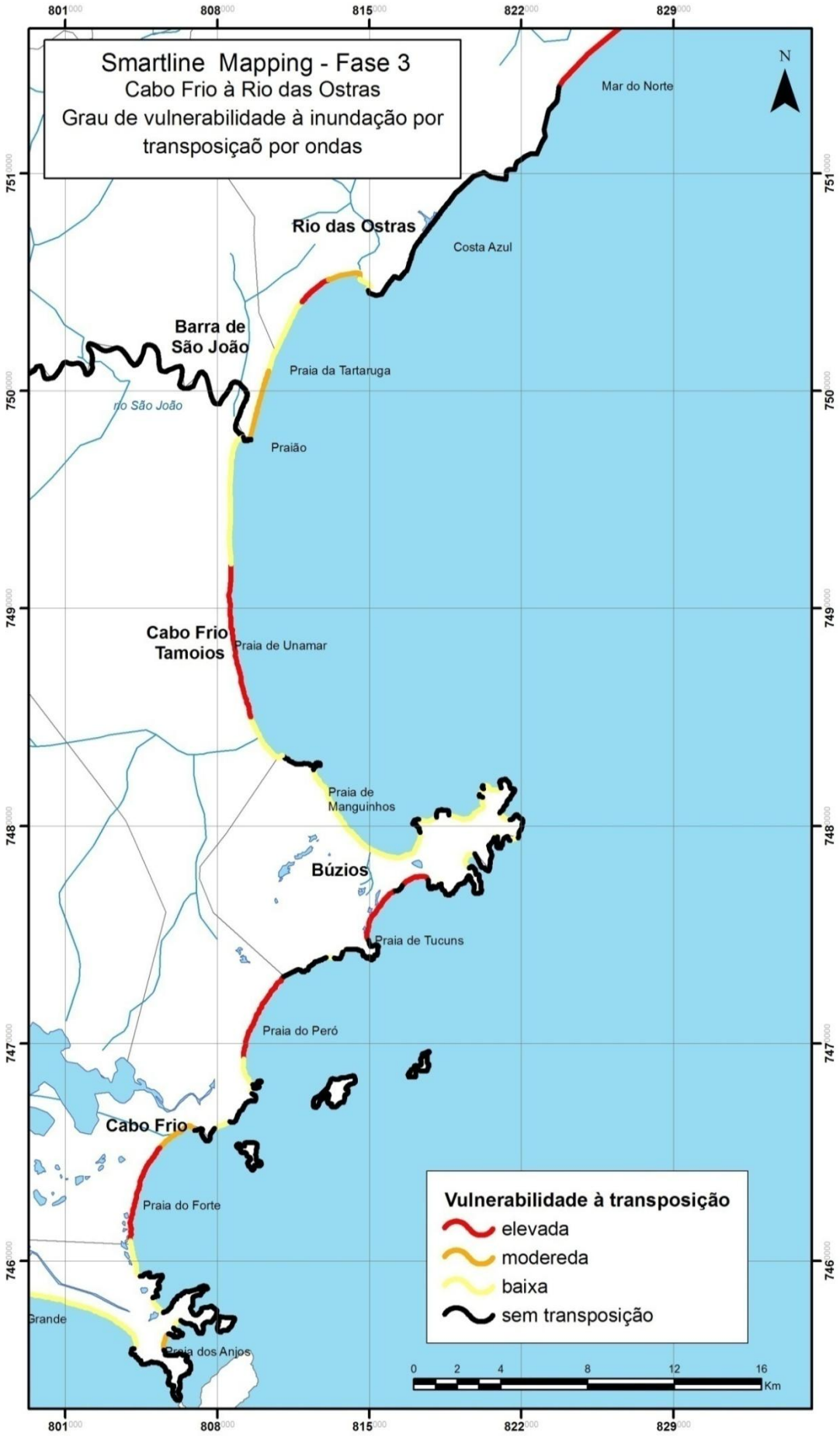


Fig. 84 – Vulnerabilidade à transposição por ondas da feição do pós-praia entre Cabo Frio e Rio das Ostras

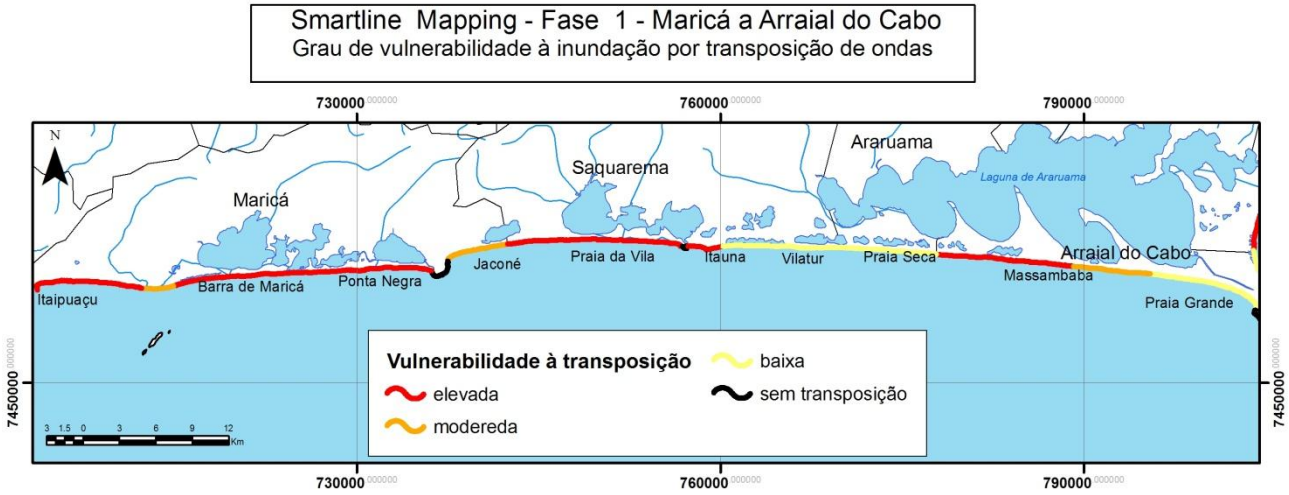


Fig. 85 - Vulnerabilidade à transposição por ondas da feição do pós-praia entre Maricá e Arraial do Cabo

No mapa estão localizados também os pontos com ocorrência de desastres relacionados à transposição por ondas ou a ressacas do mar. Entre os anos 2000 e 2007 a Defesa Civil registrou dois casos de inundação litorânea por invasão brusca do mar, o primeiro em maio de 2001 no município de Maricá, atingindo todo seu litoral, e o outro em junho de 2006 na Praia Costa Azul, em Rio das Ostras. Além disso, sete pontos foram considerados como sujeitos a ressacas pela Defesa Civil, sendo que, destes, 4 estão localizados em Saquarema, 2 em Arraial do Cabo, na Praia Grande e na Praia da Massambaba, e o outro na Praia Costa Azul, em Rio das Ostras. Em Massambaba no início do ano de 2009 foi registrado novo evento de inundação litorânea durante uma ressaca (figura 86).

Fig. 86 - Inundação causada por transposição de ondas em abril de 2004 na localidade de Monte Alto, Arraial do Cabo. Fonte: Revista Conteúdo (2009)

Foram identificados em trabalho de campo outros pontos de transposição de ondas em Itaipuaçu, no município de Maricá, e na praia do Peró, em Cabo Frio. Em Itaipuaçu a situação já pode ser considerada grave, visto que as transposições são relativamente freqüentes e o gradiente topográfico à retaguarda da praia é muito elevado, facilitando o escoamento da água em direção à depressão, com inundação das partes mais baixas.

b) Inundações, alagamentos e enchentes de outras naturezas

Inundações, alagamentos e enchentes de outras naturezas também foram registrados na área costeira da Região dos Lagos, pela Defesa Civil e pelo jornal O Globo no período estudado. No total foram registradas ocorrências de alagamento, enchentes, enxurradas e inundações litorâneas em 8 ocasiões diferentes, atingindo 25 localidades distribuídas por todos os municípios. Das localidades atingidas, 17 foram localizadas e mapeadas, enquanto as outras 8 ocorrências, em virtude imprecisão na informação cedida pela Defesa Civil, não foram identificadas. Foram mapeadas ainda as localidades consideradas sujeitas a tais desastres pela Defesa Civil, assim como os pontos de alagamentos e transposição por ondas identificados em campo (figura 87). Ressalta-se que estão no universo desta análise apenas os desastres que tiveram repercussão na mídia ou foram comunicados à Defesa Civil, excluindo, portanto, possíveis desastres de menor importância. Por outro lado, é possível inferir que aqueles desastres que foram registrados pela Defesa Civil ou noticiados pelo jornal apresentaram maior magnitude ou impacto sobre a população ou infra-estrutura e indicam, mesmo quando sua recorrência de registro for pequena, uma situação crítica.

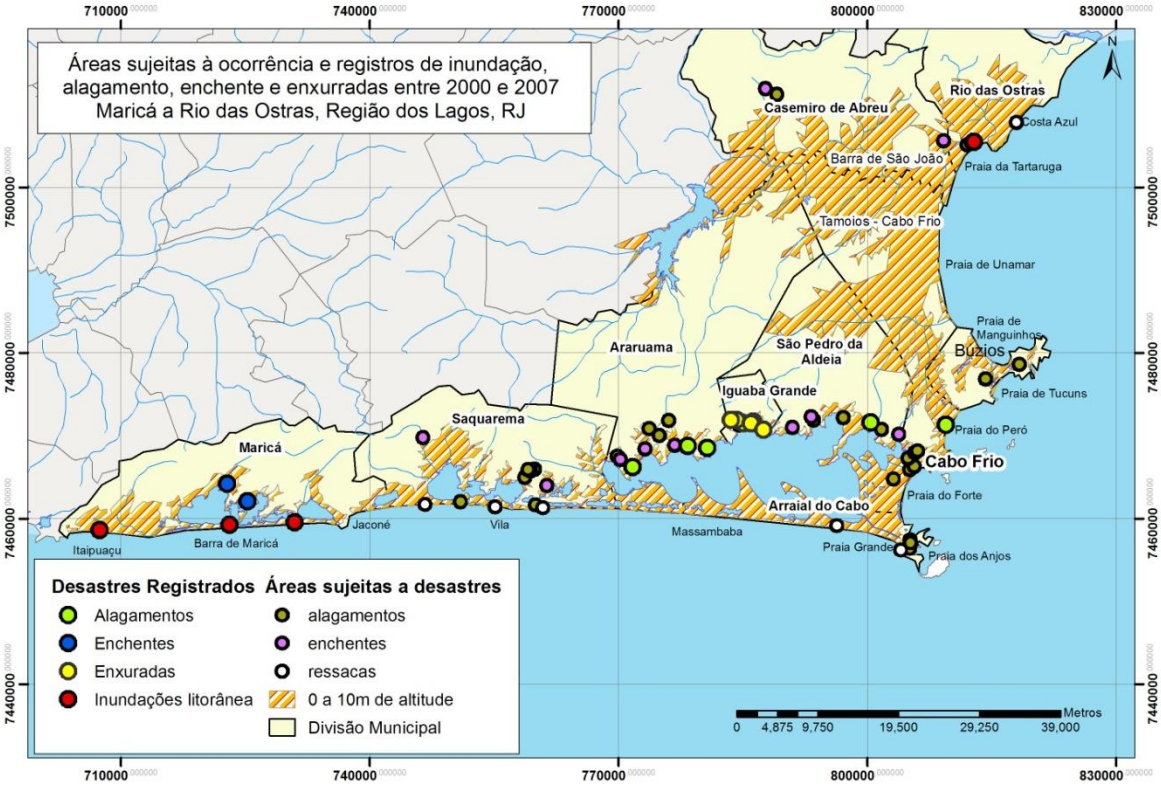


Fig. 87 - Áreas sujeitas à ocorrência e registros de inundação, alagamento, enchente e enxurradas entre 2000 e 2007 entre Maricá e Rio das Ostras

O mapeamento destes registros e das áreas consideradas sujeitas a tais desastres, associado ao relevo, revelou a concentração destes eventos em áreas de baixa altitude (até 10m), principalmente na margem norte das lagunas de Araruama e Saquarema. Em Iguaba Grande nota-se o maior número de localidades atingidas (11) por ocasião de um único evento ocorrido no ano de 2004. São Pedro da Aldeia se destaca por apresentar três registros de alagamentos em datas distintas. Ressalta-se ainda as áreas consideradas sujeitas à ressaca nos litorais de Saquarema, Arraial do Cabo e Costa Azul, onde a análise da exposição às ondulações de tempestade revelou forte ou muito forte energia de ondas. Em relação às inundações, 13 localidades foram classificadas pela Defesa Civil como áreas sujeitas a este desastre. As áreas sujeitas a alagamentos são ainda mais numerosas, chegando a 33 localidades (tabela 12).

Tabela 12 - Número de localidades consideradas como áreas sujeitas à desastres, por tipo de desastre e município

	Número de localidades sujeitas à desastres			
Município	**Ressacas**	**Inundações**	**Alagamentos**	**Total**
Saquarema	4	2	10	16
Araruama	0	4	4	8
São Pedro da Aldeia	0	3	3	6
Cabo Frio	0	0	6	6
Arraial do Cabo	2	0	2	4
Rio das Ostras	1	1	2	4
Casimiro de Abreu	0	2	1	3
Iguaba Grande	0	1	2	3
Búzios	0	0	2	2

Fonte: Defesa Civil (2007)

8.2 AVALIAÇÃO LOCAL DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Os ecossistemas mais comuns presentes na Região dos Lagos são, como sugere o próprio nome da região, as lagunas costeiras. As dunas e vegetação de restinga também se apresentam em grande quantidade marcando a paisagem da região, principalmente no litoral entre Maricá e Búzios. A avaliação local da vulnerabilidade ambiental deteve-se nas modificações físicas das dunas e lagunas, assim como na poluição destas últimas por efluentes domésticos.

8.2.1 Modificação física das lagunas e dunas

A comparação da área coberta por lagunas costeiras no ano de 1976 e no ano 2000 demonstrou pequenas alterações, principalmente nos corpos d'água menores, localizados entre o cordão litorâneo atual e o antigo. Muitas destas pequenas lagunas encontravam-se já em 1976 em processo de colmatação, estando recoberta por vegetação periodicamente inundada, podendo assim ser classificados como áreas brejosas. Nos mapas abaixo nota-se, portanto, que o sistema de lagunas, tanto o que se localiza à retaguarda do cordão litorâneo mais antigo, com as maiores lagunas, como àquele formado por lagunas menores, localizadas intra-cordões, era composto por um número ainda maior de lagunas que com o tempo foram naturalmente sendo ocupadas por sedimentos e vegetação. No entanto, algumas pequenas lagunas e áreas brejosas ainda existentes em 1976 não passaram pelo processo de colmatação natural, tendo sofridos aterros e outras modificações antrópicas para permitir a expansão da urbanização.

Conforme aponta Bohrer *et al.* (2009) em estudo sobre a cobertura vegetal da região de Cabo Frio, estes ambientes inundáveis são áreas com alta produtividade biológica e servem de abrigo para

um grande número de espécies de aves aquáticas e de diversas espécies de vertebrados e invertebrados.

Segundo o mapeamento realizado com auxílio das fotografias aéreas, os municípios com maiores alterações destes corpos d'água e ambientes inundáveis foram Saquarema e Búzios, onde alguns destes estão atualmente completamente ocupados pela urbanização (figuras 88 a 90).

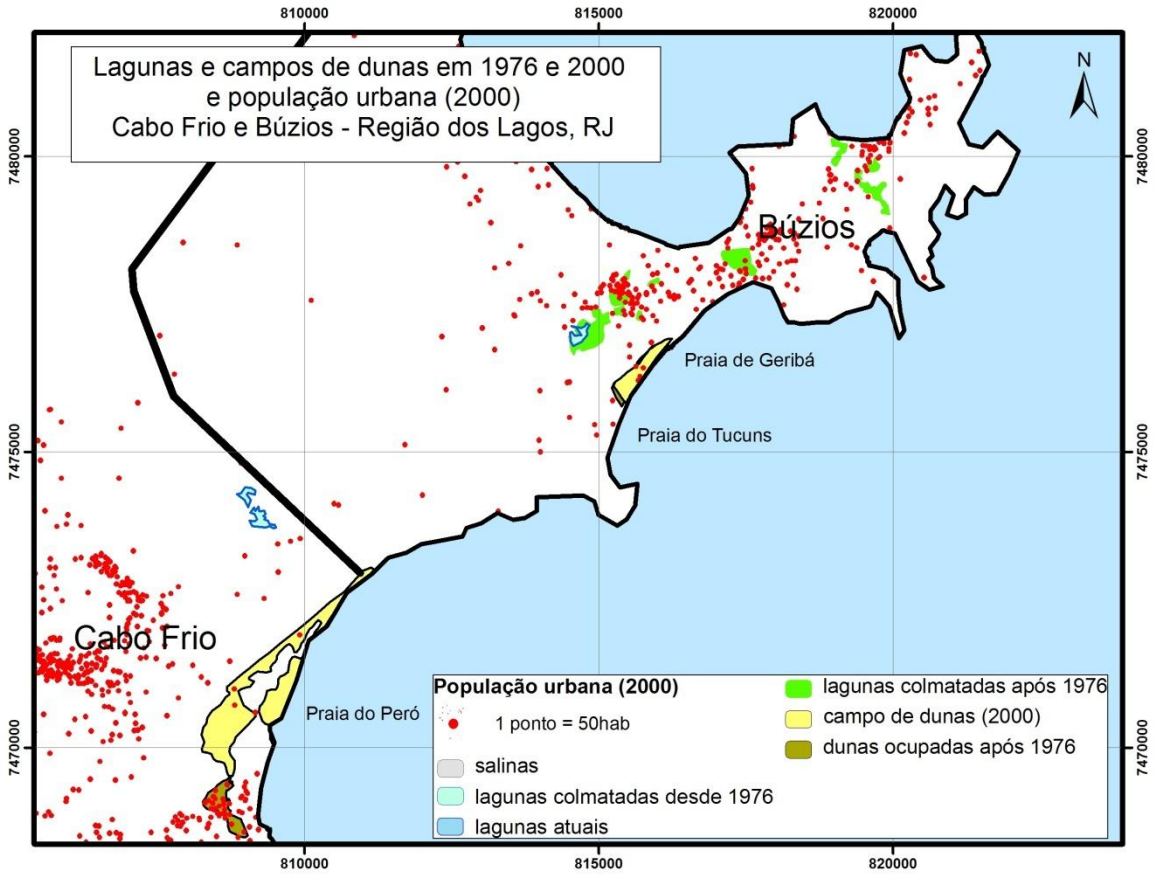


Fig. 88- Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) no norte de Cabo Frio e no município de Búzios.

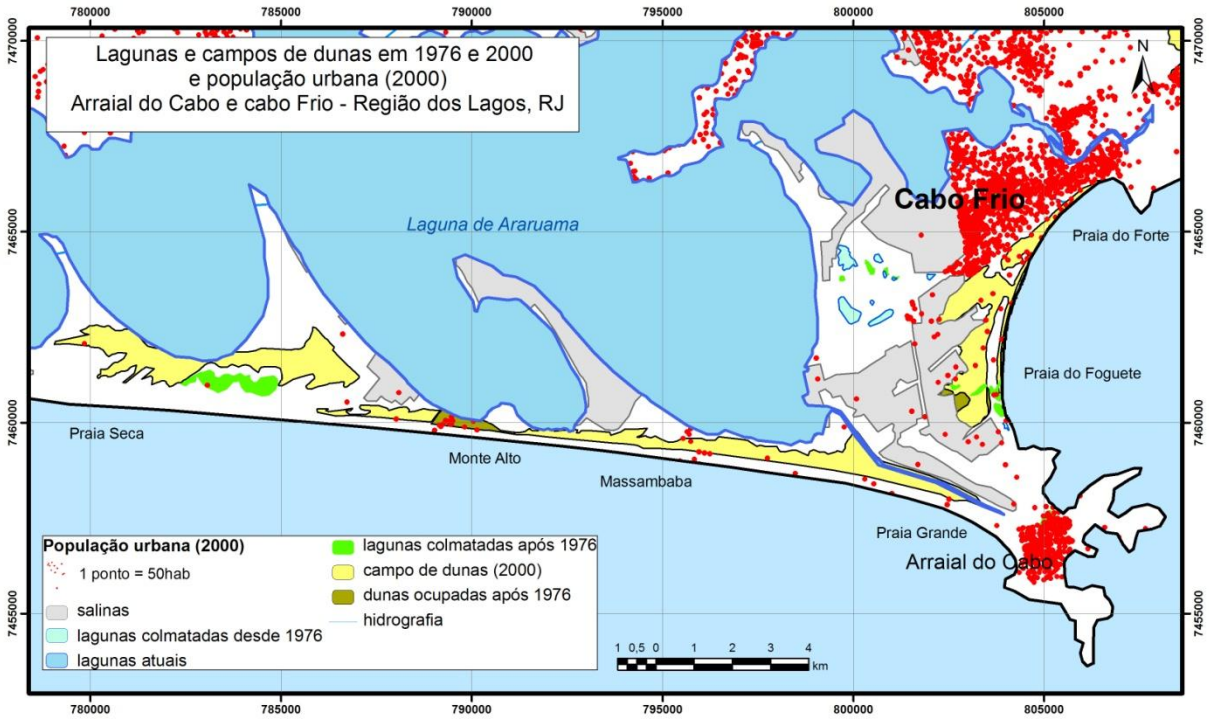


Fig. 89 - Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) em Arraial do Cabo e parte central de Cabo Frio.

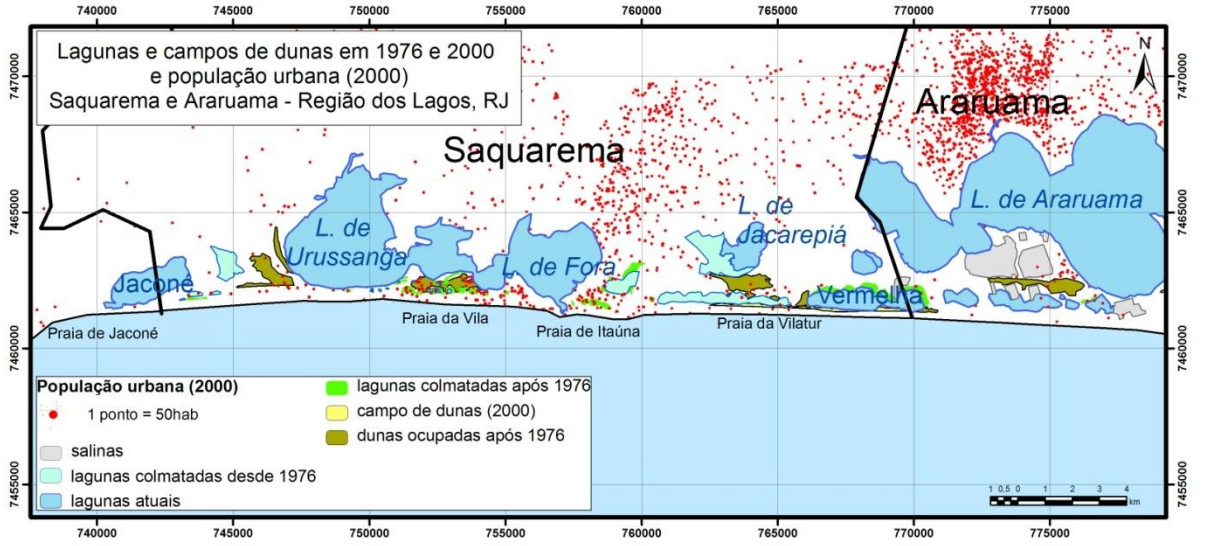


Fig. 90 - Mapeamento de lagunas e campos de dunas nos anos de 1976 e 2000 e população urbana segundo dados dos setores censitários (2000) em Saquarena e Araruama

Além da importância ecológica, a ocupação destes ambientes expõe a população à inundação periódica que naturalmente ocorre nos brejos. Acrescenta-se ainda o fato de todo o sistema de infiltração da água para o lençol freático ser alterado, o que prejudica o abastecimento deste e diminui a capacidade de drenagem da água. Em Búzios a prefeitura municipal e a SERLA realizaram a recuperação da laguna da Ferradura, recuperando sua área através da realização de drenagens.

Nos mapas acima, localizam-se também os campos de dunas existentes nos anos de 1976 e 2000, revelando áreas relativamente grandes com ocupações recentes em cima de antigas dunas, o que pode representar riscos de soterramentos e instabilidade das construções. Este risco de soterramentos pelas dunas é mais elevado nos locais onde se encontram dunas pouco vegetadas e móveis. Além disso, a direção do vento também é fundamental para aumentar ou diminuir a exposição a tal processo. O monitoramento realizado no campo de dunas da praia do Peró entre os anos 2007 e 2008 pelo Grupo de Geografia Marinha da UFRJ sob coordenação do Dr. Dieter Muehe, apontou estabilidade das dunas frontais e das dunas à retaguarda da praia, com apenas um trecho de dunas móveis, no limite norte do campo de dunas. A comparação das fotografias aéreas de 1959, 1976 e 2000 apontaram um avanço de aproximadamente 170 metros destas dunas móveis na direção sudoeste, acompanhando a direção predominante NE-SW dos ventos mais freqüentes da região (figura 91).

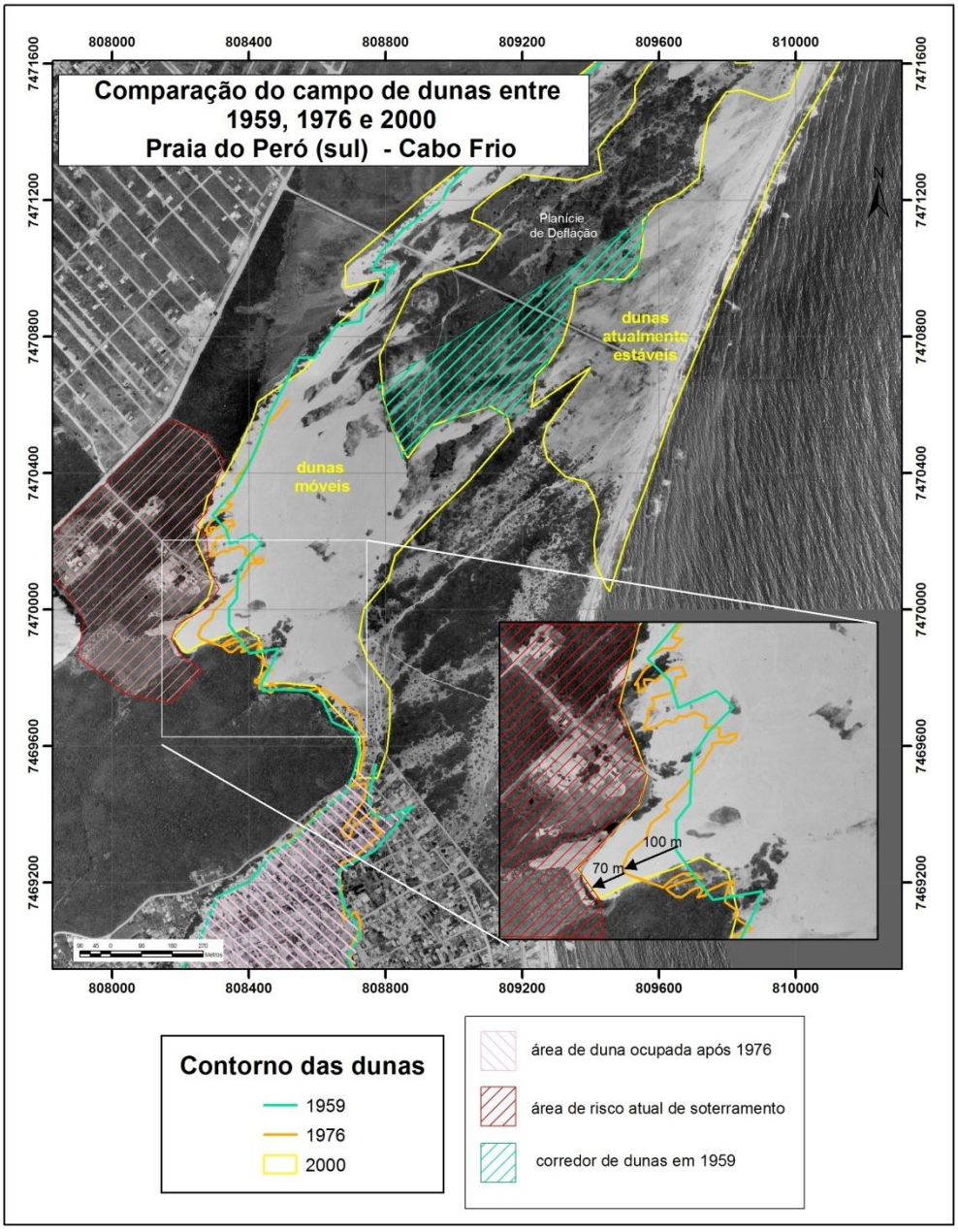


Fig. 91 – Comparação do campo de dunas da praia do Peró, Cabo Frio, entre os anos de 1959, 1976 e 2000

Este avanço já vem sendo responsável pelo soterramento de algumas casas e condomínios, resultando no abandono de alguns destes e em risco atual de novos soterramentos (figura 92).

Fig. 92 – Foto da área de risco atual de soterramento por dunas na praia do Peró, Cabo Frio

Na praia do Forte, as dunas móveis também causam soterramento da estrada de ligação da cidade de Cabo Frio para o município de Arraial do Cabo. Em Barra de Maricá, na Praia da Vila, em Saquarema e na localidade de Monte Alto, em Arraial do Cabo também se observam ocupação de campos de dunas e problemas com soterramentos. Finalmente, na praia de Tucuns, em Búzios, o resort construído em 2009 por cima do campo de dunas já apresenta problemas com o acúmulo de areias nas suas dependências.

Além do risco de soterramentos, a destruição de campos de dunas pode ainda agravar a vulnerabilidade à erosão, na medida em que diminui o estoque sedimentar e elimina a barreira contra a ação das ondas, e também o risco de deficiência de água no lençol freático, visto que as dunas são reservatórios naturais de água.

8.2.2 Poluição das lagunas por lançamento de esgoto sanitário doméstico

A poluição das lagunas por lançamento direto de esgotamento sanitário é outro problema grave na região, com impactos ambientais, sociais, com diminuição da atração turística, e econômicos, principalmente em função da diminuição da pesca. Knoppers *et al.* (1999) estimaram o aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) nas lagunas fluminenses, assumindo a produção *per capita* de 70% da população das bacias segundo dados do IBGE do ano de 1986, apontando para elevados

níveis nas lagunas de Araruama e Maricá. Apesar do elevado aporte de nutrientes pelo lançamento de esgotos, a laguna de Araruama segundo os dados coletados por Knoppers *et al.* (*op. cit*.) apresentava estado trófico entre oligo a mesotrófico. No entanto, os autores apontam que a tendência é que a laguna de Araruama passe para o estado eutrófico, caso a população e a quantidade de efluentes domésticos continuem a crescer (figura 93).

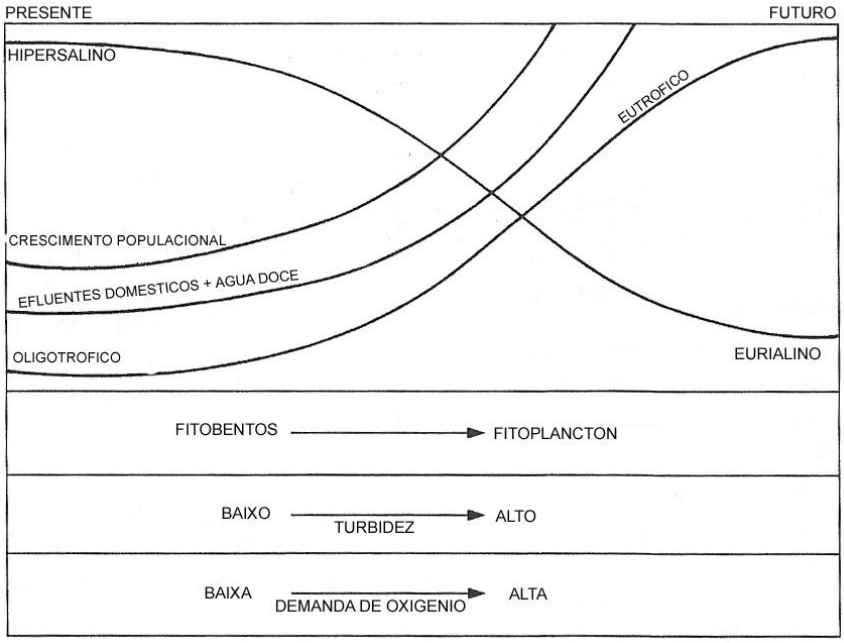


Fig. 93 – Modelo da evolução das características da laguna de Araruama em função da poluição por efluentes domésticos

Fonte: Knopplers (1999, p. 148)

Considerando que o aumento da população e da urbanização não foi acompanhado pela melhoria na infra-estrutura até o ano 2000, estima-se que mais de 6.600 domicílios despejam esgoto diretamente em rios e nas lagunas da região, segundo os dados por setores censitários (IBGE, 2000). As lagunas de Araruama e Maricá continuam sendo as que mais recebem nitrogênio, fósforo e esgotos domésticos (tabela 13 e figuras 94 e 95). Na tabela, observa-se ainda o grande volume de esgoto lançado nas Lagunas de Urussanga e de Fora, em Saquarema, sendo que a primeira apresenta situação mais crítica por apresentar tempo de residência elevado, ou seja, a renovação da água é mais lenta.

Tabela 13 – Estimativa do descarte de esgoto sanitário em lagunas considerando valores médios de produção de nutrientes (N e P) e esgoto total per capita e tempo de residência das lagunas da Região dos Lagos (RJ)

	Estimativa do descarte de esgoto sanitário em lagunas					
Lagunas	No de domicílios com descarte inadequado (valas, rios, lagos ou mar)	No de habitantes em domicílios com descarte inadequado	Nitrogênio (kg/dia)	Fósforo (kg/dia)	Esgoto total (litros/dia)	Tempo de residência (T50%)
Maricá	2.197	7.212	75,77	22,73	1.288.256	30
Guarapina	101	336	3,30	1,00	56.719	7
Jaconé	21	68	0,73	0,22	12.569	25
Urussanga	323	1145	12,44	3,73	211.564	14
Boqueirão	199	659	7,11	2,13	121.006	-
Laguna de Fora	300	1003	10,43	3,13	177.430	7
Araruama	3509	11762	126,00	37,80	2.141.767	84
Total	6.650	22.185	236	71	5.609.312	

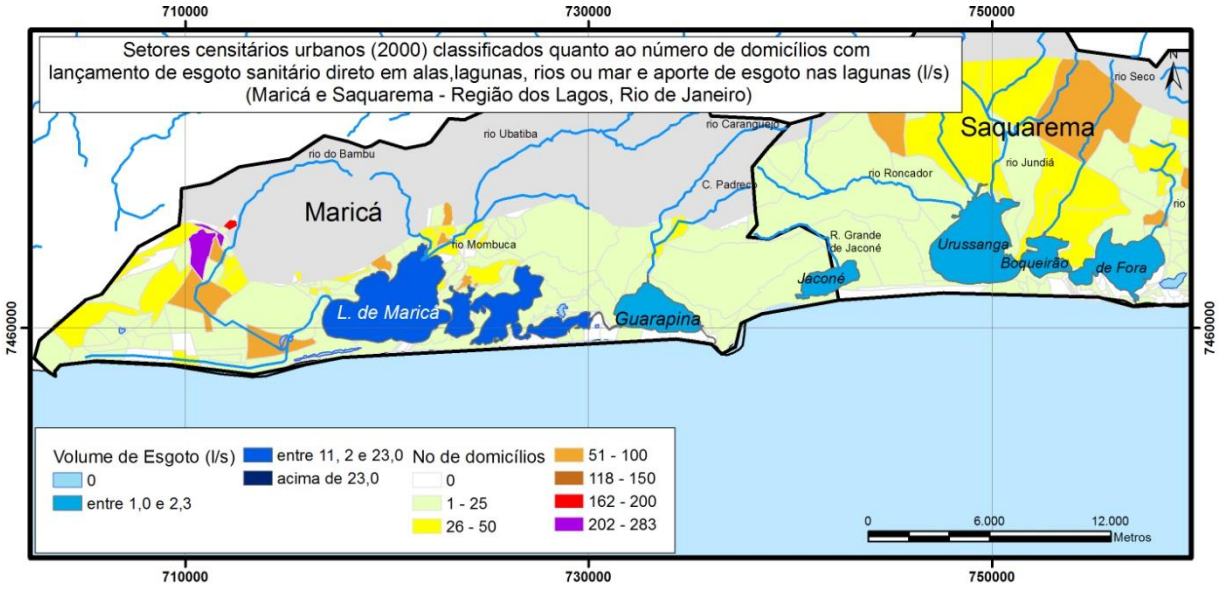


Fig. 94 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao número de domicílios com lançamento de esgoto sanitário direto em valas, lagunas, rios ou mar e estimativa do aporte de esgoto nas lagunas (l/s) entre Maricá e Saquarema

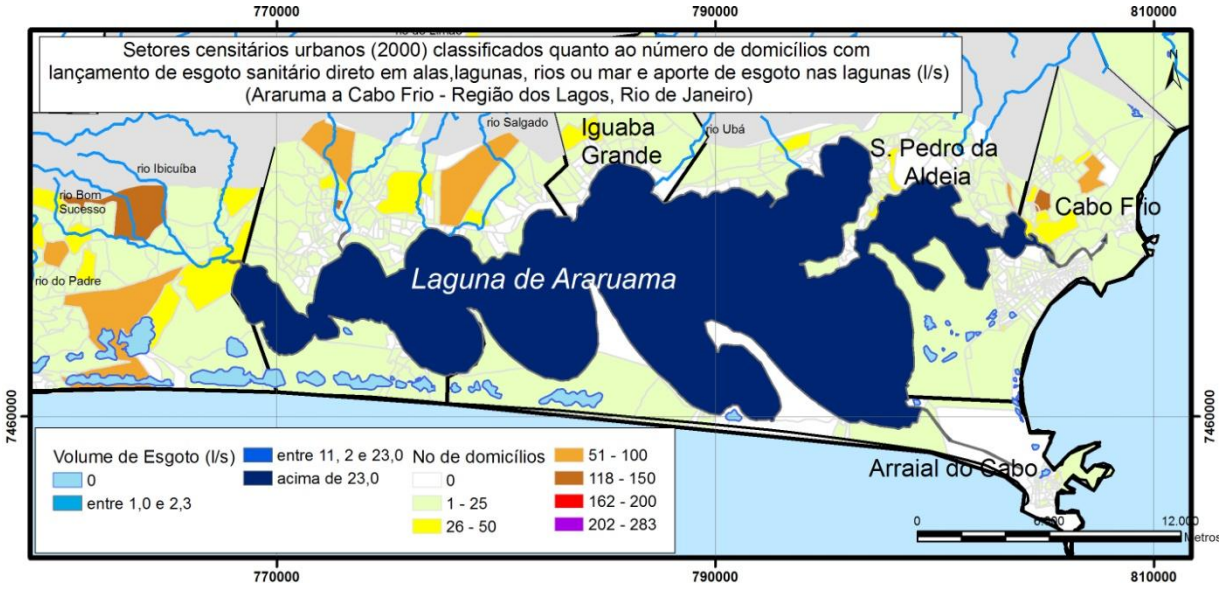


Fig. 95 - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao número de domicílios com lançamento de esgoto sanitário direto em valas, lagunas, rios ou mar e estimativa do aporte de esgoto (l/s) na laguna de Araruama

A tabela e os mapas acima consideram apenas o aporte de esgoto lançados diretamente em valas, rios, lagunas ou no mar. Somam-se ainda os domicílios com fossas sépticas ou rudimentares onde a parte não retida pelo lençol freático acaba chegando nas lagunas. Desta forma, estima-se que os valores apresentados na tabela acima é ainda maior. Se considerarmos ainda o aumento da população em épocas de férias pela chagada de turistas e veranistas o volume de esgoto produzido pode até triplicar, conforme as estimativas apresentadas mais adiante.

Como previsto por Knoppers *et al.* (1999) o crescimento da população resultou em aumento da turbidez e da eutrofização cultural[8] das lagunas, principalmente a de Araruama, resultando em mau cheiro, mortandades de peixes e na condição imprópria para banho. Segundo parâmetros levantados por Moreira (2003) no ano de 2002 a laguna de Araruama já se apresentava em estado eutrófico. Tal fato teve repercussão no turismo das cidades de Araruama, Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia, conforme destaca a Revista Cidade de setembro de 2007. Segundo a reportagem , em São Pedro da Aldeia uma proprietária de uma pousada na área nobre da cidade relata que o movimento de turistas caiu bastante desde o ano de 2004 e atribui isso ao problema da poluição da lagoa de Araruama (Revista Cidade, 2007). Nas lagunas do município de Saquarema o estado já era considerado eutrófico na década de 1990, segundo o estudo de Knoppers *et al.* (1999). Neste sistema lagunar não apenas a entrada de poluentes é responsável pela sua contaminação, mas também o fechamento do canal de maré que o liga ao mar tornou mais lento seu tempo de residência. Segundo Knoppers *et al* (*op. cit.*) até a década de 1920 o canal de maré entre a Laguna de Fora e o mar era

[8] Eutrofização é o enriquecimento de um ambiente aquático por nutrientes e eutrofização cultural é quando este processo é acelerado por atividades antrópicas (Knoppers *et al*., 1999).

mantido aberto pelos pescadores locais. Posteriormente a abertura parou de ser realizada e naturalmente, por ação das ondas, o canal se mantém fechado na maior parte do tempo. No sistema lagunar de Maricá ocorreu o mesmo problema, e atualmente o canal de maré em Barra de Maricá permanece fechado, sendo o canal de Ponta Negra o único local de conexão permanente com o mar.

8.2.3 Unidades de Conservação e Expansão Urbana

Além das lagunas e dunas, a Região dos Lagos é importante por abrigar importantes áreas de restingas com elevado grau de endemismo. De modo geral, a vegetação de restinga encontra-se melhor preservada nas unidades de conservação, com destaque para a APA de Maricá, a APA da Massambaba, a Reserva Estadual da Massambaba, a Reserva Estadual de Jacarepiá e a APA do Pau-Brasil. No entanto, considerando que grande parte das unidades de conservação da região é de uso sustentável, segundo a categoria definida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, regido pela Lei federal nº 9.985 / 2000, a vegetação de restinga encontra-se cada vez mais sob ameaça da expansão urbana e turística, especialmente com os novos projetos de instalação de resorts. Além disso, a categoria Reserva Ecológica foi extinta com a criação do SNUC no ano 2000, não tendo havido uma redefinição deste tipo de Unidade de Conservação que originalmente eram análogas à categoria de proteção integral.

No município de Maricá aproximadamente 6.000 pessoas vivem em setores no entorno de Unidades de Conservação, das quais cerca de 3.600 correspondem aos setores próximos à APA de Maricá e o restante ao Parque Estadual da Serra da Tiririca. Mais de 30% dos domicílios do entorno da APA de Maricá não possuem coleta de regular de lixo (figura 92) e quase 100% não possuem rede coletora de esgoto.

No entorno da APA da Massambaba o número de habitantes é de 20.000 pessoas, aproximadamente 22% dos domicílios não possuem coleta de lixo (figura 96) e 87% não são conectados à rede de coleta de esgoto. A Reserva Estadual da Massambaba, por sua vez, apresenta pouco mais que 800 pessoas em seu entorno e dos 267 domicílios existentes no ano 2000, 20% não tinham coleta de lixo e quase 100% não tinha rede coletora de esgoto. A situação no entorno da Reserva de Jacarepiá é ainda mais crítica, apresentando mais de 6000 habitantes e aproximadamente 25% dos quase 2000 domicílios não tinham coleta de lixo até o ano 2000. Seguindo a tendência da região, menos de 10% dos domicílios nas proximidades da Reserva de Jacarepiá possuem rede coletora de esgoto sanitário.

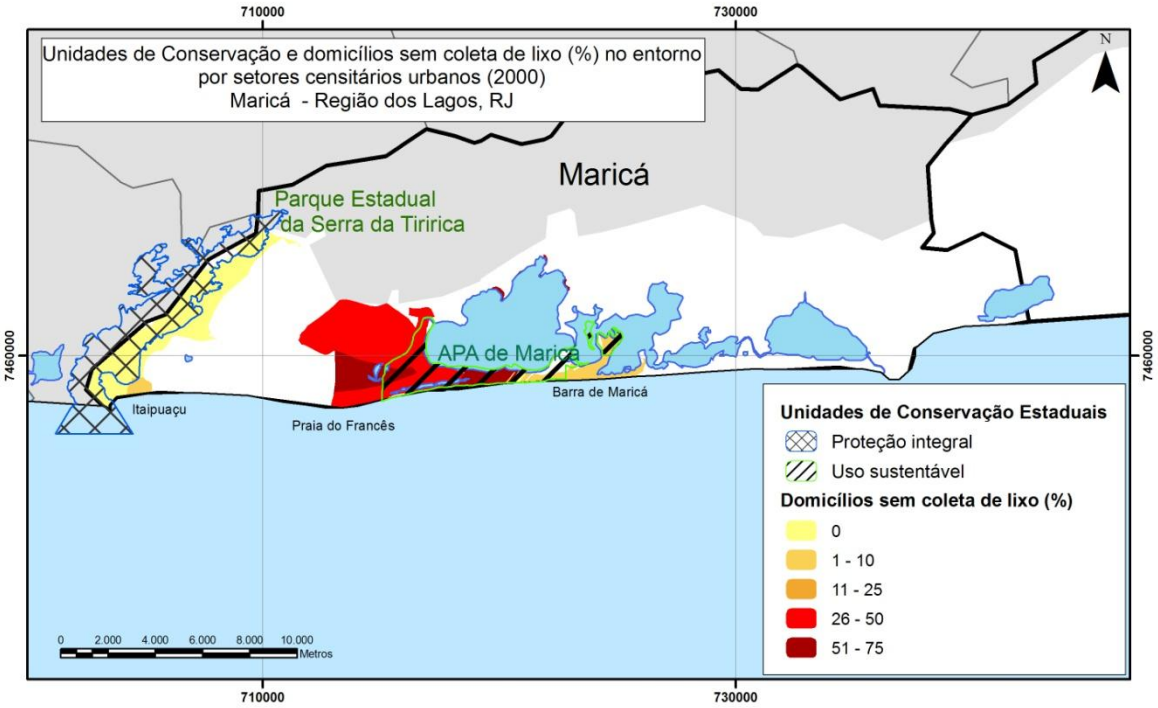


Fig. 96 - Unidades de Conservação e domicílios sem coleta de lixos (%) no entorno por setores censitários urbanos (2000) no município de Maricá

Na APA do Pau Brasil a situação da coleta de lixo é menos crítica, com mais de 85% dos domicílios com coleta regular. Ainda assim, como se observa na foto abaixo, o lixo tem sido indevidamente descartado em cima das dunas e da vegetação de restinga. A população total dos setores limítrofes a esta Unidade de Conservação é de 10.600 habitantes e, assim como no restante das Unidades de Conservação, mais de 90% dos domicílios não possuem rede de esgoto. Finalmente, a APA da Serra da Sapiatiba que se localiza em São Pedro da Aldeia e parte de Iguaba Grande possui 12.500 habitantes em seu entorno e a maior parte dos domicílios tem coleta regular de lixo, sendo o problema do esgotamento sanitário mais uma vez o mais grave, com 90% dos domicílios desconectados da rede coletora.

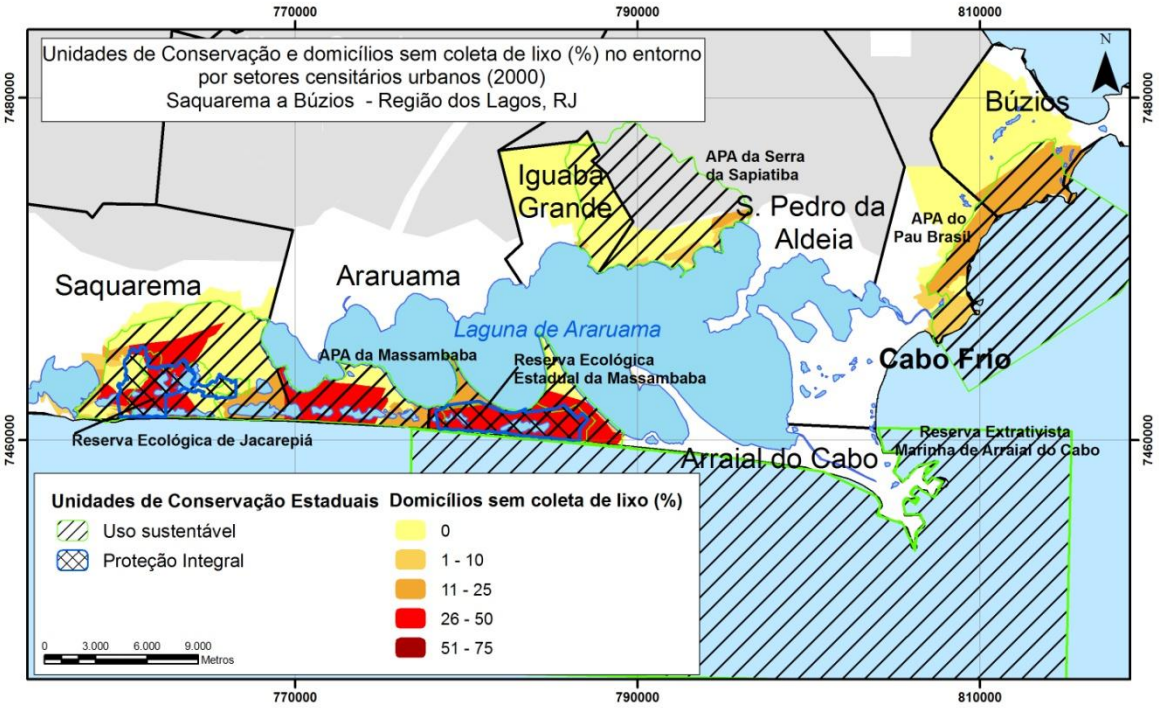


Fig. 97 - Unidades de Conservação e domicílios sem coleta de lixos (%) no entorno por setores censitários urbanos (2000) entre Saquarema e Cabo Frio

Fig. 98 – Descarte de lixo nas dunas da praia do Peró, dentro dos limites da APA do Pau Brasil, Cabo Frio

Os dados acima revelam que, apesar de apresentar um número relativamente grande de áreas protegidas, as Unidades de Conservação sofrem com o grande número de habitantes em seu entorno e, principalmente, com a falta de serviços básicos de saneamento e limpeza urbana. Além disso, áreas definidas pelo Plano Diretor das APAs da Massamababa e de Maricá como sendo zonas *non aedificandis* sofrem invasões constantes, representando um problema de difícil resolução, com diversos interesses e conflitos envolvidos, principalmente no município de Arraial do Cabo.

8.3 AVALIAÇÃO LOCAL DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA REGIÃO DOS LAGOS

8.3.1 Distribuição da População Urbana e Densidade Demográfica

A divisão entre as áreas rurais e as áreas urbanas em escala municipal segundo a classificação dos setores censitários (IBGE, 2000) demonstra clara concentração da população urbana nas proximidades do mar e da das lagunas. Toda a área rural, com exceção do distrito de Tamoios no município de Cabo Frio, encontra-se no interior, seguindo a tendência de toda área litorânea.

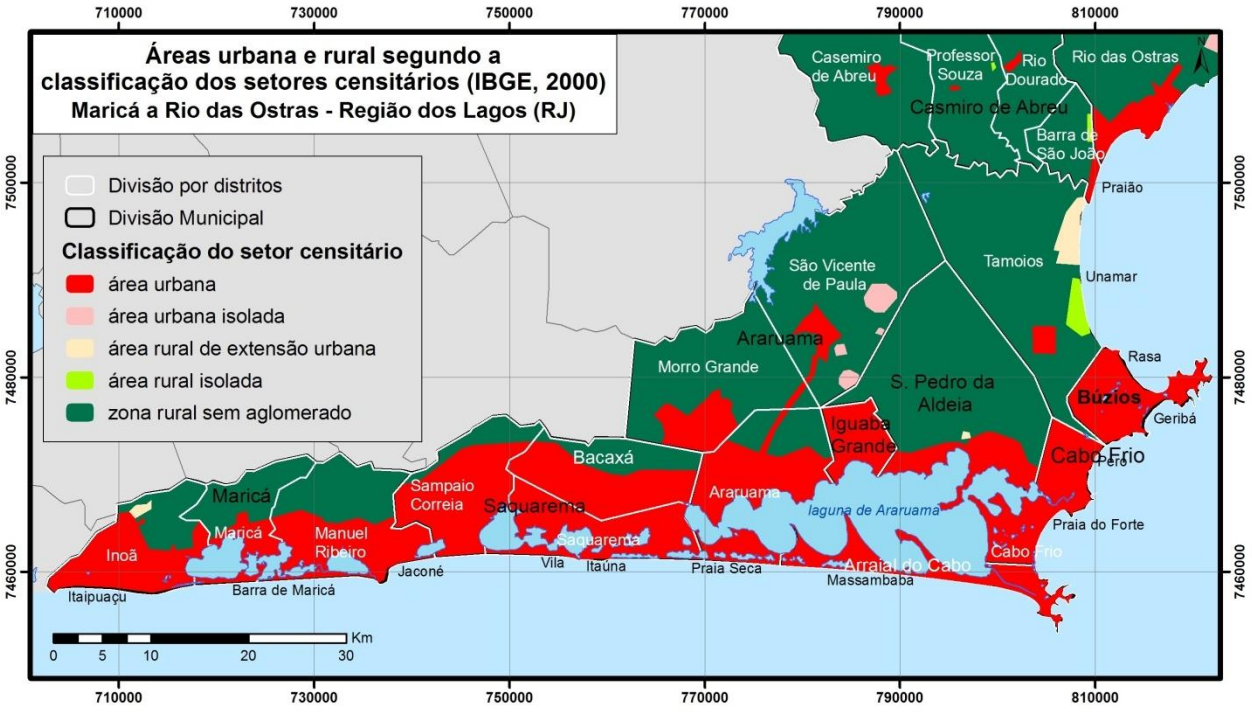


Fig. 99 - Áreas urbanas e rurais segundo a classificação dos setores censitários do IBGE, 2000

Na escala intra-municipal, os resultados revelaram que aproximadamente 36.500 pessoas vivem nos setores que se localizam em contato direto com a orla marítima. Destas, 66% pertencem aos municípios de Maricá, Saquarema e Búzios e o restante se divide entre os municípios de Cabo Frio, Arraial do Cabo, Araruama e Rio das Ostras (tabela 14). O município de Búzios se destaca por apresentar mais de 45% de sua população municipal nestes setores de frente para o mar. Considerando uma faixa de 1km da linha de costa, o número de habitantes sobe para 62.000 pessoas e novamente o município de Búzios apresenta a maior proporção de habitantes vivendo nesta faixa. O município de Rio das Ostras também se destaca, saltando de 4.585 habitantes nos setores de frente para o mar para mais de 20.000 habitantes ou 57,5% da população total nos setores até 1km de distância da linha de costa. Em Casemiro de Abreu 100 % da população urbana do distrito de Barra de São João encontra-se até 1km da linha de costa. A sede do município, no entanto, localiza-se no interior, concentrando a maior parte da população.

Tabela 14 - População total e relativa dos setores censitários costeiros (localizados de frente para o mar e até km da linha de costa)

	População dos setores censitários costeiros					
	População Municipal (2000)	**População urbana nos setores costeiros**				
		População até 1km da linha de costa			**População nos setores de frente para o mar**	
Município	**Total**	**total**	**% do total municipal**	**% do total de setores até 1km do mar**	**total**	**% do total municipal**
Araruama	63.098	1119	1.77	1,66	1.119	1.77
Arraial do Cabo	23.877	4970	20.81	7,36	3,751	15.71
Cabo Frio	126.828	7329	5.77	10,85	3,999	3.15
Saquarema	30.193	7919	26.23	11,73	7.919	26.23
Búzios	18.204	9634	59.92	14,27	8.364	45.95
Maricá	76.737	10.270	1.33	15,21	7.549	9.84
Rio das Ostras	36.419	20.935	57.48	31	4.585	12.59
Casimiro de Abreu	18.337	5.350	29,2	7,92	1.797	9,7

Porém, uma interpretação mais detalhada dos dados revela que grande parte da orla marítima apresenta pequeno número de habitantes, enquanto que as principais aglomerações estão localizadas nas margens das lagunas ou um pouco mais para o interior (tabela 15). O município de Saquarema, por exemplo, possui quase 40% da sua população em setores localizados na orla lacustre, enquanto apenas 26% habitam a orla marítima.

Tabela 15 - População total e relativa dos setores censitários em contato com a orla lacustre e a 1km das lagunas

	População dos setores censitários costeiros					
	População Municipal	População urbana nos setores costeiros				
		População até 1km das lagunas			População nos setores na orla lagunar	
Município	Total	total	% do total municipal	% do total de setores até 1km da laguna	total	% do total municipal
Búzios	18204.00	7154.00	39.30	3.09	3879.00	21.31
Iguaba Grande	15089.00	11456.00	75.92	4.95	2423.00	16.06
Arraial do Cabo	23877.00	16083.00	67.36	6.95	2775.00	11.62
Saquarema	30193.00	18322.00	60.68	7.92	11695.00	38.73
Araruama	63098.00	32343.00	51.26	13.97	3352.00	5.31
Maricá	76737.00	32363.00	42.17	13.98	15227.00	19.84
São Pedro da Aldeia	63227.00	43449.00	68.72	18.77	10544.00	16.68
Cabo Frio	126828.00	70271.00	55.41	30.36	11404.00	8.99

Ao observar o mapeamento da população urbana (figura 100) nota-se também esta maior concentração populacional nas margens lagunares, assim como a presença de extensos trechos da orla marítima com baixa ocupação.

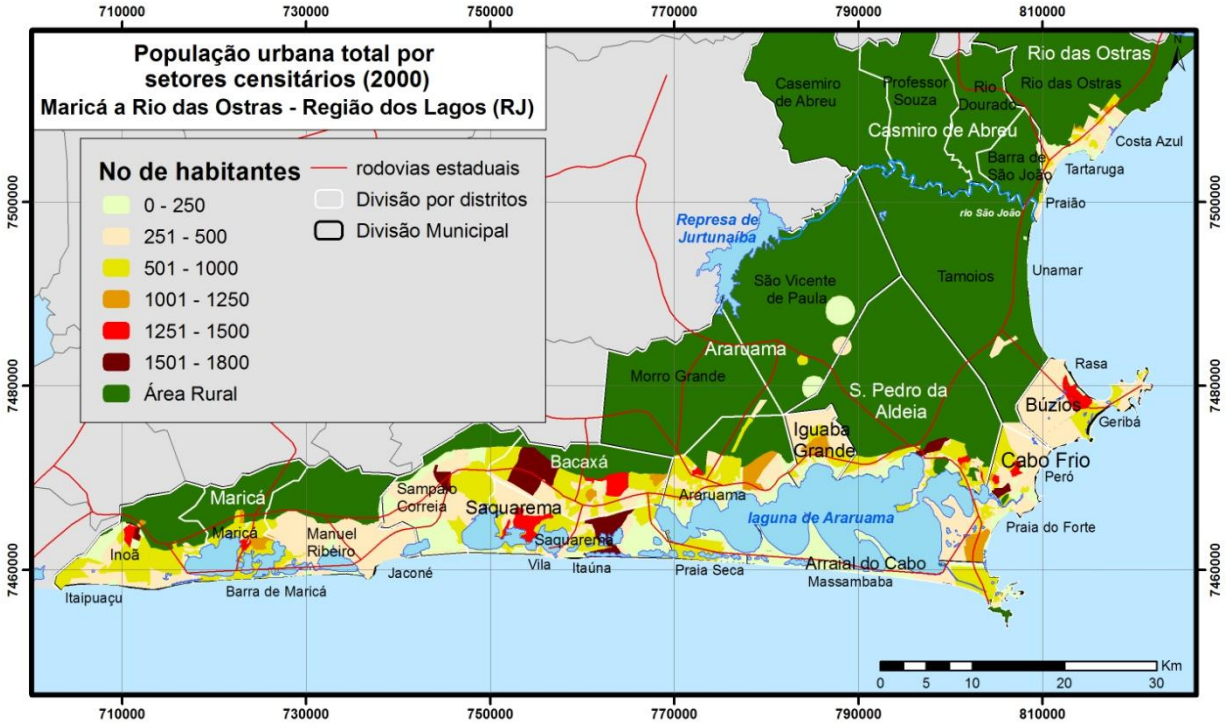


Fig. 100 – População urbana total do ano 2000 por setor censitário (IBGE, 2000)

No entanto, é preciso ressaltar que, em função da variação do tamanho dos setores, este mapa pode causar interpretações erradas. No caso de Cabo Frio, por exemplo, nota-se que na orla da Praia do Forte os setores são muito pequenos, em função da maior densidade populacional, apresentando, porém, pequeno número de habitantes individualmente.

Desta forma, considerando a relação entre o tamanho dos setores e o número de habitantes, ou seja, a densidade demográfica, percebe-se melhor a distribuição da população e a concentração desta próximo às orlas (figura 101).

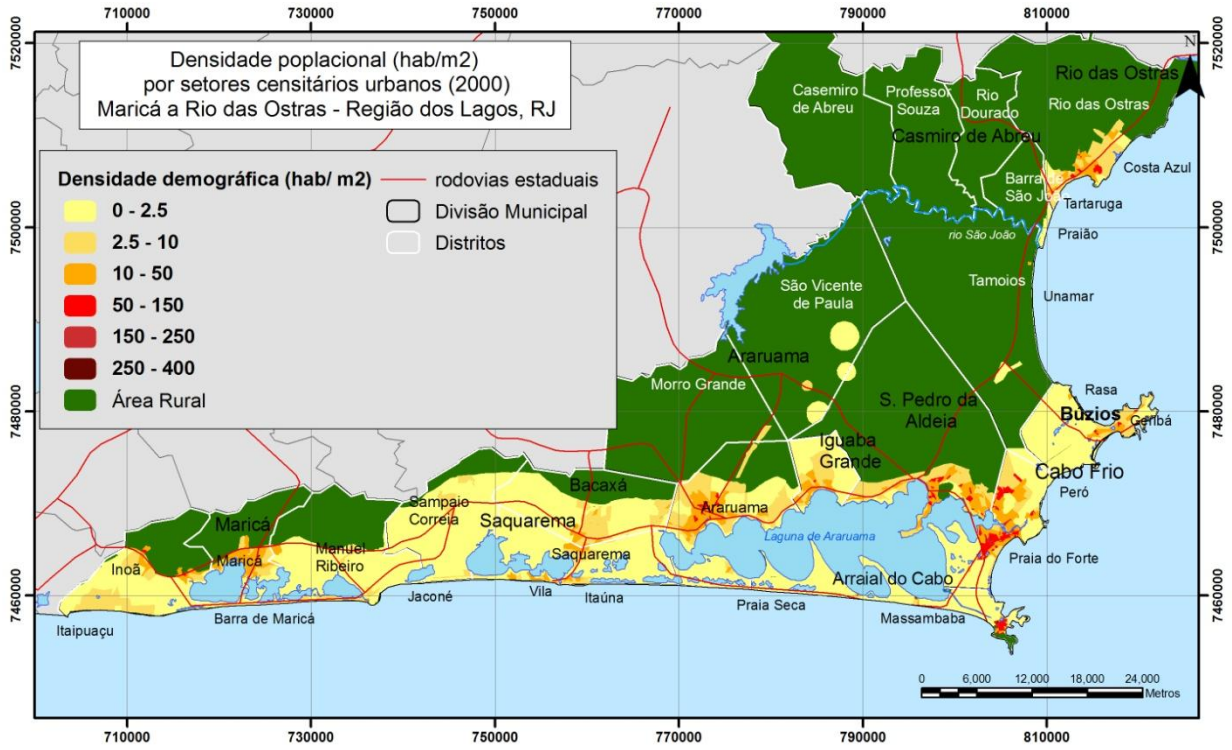


Fig. 101 - Densidade urbana (hab/m2) do ano 2000 por setor censitário

Ainda assim, constata-se que extensos trechos da orla oceânica apresentam densidade baixa, intercalados por trechos menores com elevada concentração populacional. Tal padrão de distribuição segue àquele observado por Muehe e Neves (1995) para todo litoral brasileiro. Em termos gerais, as densidades mais elevadas de toda a região situam-se nos municípios de Araruama, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Rio das Ostras. A orla da laguna de Araruama apresenta-se especialmente densa em sua porção norte, apresentando uma faixa quase contínua de urbanização. No sistema lagunar de Maricá também se observa forte concentração populacional na sua margem norte.

A classificação por sensoriamento remoto do grau de urbanização qualitativo também demonstra de forma bem clara este padrão de ocupação próximo ao mar e às lagoas costeiras em detrimento da ocupação do interior, assim como a maior concentração nas margens lacustres (figura 102).

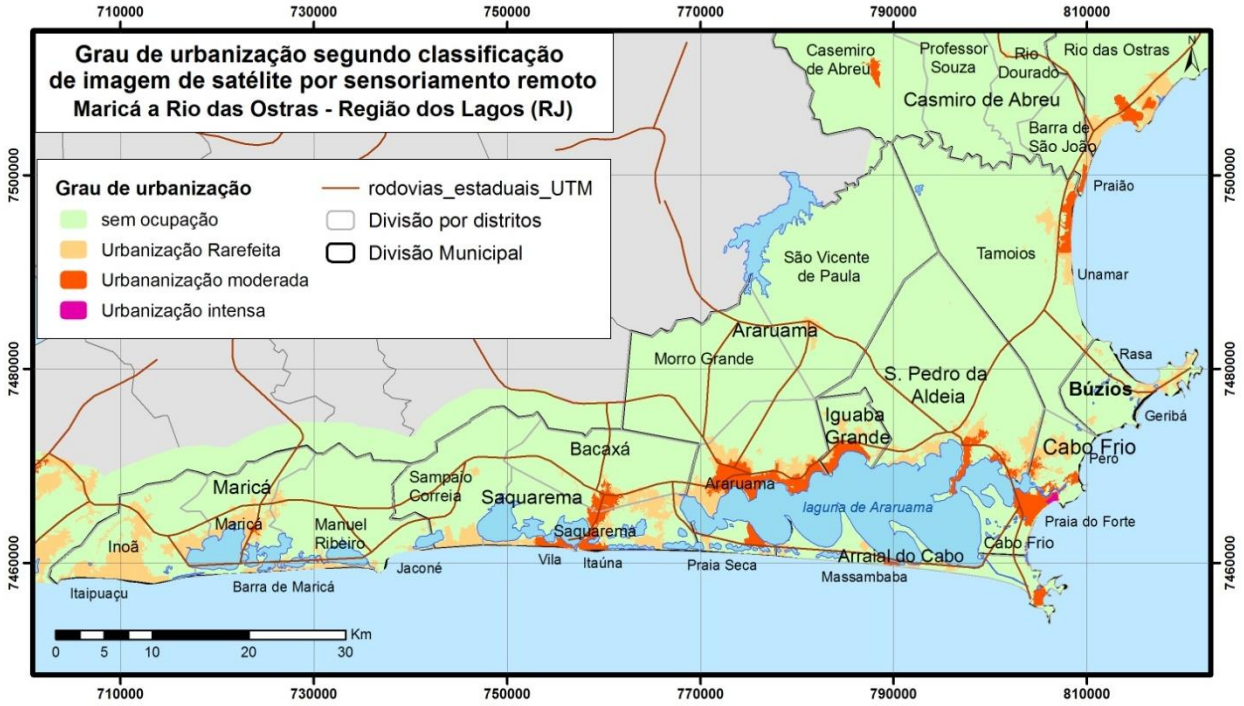


Fig. 102 – Grau de urbanização segundo classificação de imagem de satélite por sensoriamento remoto

Comparando-se o mapa de densidade segundo os dados dos setores censitários com a avaliação por sensoriamento remoto, nota-se grande semelhança dos resultados, apontando para e eficiência desta ferramenta para tal objetivo. No entanto, o sensoriamento remoto não permite avaliar os dados de forma quantitativa, o que limita seu uso. A aplicação da metodologia de cálculo da população por pixel (Faber *et al*., 2004; Lins-de-Barros e Faber, 2007) descrita no capítulo IV desta tese teve como objetivo resolver este fator limitante buscando enriquecer a análise da distribuição da população. Nota-se no gráfico abaixo a importância da população até 300 metros da linha de costa em cada distrito segundo o cálculo da população por pixel.

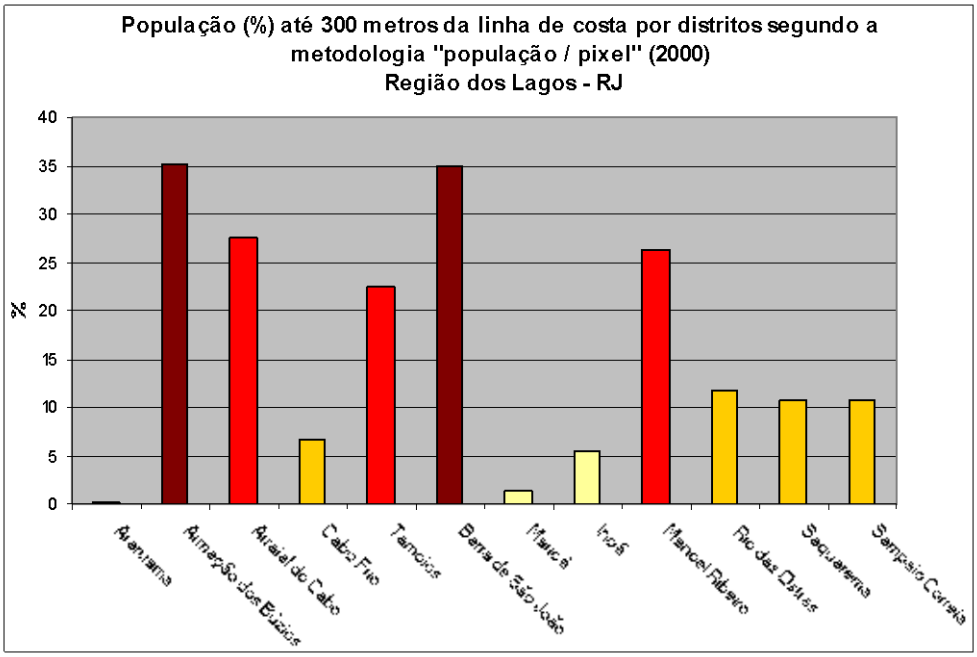


Gráfico 2 – População (%) até 300 metros da linha de cota por distritos segundo a metodologia "população / pixel" (2000)

Região dos Lagos - RJ

A partir da análise da distribuição da população segundos o número absoluto, a densidade e a estimativa da população por sensoriamento remoto é possível indicar preliminarmente a exposição da população aos riscos associados à vulnerabilidade física do litoral. O cruzamento destes dados demográficos com a avaliação local da vulnerabilidade física será discutido no próximo item.

8 3.2 Exposição da população à vulnerabilidade física

8.3.2.1 Setores Censitários

A classificação da linha de costa e da zona costeira como um todo à erosão e à inundação contribuíram para a classificação dos setores quanto ao tipo de vulnerabilidade a que estão expostos. Observa-se nos mapas das figuras 103 e 104 a tipologia final estabelecida para os setores censitários urbanos. Além dos setores localizados em áreas consideradas vulneráveis à transposição, erosão ou alagamentos, todos os setores que se localizam nas orlas lacustre ou marítimas também foram inclusos no conjunto de setores em áreas vulneráveis, uma vez que se caracterizam em grande maioria por baixas altitudes e relevo plano.

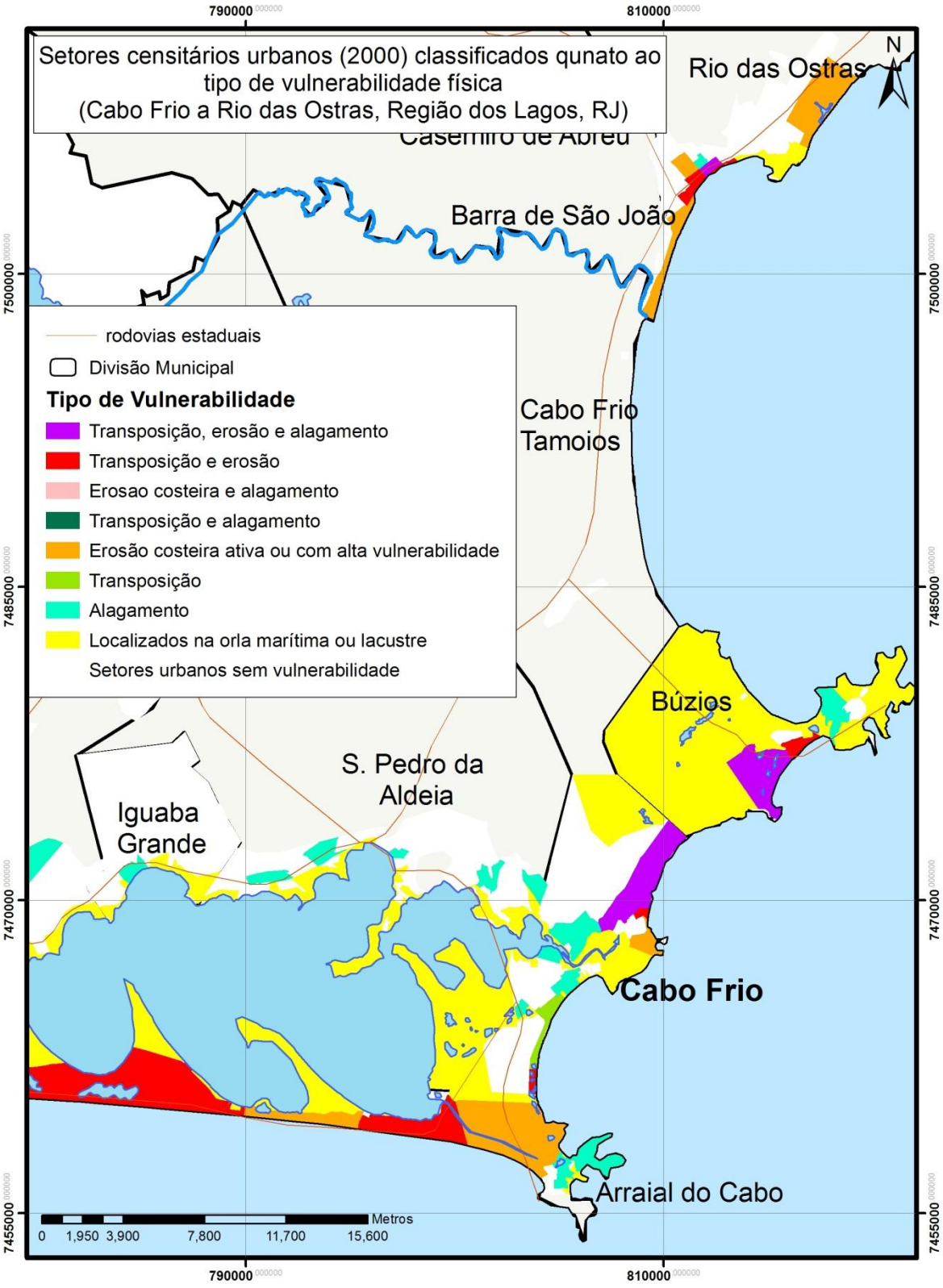


Fig. 103 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física entre Arraial do Cabo e Rio das Ostras

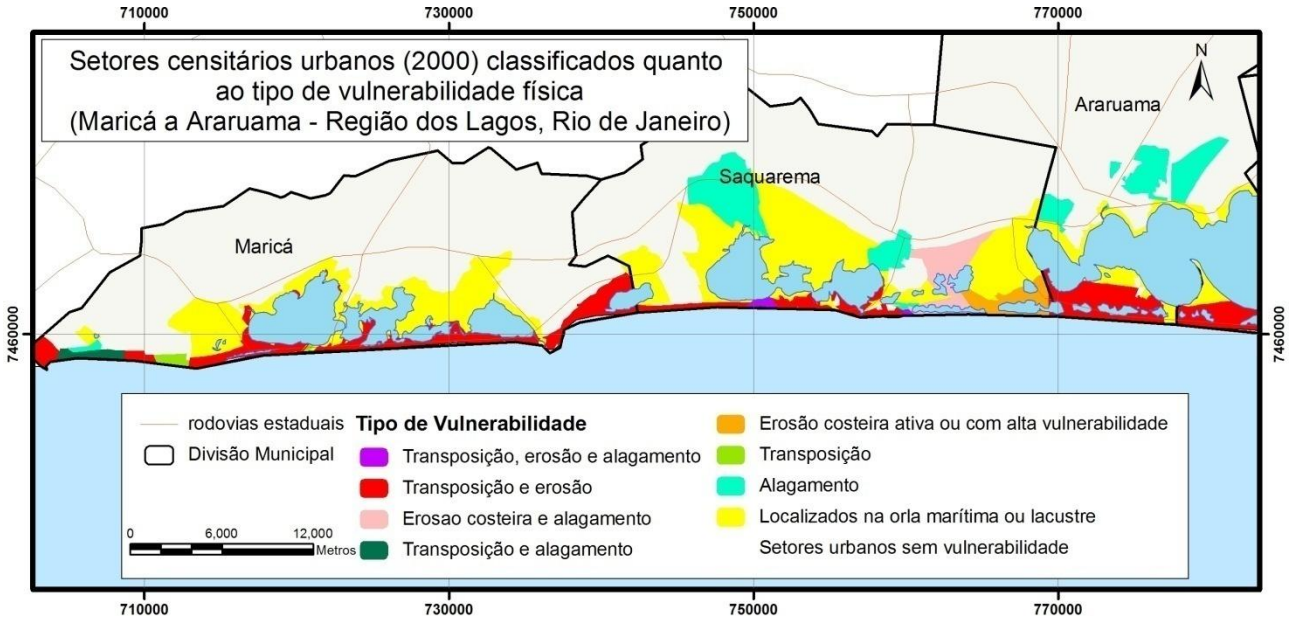


Fig. 104 - Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física entre Maricá e Araruama

Considerando todos os setores censitários urbanos classificados com algum tipo de vulnerabilidade, encontra-se que mais de 143.000 pessoas vivem nestas localidades. Desconsiderando os setores classificados apenas como localizados na orla marítima ou lacustre, somam-se aproximadamente 79.000 pessoas, o que equivale a quase 20% de toda a Região dos Lagos.

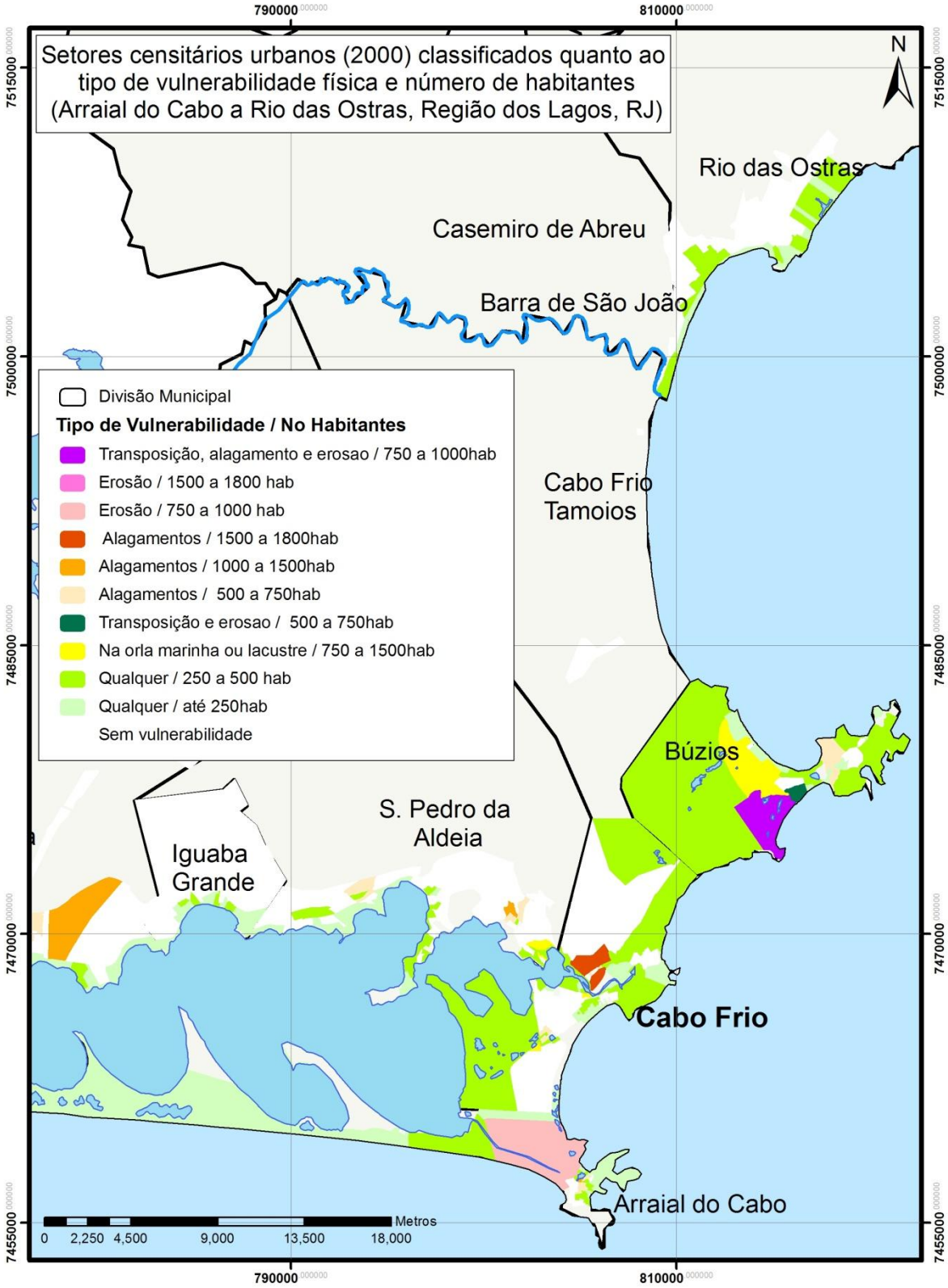


Fig. 105 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e o número de habitantes entre Cabo Frio e Rio das Ostras

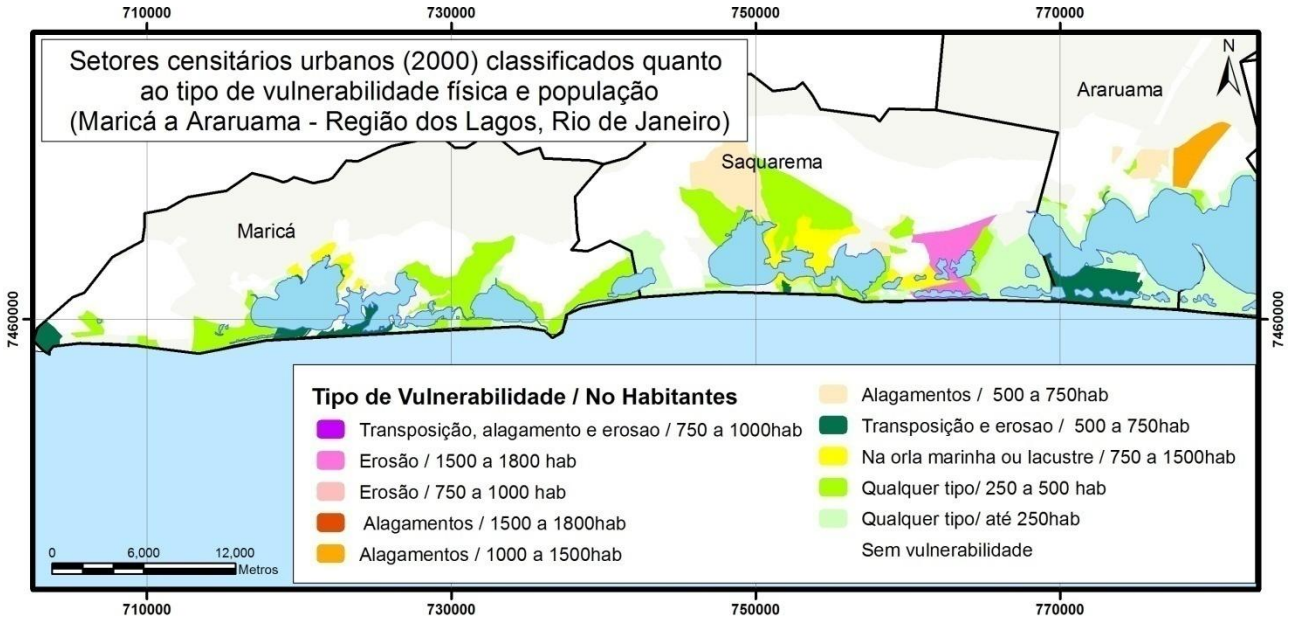


Fig. 106 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e o número de habitantes entre Maricá e Arraial do Cabo

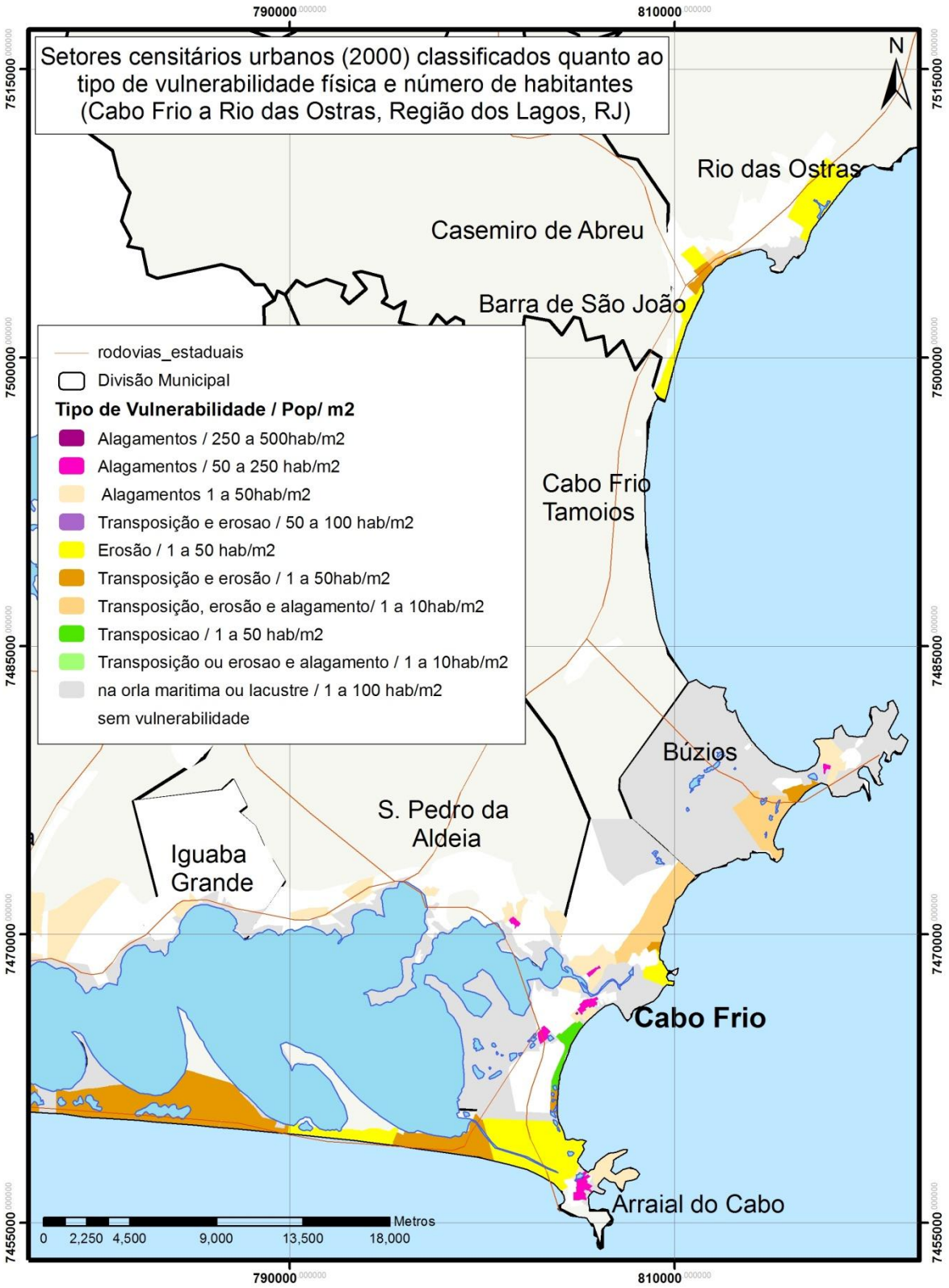


Fig. 107 – Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e a densidade populacional (2000) entre Cabo Frio e Rio das Ostras

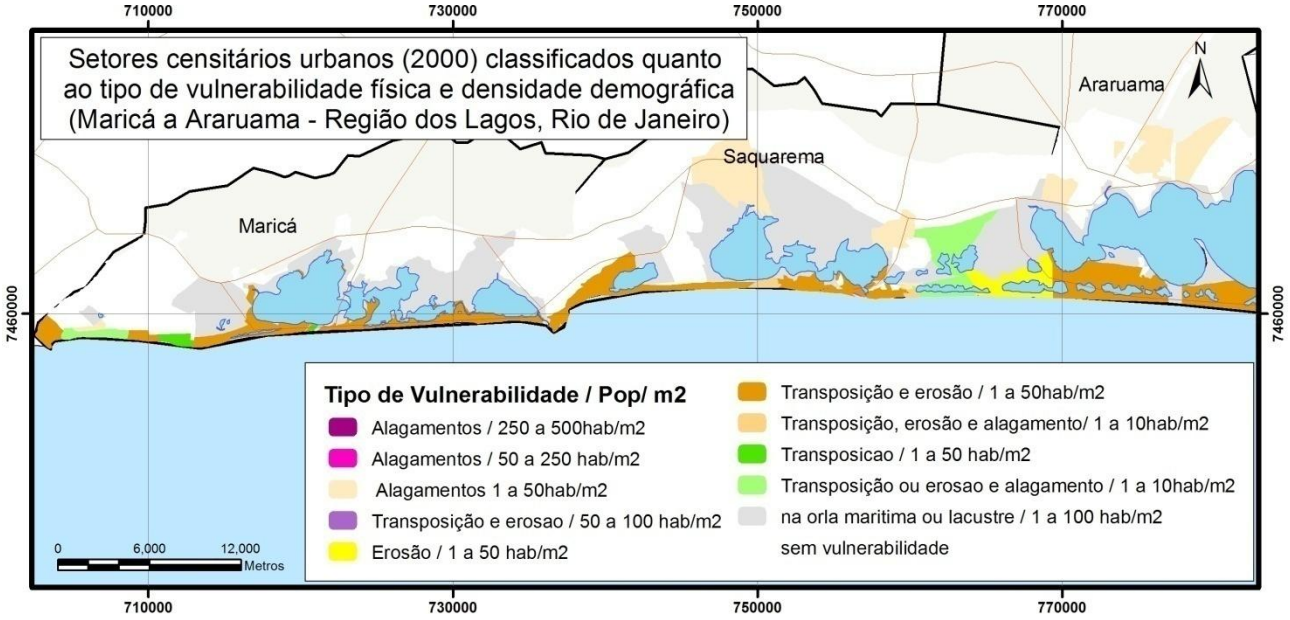


Fig. 108 - Setores censitários urbanos classificados quanto ao tipo de vulnerabilidade física e densidade populacional (2000) entre Maricá e Arraial do Cabo

8.3.2.2 *Smartline Methodolgy* (Passo 4)

O cruzamento dos dados sociais dos setores em contato com a linha de costa com outras características geomorfológicas foi realizado a partir do passo 4 proposto na metodologia para o mapeamento por *smartline*. A aplicação desta metodologia se mostrou eficiente para a realização de rápidos cruzamentos e interações, ao contrário das análises anteriores, as quais demandaram complexos procedimentos e inúmeras combinações para se alcançar a tipologia desejada. Com o banco de dados geográfico integrando os dados físicos com as variáveis sociais dos setores censitários, é possível realizar tais classificações rapidamente.

Os resultados da aplicação desta metodologia se mostram, portanto, como uma alternativa aos apresentados anteriormente, além de acrescentarem algumas novas interações importantes para a avaliação do tipo de risco associado à vulnerabilidade física.

A estimativa do número de habitantes para cada segmento da linha de costa, respeitando o menor tamanho segundo sua classificação geomorfológica, aponta para a concentração de pessoas em pequenos segmentos, mais uma vez ressaltando o padrão de distribuição populacional discutido anteriormente (figuras 109 e 110).

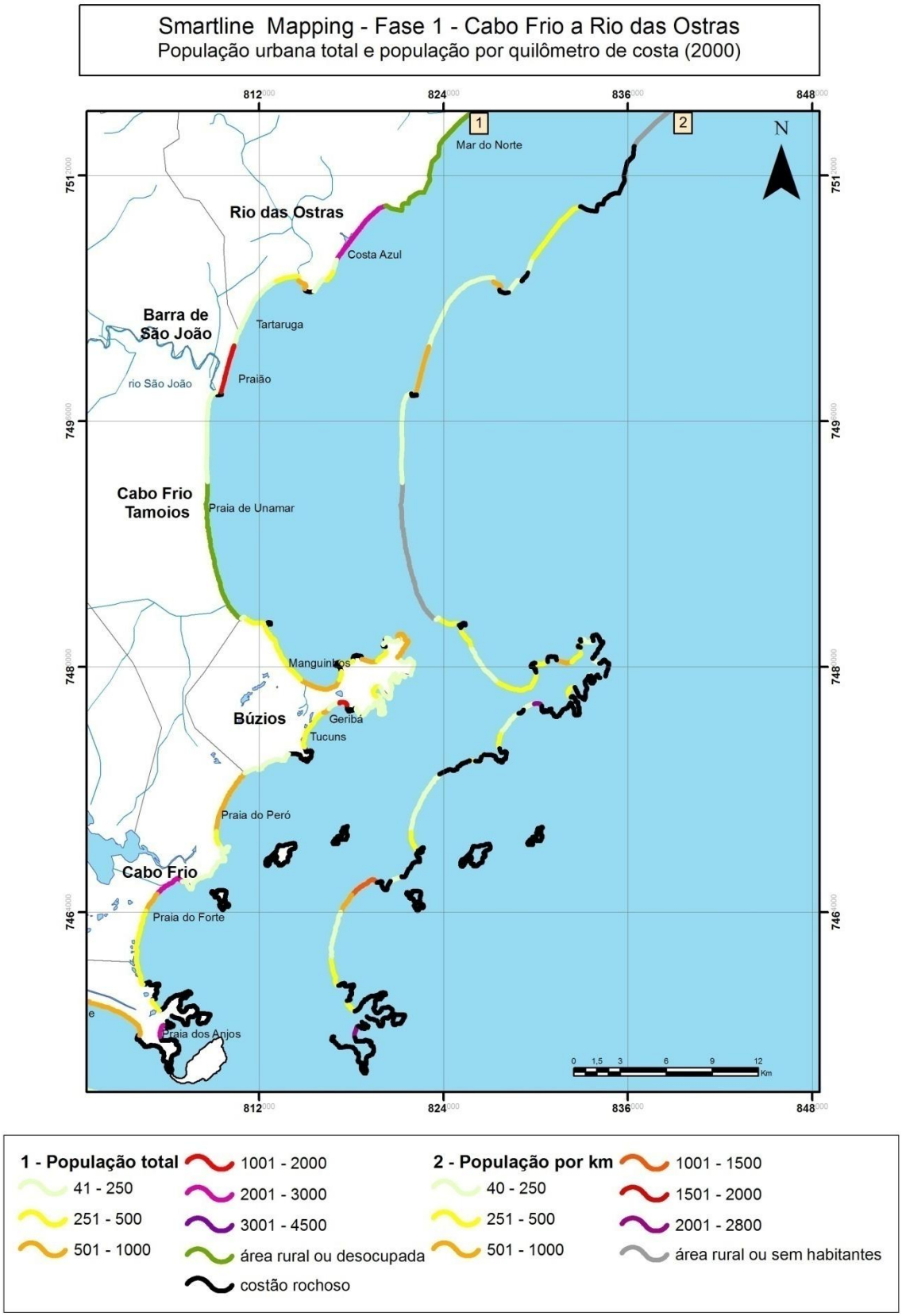


Fig. 109 - Número de habitantes total (2000) por segmento de linha de costa entre Cabo Frio e Rio das ostras

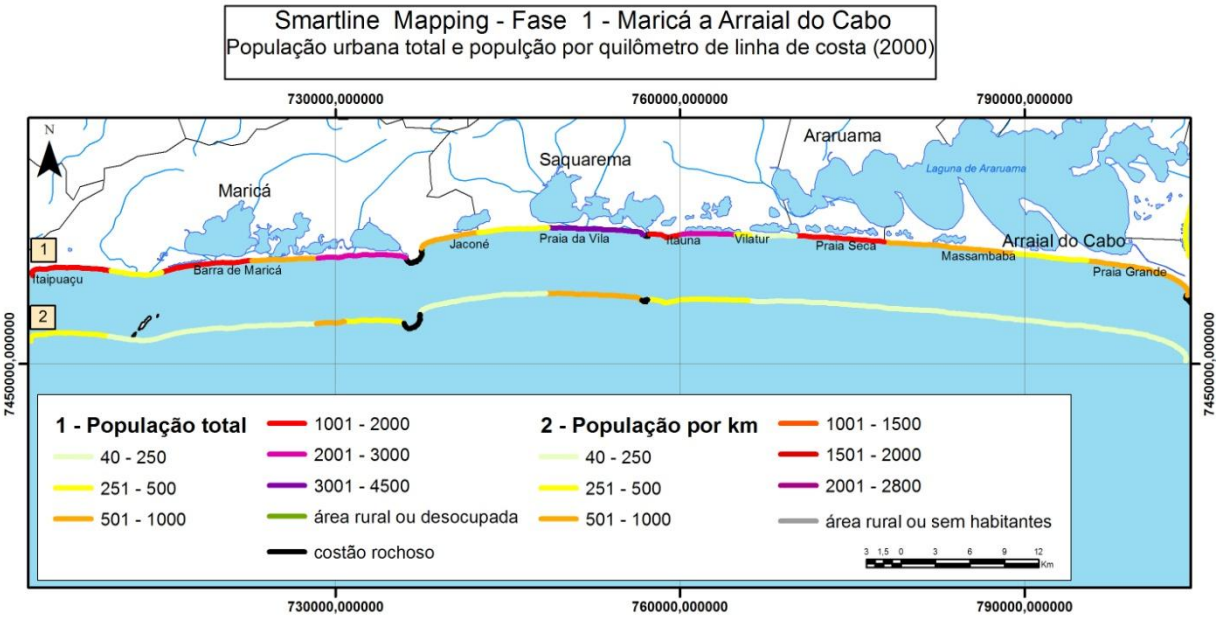


Fig. 110 - Número de habitantes total (2000) por segmento de linha de costa entre Maricá e arraial do Cabo

Ao contrário do mapeamento da população por setores censitários, o mapeamento por segmentos da linha de costa, ao agregar os valores de mais de um setor, representou de forma mais adequada, diminuindo o problema do tamanho dos setores. O caso da praia do Forte é bem representativo desta diferença entre os dois mapeamentos. No entanto, por se tratar de uma extrapolação das variáveis dos setores para a linha de costa, o valor de densidade demográfica perde seu sentido. Uma alternativa a este problema é a adoção da metodologia proposta por Muehe e Neves (1995), aplicada ao litoral brasileiro, em que o número de pessoas é dividido pelo comprimento da linha de costa (população/km). Mais uma vez adotando o tamanho dos segmentos segundo sua classificação geomorfológica, este mapeamento busca dar uma noção da densidade, embora exagerada visto que nem todas das pessoas de um setor censitário vivem na orla marinha.

As praias identificadas com as maiores densidades na linha de costa foram a praia dos Anjos, em Arraial do Cabo, a praia do Forte em Cabo Frio e a praia de Geribá, em Búzios. As duas primeiras são as praias centrais das respectivas cidades, esperando-se portanto esta grande concentração de pessoas. Já a praia de Geribá é eminentemente turística, mas localiza-se próximo a um entrada da centro de Búzios, o que pode explicar a concentração de pessoas nesta localidade. A comparação com os mapas de número de habitantes é interessante pois demonstra que as praias Costa Azul, em Rio das Ostras, e Vila, em Saquarema, que possuem o maior número absoluto de pessoas, apresentam densidades relativamente baixas. Em termos de exposição da população à vulnerabilidade física, a praia do Forte se destaca por ter elevado número de habitantes e alta densidade.

Uma vez conhecendo a distribuição da população na linha de costa, foi possível realizar outros cruzamentos com as variáveis geomorfológicas. O mapa a seguir indica os segmentos com

maior risco de inundação na parte imediatamente à retaguarda da praia, considerando os dados populacionais e o grau de vulnerabilidade à transposição por ondas.

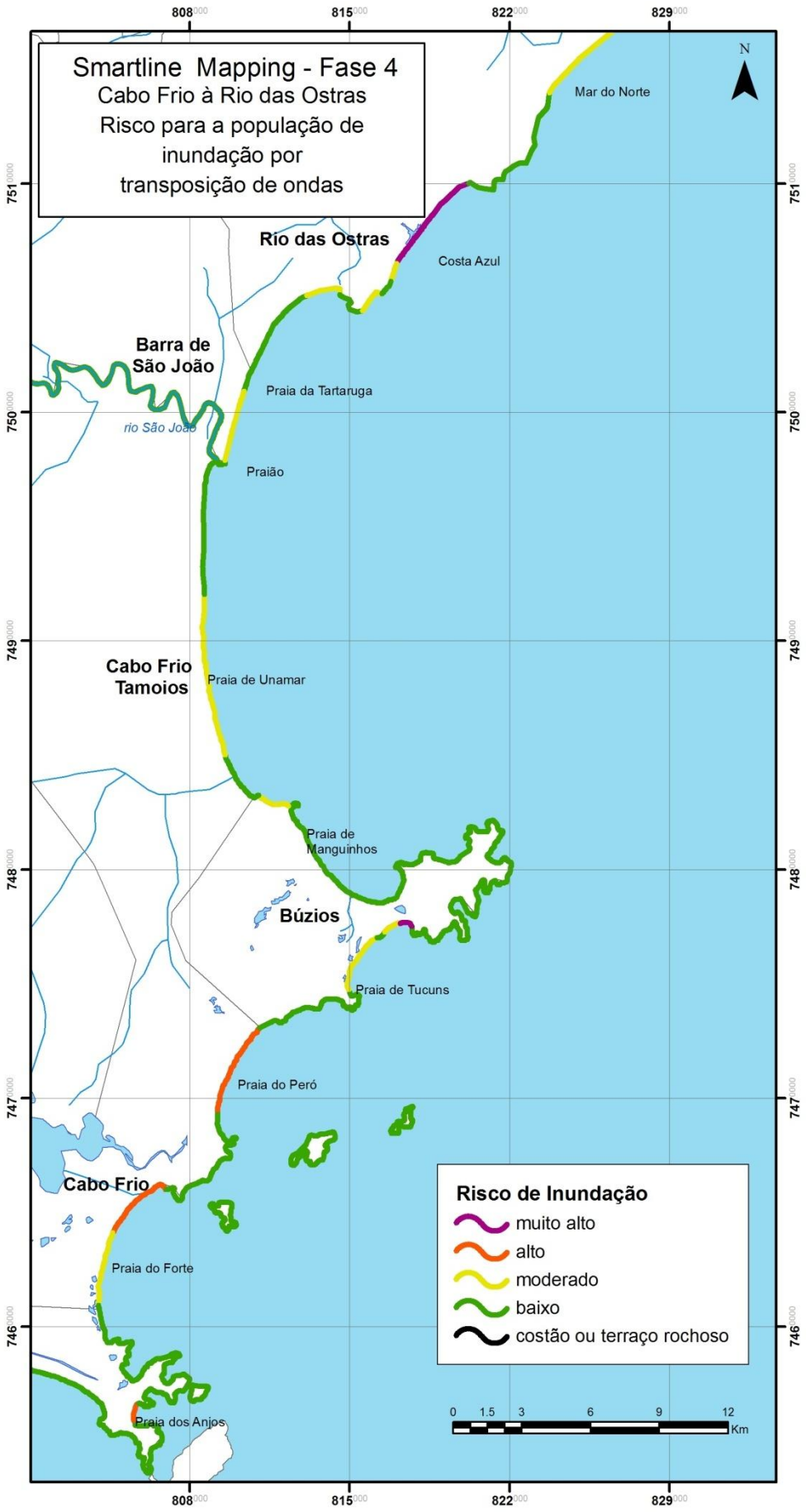


Fig. 111 – Risco para a população à inundação por transposição de ondas entre Cabo Frio e Rio das Ostras

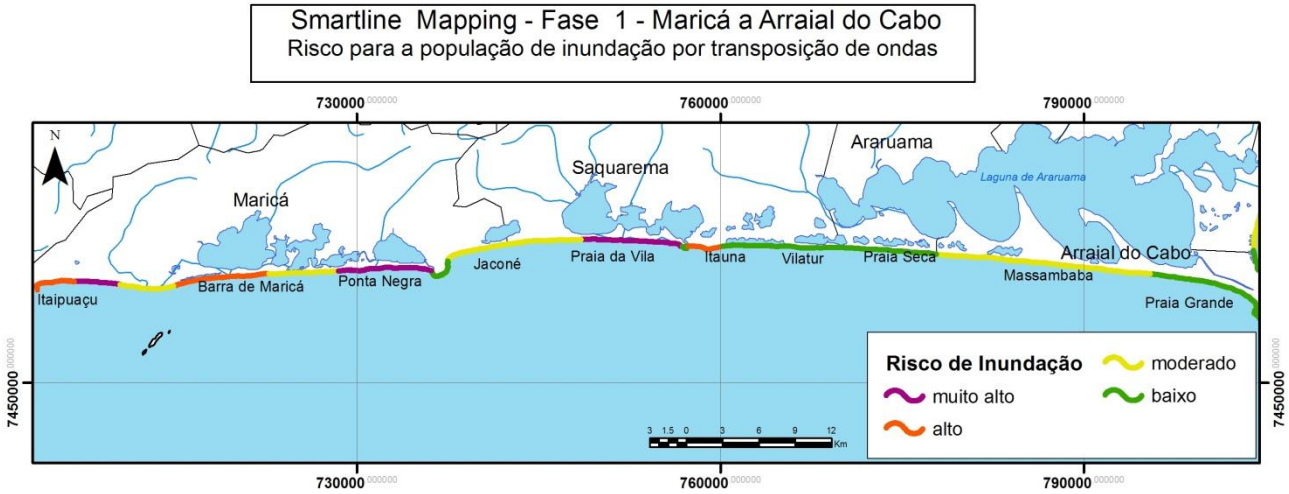


Fig. 112 – Risco para a população de inundação por transposição de ondas entre Maricá e Arraial do Cabo

Observam-se nos mapas acima cinco segmentos considerados com alto grau de risco à inundação por transposição, em função, principalmente do número elevado de habitantes, alta densidade populacional na linha de costa (hab/km) e elevada vulnerabilidade física à transposição. O município de Maricá se destaca por apresentar quase toda a extensão de sua orla marinha com risco alto e muito alto. Em Saquarema, a parte central também merece atenção, visto que apenas na praia da Vila habitam mais de 4.000 pessoas. Em Cabo Frio, as praias do Forte e do Peró, apensar de alta densidade populacional, possuem menor vulnerabilidade física. De Búzios a Rio das Ostras, todo o litoral possui menor ocupação, contribuindo para um grau mais baixo de risco da população à inundação. A praia Costa Azul, em Rio das Ostras, foge a esta regra, apresentando não apenas elevada vulnerabilidade física, como alta exposição da população.

8.3.3 Indicativo da vulnerabilidade social e econômica

8.3.3.1 Setores Censitários

A partir da análise dos resultados apresentados acima, foi possível, identificar os setores com maior exposição da população à vulnerabilidade física, o que, em conjunto com os dados da renda média mensal em cada setor, aponta preliminarmente a vulnerabilidade social. Esta última variável tem importância também ao revelar as áreas de maior prejuízo financeiro potencial.

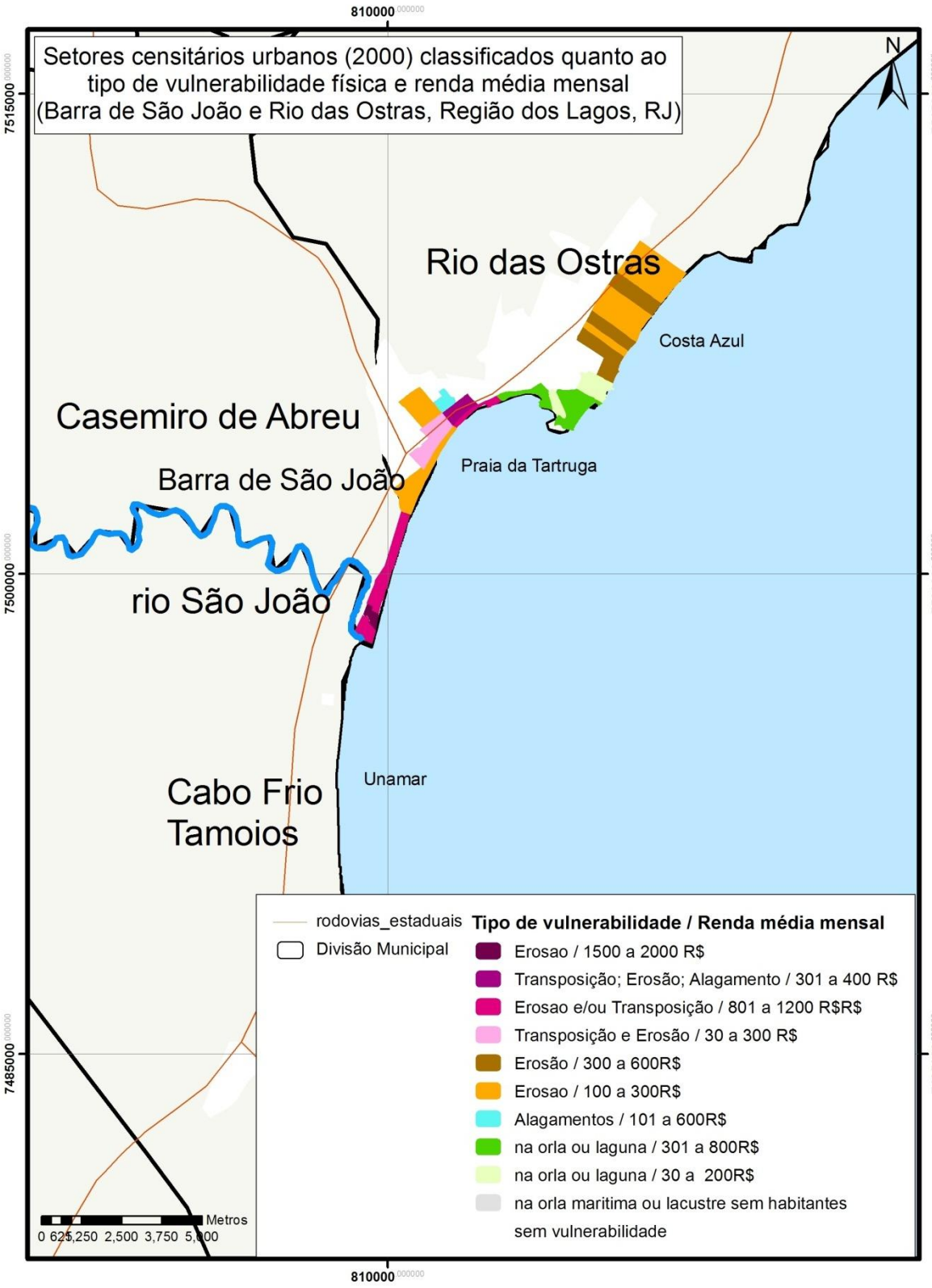


Fig. 113 – Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal de Barra de São João e Rio das Ostras

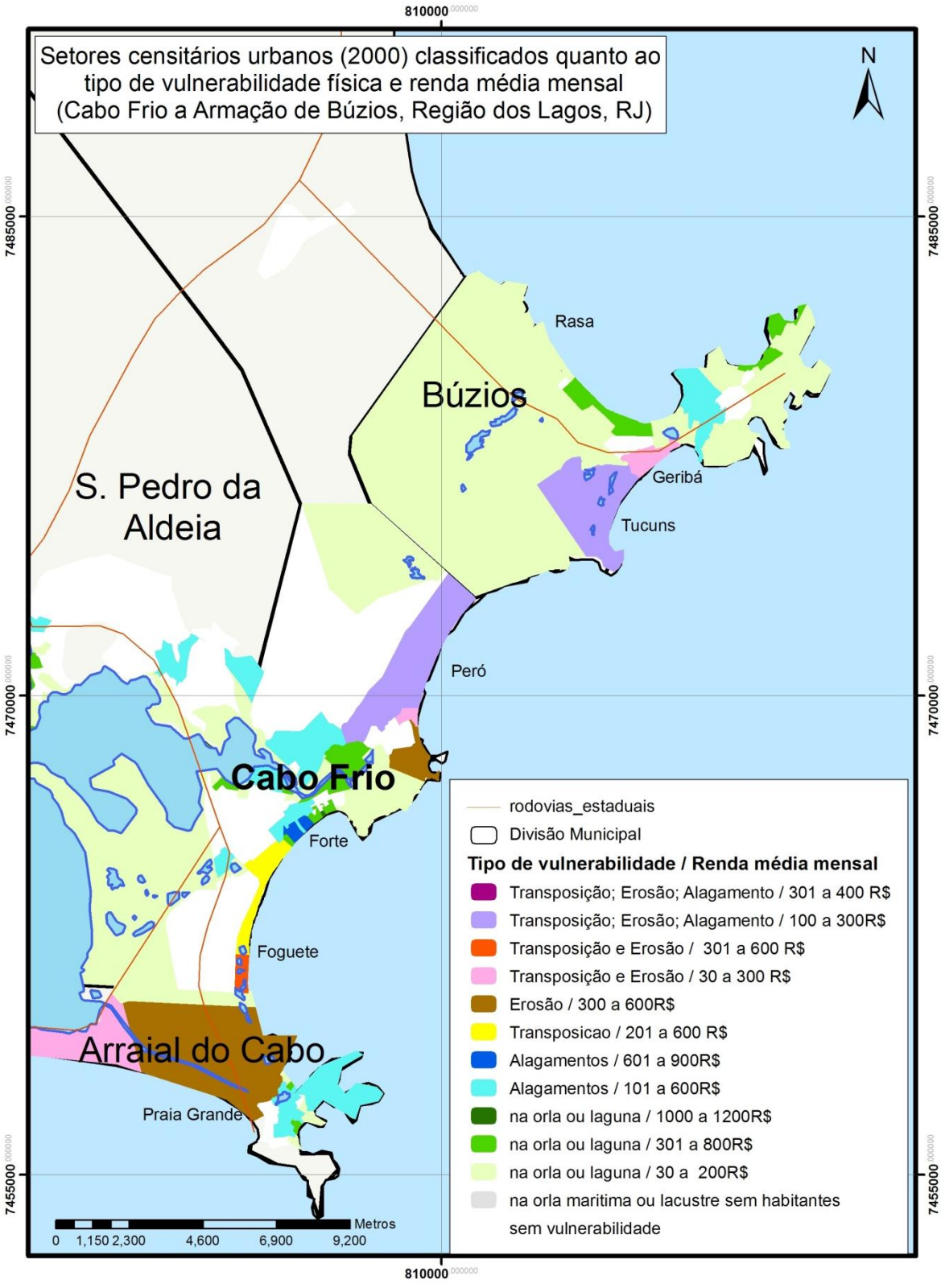


Fig. 114 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal entre Cabo Frio e Búzios

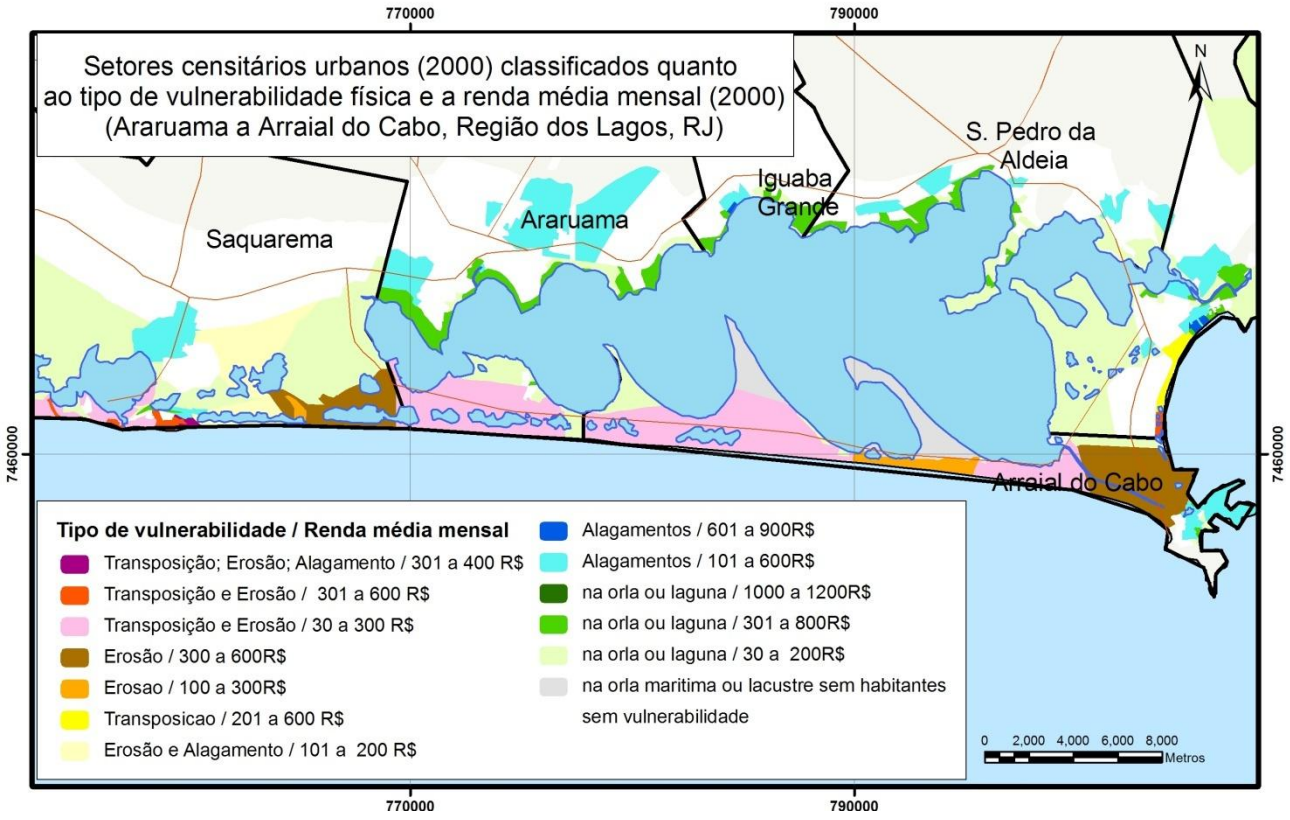


Fig. 115 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal entre Araruama e Arraial do Cabo

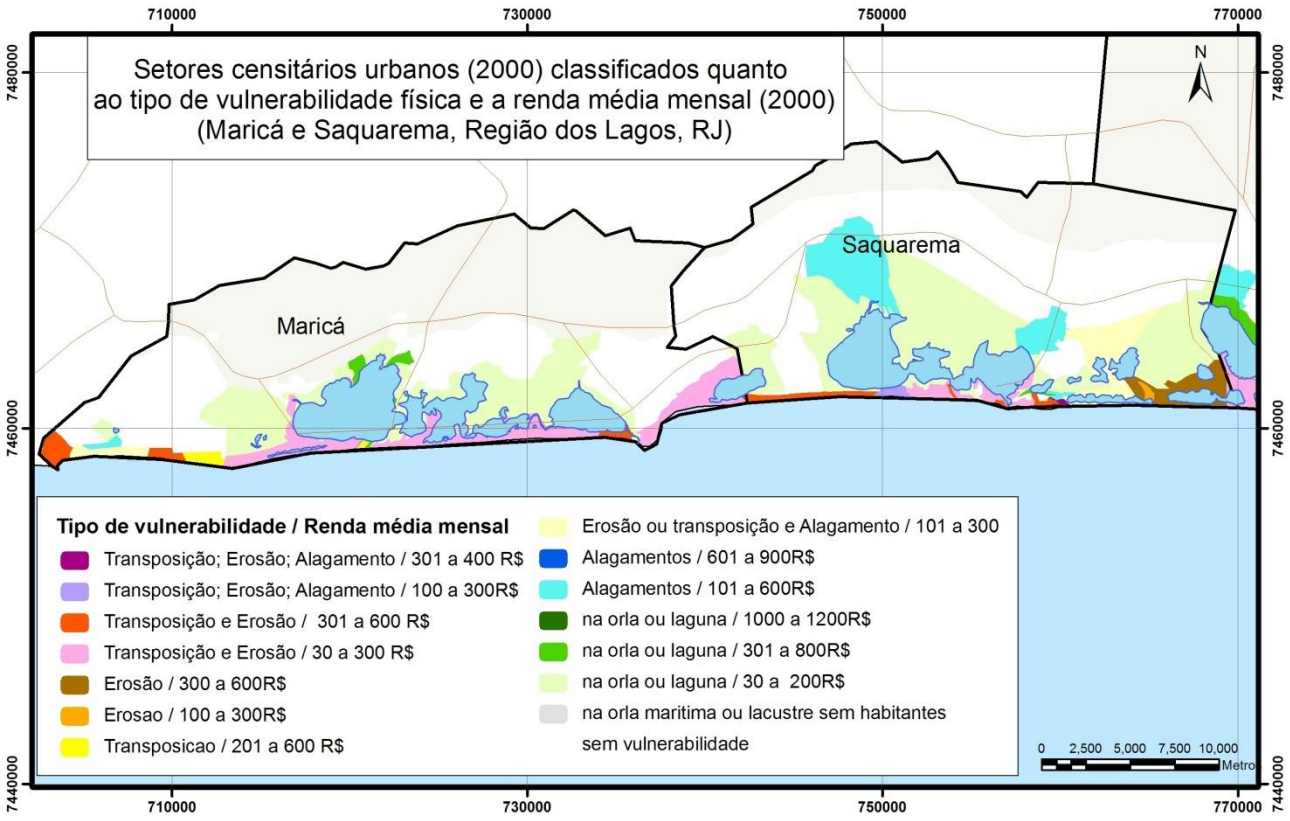


Fig. 116 - Setores censitários urbanos classificados por tipo de vulnerabilidade física e renda média mensal de Maricá e Saquarema

Nos municípios de Saquarema, Cabo Frio, Búzios e Rio das Ostras foram identificados setores com a presença de todos os tipos de vulnerabilidade física, ou seja, transposição por ondas, erosão costeira e alagamento, representando assim localidades com o mais alto potencial de riscos. O número de habitantes total nestes setores é de pouco mais de 2.000 pessoas, estando quase metade destas concentradas em um mesmo setor no município de Búzios, próximo às praias de Tucuns e Geribá. A renda média mensal da população neste setor é de R$ 120,00, o que diminui a capacidade de recuperação destes habitantes em caso de desastres. No entanto, assim como nos setores com esta mesma classificação nos municípios de Cabo Frio e Saquarema, esta localidade é caracterizada pela predominância da atividade turística, com casas ou condomínios de veraneio e grande número de população flutuante em épocas de férias. Tal característica, como será discutido mais adiante, aumenta o risco de prejuízos e impacto na economia turística local. A presença de alagamentos no bairro de Geribá foi noticiada pelo jornal O GLOBO em uma reportagem de novembro de 2009, que destaca as obras iniciadas para melhoria deste problema. Em Rio das Ostras o setor com probabilidade de erosão, transposição e alagamentos apresenta elevada densidade populacional e um poder aquisitivo relativamente mais alto, com renda média de aproximadamente R$ 380,00. Outros setores deste município, principalmente na praia da Tartaruga, apresentam maior renda média mensal (acima de R$900,00) e também mais de um tipo de vulnerabilidade física (erosão e transposição). Os prejuízos da erosão nesta praia já vêm sendo percebidos em função da destruição de casas e ruas. Em São João da Barra em Casimiro de Abreu há um conjunto de setores com renda média mensal muito mais elevada do que todo o restante da região, chegando a mais de R$ 1500,00. Aas praias deste município apresentam-se mais estáveis do que as do seu município vizinho, mas ainda sim a fragilidade da foz do rio São João e algumas evidências de erosão da escarpa da praia apontam para vulnerabilidade média. Tal fato deve ser visto cm atenção para que os prejuízos vivenciados atualmente por Rio das Ostras não ocorram também no litoral de Casimiro de Abreu. Em Cabo Frio, aparecem também alguns setores pequenos e com elevada densidade populacional vulneráveis à alagamento. É interessante notar que a população dos setores em questão apresenta renda média mensal de mais de R$1.000, revelando seu maior poder aquisitivo e, portanto de recuperação e adaptação, do que os setores anteriormente analisados.

Entre Maricá e Arraial do Cabo a renda média mensal predominante não ultrapassa R$300,00. Na orla norte da laguna de Araruama nota-se um conjunto de setores com renda um pouco mais elevada (entre R$300,00 e R$800,00), assim como Arraial do Cabo e parte de Saquarema onde aparecem alguns setores vulneráveis à erosão cuja renda varia entre R$300,00 e R$600,00. Desta forma, grande parte deste litoral possui baixa capacidade de recuperação financeira, indicando, portanto elevada vulnerabilidade social, principalmente nos locais também vulneráveis fisicamente.

Nota-se ainda que quase toda a orla marítima entre Maricá e Arraial do Cabo possui setores com vulnerabilidade à transposição e à erosão costeira, sendo este último processo ativo atualmente em diversos segmentos. No total são quase 13.000 pessoas vivendo nestes setores costeiros com erosão ativa e vulnerabilidade à transposição por ondas, dos quais mais de 80% correspondem aos municípios de Maricá e Saquarema. Interessante apontar ainda que quase em todos os setores classificados com vulnerabilidade à transposição apresentam também vulnerabilidade à erosão costeira, revelando assim uma forte relação entre estes dois processos. Os setores atingidos exclusivamente por alagamentos encontram-se na porção norte das lagunas costeiras, principalmente nos municípios de Saquarema, Araruama e São Pedro da Aldeia, e na parte central do município de Arraial do Cabo. Na maior parte, estes setores apresentam baixa densidade demográfica, com exceção daqueles localizados em Arraial do Cabo, onde a área vulnerável corresponde ao centro da cidade deste município.

8.3.3.2 *Smartline Methodology* (Passo 4)

Assim como na avaliação por setores censitários, o mapeamento da renda por segmento da linha de costa associado ao grau de vulnerabilidade física foi indicativo tanto dos locais com menor capacidade de adaptação da população, como daqueles onde os prejuízos financeiros potenciais são maiores.

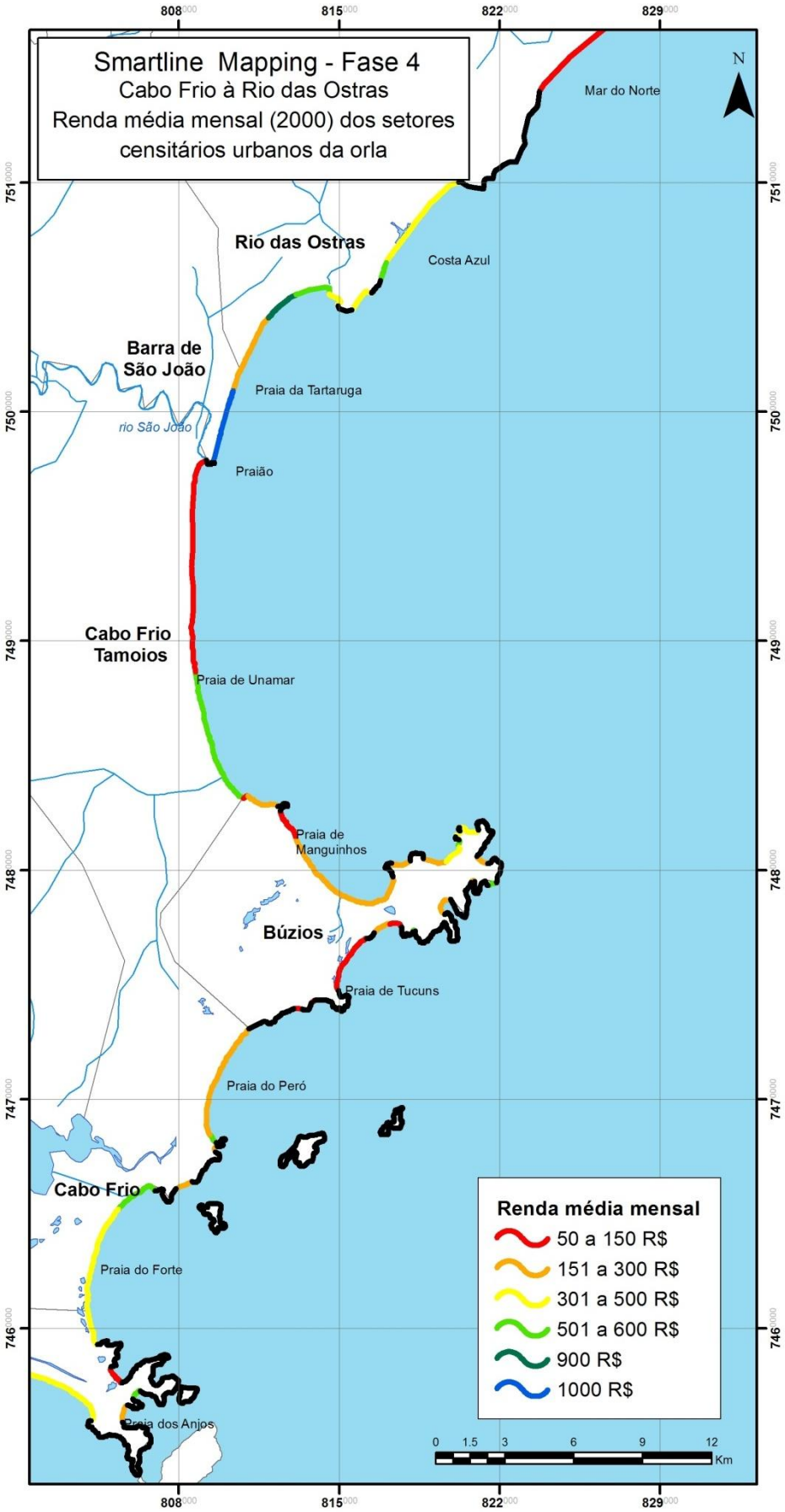


Fig. 117 – *Smartline Mapping* – Fase 4 – Renda Média Mensal dos Setores Censitários Urbanos da orla marítima entre Cabo Frio e Rio das Ostras, Região dos Lagos (RJ)

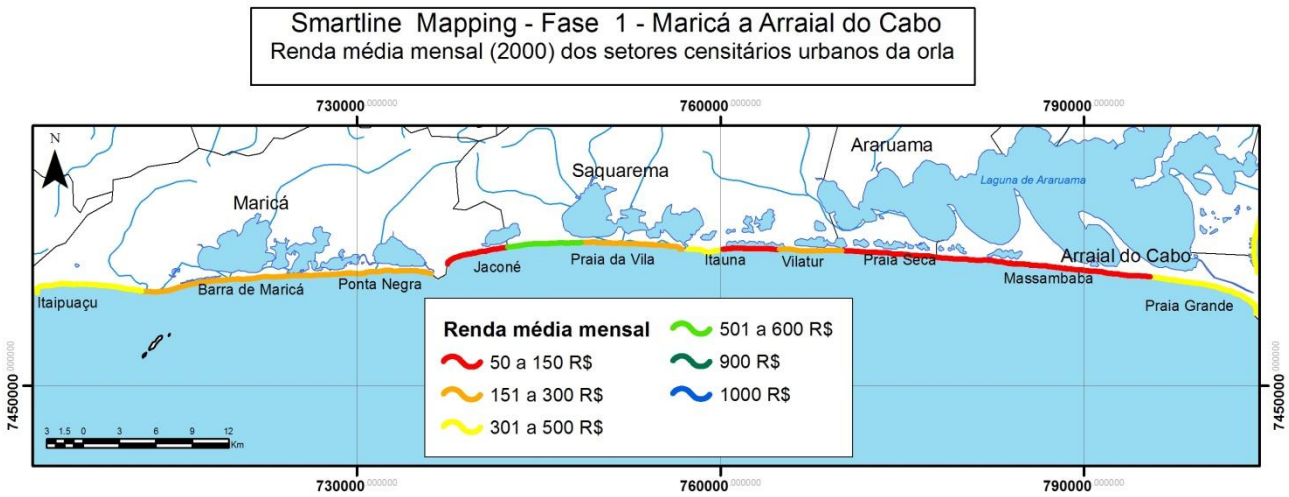


Fig. 118 - *Smartline Mapping* – Fase 4 – Renda Média Mensal dos Setores Censitários Urbanos da orla marítima entre Maricá e Arraial do Cabo, Região dos Lagos (RJ)

8. 4 RISCOS

8.4.1 Contaminação do lençol freático e deficiência de água doce para o consumo

Áreas vulneráveis à inundação podem sofrer não apenas impactos diretos com a destruição dos imóveis, como também impactos indiretos associados à poluição da água do lençol freático e intrusão salina. Atualmente a rede geral de esgoto e de água é muito deficiente em todos os municípios da região e tal problema já se expressa na poluição das lagunas costeiras e na falta de água, principalmente nos períodos de férias e feriados com a chegada de turistas. Este problema tem como conseqüência a busca por outras alternativas de abastecimento e de descarte de esgotamento sanitário, as quais quase sempre causam problemas de sobre-exploração e de contaminação do lençol freático. Desta forma, o cruzamento dos setores quanto ao destino do esgoto sanitário, forma de acesso à água e densidade populacional, com as áreas classificadas como vulneráveis à inundação, aponta para os setores com diferentes graus de risco de contaminação da água por esgoto doméstico e, indicam áreas com maior risco de déficit potencial de água doce para consumo (figuras 119 e 120).

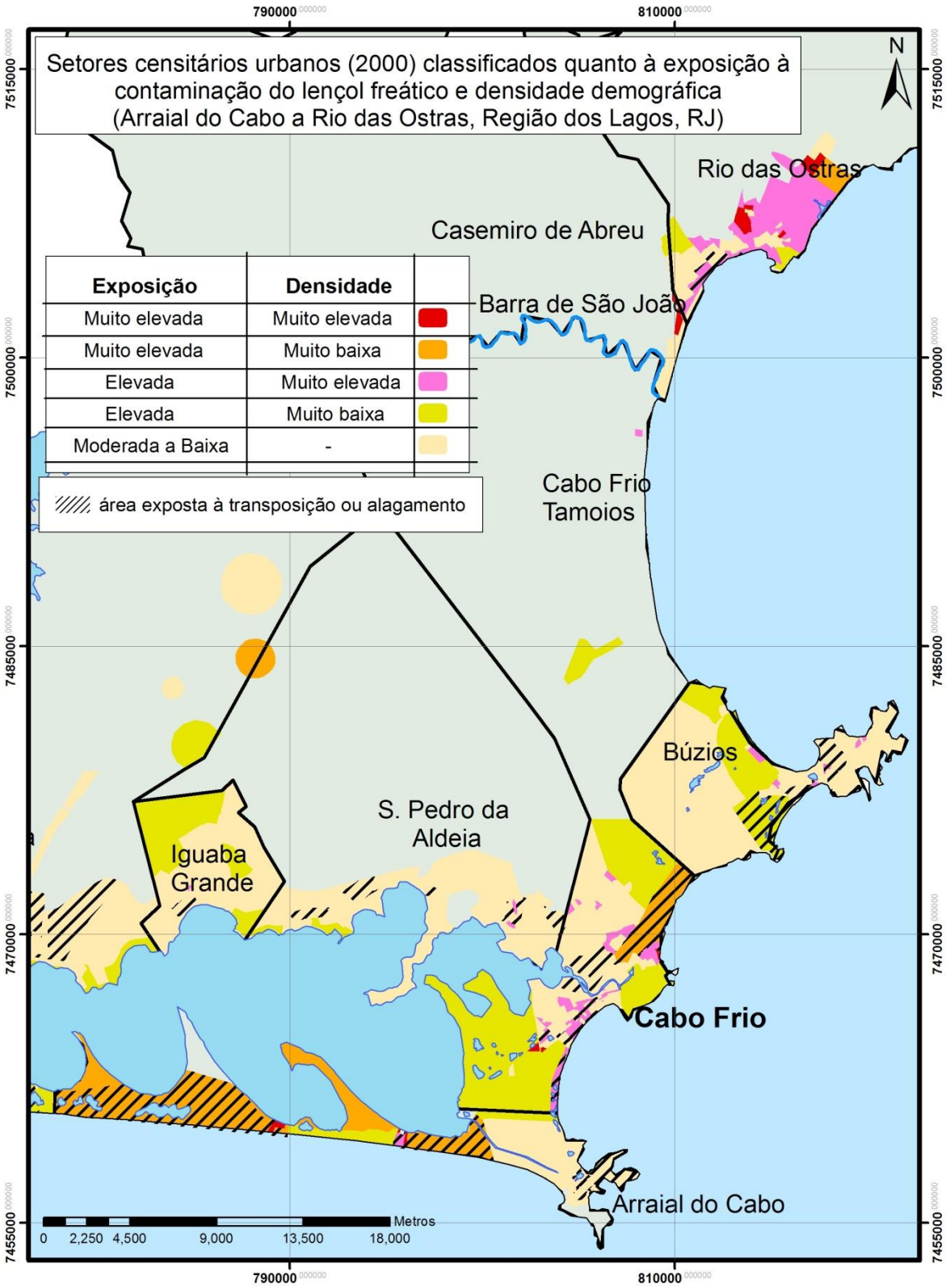


Fig. 119 – Setores censitários urbanos classificados quanto à exposição a contaminação do lençol freático e densidade demográfica entre Arraial do Cabo e Rio das Ostras, Região dos Lago (RJ)

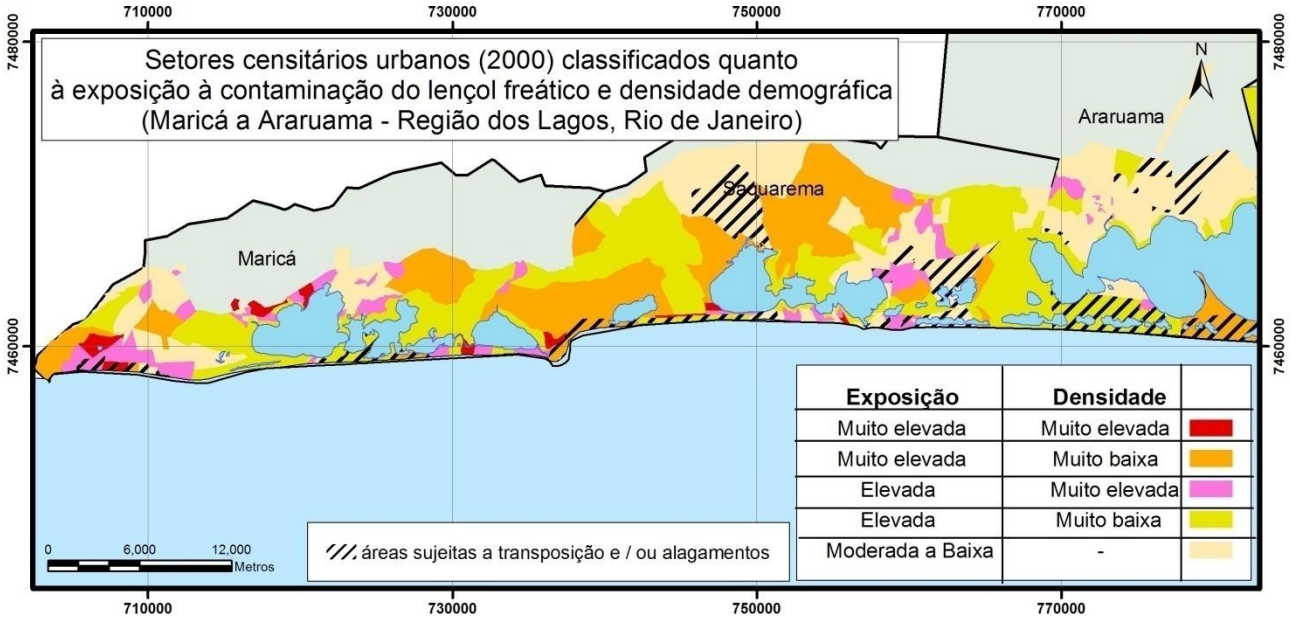


Fig. 120- Setores censitários urbanos classificados quanto à exposição a contaminação do lençol freático e densidade demográfica entre Maricá e Araruama, Região dos Lagos (RJ)

Os municípios de Maricá e Rio das Ostras apresentaram as piores situações, com grande quantidade de setores muito expostos à contaminação e elevada a muito elevada densidade demográfica. Além disso, alguns destes setores encontram-se nas áreas sujeitas à inundação por transposição de ondas o que implica na poluição por intrusão salina e, portanto, em maior exposição à contaminação. No restante da região nota-se que grande área possui exposição à contaminação muito elevada e baixa densidade demográfica. Algumas destas áreas encontram-se atualmente em áreas de expansão urbana, como no caso da praia da Massambaba, em Arraial do Cabo, e da praia do Peró, em Cabo Frio, podendo levar ao aumento da densidade demográfica e de novas áreas com risco de contaminação. O mesmo ocorre em Búzios, próximo à praia de Geribá e Tucuns, onde os problemas de inundações já se apresentam críticos, e observa-se também elevada exposição à contaminação por falta de rede de esgoto e de água adequados. Além de ser uma área de expansão urbana da cidade, Geribá e Tucuns se destacam por sua característica de veraneio, atraindo grande número de turistas. O fluxo de pessoas em épocas de férias e feriados pode, portanto, alterar completamente o cenário referente à densidade demográfica significando aumento expressivo do uso da água e da produção de esgotamento sanitário.

Os gráficos abaixo revelam a diferença por município entre a capacidade de abastecimento de água e de coleta de esgoto e a estimativa da demanda por água e por tratamento de esgoto, baseados

no número de habitantes e na previsão do número de turistas, esta última, por sua vez, com base na quantidade de casas de veraneio e de leitos em hotéis. Nota-se que os municípios de Maricá, Saquarema, Cabo Frio e Rio das Ostras apresentam deficiência no abastecimento de água para a população residente, o que se agrava muito com o acréscimo de consumo da população flutuante. Araruama, São Pedro da Aldeia e Saquarema destacam-se pela grande diferença entre a produção de esgoto sanitário domiciliar e a capacidade de seu tratamento. Os gráficos revelam que o acréscimo da população flutuante significa, em todos os municípios, importante aumento da deficiência, tanto de abastecimento de água, como de tratamento do esgoto sanitário. Tal característica só não é verdadeira para o caso do município de Araruama, onde o abastecimento de água supera a demanda, mesmo em condições de elevada pressão urbana e turística.

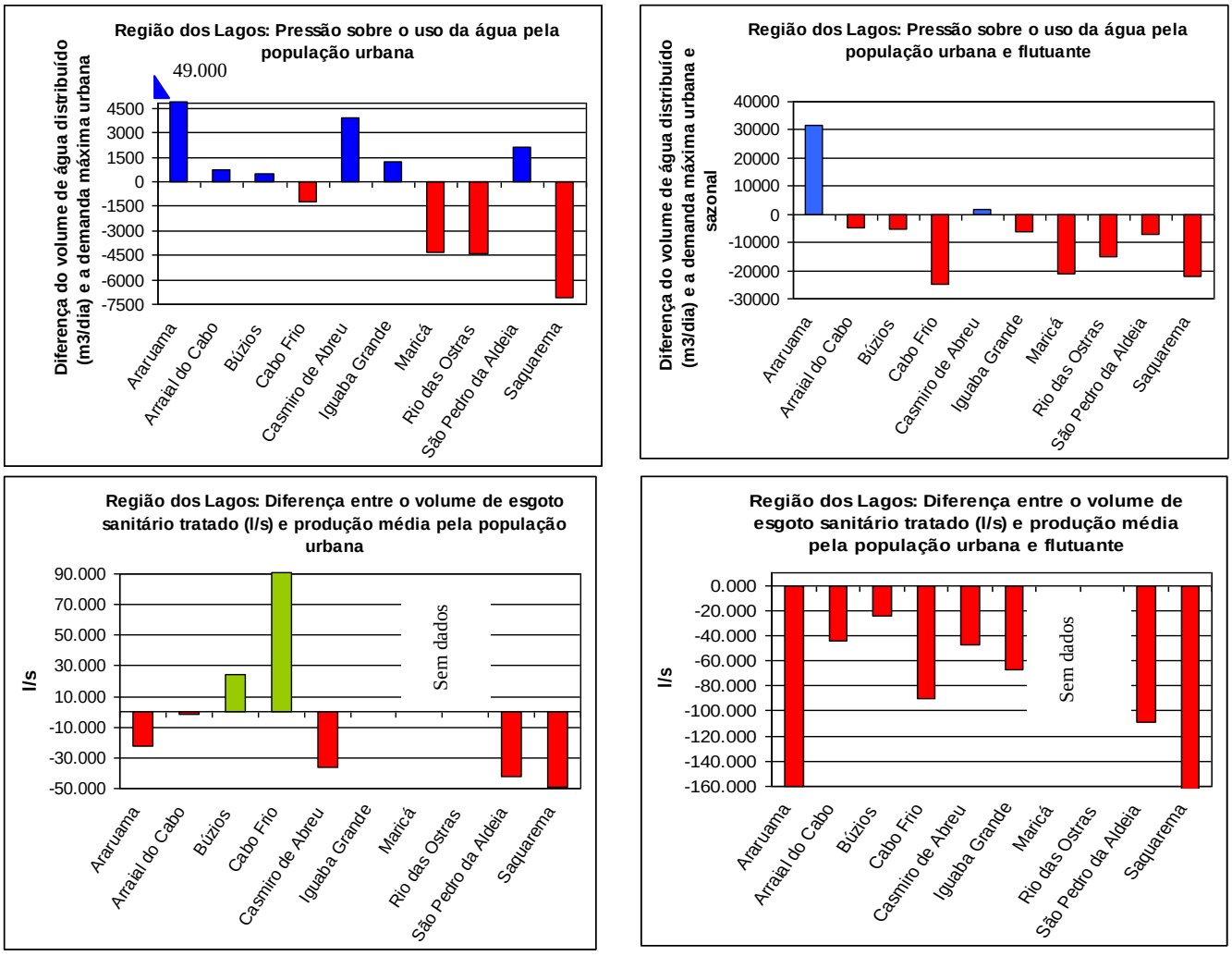


Gráfico 4 – Diferença entre o volume de água distribuído e o volume de esgoto sanitário doméstico tratado e a demanda da população urbana e flutuante nos municípios da Região dos Lagos (RJ)

8.4.2 Recuo da linha de costa e risco potencial

Considerando as tendências atuais já discutidas de mudanças do nível do mar e adotando a regra de Bruun, foi possível determinar a magnitude do recuo potencial da linha de costa em cada segmento classificado. O mapeamento abaixo aponta este recuo, considerando, além das características do perfil da praia adotados na fórmula, a feição do pós-praia, como por exemplo a presença de falésias ou de planícies.

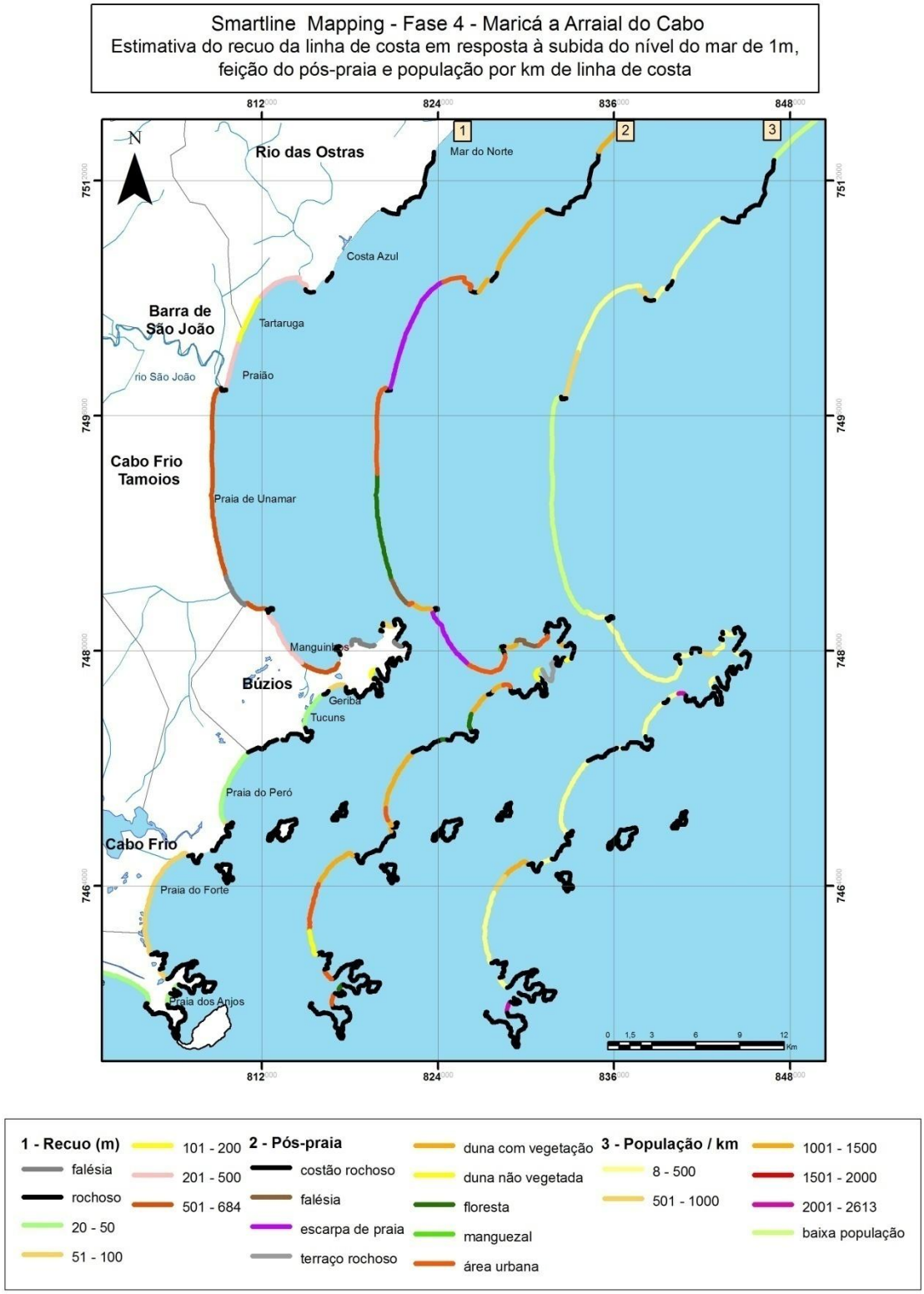


Fig. 121 – *Smartline Mapping* – Fase 4 – Estimativa de recuo da linha de costa em resposta à subida do nível do mar de 1 metro,feição do pós-praia e população por km de linha de costa entre Cabo Frio e Rio das Ostras

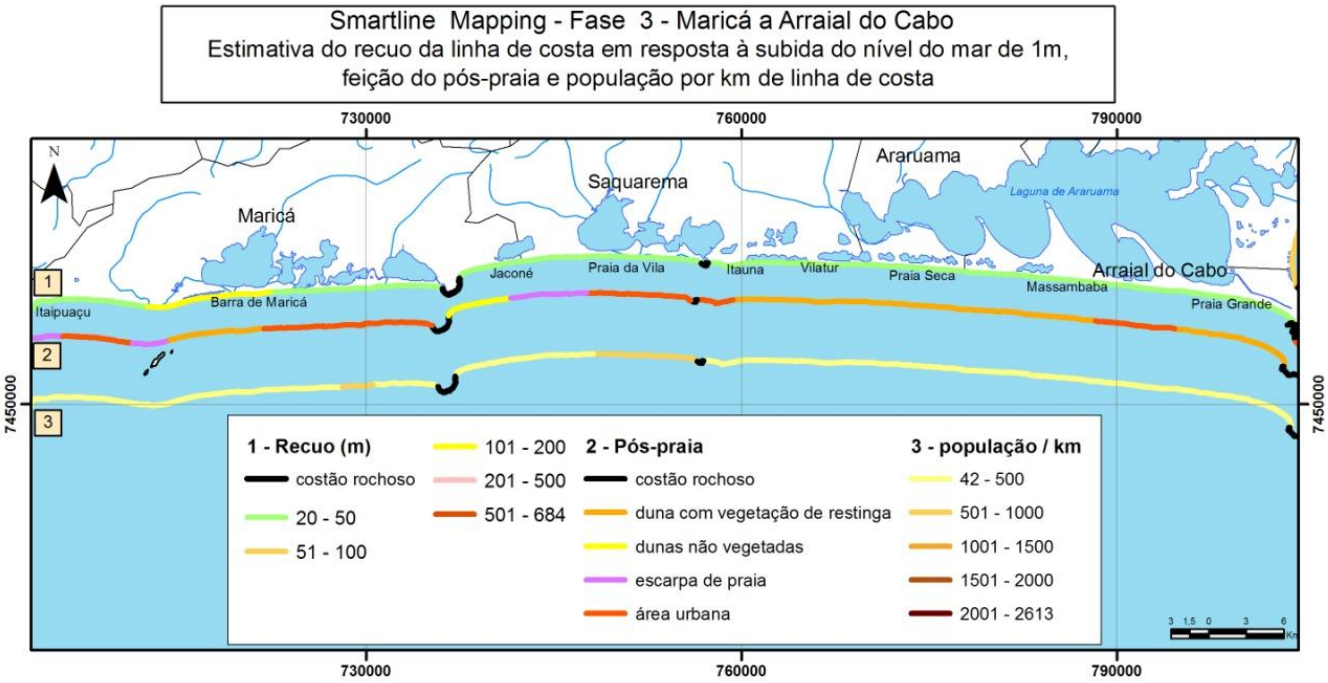


Fig. 122 - *Smartline Mapping* – Fase 4 – Estimativa de recuo da linha de costa em resposta à subida do nível do mar de 1 metro,feição do pós-praia e população por km de linha de costa entre Maricá e Arraial doCabo

Nota-se claramente uma diferença entre a resposta estimada no caso de subida do nível do mar entre o litoral ao norte do cabo Búzios e o restante da linha de costa estudada. O recuo máximo da linha de costa encontrado foi de quase 700 metros na praia de Unamar, no distrito de Tamios, Cabo Frio. Valores próximos à 500 metros foram encontrados nas praias de Baía Formosa e Manguinhos, em Búzios. Ao sul do cabo Búzios, especialmente entre Maricá e Arraial do Cabo o recuo estimado no caso da subida do nível do mar de 1 metro não ultrapassa os 50 metros, em função, principalmente, da presença de dunas e do cordão litorâneo relativamente elevado.

O mapeamento da população revela que as áreas com maior recuo em geral apresentam baixa densidade populacional. Neste sentido, Barra de São João apresenta a situação mais crítica, visto que a ocupação muito próxima à linha de costa resulta numa densidade moderada a alta e o recuo estimado é de aproximadamente 300 metros.

Apesar de poucos trechos do litoral apresentarem recuo potencial acima de 100 metros, é importante ressaltar que os impactos potenciais de uma subida do nível do mar não se restringem ao recuo da linha de costa. No caso dos cordões litorâneos menos propensos ao recuo devido à proteção das dunas e do próprio cordão litorâneo o maior problema deverá ser o aumento da freqüência de transposição pelas ondas, com inundação à retaguarda. Além disso, com a ocupação irregular nos campos de dunas ou no topo do cordão o papel de barreira natural destas feições diminui e o risco de danos das construções aumenta significativamente. Nos locais com recuo estimado em mais de 100 metros, aproximadamente 8.000 habitantes seriam afetados diretamente. Na praia de Unamar o

impacto maior seria no turismo de veraneio predominante nesta localidade cuja ocupação é integralmente de condomínios de segunda-residência.

8.5 POPULAÇÃO FLUTUANTE E SAZONALIDADE TURÍSTICA

O fluxo de pessoas em função da atividade turística é um agravante também para todas as outras análises realizadas, uma vez que aumenta o número de pessoas expostas à vulnerabilidade física, exerce maior pressão sobre os recursos e ambientes e ainda influencia a economia local. Estas influências, no entanto, não são homogêneas em toda a região em virtude da distribuição espacial das áreas turísticas, da intensidade desta atividade e do modelo de turismo adotado por cada município.

A estimativa do número de população flutuante em cada distrito para o ano 2000, considerando apenas o uso de casas de veraneio, aponta para a intensidade potencial do fluxo populacional, que pode ultrapassar em mais de 200% a população urbana em alguns distritos (gráfico 5). Já o fluxo potencial de pessoas para os hotéis, a partir dos dados de número de acomodações, só foi realizado por unidade municipal por falta de dados mais detalhados (gráfico 6).

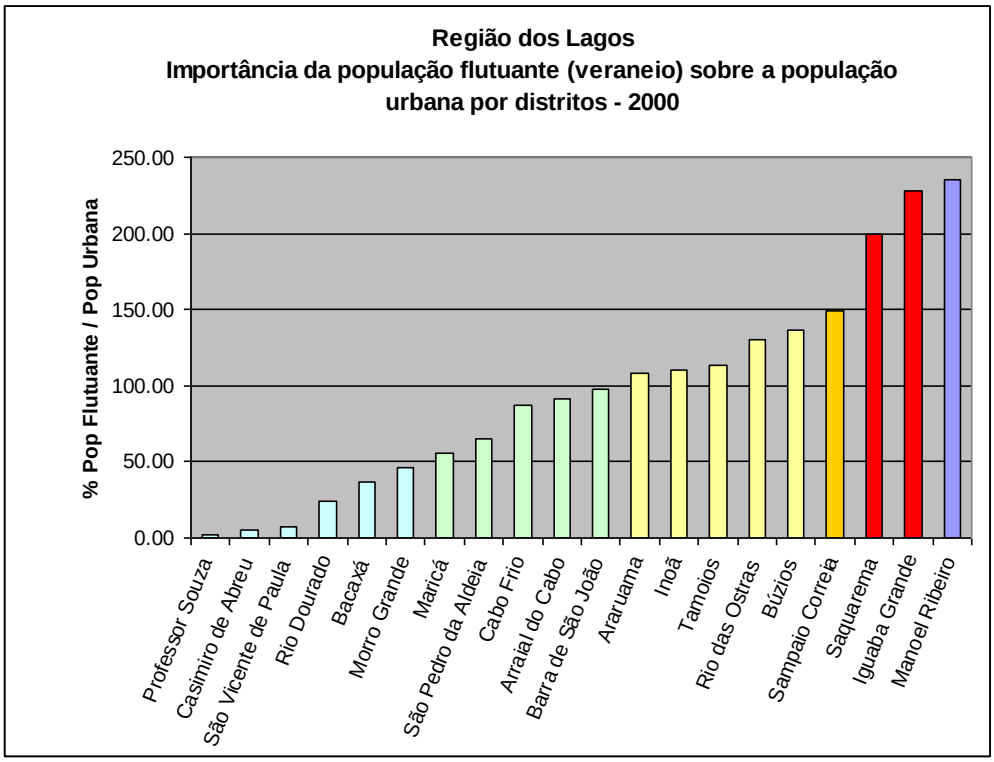


Gráfico 5 – Importância da população flutuante (veraneio) sobre a população urbana por distritos (2000)

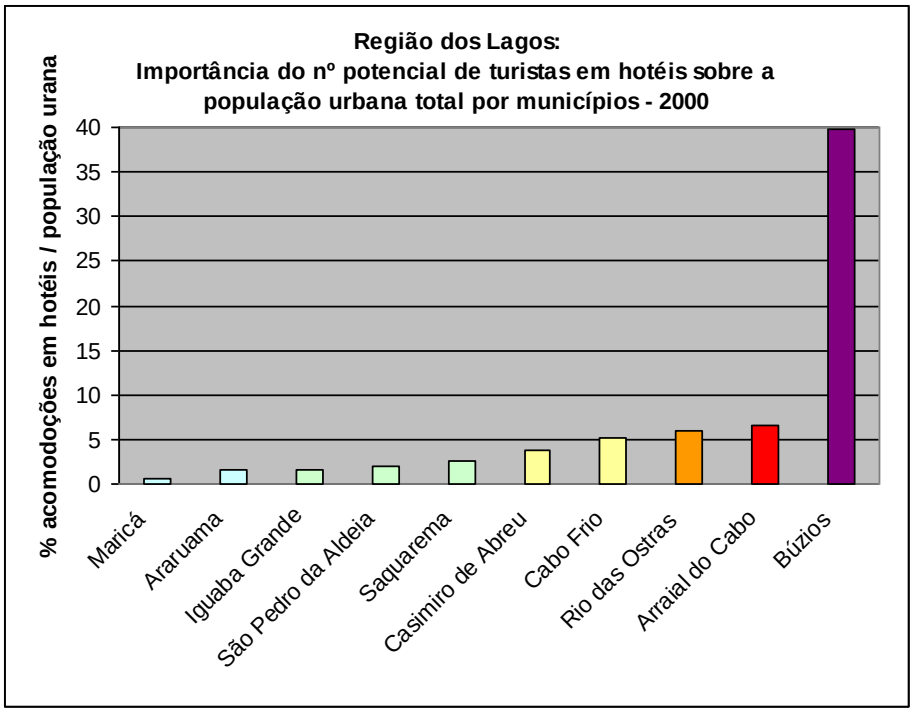


Gráfico 6 – Importância do número potencial de turistas em hotéis sobre a população urbana total por município

Os gráficos deixam clara a enorme diferença de intensidade entre o fluxo potencial de veranistas, que se destinam às casas de uso ocasional, e o fluxo de turistas que se acomoda em hotéis. Ressalta-se, porém, o perfil diferenciado de Búzios em relação a todos os outros municípios, revelando a intensidade, neste município, tanto do turismo de veraneio como do chamado turismo de massa, associado a hotéis e pousadas.

Os distritos com maior fluxo potencial de veranistas, com o equivalente ao triplo ou mais da população urbana, localizam-se em Iguaba Grande, Maricá (Manoel Ribeiro) e Saquarema (distrito sede). Este padrão de turismo é baseado, portanto, em segundas-residências, com o município de Maricá, o mais próximo da Região Metropolitana, representando o caso de maior magnitude.

É possível afirmar que o município de Maricá enquadra-se na categoria de segunda-residência agregada à Região Metropolitana e os municípios de Iguaba Grande e Saquarema podem ser considerados como uma nova área de segunda-residência, conforme a fase III do modelo de Lundgren (1974 *apud* Pearce, 1987), apresentado no capítulo II. Observando a região como um todo, no entanto, verificamos maior complexidade em função da centralidade exercida pelo município de Cabo Frio, com mais de 100.000 habitantes. Assim, o caso do município de Cabo Frio e seu arredor, destacando-se, principalmente, Arraial do Cabo, Araruama, Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia, estaria mais próximo da fase II deste mesmo modelo. O município de Búzios também se encontra sob

influência da cidade de Cabo Frio, tendo sido parte deste até o ano 1997, quando se deu sua emancipação. No entanto, sua especial beleza natural o tornou tão atraente turisticamente que atualmente ele funciona como um centro de atração turística nacional e internacional independente do restante da região. Pode-se perceber, inclusive, uma inversão de funções, uma vez que hoje Búzios funciona também de atrator de turistas e veranistas para os municípios e distritos vizinhos, como Barra de São João, em Casemiro de Abreu, Tamoios, em Cabo Frio, e até mesmo a cidade de Cabo Frio. Rio das Ostras é o município desta região mais distante da Região Metropolitana e possui atualmente forte ligação econômica com o município vizinho de Macaé, centro petroleiro do norte do estado. Apesar de ser uma cidade relativamente recente (emancipou-se de Casemiro de Abreu em 1992), seu desenvolvimento econômico e seu crescimento populacional e urbano foram muito acelerados em função desta aproximação com Macaé. Este fato confere a Rio das Ostras uma estruturação urbana atraente para o turismo recreacional de veraneio, estimulado ainda pela proximidade com o distrito de Barra de São João e até mesmo de Búzios, distante, aproximadamente, 1 hora de carro. Atualmente, observa-se um aumento também do chamado turismo empresarial, tendo sido observado o aumento do número de hotéis, apontando para uma nova direção para o perfil deste município.

Esta caracterização do turismo em cada município torna-se importante para o estudo da vulnerabilidade costeira ao apontar diferenças quanto à exposição da população aos riscos (número de veranistas e turistas), ao tipo de demanda e pressão sobre os recursos e ecossistemas costeiros e ao prejuízo econômico potencial em caso de desastres.

O mapeamento dos distritos quanto à importância da população flutuante em conjunto com as áreas de déficit de saneamento (sem rede de água e esgoto) e de inundações ou alagamentos aponta para ocorrência de áreas com forte turismo de veraneio associadas à elevada vulnerabilidade física sem atendimento sanitário. Este é o caso do distrito de Manoel Ribeiro, em Maricá, e da cidade de Saquarema. Situações não tão extremas, mas ainda preocupantes, com mais de 100% de população flutuante foram identificadas nos distritos de Inoã, em Maricá, Sampaio Correia, em Saquarema, na parte central de Araruama e em Búzios. Rio das Ostras apresenta muito baixa quantidade relativa de população flutuante o que pode estar associado com o fato de não existirem distritos neste município, tornando os dados menos precisos.

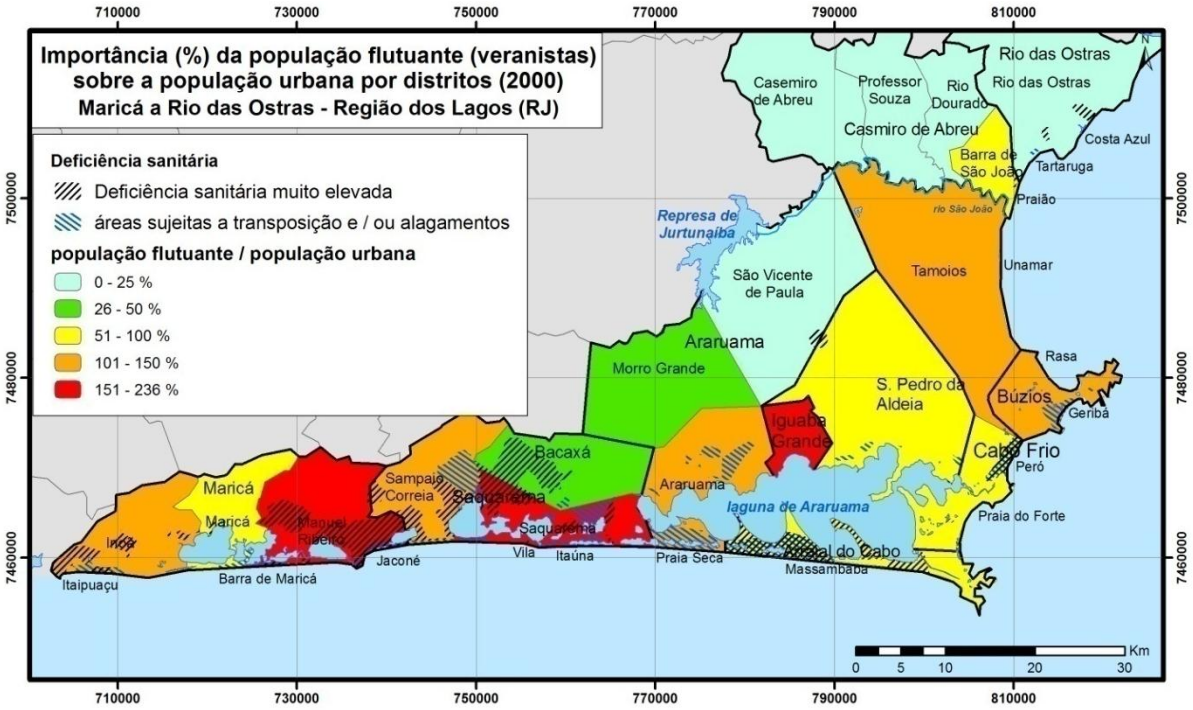
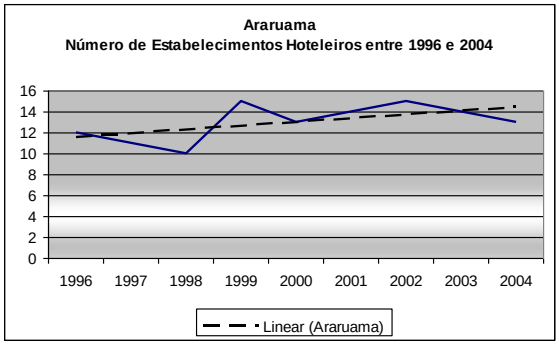
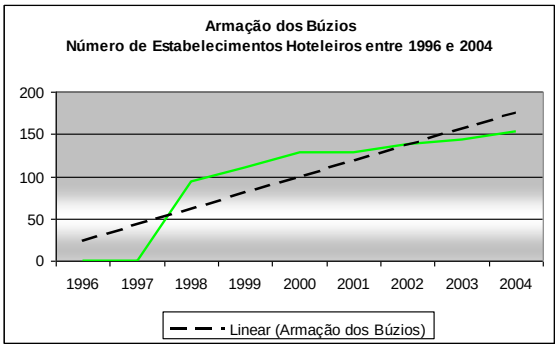
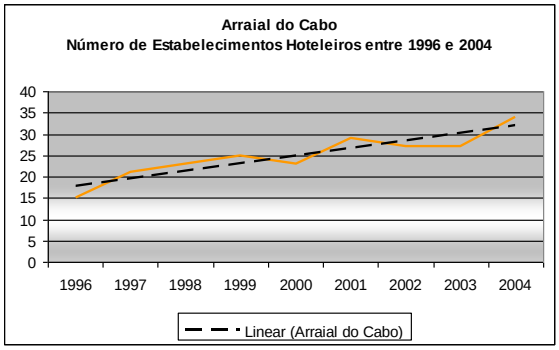


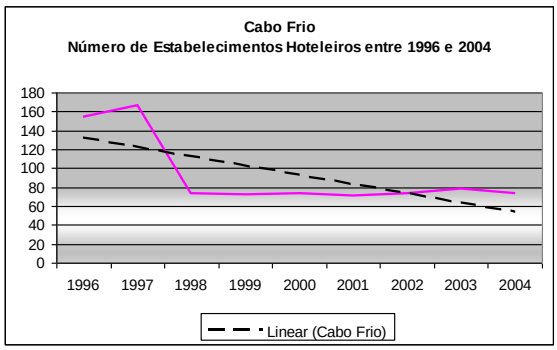
Fig. 123 – Importância (%) da população flutuante (veranistas) sobre a população urbana por distritos (2000). Região dos Lagos, Rio de Janeiro.

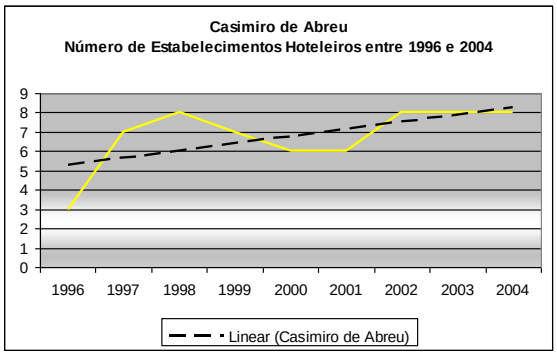
As tendências futuras da atividade turística também se revelam importantes à medida que apontam para o crescimento ou não desta atividade nos últimos anos. O número de hotéis e o número de empregos no turismo entre 1996 e 2004 (gráficos) apontam para diferentes tendências em cada município.

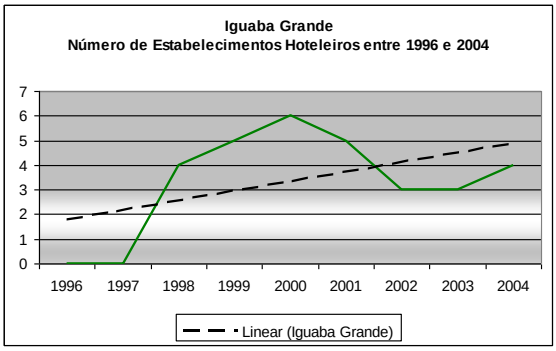


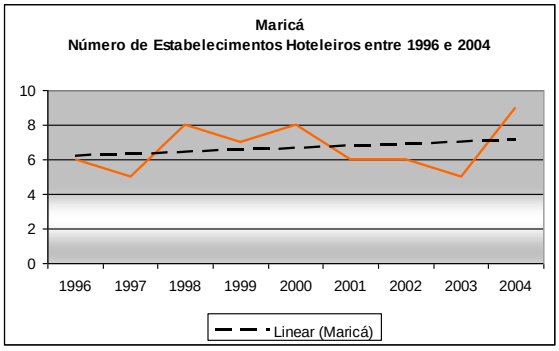


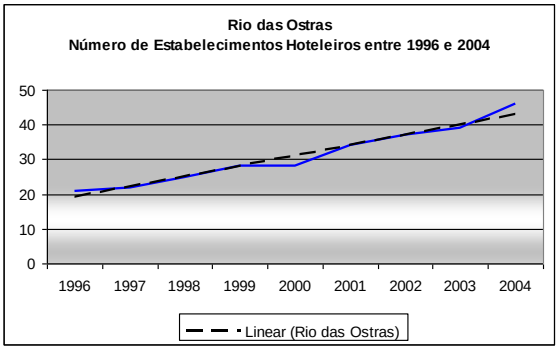


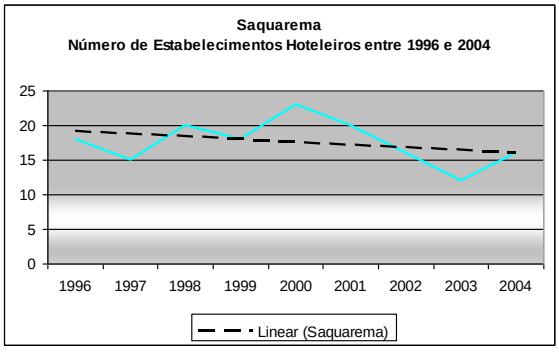












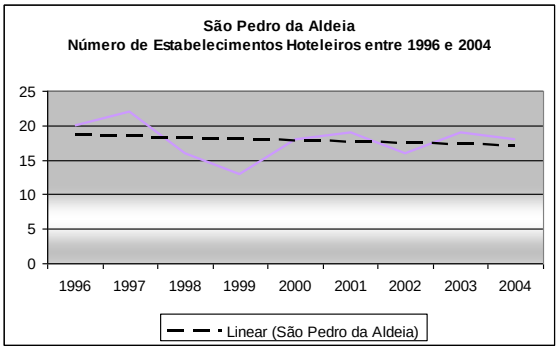


Gráfico 7 – Evolução do número de estabelecimentos hoteleiros entre 1996 e 2004 nos municípios da Região dos Lagos.

Fonte dos dados: Ministério do Trabalho e Emprego – RAIS (2005), compilado por CIDE/RJ (2009)

O primeiro aspecto importante a ser observado nos gráficos acima é a diferença do número de hotéis em 2004 no município de Búzios, com quase 150 estabelecimentos, e nos outros municípios onde o número de estabelecimentos varia de menos de 5, em Iguaba Grande, até aproximadamente 80 hotéis, em Cabo Frio. A regressão linear expressa pela linha tracejada nos gráficos aponta ainda para a tendência de aumento de estabelecimentos hoteleiros no período analisado em quase todos os municípios. São exceções os municípios de Saquarema e Cabo Frio, onde se observa uma tendência de queda no numero de hotéis. Em Cabo Frio tal fato está relacionado à emancipação do município de Búzios em 1997, onde efetivamente se encontrava o maior numero de estabelecimentos. O alto número de hotéis em Rio das Ostras, com crescimento contínuo desde o início do período analisado, também chama atenção, uma vez que revela uma importância desta atividade não apontada pelas variáveis anteriormente discutidas. Além de Búzios e Rio das Ostras, destaca-se também o município de Arraial do Cabo com relativamente alto número de estabelecimentos e aumento contínuo e estável desde 1996. Já os municípios de Maricá, Iguaba Grande e Casimiro de Abreu apresentam baixo número de hotéis com um período de maior crescimento bem marcado entre 1996 e 1998 e tendência de declínio nos anos subseqüentes até o ano 2002, quando aparentemente se encontra estabilidade e pequeno crescimento. São Pedro da Aldeia e Saquarema tiveram comportamentos semelhantes, com oscilações no número de hotéis entorno de 15 a pouco mais de 20 e tendência geral de pequeno declínio. Estes dados reforçam o perfil de turismo misto (veraneio e hoteleiro) do município de Búzios e o perfil predominantemente veranista dos municípios de Maricá, Saquarema e Iguaba Grande.

O número absoluto de empregos em atividades turísticas dede 1994 até o ano de 2005 também contribuem na interpretação do perfil turístico de cada município e da sua tendência recente. Na tabela abaixo, observa-se mais uma vez a liderança do município de Búzios, com mais de 2300 empregos relacionados ao turismo. A maior parte dos municípios teve aumento do número de empregos no período analisado, inclusive Saquarema e São Pedro da Aldeia apesar da queda do número de hotéis.

Tabela 16 - Número de empregos em atividades turísticas entre 1994 e 2005 por município

	Número de empregos em atividades turísticas											
Município	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Araruama	152	160	168	175	208	225	216	237	212	198	242	283
Armação dos Búzios	0	0	0	0	907	1.26	1.613	1.574	1.553	1.703	1.939	2.365
Arraial do Cabo	46	83	93	127	128	146	134	160	153	140	184	197
Cabo Frio	1.656	1.727	1.702	1.913	947	919	1.017	1.057	1.002	982	1.134	1.117
Casimiro de Abreu	226	158	142	166	150	143	155	145	162	148	174	166
Iguaba Grande	0	0	0	0	28	39	35	36	33	38	32	26
Maricá	87	80	88	83	77	68	78	72	76	117	117	119
Rio das Ostras	0	440	94	104	115	118	101	130	138	154	218	251
São Pedro da Aldeia	107	102	103	107	92	124	118	129	125	109	117	125
Saquarema	74	77	114	108	114	131	140	147	165	192	193	186

Fonte dos dados: Ministério do Trabalho e Emprego – RAIS, compilado por CIDE/RJ (2009)

A importância do turismo para o município foi analisada pela importância do número relativo de empregos nesta atividade comparado ao número de empregos totais do município. Mais uma vez Armação dos Búzios se destaca com mais de 20% dos empregos nesta atividade (gráfico 8). O restante dos municípios apresenta menos de 5% dos empregos no turismo em todo o período e, com exceção de Arraial do Cabo, todos apresentam tendência de declínio deste valor (anexo 4).

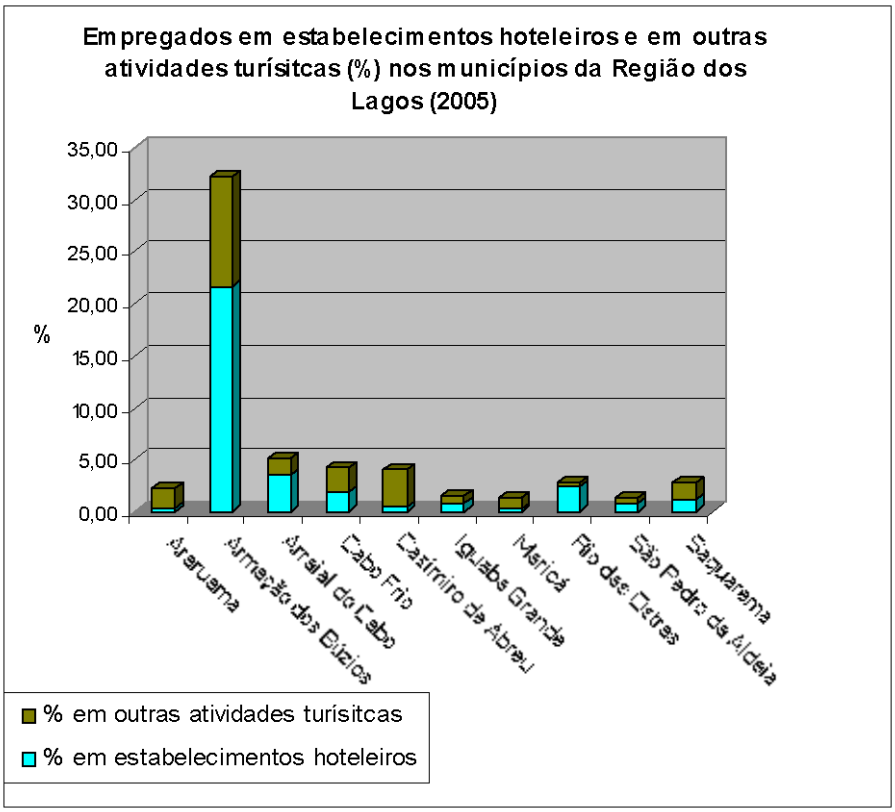


Gráfico 8 – Empregos em estabelecimentos hoteleiros e em outras atividades turísticas (%) sobre o total de empregos formais nos municípios da Região dos Lagos em 2005.

Fonte dos dados: Ministério do Trabalho e Emprego – RAIS, compilado por CIDE/RJ (2009)

O baixo número relativo de empregos em grande parte dos municípios não necessariamente significa baixa atividade turística ou diminuição do número absoluto de empregos nesta atividade, podendo sim estar relacionado a um aumento do número de empregos em outras atividades. Esta última constatação releva a pequena dependência da economia local com o turismo em diversos destes municípios. Em Araruama, São Pedro da Aldeia e Rio das Ostras, por exemplo, houve um aumento significativo de empregos relacionados à construção civil, o que indica também uma tendência de expansão urbana destas cidades nestes últimos anos.

A geração de empregos pelo turismo, no entanto, nem sempre representa uma melhoria na atividade turística. Em função de seu caráter sazonal, admite-se e demite-se empregados relacionados a tal atividade ao longo do ano, apresentando uma oscilação contínua e instável. Tal característica é considerada um agravante da vulnerabilidade social, uma vez que em épocas de baixa temporada uma importante parte da população não consegue se manter empregada, sendo obrigada a procurar empregos informais ou a permanecer desempregada. Além disso, a sazonalidade do emprego reflete a sazonalidade da economia do turismo como um todo, ou seja, a geração de dinheiro para o município. Assim, trata-se de uma atividade econômica instável e frágil que, quando o município não apresenta outra alternativa, acaba podendo comprometer a economia local em caso de declínio.

Esta sazonalidade do emprego no turismo se mostrou bastante acentuada nos municípios de Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio e Rio das Ostras, como se observa nos gráficos de número de pessoas admitidas e demitidas por trimestre entre 2003 e 2007 (gráficos). O trimestre que mais admite é o de dezembro, janeiro e fevereiro e o que menos admite é o de junho, julho e agosto. Já o trimestre entre março e maio geralmente é o que mais possui desligamentos. Em alguns casos, no entanto, o maior número de desligamentos ocorreu no trimestre entre dezembro e fevereiro, muito provavelmente no final deste quando termina a chamada "alta temporada". Cabo Frio e Rio das Ostras, além de apresentarem esta oscilação, tiveram também uma diminuição no número de movimentações (desligamentos ou admissões). Tal diminuição pode representar tanto uma queda da importância da atividade turística, como uma maior estabilidade. Considerando que ambos são municípios relativamente grandes e que apresentaram certa estabilidade no número de hotéis e no número de empregos no turismo até 2005, acredita-se que a segunda hipótese seja a mais acertada. Já no município de Araruama, observou-se grande diminuição no número absoluto de admissões e desligamentos no período entre dezembro de 2005 e fevereiro de 2007, com retomada do aumento de movimentação em março deste último ano. Neste caso, acredita-se que ocorreu uma queda da atividade turística que pode ter sido relacionada à poluição da laguna de Araruama, como será discutido mais adiante.

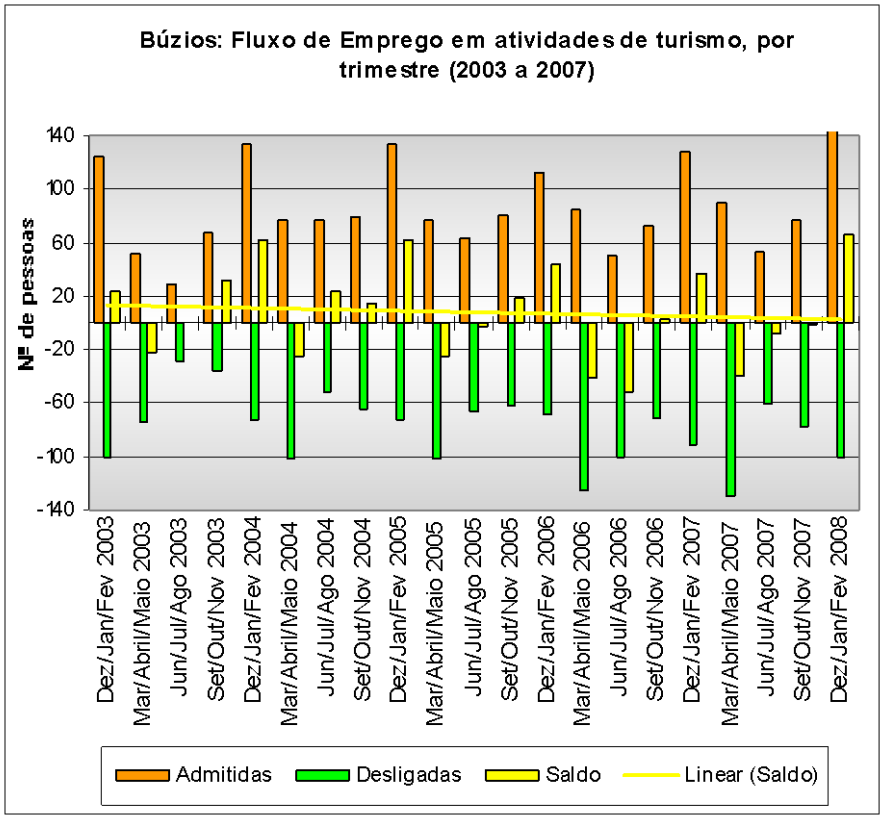


Gráfico 9 – Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Búzios

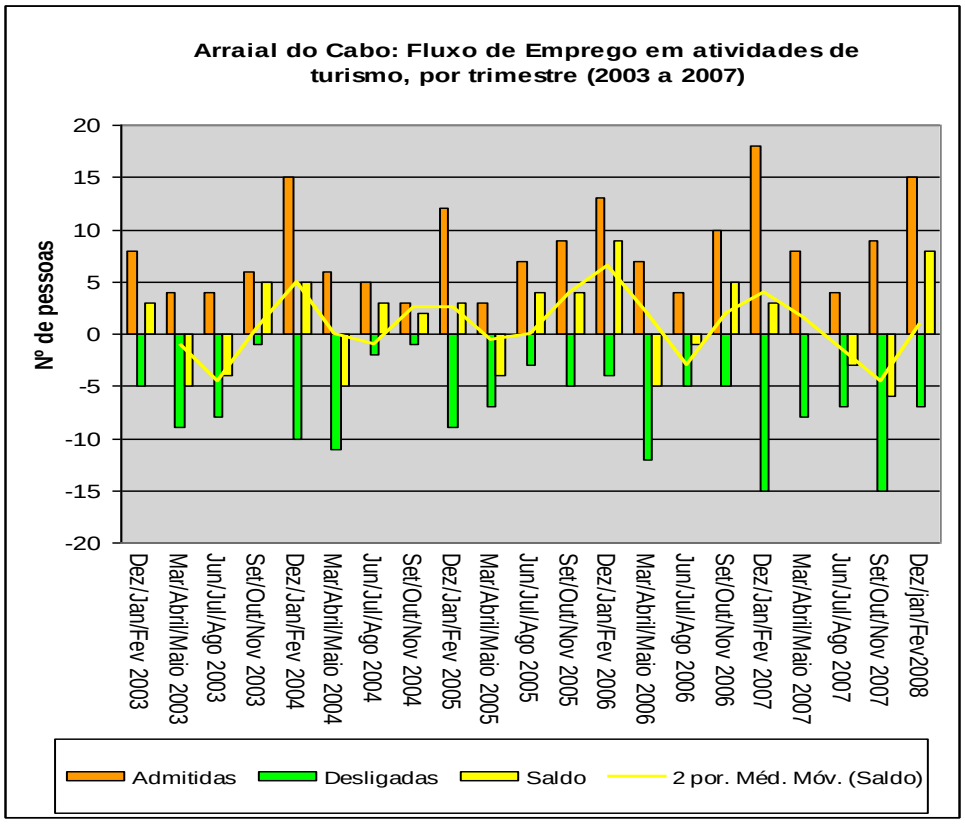


Gráfico 10 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Arraial do Cabo

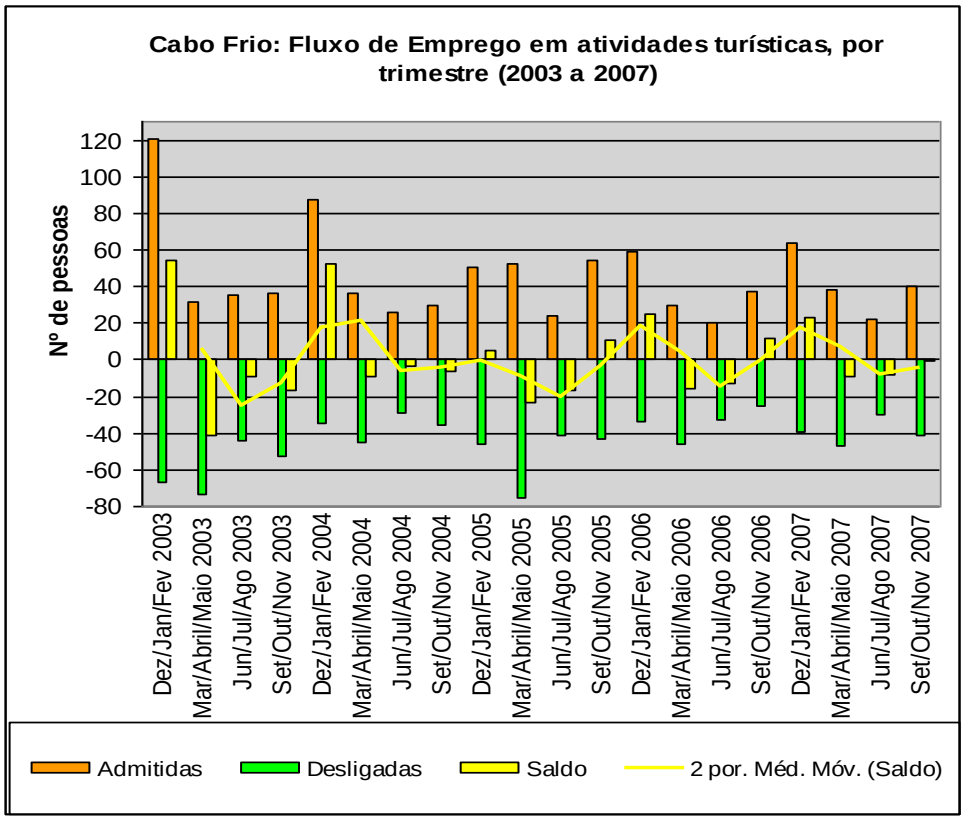


Gráfico 11 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Cabo Frio

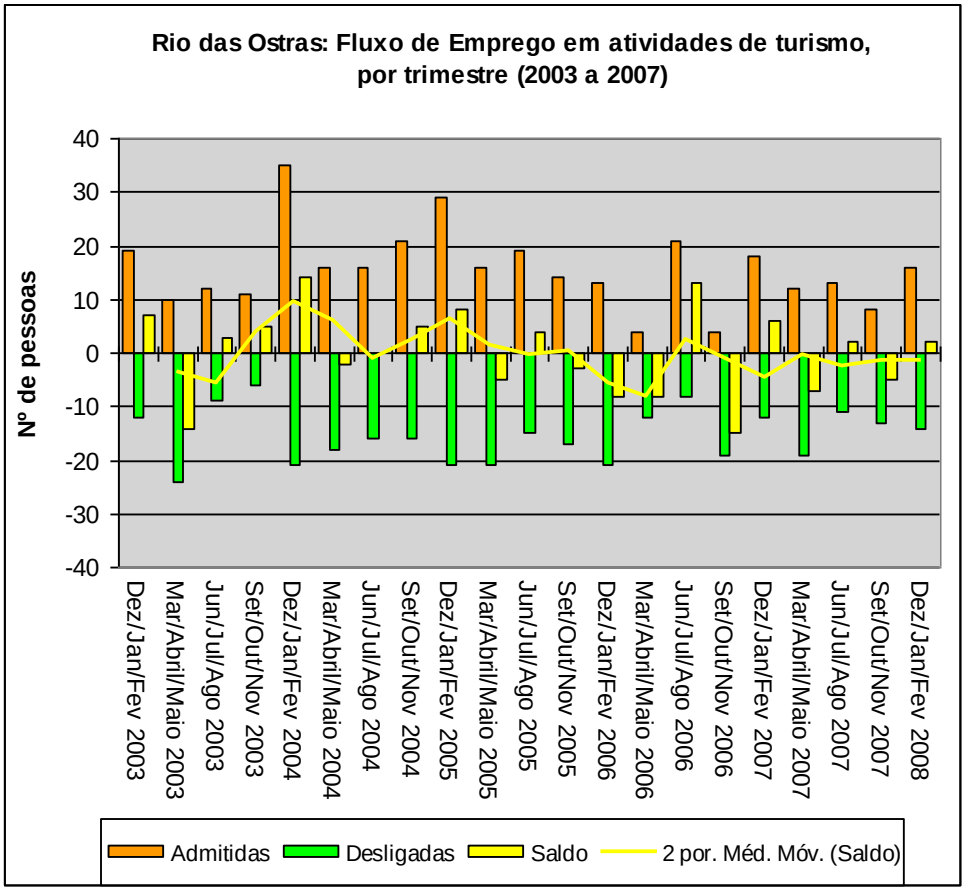


Gráfico 12 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Rio das Ostras

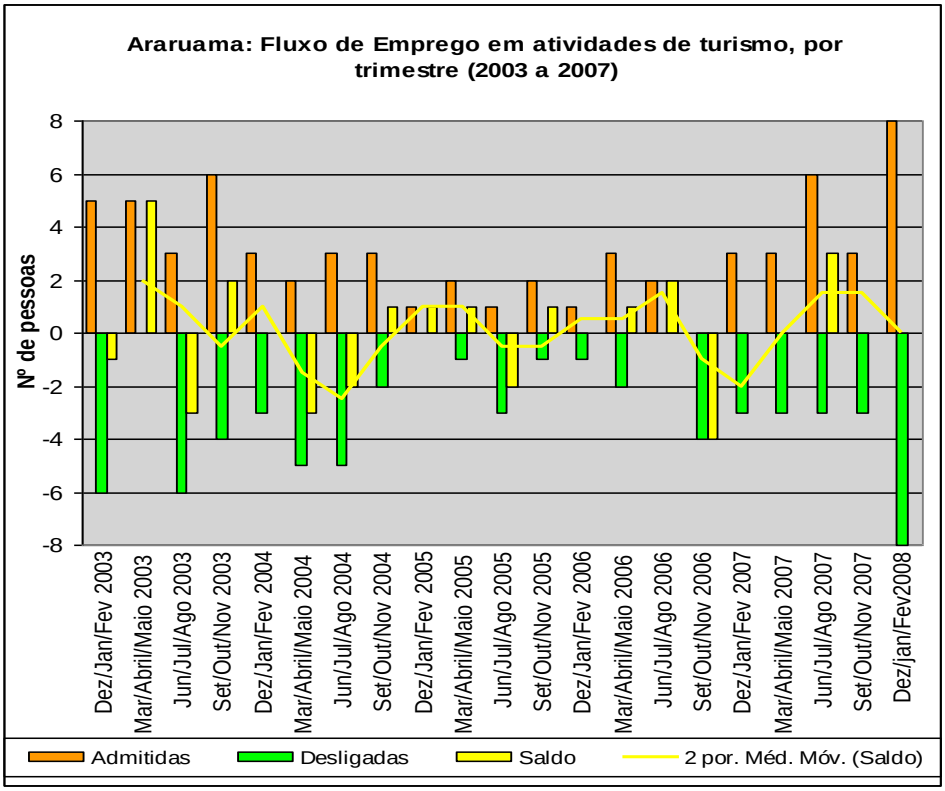


Gráfico 13 - Fluxo de emprego em atividades de turismo, por trimestre (2003 a 2007) no município de Araruama

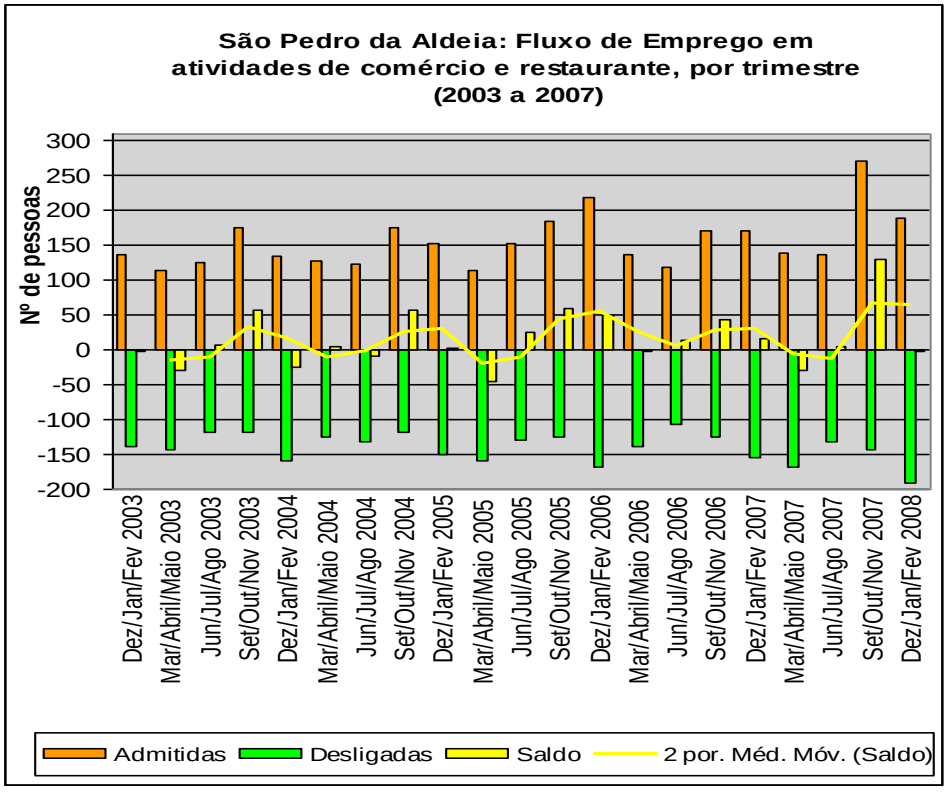


Gráfico 14 - Fluxo de emprego em atividades de comércio e restaurante, por trimestre (2003 a 2007) no município de São Pedro da Aldeia

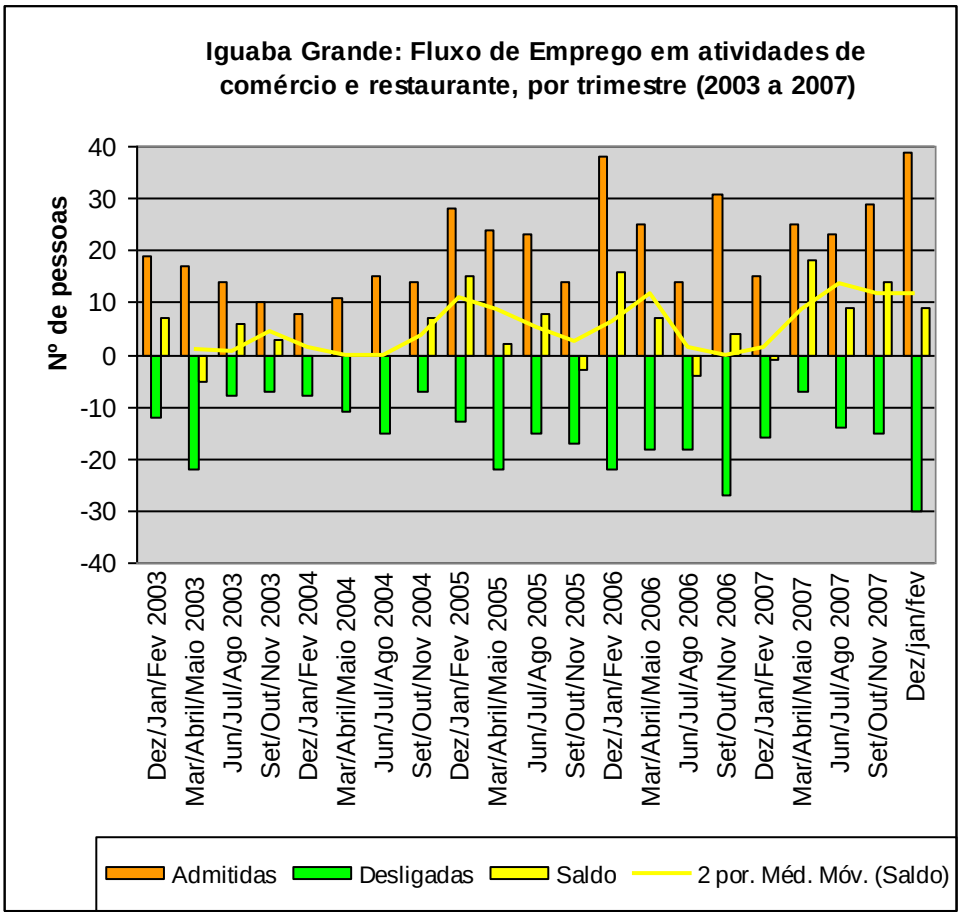


Gráfico 15 – Fluxo de Emprego em atividades de comércio e restaurante entre 2003 e 2007 no município de Iguaba Grande

As variáveis analisadas acima são citadas na literatura como fundamentais para definição do estágio em que se encontra o turismo, podendo revelar um período de crescimento, de estagnação ou de declínio, como sugere o modelo de Butler (1980) e os outros modelos similares já discutidos. No entanto, a complexidade do perfil turístico de cada município, com forte turismo de veraneio na maioria deles, dificulta a aplicação direta deste modelo na Região dos Lagos. Além disso, a falta de dados evolutivos relativos ao número de casas de uso ocasional impede a análise da tendência deste tipo de turismo.

Ainda assim, é possível observar traçar algumas tendências, as quais, relacionadas com a vulnerabilidade física e ambiental, analisada mais adiante, podem contribuir para identificar os elementos relacionados à maior ou menor estabilidade e importância do turismo em cada município. A intensidade da influência negativa da percepção dos riscos relacionados aos desastres naturais ou aos problemas ambientais na atividade turística varia de acordo com estas características e tendências e revelam de forma concreta a vulnerabilidade desta atividade. Assim, se por um lado a intensidade da atividade turística, com aumento da população e das demandas por infra-estrutura, é uma pressão sobre o ambiente aumentando a exposição ao risco e a degradação dos ecossistemas, por outro lado,

estas mesmas conseqüências negativas são responsáveis pelo declínio da atividade turística. Na Região dos Lagos, como já fora analisado, a atividade turística contribui para o aumento do risco relacionado ao uso da água e à produção de esgoto sanitário, assim como para o aumento da exposição da população à eventos de inundação, alagamentos e erosão costeira. A análise da vulnerabilidade ambiental a seguir aponta também para o impacto dos problemas ambientais na atividade turística de alguns municípios.

8.6 SÍNTESE DA VULNERABILIDADE COSTEIRA E SUBSÍDIOS PARA A GESTÃO

Os resultados relacionados à avaliação da vulnerabilidade física apontaram claramente as áreas com diferentes graus de vulnerabilidade à erosão costeira e inundação, assim como as áreas que atualmente já sofrem com a ocorrência de desastres. Considerou-se ainda a vulnerabilidade potencial em função de uma possível mudança do nível do mar. Ao integrar esta análise aos dados demográficos e sociais, foi possível indicar as áreas de risco diretamente relacionadas à exposição das pessoas à erosão e inundação, assim como ao risco de impactos indiretos, como a contaminação da água do lençol freático. A análise da poluição dos corpos hídricos e outros problemas ambientais apontou para as áreas onde os riscos podem ser agravados, não apenas pela maior exposição da população por ocupação das áreas frágeis, mas também pelo aumento da vulnerabilidade física em função da alteração de feições e processos relacionados à resistência e resiliência do sistema físico-ambiental. Os resultados referentes à intensidade e à sazonalidade da atividade turística nos municípios da Região apontam ainda para um cenário de maior exposição da população aos riscos, assim como para a influência desta atividade na economia local. Em termos econômicos, a distinção das áreas de maior ou menor renda revelou a resiliência social, assim como os prejuízos financeiros potenciais.

A síntese de todos estes elementos permitiu definir uma tipologia de áreas com demandas especiais para a gestão.

8.6.1 Áreas de demandas especiais para a gestão costeira

A definição de áreas de demanda especiais teve como enfoque duas unidades espaciais distintas. A primeira é restrita à orla costeira, unidade considerada separadamente por sua relação direta com os processos litorâneos relacionados à vulnerabilidade e o risco de erosão e inundação litorânea. A importância da orla como unidade de gestão já é consagrada em escala nacional com a

criação do já citado Projeto Orla. Neste recorte, ações de prevenção de desastres, recuperação de danos e de zoneamento e proteção da linha de costa tornam-se urgentes.

Os mapeamentos abaixo apontam as recomendações para a gestão da orla baseando-se numa tipologia dos principais processos envolvidos em cada segmento da linha de costa.

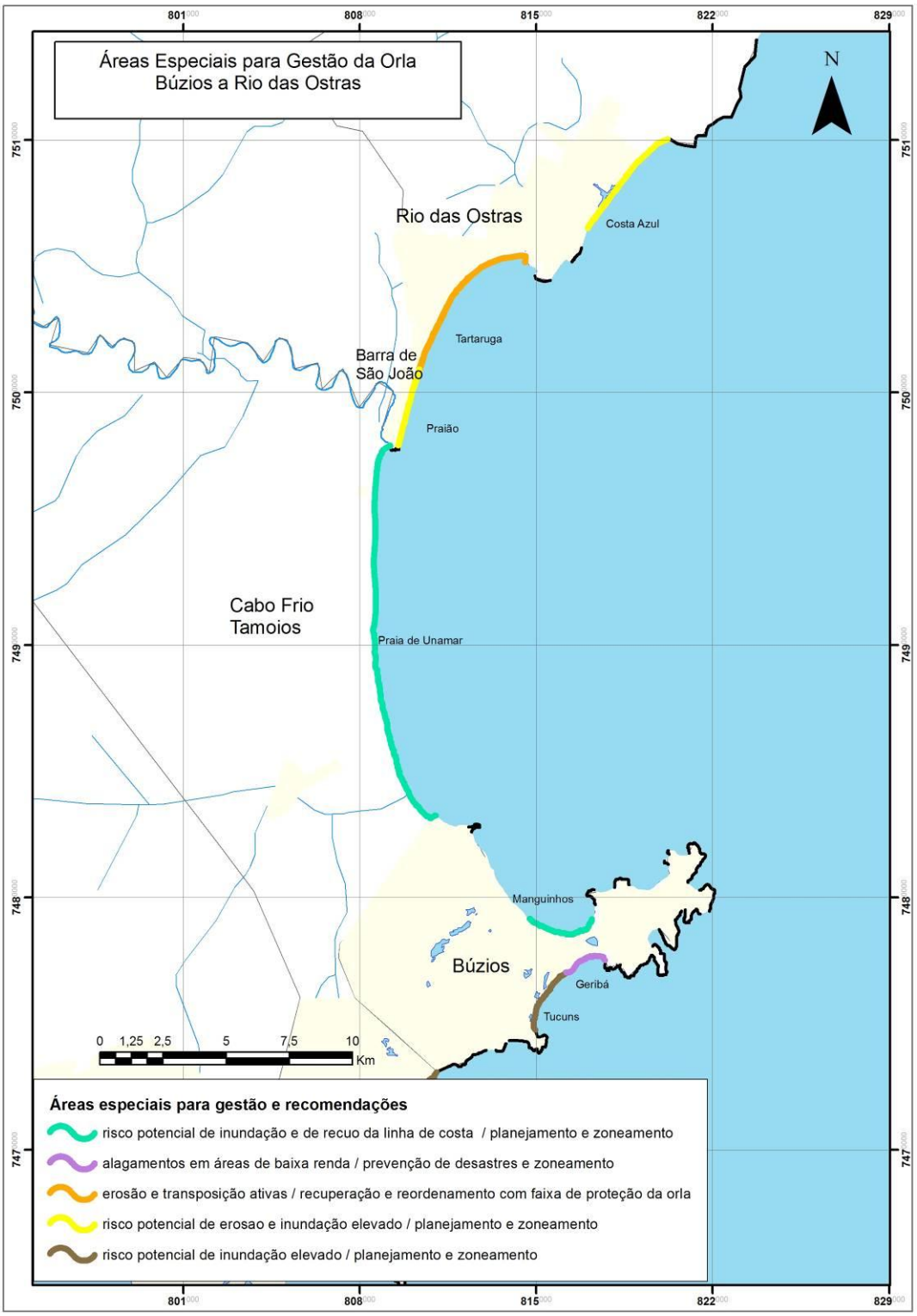


Fig. 124 – Áreas especiais para gestão da orla entre Búzios e Rio das Ostras

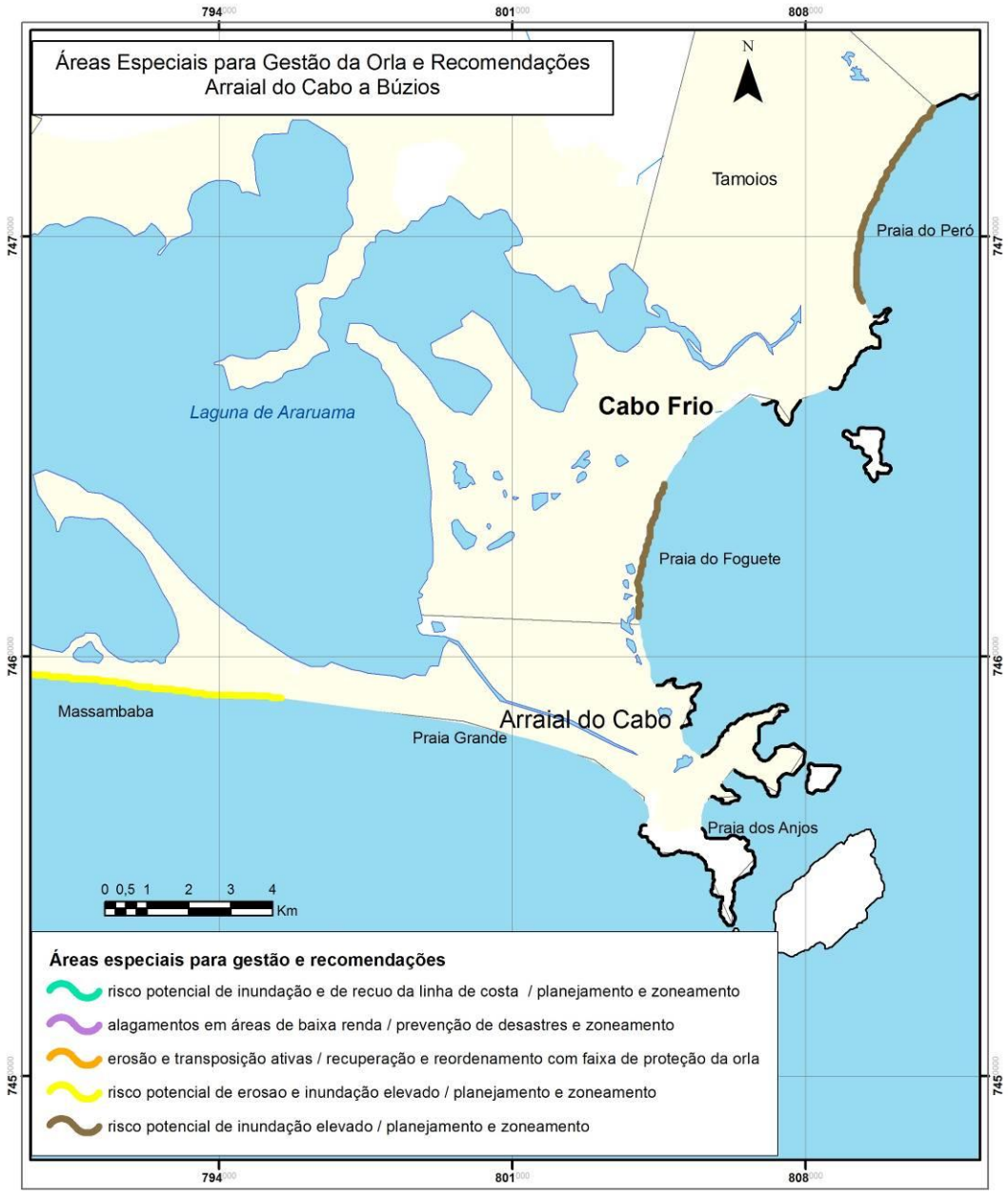


Fig. 125 - Áreas especiais para gestão da orla em Arraial do Cabo e Cabo Frio

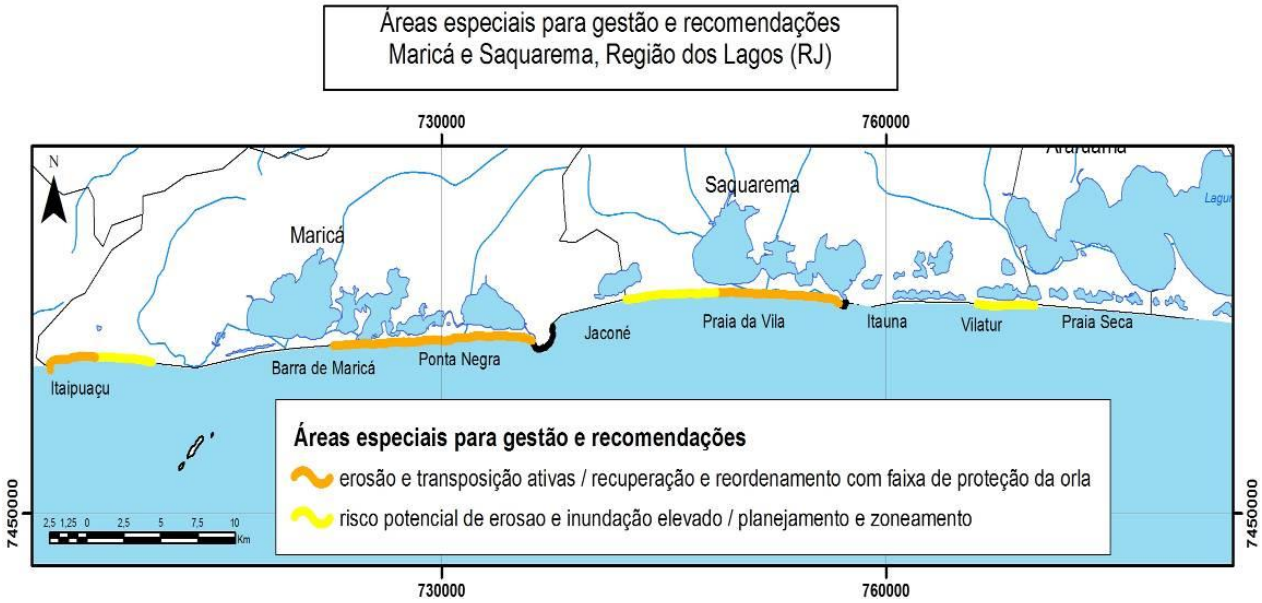


Fig. 126 Áreas especiais para gestão da orla em Maricá e Saquarema

Merecem destaque por apresentar as situações mais críticas de erosão costeira atualmente as praias da Barra de Maricá e Ponta Negra em Maricá, Jaconé e Vilatur, em Saquarema, a Praia do Abricó, em Barra de São João e a Praia da Tartaruga, em Rio das Ostras. Seguindo as recomendações do Projeto Orla e da Lei 5300/2004 sobre o ordenamento da orla costeira, fica clara a necessidade de se estabelecerem faixas de proteção da linha de costa nestas localidades. Em Maricá, especialmente nas praias de Guaratiba e Ponta Negra no distrito de Manuel Ribeiro, além da erosão ativa e da vulnerabilidade à inundação por transposição, soma-se a elevada exposição da população que ocupa densamente a orla marítima, assim como a baixa resiliência social em função da baixa renda média da população residente. A importância turística com os maiores fluxos de população flutuante em relação à população residente aponta ainda em Manuel Ribeiro para um prejuízo financeiro potencial elevado e para uma possível desvalorização da atividade turística em caso de eventos de erosão. Esta última afirmação é reforçada ao se considerar que um processo de desvalorização imobiliária relacionado aos danos por erosão costeira após a tempestade ocorrida em maio de 2001 já fora constatado no município de Maricá em trabalhos anteriores (Lins-de-Barros, 2005).

Em Saquarema o trecho mais crítico localiza-se na extremidade leste da praia de Jaconé, na localidade denominada de Barra Nova, que apresenta, além da erosão costeira ativa, elevada vulnerabilidade à inundação por transposição de ondas e registros de ocorrência de alagamentos. Estes últimos coincidem com o trecho de ocupação próximo a lagunas colmatadas ou em processo de colmatação. Esta localidade apresenta ainda renda média baixa (até 300,00R$ mensais) e elevado número de pessoas vivendo próximo à orla. Já a praia de Jaconé, apesar de elevada vulnerabilidade à erosão, apresenta baixa densidade populacional e maior renda média mensal. Tal característica torna este litoral prioritário para ações preventivas que evitem que no futuro sua situação se torne semelhante a da sua vizinha Praia da Vila.

Finalmente na praia da Tartaruga, em Rio das Ostras, encontra-se o mais severo processo erosivo de todo o litoral estudado, representando danos efetivos para a população. Parte da orla afetada, na praia de Abricó, apresenta baixa densidade populacional e renda mensal de até 300,00R$ e outra parte, no centro da cidade, possui elevada densidade e setores com as mais altas rendas de toda a Região dos Lagos. A praia Costa Azul, no norte deste município também merece atenção por apresentar elevada vulnerabilidade à erosão e inundação litorânea, tendo sido classificada com risco muito elevado de inundação em função da ocupação imediatamente a retaguarda da praia em relevo de baixa altitude. Além disso, apresenta vulnerabilidade à alagamentos relacionados à presença de lagunas, com destaque para as Lagunas da Coca-Cola e do Iryri. Esta praia e a praia do Abricó, por se tratarem se áreas com densidade moderada a baixa, semelhantemente a praia de Jaconé, apresentam risco potencial muito elevado no caso do aumento da densidade urbana e do número de habitantes.

Em Cabo Frio é importante ressaltar a urgência na tomada de decisões nas praias do Foguete e do Peró, tendo em vista a expansão da cidade em direção a primeira e crescente valorização turística na segunda. A falta de zoneamento e planejamento urbanos adequados poderá em um futuro breve representar risco e prejuízos relacionados à inundação.

A segunda unidade espacial abordada para recomendações e demandas para a gestão costeira é a zona costeira como um todo, englobando não apenas a orla marítima, mas também a orla lacustre e as planícies costeiras, limitando-se na presente tese à áreas urbana. As recomendações voltam-se, neste caso, para a urgência na implementação de infra-estrutura de saneamento e abastecimento de água, principalmente nos locais de ocorrência de alagamentos, onde o problema da intrusão salina agrava a situação. Além disso, a fragilidade dos ecossistemas costeiros somada ao crescimento populacional leva a necessidade de zoneamentos urbanos e ambientais, assim como a fiscalização das unidades de conservação existentes.

A avaliação do risco de contaminação do lençol freático e desabastecimento de água levou a indicação de áreas com necessidade de instalação emergencial ou prioritária de tratamento de esgoto e de rede de coleta de efluentes e distribuição de água (figuras 127 a 129). As áreas consideradas

como de emergência para o tratamento de esgoto localizam-se em setores dentro de unidades de conservação com elevada densidade populacional e grande quantidade de domicílios com descarte de esgoto em fossas rudimentares. Tendo em vista a dificuldade de acesso destas áreas, geralmente distantes dos centros urbanos, recomenda-se numa ação emergencial a instalação de fossas sépticas com tratamento do esgoto doméstico no lugar de rede de coleta. O caráter emergencial se deve ao fato destas áreas estarem situadas em locais de vulnerabilidade a inundações ou alagamentos, agravando o risco de contaminação. A categoria prioritária refere-se aos locais sem inundação ou alagamento, mas que apresentam também muito elevada deficiência de atendimento sanitário e de abastecimento de água e alta densidade populacional. Fora das unidades de conservação a recomendação é de instalação de rede de água e esgoto, uma vez que geralmente estas áreas encontram-se próximo aos centros urbanos já atendidos pelos serviços básicos. Para as áreas atualmente sem rede de esgoto ou de abastecimento de água com baixa densidade populacional recomenda-se que o crescimento urbano seja realizado com planejamento prévio que estude a relação entre a demanda populacional e a capacidade de tratamento e abastecimento. Foram consideradas mais prioritárias neste sentido as áreas atualmente localizadas na frente de expansão urbana. Destaca-se especialmente a área de expansão de Monte Alto e Figueira, em Arraial do Cabo, onde a ocupação já vem se expandindo por cima das dunas e da vegetação de restinga e sem melhorias na infra-estrutura sanitária. Nas áreas atualmente pouco ocupadas das Unidades de Conservação recomenda-se a fiscalização preventiva que evite ocupações irregulares.

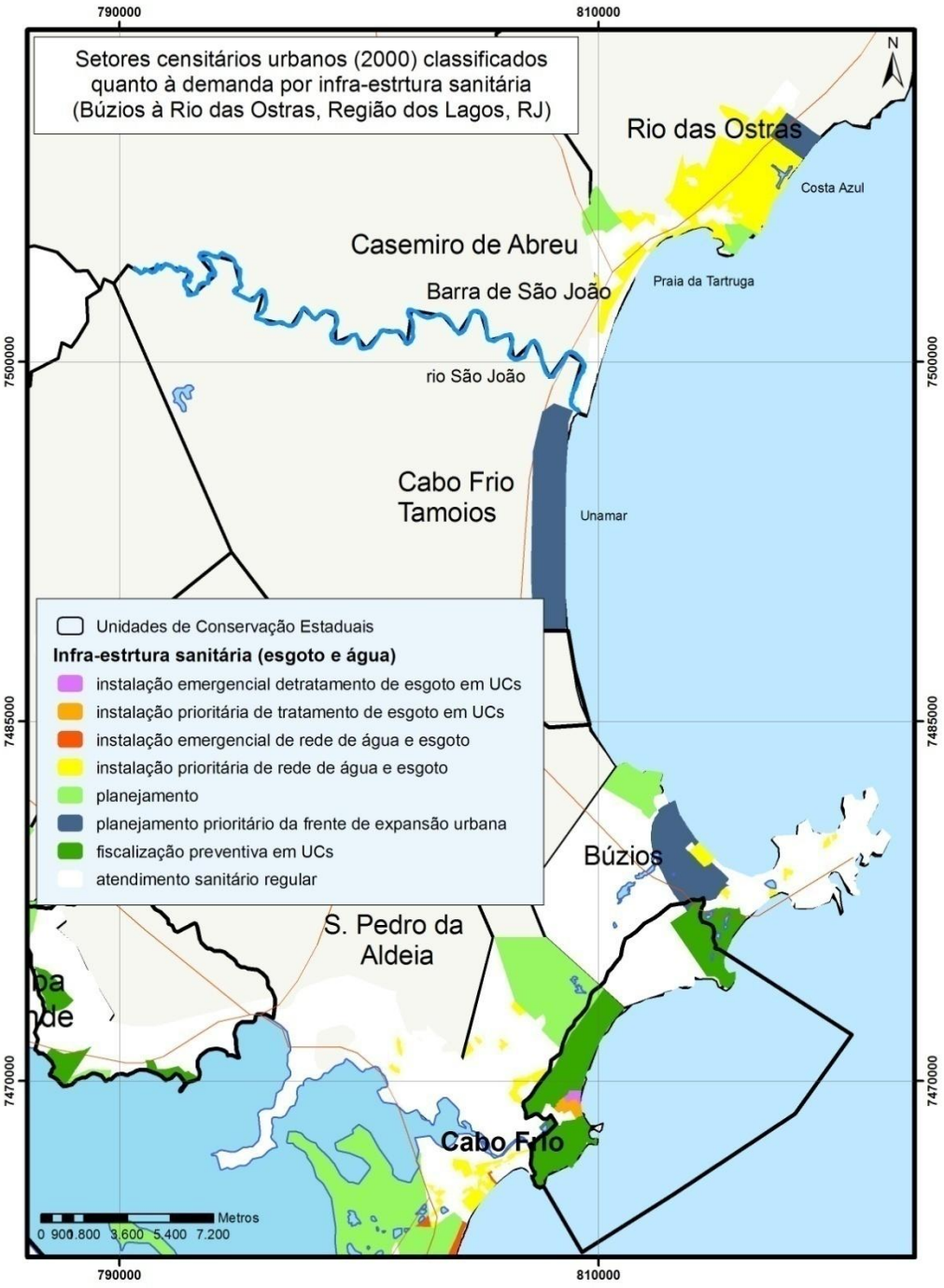


Fig. 127 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Cabo Frio e Rio das Ostras

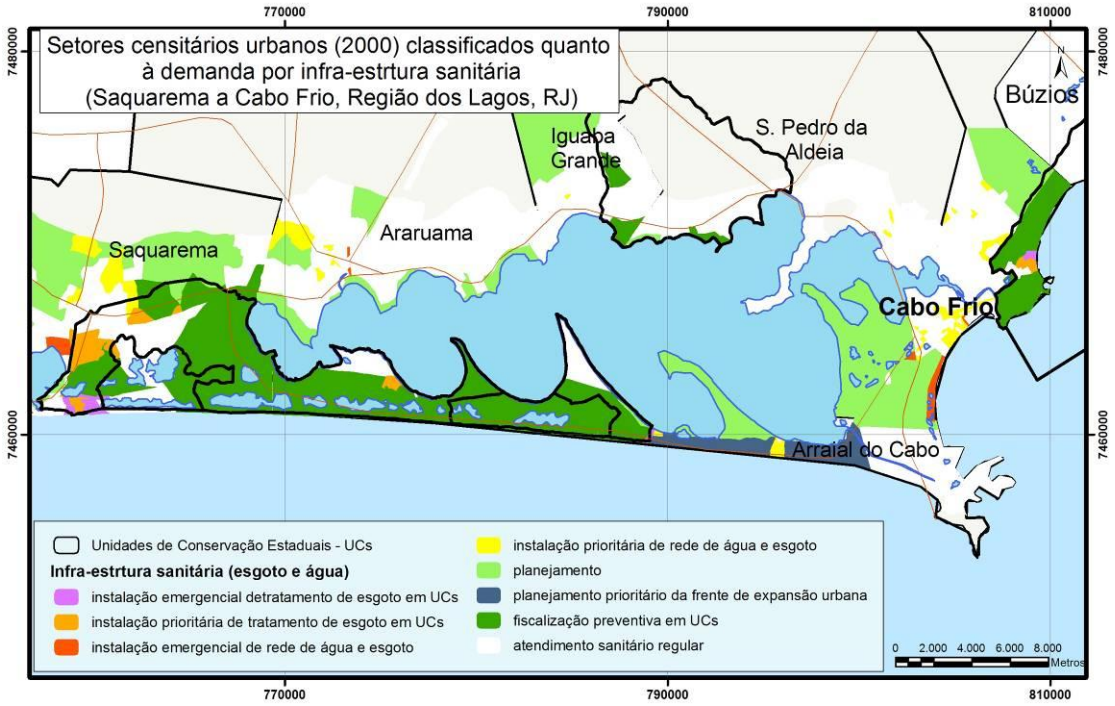


Fig. 128 - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Saquarema e Cabo Frio

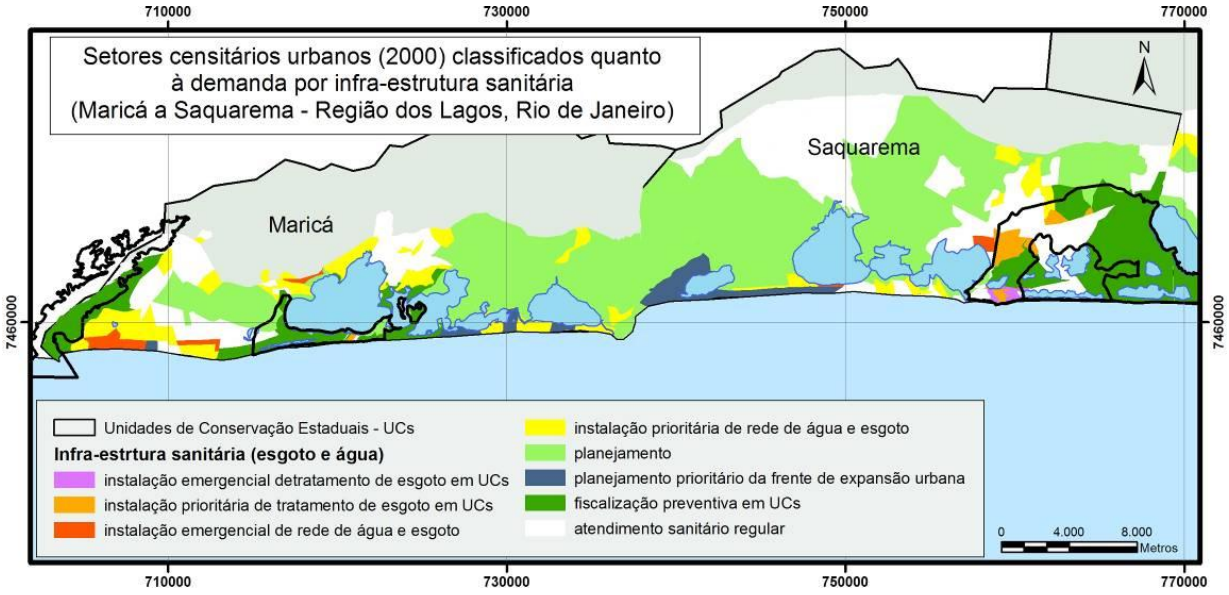


Fig. 129 - - Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto à demanda por infra-estrutura sanitária entre Maricá e Saquarema

Quanto às questões ambientais, os mapeamentos a seguir apontam para áreas com prioridade de recuperação e / ou preservação nas lagunas, dunas, mangues e salinas, assim como áreas de especial atenção ou de prioridade de criação de Unidades de Conservação.

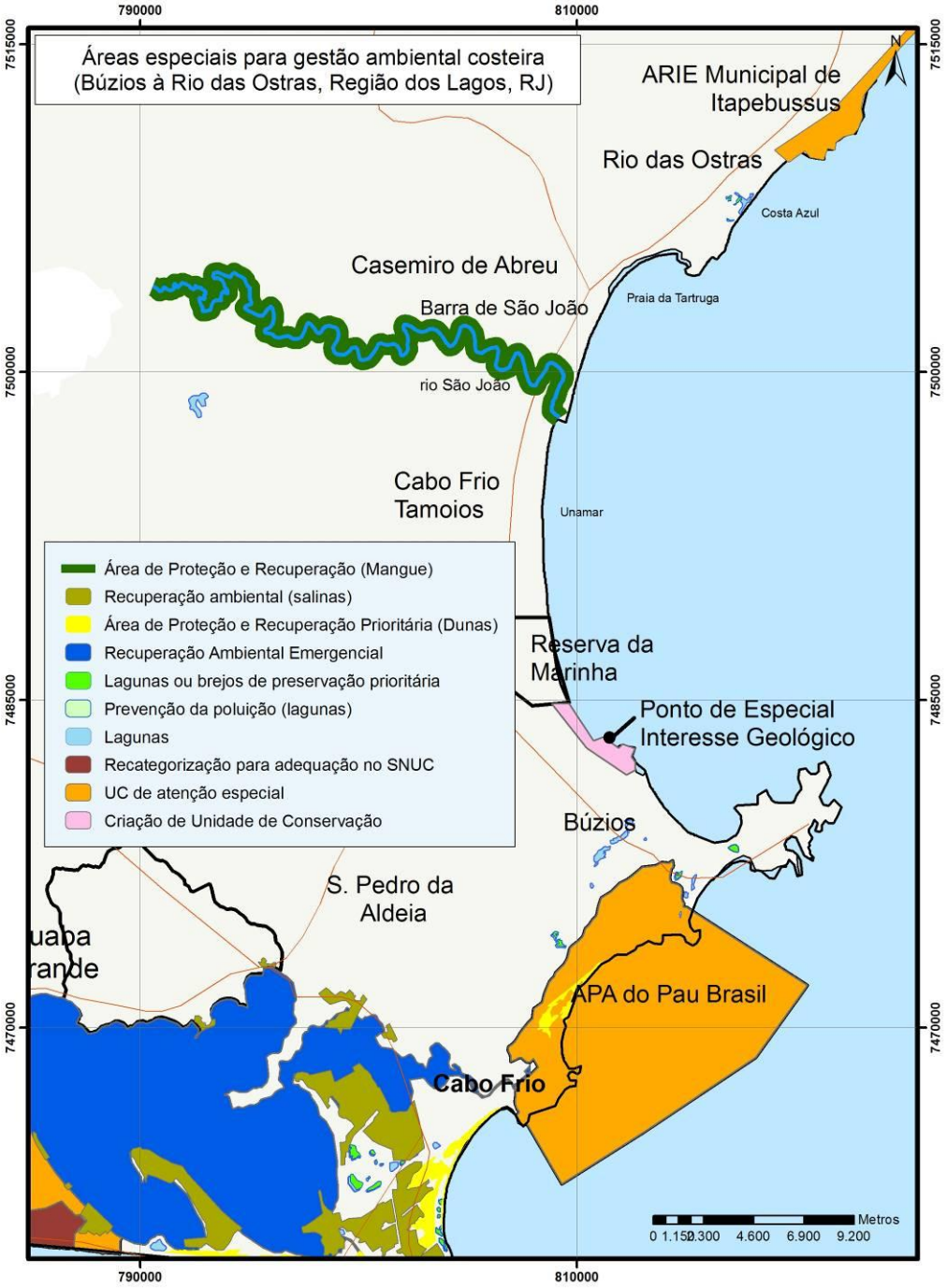


Fig. 130 - Áreas especiais para gestão ambiental costeira entre Cabo Frio e Rio das Ostras

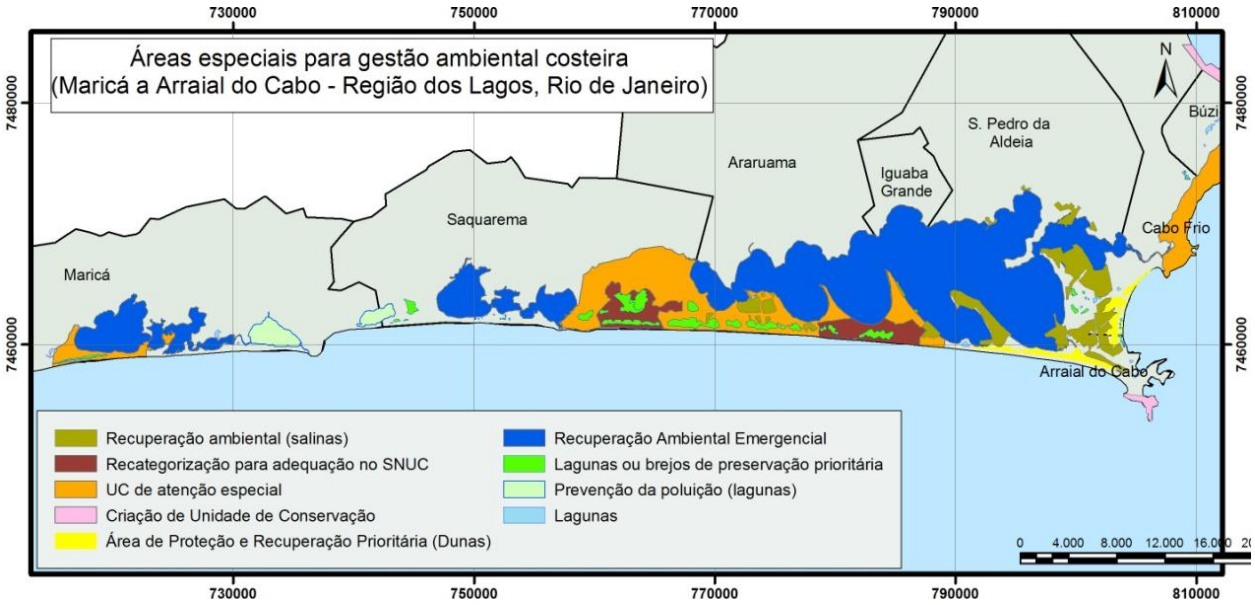


Fig. 131 - Áreas especiais para gestão ambiental costeira entre Maricá e Arraial do Cabo

Considerando que as dunas, restingas e manguezais são áreas de preservação permanente segunda a Resolução CONAMA nº303 de 2002, torna-se necessário a proteção destes ambientes, assim como a recuperação, principalmente no caso das dunas que se encontram ameaçadas pela ocupação desordenada. Outra importante medida relaciona-se às áreas atualmente ocupadas por salinas. Muitas destas encontram-se atualmente desativadas e vêem sofrendo pressão da expansão urbana, resultando na sua ocupação. Algumas destas salinas, no entanto, faziam parte do espelho d'água das lagunas e sua apropriação é irregular. Tal problemática resultou em 2008 em conflitos entre donos das salineiras, pescadores e ONGS da região que defendem a devolução do espelho d'água, conforme documentado pela Revista Cidade (2008). Em relação aos corpos d'água e brejos, recomenda-se a preservação prioritária nos casos das lagunas em processo de colmatação mas ainda em bom estado de conservação. As lagunas de Jaconé e Guarapina que já recebem poluentes por aporte de esgoto doméstico, merecem atenção especial por estarem em áreas de expansão urbana, o que pode agravar sua poluição. Já os sistemas lagunares de Maricá, Saquarema e Araruama demandam ação emergencial de recuperação ambiental. Chama-se atenção ainda para a importância de atenção especial das APAs de Maricá, da Massambaba e do Pau Brasil que encontram problemas de ocupação irregular e inadequação dos serviços sanitários e de coleta de lixo. Holzer (2004) aponta que a APA de Maricá é atualmente local de despejo de lixos, queimadas, de roubo de areia e retirada indiscriminada de espécies vegetais para venda clandestina. Na praia da Massambaba o conflito entre ocupações irregulares sobre campos de dunas em na APA da Massambaba. Em 2007 e em 2009 foram realizadas operações pelos órgãos ambientais estaduais para demolição destas residências

irregulares (foto). Tal medida tomada isoladamente, no entanto, não resolverá o problema que envolve inúmeros interesses e atores (Vidal, 2009; Franz, 2009).

Fig. 132 – Demolição de casas irregulares na APA da Massambaba, Arraial do Cabo em 2007

Em Casemiro de Abreu e Rio das Ostras destaca-se a ocorrência de um manguezal relativamente bem preservado nas margens do rio São João que encontra-se protegido legalmente apenas pela APA do São João. Uma grande parte do rio São João foi canalizado nas décadas de 1970 e 1980 pelo extinto Departamento Nacional de Obas e Saneamento – DNOS - e seu antigo leito atualmente é uma área alagada com vegetação de mangue. O manguezal se estende também para a atual margem do rio, desaparecendo na proximidade da foz, hoje ocupada pela cidade de Barra de São João. Em Rio das Ostras a Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE - de Itapebussus, de competência municipal, também merece atenção por sua importância ecológica, uma vez que protege uma importante área de restinga e lagunas costeiras. Finalmente, sugere-se a criação de Unidades de Conservação no chamado Pontal do Atalaia, em Arraial do Cabo, por sua beleza natural única e forte atração turística, assim como na Ponta do Pai Vitório, em Búzios onde encontra-se importante ponto de interesse geológico segundo o Projeto "Caminhos Geológicos" do Departamento de Recursos Mineiras do estado do Rio de Janeiro (DRM).

Finalmente, como foi visto, o tipo e intensidade da atividade turística típicos das zonas costeiras demandam políticas específicas que observem a relação da vulnerabilidade costeira, em suas diversas dimensões, com o desenvolvimento de tal atividade. Os mapas abaixo apresentam uma classificação dos setores considerados mais importantes para o turismo, revelando a situação desta atividade e o principal problema relacionado.

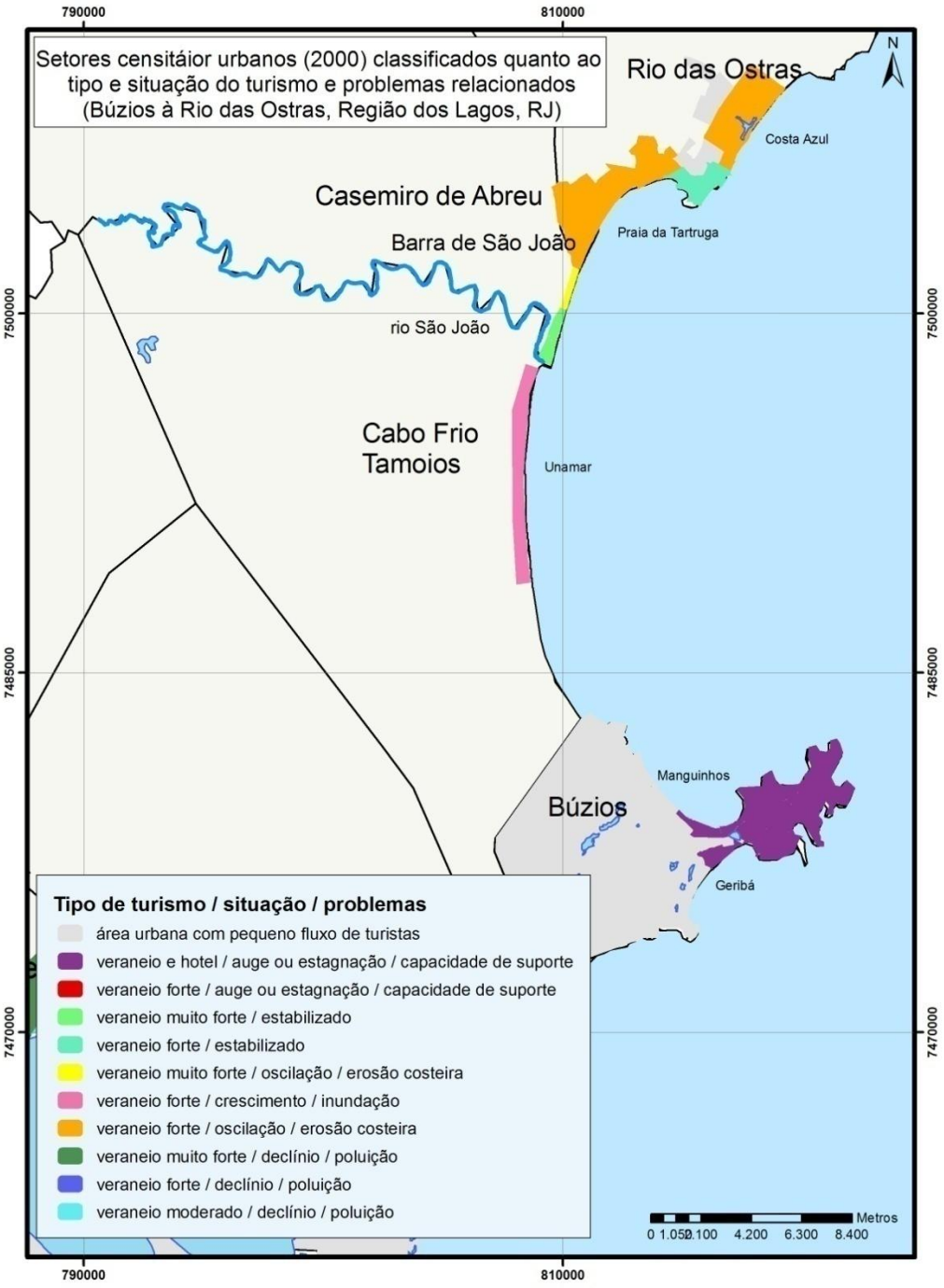


Fig. 133 – Setores censitários urbanos (2000) classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Búzios e Rio das Ostras

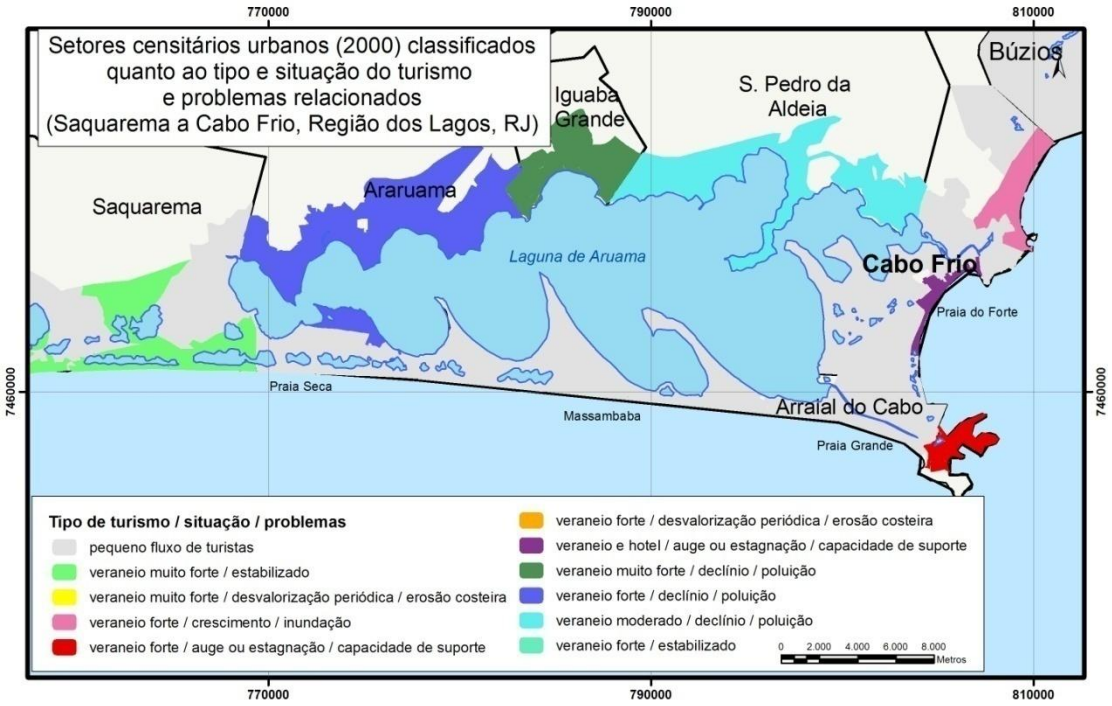


Fig. 134 - Setores censitários classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Saquarema e Cabo Frio

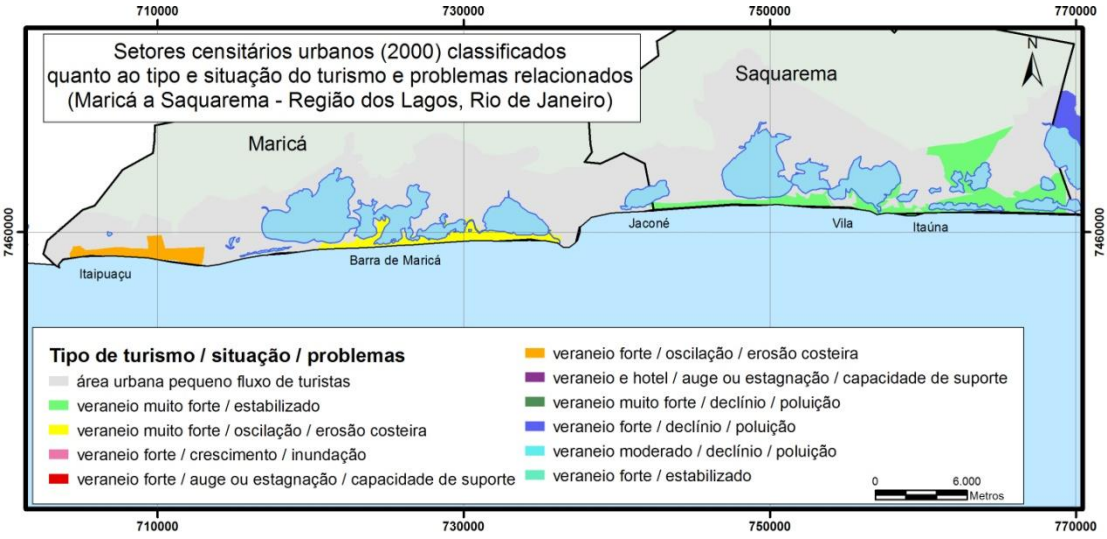


Fig. 135 - Setores censitários classificados quanto ao tipo e situação do turismo e problemas relacionados entre Saquarema e Cabo Frio

Os setores localizados nos municípios de Búzios e na parte central de Cabo Frio e de Arraial do Cabo foram classificados com o mesmo tipo de problema denominado de capacidade de suporte. Tal classificação refere-se ao problema vivenciado nestes municípios de deficiência excessiva de infra-estruturas, tais como, abastecimento de água e coleta de esgoto. Soma-se a estes aspectos, o inchaço urbano em épocas de férias, com freqüentes problemas de engarrafamentos, super-lotação das praias e falta de local para hospedagem. Búzios apresenta também inúmeras ocupações em Áreas de Preservação Permanente, tais como topos de morro e áreas com elevada declividade. Tais problemas, como foi visto na revisão bibliográfica sobre o tema no capítulo II, tendem a levar a atividade turística a uma situação de estagnação e, até mesmo de declínio. Nos municípios do entorno da laguna de Araruama a situação do turismo já se encontra em processo de desvalorização em função, principalmente, da poluição da laguna de Araruama, principal atração local. Outro problema relacionado à desvalorização da atividade turística é a erosão costeira que periodicamente causa prejuízos financeiros para a orla costeira de Maricá e também de Rio das Ostras. Em Maricá estudos anteriores revelaram desvalorização imobiliária em dois diferentes períodos em função de fortes ressacas (Lins-de-Barros, 2005). As localidades do Peró e Unamar, em Cabo Frio, foram consideradas com atividade de veraneio forte e crescimento do turismo. No entanto, ambas apresentam vulnerabilidade à inundação que poderá agravar em caso de mudanças climáticas (figura 136). A praia de Unamar, no distrito de Tamoios, até o ano 2000 era considerada pelo IBGE quase integralmente como área rural. Destacam-se, no entanto, os condomínios de segunda-residência na orla costeira com intenso fluxo em fins de semana, férias e feriados.

Fig. 136 – Alagamento no condomínio Orla 500 na praia de Unamar, Cabo Frio

Fonte: Revista Cidade (2008)

8.6.2 Respostas políticas e avanços recentes

As recomendações apontadas no item anterior não devem ignorar as repostas políticas e avanços recentes com medidas, tanto na área de infra-estrutura sanitária, como na área ambiental.

Destaca-se como um dos principais avanços a inclusão de critérios de conservação ambiental no repasse obrigatório do Governo do Estado aos municípios de 25% do ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços), por força da Lei Estadual n° 5.100/07, regulamentada pelo Decreto Estadual n° 41.101/07. São consideradas para o cálculo do repasse a existência e efetiva implantação de áreas protegidas, a qualidade ambiental dos recursos hídricos e a disposição final adequada dos resíduos sólidos. É a existência de áreas protegidas, notadamente unidades de conservação da natureza, a principal composição desse novo critério, correspondendo a 45% do mesmo. Já a qualidade dos recursos hídricos está associada, entre outros critérios, ao percentual da população urbana atendida por tratamento de esgoto ponderado por nível de tratamento. Assim, o ICMS ecológico, como ficou conhecido, incentiva a criação de unidades de conservação nos municípios, assim como a melhoria da qualidade do tratamento de esgoto, abastecimento de água de descarte de resíduos sólidos. Atualmente, estão em processo de implantação mais de 20 unidades de conservação nos municípios da Região dos Lagos e duas estão recém- inauguradas no município de Búzios (APA Azeda/ Azedinha – outubro de 2009) e em Cabo Frio (Parque Ecológico Municipal Dormitório das Garças). Além disso, o Instituto Estadual de Ambiente – INEA – criado no início do ano de 2009 vem estudando a proposta de criação de uma nova Unidade de Conservação de Proteção Integral, denominada Parque Estadual da Costa do Sol, abrangendo as já existentes APA e Reserva da Massamababa, a Reserva de Jacarepiá, parte da APA da Serra da Sapiatiba, o Pontal do Atalaia e as dunas da Praia do Forte, em Cabo Frio (figura 137). Existe ainda a proposta de expansão parte oeste da atual APA da Massambaba.

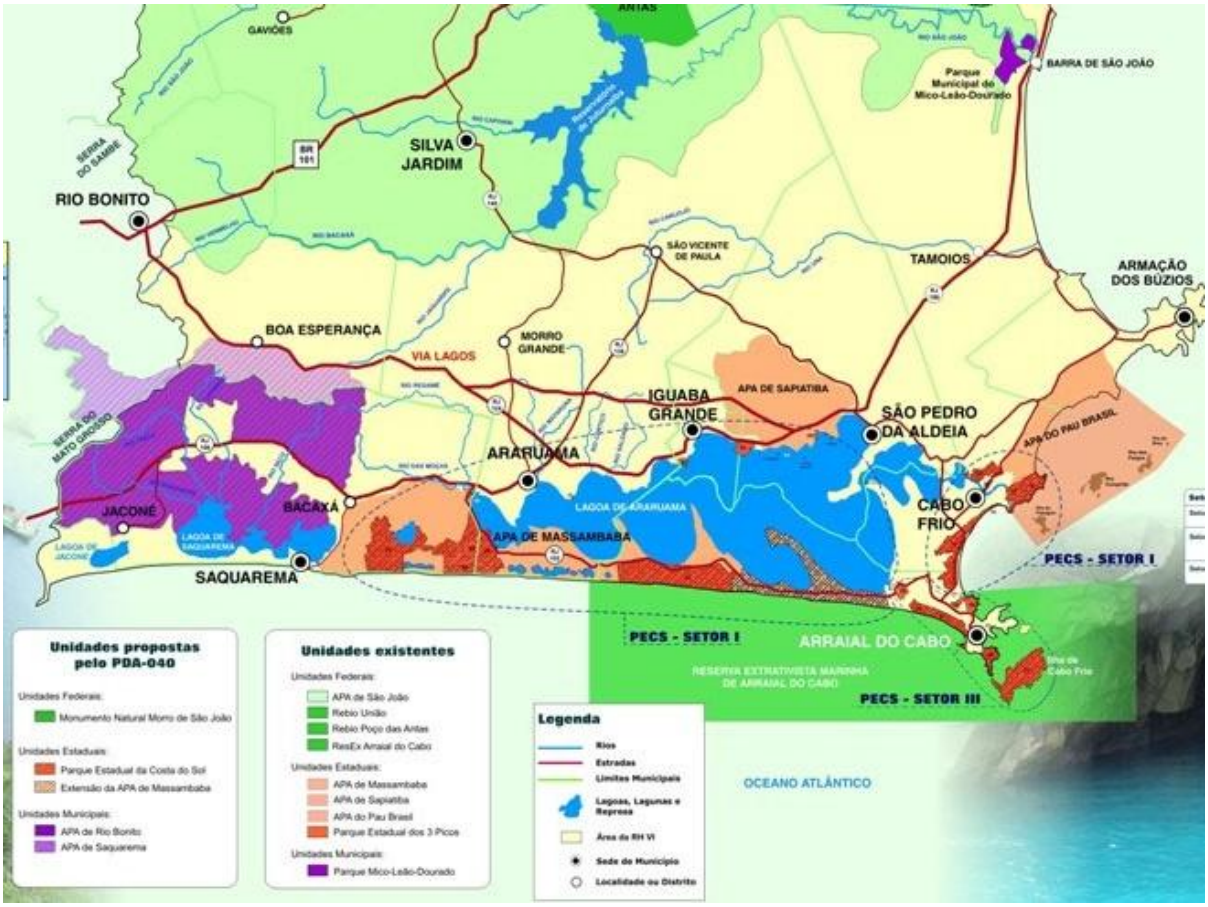


Fig. 137 - Esquema das unidades de conservação existentes e unidades propostas pelo Plano de Ação do Consórcio Intermunicipal Lagos-São João – CILSJ

Fonte: CILSJ (2008)

A proposta da criação do Parque da Costa do Sol apresenta como inovadora a idéia de um parque natural fragmentado, ou seja, descontínuo no espaço, seguindo modelos europeus. Tal parque abrangerá, caso aprovado, seis municípios e uma área total de 5.500 hectares. Esta medida, no entanto, não necessariamente significará a melhora da conservação das áreas de restinga e de dunas, uma vez que, como foi visto, as unidades de conservação de uso sustentável da Região já se encontram ameaçadas pela expansão urbana e falta de infra-estrutura sanitária adequada. A proximidade de áreas urbanas muito consolidadas, especialmente em Cabo Frio, torna ainda mais difícil a execução desta idéia e a possibilidade de fiscalização e manutenção da qualidade ambiental após sua instalação. Alerta-se, portanto, para a importância, talvez mais urgente do que a criação de novas unidades de conservação, da elaboração e cumprimento de planos diretores (municipais e específicos para as unidades de conservação) e zoneamentos que visem a melhoria da fiscalização e da qualidade de conservação das UCs já existentes. Neste sentido, cabe ressaltar a elaboração em 2007 do Plano Diretor do município de Arraial do Cabo onde consta uma proposta de zoneamento do município visando resolver os conflitos desta ordem com a definição de zonas de ocupação

controladas na área atualmente em expansão da praia da Massambaba, assim como outras zonas de conservação e parques naturais municipais.

Diversas tentativas de melhorias da situação da poluição das lagunas também vêm sendo realizadas pelo poder público. Em Saquarema foi concluída em 2003 a obra de abertura permanente do canal de maré (Barra Franca). No entanto, aproximadamente um ano depois, o guia-correntes que deveria manter o canal aberto foi assoreado e o canal voltou a se fechar. Além disso, Azevedo (2005) ressalta que a abertura permanente não é suficiente para resolver o problema da poluição, sendo necessária a diminuição do aporte de efluentes pela população. Na laguna de Araruama foi realizada a instalação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) da concessionária PROLAGOS em 2004 que realiza tratamento secundário em tempo seco com capacidade de coleta de 420 l /s de esgoto. Conforme relatado pela Revista Cidade de fevereiro de 2009, em 2005 este tratamento não foi suficiente para evitar a proliferação de algas na lagoa e em janeiro de 2009, após um período de chuvas, mais de 40 toneladas de pescado morreram sufocadas pela grande quantidade de esgoto e nova proliferação de algas (Revista Cidade, 2009). Ainda assim, alguns dos parâmetros medidos pela PROLAGOS e cedidos pela ONG Viva Lagoa demonstram sensível melhora da qualidade da água da Laguna de Araruama, principalmente a partir do ano de 2007. Destaca-se a grande diminuição de concentração de *Escherichia Colli* (Coliformes Fecais) nos 11 pontos de coleta de amostras que apresentava frequentemente valores acima do limite permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (1000 coliformes termolerantes / 100ml) até o ano 2007 quando os valores passam a ser inferiores que 100 coliformes / 100ml. Tal melhoria pode ainda ser atribuída à obra de drenagem do Canal de Itajurú, em Cabo Frio, finalizada em 2007 pela extinta SERLA em parceria com o Consórcio Intermunicipal Lagos-São João -CILSJ. Esta obra teve como intuito aumentar a circulação da Laguna de Araruama, reduzindo seu tempo de residência. No entanto, os valores de Nitrogênio total apresentaram forte aumento em 2006, voltando a diminuir em 2007, mantendo-se, no entanto um pouco acima do valor limite estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005. Tal aumento pode estar relacionado à própria atividade das ETEs, pois, como afirma Moreira (2003), o tratamento secundário é baseado na remoção de DBO (demanda biológica de oxigênio), mas não elimina eficientemente o nitrogênio e o fósforo que são a causa do crescimento das algas.

Além da Concessionária PROLAGOS, as Concessionárias Águas de Jurtunaíba – CAJ - e a CEDAE também atuam em alguns municípios da Região dos Lagos. No entanto, conforme se observa nos dados disponibilizados pelo Sistema nacional de saneamento básico – SNIS – em 2006 a maior parte dos municípios tinha menos de 50% de sua população atendida por rede de coleta de esgoto.

Tabela 17 – População atendida por coleta de esgoto, volume coletada ou tratado e extensão da rede de esgoto por município e prestadora do serviço

MUNICÍPIO	SIGLA DO PRESTADOR	População atendida esgoto (2006)		Volumes de esgoto (1000m3/ano)		Extensão da rede de esgoto
		Total	%	Coletado	Tratado	Km
Araruama/RJ	CAJ	65.589	67	-	4.869	76
Armação dos Búzios/RJ	PROLAGOS	12.292	50	1.535	1.535	21
Arraial do Cabo/RJ	PROLAGOS	0	0	0	0	0
Cabo Frio/RJ	PROLAGOS	71.599	44	7.122	7.122	21
Iguaba Grande/RJ	PROLAGOS	14.742	75	0	0	8
Maricá/RJ	CEDAE	-	-	-	-	-
São Pedro da Aldeia/RJ	PROLAGOS	36.001	47	1.612	1.612	32
Saquarema/RJ	CAJ	27.717	45	-	913	11

Fonte: Sistema nacional de saneamento básico – SNIS (2006)

A questão do lixo urbano também vem sendo discutida pelas prefeituras municipais, por intermédio do Consórcio Intermunicipal Lagos-São João, cuja atuação vem apresentando resultados positivos. Em dezembro de 2007, após debates sobre o local mais apropriado, foi inaugurado um aterro sanitário privado no município de São Pedro da Aldeia. Conforme destaca a Revista Cidade (Cidade, 2007), caso o contrato com todos os municípios do Consórcio Intermunicipal seja concretizado, a previsão é de que o aterro receba cerca de 500 toneladas de lixo por dia.

As propostas e avanços comentados ilustram a diversidade de atores envolvidos nas decisões e interesses que norteiam a gestão costeira da Região dos Lagos. A indicação das áreas de demandas espaciais para a gestão, com base nos resultados da pesquisa, apontadas no item anterior, não pretende propor uma gestão costeira neste sentido mais amplo e político, o que demandaria um aprofundamento do conhecimento dos atores e interesses envolvidos.

CAPÍTULO IX

CONCLUSÕES

Todos os problemas são insolúveis
(Fernando Pessoa – Livro do Desassossego)

A aplicação da proposta metodológica de avaliação local da vulnerabilidade costeira apresentada na presente tese resultou na indicação de áreas vulneráveis fisicamente, socialmente e ambientalmente, assim como de áreas de riscos relacionadas à exposição da população a diversos tipos de desastres ou impactos. Além disso, os indicadores, as classificações e os mapeamentos elaborados contribuíram para a compreensão dos fatores envolvidos na vulnerabilidade costeira, assim como da relação entre as diferentes dimensões que compõe tal vulnerabilidade. O desenvolvimento da metodologia de avaliação local da vulnerabilidade costeira na Região dos Lagos demonstrou ainda a possibilidade de aplicar os resultados encontrados na definição de recomendações para a tomada de decisões, subsidiando a elaboração de zoneamentos e políticas e o direcionamento de investimentos, fornecendo assim instrumentos para a gestão costeira. Finalmente, vale ressaltar que a maior parte das análises e mapeamentos foi baseada no uso de variáveis e informações de livre acesso, permitindo a sua aplicabilidade em quase todo o litoral brasileiro.

Cada um dos objetivos específicos traçados para o estudo de caso da Região dos Lagos foi desenvolvido ao longo da tese, contribuindo, não apenas para a contribuição dos complexos processos litorâneos e das dinâmicas sociais, como também para a geração de novas questões e para o levantamento de importantes demandas de pesquisa. No caso do estudo e monitoramento da evolução da linha de costa nas últimas décadas, contatou-se respostas diferenciadas ao longo da costa, apontando para períodos de estabilidade a até progradação e outros de erosão costeira acentuada. Alguns segmentos da costa tiveram confirmada sua tendência em médio prazo de recuo da linha de costa, apontado para áreas de instabilidade física e de risco para a população. Uma das questões que se levanta é o papel dos eventos periódicos de forte magnitude (tempestades e ressacas) no funcionamento do processo erosivo, em conjunto com a idéia de um processo gradual no tempo. Para a melhor compreensão deste funcionamento é fundamental a aquisição de séries históricas mais longas da posição da linha de costa e da ocorrência de tempestades, o que poderá revelar melhor o comportamento da linha de costa, apontando ciclos de estabilidade, progradação e erosão. Outra

importante questão é a importância das mudanças pluviométricas de curto a médio período na cobertura vegetal de dunas e escarpas de praia, influenciando no avanço da linha de costa.

A classificação e caracterização da geomorfologia costeira revelaram também importantes diferenças de feições e processos associados, influenciando em diferentes graus de resistência em caso de tempestades e de diferentes respostas potenciais em caso de mudança do nível do mar. A elaboração periódica das Cartas de Sensibilidade ao Óleo pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Petrobrás é de especial importância para a atualização deste tipo de caracterização. Torna-se importante, portanto, que tais dados continuem a ser divulgados e disponibilizados para o publico acadêmico. A metodologia de mapeamento por *smartline* apresentada demonstrou a possibilidade de formulação de um banco de dados com relativa flexibilidade para alterações e atualizações e ainda para geração de combinações e índices.

O estudo dos desastres de alagamentos, através do uso de registros da Defesa Civil e de reportagens na mídia, permitiu estender a análise da vulnerabilidade à inundação, um dos principais aspectos da vulnerabilidade costeira, para além da linha de costa, englobando toda a planície costeira. Cada vez mais, trabalhos internacionais vêm apontando para a importância da elaboração de séries histórica de ocorrência de desastres, visando compreender os ciclos de ocorrência, as tendências e identificar as áreas de maior risco. Este tipo de estudo contribui para a formulação de políticas de prevenção de desastres, assim como para zoneamentos. Em relação à vulnerabilidade à inundação por transposição de ondas ressalta-se a importância da matriz elaborada revelando a interação entre a morfodinâmica praial, a exposição às ondulações e as características da feição do pós-praia com tal processo. Compreender estas relações torna-se importante, não apenas para identificar a vulnerabilidade, mas também para contribuir com o estudo da evolução de cordões litorâneos transgressivos. Neste sentido, o estabelecimento de novas correlações com maior número de variáveis e de evidências do processo se torna essencial para o aprimoramento da matriz ora proposta.

O mapeamento da distribuição populacional dos municípios da área de estudo demonstrou claramente a concentração da população urbana próximo à costa. Ao mesmo tempo, confirmou-se o padrão de ocupação, com grandes concentrações urbanas intercaladas por vazios demográficos, seguindo a tendência mundial e, mais especificamente, do litoral brasileiro, conforme discutido. A análise em escala local, através do uso dos dados censitários do IBGE por setores urbanos, foi fundamental para gerar uma estimativa relativamente precisa do número de habitantes em áreas consideradas vulneráveis fisicamente. Tal procedimento possibilitou avaliar o grau de exposição da população, contribuindo para uma análise mais detalhada da vulnerabilidade social. No entanto, apesar da importância do uso de setores censitários para estudos em escala local, algumas dificuldades encontradas no uso da base disponibilizada pelo IBGE devem ser comentadas. A

primeira relaciona-se aos erros encontrados na base espacial, com sobreposições e distorções que exigiram diversas correções por geoprocessamento para se chegar a um resultado mais aceitável. A segunda relaciona-se à própria divisão das unidades espaciais que não são homogêneas exigindo interpretações cuidadosas dos dados associados e dificultando a comparação de períodos distintos. Finalmente, ressalta-se que as estimativas realizadas para unidades espaciais diferentes das administrativas, como no caso da população na orla costeira ou nas áreas consideradas vulneráveis fisicamente, assume possíveis extrapolações, principalmente em setores com área relativamente maior.

Além da avaliação da distribuição populacional nas zonas costeiras, foi fundamental a realização de um estudo integrado entre as condições sociais e habitacionais e a vulnerabilidade física para se alcançar uma avaliação mais completa da vulnerabilidade social e dos riscos associados. Neste sentido, lembra-se que a zona costeira constitui um dos espaços mais graves em relação aos problemas de contaminação do lençol freático e deficiência de água potável. O uso das variáveis da situação domiciliar de abastecimento de água e descarte de efluentes por setores censitários permitiu a criação de uma matriz para avaliação deste risco, o qual associado aos resultados da avaliação local da vulnerabilidade física permitiu apontar as áreas mais críticas e com demandas emergenciais. A introdução da atividade turística como agravante destes riscos completou a análise apontando para a forte influência do tipo e intensidade do turismo na vulnerabilidade costeira.

Finalmente, a avaliação da vulnerabilidade ambiental demonstrou com clareza a relação da dimensão ambiental com as outras dimensões da vulnerabilidade costeira, tanto na problemática das alterações e degradações dos ecossistemas como na influência destes nos processos físicos e sociais. Os resultados para a Região dos Lagos apontaram desde as alterações físicas pela expansão urbana desordenada, até a contaminação dos corpos lagunares por aporte de efluentes domésticos. Apesar destes resultados indicarem o agravamento potencial da vulnerabilidade física em função das alterações, especialmente dos campos de dunas, tornam-se necessários estudos de caso específicos para melhor compreensão deste processo. Da mesma forma, a desvalorização imobiliária de turística destacada como conseqüência de determinados problemas ambientais merece atenção especial em estudos futuros, que mensurem este fenômeno qualitativamente, em termos por exemplo da qualidade de vida, e quantitativamente, através das perdas econômicas.

De modo geral se conclui que a proposta metodológica de avaliação local da vulnerabilidade costeira apresentada e aplicada na presente tese contribuiu para nortear as pesquisas voltadas para esta temática, ao identificar os pontos críticos sujeitos a diferentes impactos e vulnerabilidade associadas. Foi priorizada na proposta metodológica a utilização de variáveis essenciais para a compreensão de cada dimensão considerada específica da vulnerabilidade costeira. Com isso, se evitou a composição de índices gerais com um número excessivo de variáveis que não

necessariamente respondem às características e questões pertinentes para o estudo costeiro. Esta opção permitiu alcançar classificações e tipologias com menor distanciamento do processo que se está analisando, ou seja, diminuindo o que Cendrero *et al.* (2003) chamou de uma caricatura da realidade, comum na composição de índices muito gerais. A escolha da escala local também se apresenta como uma importante contribuição da metodologia proposta, uma vez que demonstra a possibilidade de uma avaliação com certo grau de reprodução em escala adequada para a tomada de decisões. Geralmente a dificuldade encontrada nesta escala é justamente a obtenção de dados levando, em muitos casos, à necessidade de entrevistas e questionários, o que demanda um trabalho muito demorado e de difícil operacionalização no caso de uma área de estudo grande. A utilização de dados de livre acesso em escala geográfica pequena, com destaque para as características geomorfológicas disponibilizadas no Altas de Sensibilidade ao Óleo da Bacia dos Santos (MMA, 2007), no livro Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro (MMA, 2006), e para as variáveis sociais obtidas através do IBGE para a unidade de setores censitários urbanos, assim como o uso de tecnologias de sensoriamento remoto demonstraram a viabilidade da avaliação em escala local e ao mesmo tempo garantindo sua capacidade de reprodução.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. Scales of Governance and Environmental Justice for Adaptation and Mitigation of Climate Change. **Journal of International Development**, England, v. 13, no.7, p. 921-931. 2001.

ADGER, W.N.; BROOKS, N.; BENTHAM, G.; AGNEW, M.; ERIKSEN, S. **New indicators of vulnerability and adaptive capacity.** Tyndall Centre for Climate Change Research (Technical Report 7: Final Project Report), 122p. 2004. Disponível em: http://www.tyndall.ac.uk/publications/tech_reports/tech_reports.shtml. Acessado em: maio de 2007.

AGARWAL, S. Restructuring Seaside Tourism: The Resort Lifecyle. **Annals of Tourism Research**, Elsevier Science Publishers, London, v. 29, no.1, p.25-55, 2002.

ANEAS DE CASTRO, S.D. Riesgos y Peligros: una visión desde la geografia. **Scripta Nova:** Revista Eletrónica de Geografia y Ciencias Sociales, Barcelona. n.60. Março. 2000 ISSN: 1138 -9788 (*online*)

AZEVEDO, F.B.B **Modelagem da capacidade de suporte da laguna de Saquarema – RJ após a abertura de uma conexão permanente com o mar.** Niterói, 2005, 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal Fluminense (UFF). Niterói, 2005.

AZEVEDO, I.F. **Emprego de modelagem computacional na simulação de processos morfo-sedimentares – O caso do embaiamento Rio das Ostras – Cabo Búzios.** Rio de Janeiro, 2008, 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós Graduação em Geografia,Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BALK, D. & YETMAN, G. (2004) **The Global Distribution of Population: Evaluating the gains in resolution refinement.** Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) Columbia University. Disponível em: http://beta.sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/docs/gpw3_documentation_final.pdf. Acessado em: dez/2006.

BARBOSA, C.F. **Reconstituição peleoambiental de fácies lagunares com base em foraminídeos: o nível do mar no quaternário superior na área de Cabo Frio, RJ.** São Paulo, 1997. 257f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo. 1997.

BASE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS -BIM (1991) Disponível em: www.ibge.gov.br. Acessado em jun/2004.

BELLIGOTTI, F.M. **Avaliação Metodológica da Profundidade de Convergência (Profundidade de Fechamento) de Perfis de Três Praias de Energia Moderada a Alta no Litoral do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

BENTES, A.M.L., & MUEHE, D. Morphodynamic variability of four beaches on the Norhern-Center sector of Rio de Janeiro State. **Journal of Coastal Research**, Florida. Special Issue v.35, p.265-270, 2003.

BIDEGAIN, P.; BIZERRIL, C. **Lagoa de Araruama: perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo.** Rio de Janeiro: Semads. 2002, 167p. Disponível em: www.semads.rj.gov.br Acesso em ago.2005.

BIRD, E.C.F. **Submerging Coasts. The effects of a rising sea level on coastal environments.** England: Ed. John Wiley & Sons. UNEP. 1993, 184p.

BOHRER, C.B.A.; DANTAS, H.G.R.; CRONEMBERGER, F.M.; VICENS, R.S.; ANDRADE, S.F. Mapeamento da vegetação e do uso do solo no centro de diversidade vegetal de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia.** Rio de Janeiro, v. 60 n. 1, 2009 (*online*).

BOWEN, R. e RILEY, C. Socio-economic indicators and integrated coastal management. **Ocean and Coastal Management** Delaware, v. 46. p.299-312. 2003.

BRAGA, T.M.; GONGALVES DE FREITAS, A.P.; DUARTE, G.S.; CAREPA-SOUZA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**. Belo Horizonte, v.14, n. 3, p.11-33, 2004.

BRASIL. **Lei nº 41.10. de 27 de dezembro de 2007.** Estabelece definições técnicas para alocação do percentual a ser distribuído aos municípios, em função do critério de conservação ambiental acrescido no inciso VI do artigo 1º da Lei Estadual nº 2664, de 27 de dezembro de 1996, pela Lei nº 5100 de 04 de outubro de 2007.

BRASIL. **Lei nº 5100 de 04 de outubro de 2007.** Altera a Lei nº 2664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº 9985 de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. **Decreto-Lei nº5300 de 8 de dezembro de 2004.** Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima.

BRASIL. **Lei Estadual (RJ) nº2829 de 11 de novembro de 1995.** Denomina Região dos Lagos o conjunto de municípios que indica.

BRASIL. **Lei Federal nº 9985 de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 5100 de 04 de outubro de 2007.** Altera a Lei nº 2664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº7611 de 16 de maio de 1988.** Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº6938 de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) **Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da bacia Marítima de Santos.** 2007.

BUSH, D. M.; NEAL, W.; YOUNG, R; PILKEY, O. Utilization of Geoindicators for Rapid Assessment of Coastal-Hazard Risk and Mitigation. **Ocean and Coastal Management**, Delaware, v. 42. Ed. Elsevier, p. 647-670, 1999.

BUTLER, R.W. The Concept of a Tourist Area Cycle of Evolution: implications for management of resources. **Canadian Geographers.** University of Western Ontario, Ontario, v. 24, n.1,1980.

CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS – CAGED **Perfil do Município.** Ministério do trabalho e Emprego. Disponível em: www.mte.gov.br/geral/estatisticas.asp Acessado em: jun. de 2008.

CALLIARI, L.; BOUKAREVA, I.; PIMENTA, F,; SPERANSKI, N. Classificação da Costa Gaúcha com Base nos Padrões de Refração de Ondas de Tempestade e Evidências Geomorfológicas de Erosão Costeira. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS. 2000, **Anais do Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas**, 2000, p. 195-198.

CARTER, R.W.G. **Coastal Environments: An introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines. London:** Academic Press, 1988 (reimpressão 1993), 617 p.

CAPEL, H. **La física sagrada: creencias religiosas y teorías científicas en los orígenes de la geomorfologia española, siglos XVII-XVIII.** Barcelona: Ediciones del Serbal, 1985, 223p. (Série Libros del Aguazul)

CASSETI, V. **Geomorfologia.** [S.l.] 2005. Disponível em: http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: fevereiro de 2009.

CASTRO, D.M.M. **Gestão Ambiental: Aspectos Técnico-Científicos e Político-Institucionais. Caso Região dos Lagos, RJ**. Rio de Janeiro, 1995. 135f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1995.

CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – CIDE. **Banco de Dados Municipais.** Disponível em: www.cide.rj.gov.br/cide/index.php Acessado em: julho de 2009.

CENDRERO, A. E FISHER, D.W. A Procedure for Assessing the Environmental Quality of Coastal Areas for Planning and Management. **Journal of Coastal Research.** Florida, v. 13, no. 3, p.732-744, 1997.

CENDRERO, A., FRANCES, E., DEL CORRAL, D., FERMAN, J.L., FISCHER, D., DEL RIO, L., CAMINO, M. & LOPEZ, A. 2003: Indicators and Indices of Environmental Quality for Sustainability Assessment. **Journal of Coastal Research -** Coastal Areas: Application to Case Studies in Europe and the Americas. Florida, v.19, n. 4, p.919-933. 2003.

CICIN-SAIN, B. & SUMAN, D. Integrated Coastal Management Principles. Apresentado no **U.S. Brazil Consortium in Marine Policy.** Rio de Janeiro, junho de 2004.

CICIN-SAIN, B e KNETH, R. **Integrated Coastal and Ocean Management: concepts and practices.** Washington, D.C. University of Delaware: Island Press.1998, 517p.

CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK – CIESIN **Gridded Population of the World.** 2005. Disponível em: www.ciesin.columbia.edu/, acessado em: jun. 2008.

COELHO, M. S.A. **A Segunda Habitação: Reflexões sobre a Expansão da Metrópole do Rio de Janereiro.** Rio de Janeiro, 1986. 118f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro / PUR. 1986.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL LAGOS-SÃO JOÃO – CILSJ **Regiões e Bacias Hidrográficas.** Disponível em: www.lagossaojoao.org.br/ Acessado em: abril de 2009.

CORBIN, A. **O território do Vazio. A praia e o imaginário ocidental.** Tradução Paulo Neves. São Paulo: Ed. Companhia das Letras, 1989, 385 p.

COX, M.; SCHELTINGA, D.; RISSIK, D.; MOSS, A.; COUNIHAN, R.; ROSE, D. Assessing Condition and Management Priorities for Coastal Waters in Australia. In: THE COASTAL ZONE ASIA PACIFIC CONFERENCE. Improving the Quality of Life in Coastal Areas, 2004, Brisbane, Austrália. **Proceedings of the Coastal Zone Asia Pacific Conference**, 2004, p. 551-557

COWELL, P. J.; THOM, B.G Morphodynamics of coastal evolution. *In:* R. W. G. CARTER; C. D. WOODROFFE (ed.). **Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline morphodynamics.** London: Cambridge University Press, 1994, p. 33-87.

CLARK, J.R. **Coastal Zone Management Handbook.** New York: CRC Press, 1996, 693p.

DAL CIN, R.; SIMENONI, U. A model for determining the Classification, Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). **Journal of Coastal Research**, Florida, v. 10, n.1, p. 18-26, 1994.

DEAN, R.G. (1989) James Hutton's role in the history of geomorphology. *In:* K.J. TINKLER (ed.) **History of Geomorphology**, **from Hutton to Hack**. London & New York, 1989.

DIAS, F.F.; SEOANE, J.C.S.; CASTRO, J.W.A.; Evolução da linha de praia do Peró, Cabo Frio / RJ nos últimos 7.000 anos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ.** v.32, n.1, p. 9-20, 2009.

DOLAN, A. H.; WALKER, I. J. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, Brasília, v. 39, 2004.

DOMINGUEZ, J.M.L. **Evolução Quaternária das planícies costeira associada à foz do rio Jequitinhonha (BA): Influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos.** Bahia, 1982. 79f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto e Geociências, UFBA. Dissertação de mestrado. 1982.

EHLER, C. Indicators to measure governance performance in integrated coastal management. **Ocean and Coastal Management**, Elsevier Science Publishers, Delaware, v.46, p.335-345, 2003.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. São Paulo: FINEP/Interciência, 1988, 575p.

ESTEVES, L. S. Identificação de Áreas Prioritárias para Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul. In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA. Recife, 2003. **Anais eletrônicos do II Congresso sobre planejamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa.** Recife, 2003.

FABER, O. A.; REIS, R. B. ; ROCHA, E. M. F. Uso do sensoriamento remoto para ponderar a distribuição da população no município do Rio de Janeiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS. Goiânia, 2004. Anais do Congresso Brasileiro de Geógrafos. Goiânia, 2004.

FERNANDEZ, G. B. **Morfologia e dinâmica do sistema praia, duna frontal e antepraia em ambiente de alta energia: praia da Massambaba, litoral do Rio de Janeiro, Brasil.** Rio de Janeiro, 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesq. do Estado do Rio de Janeiro. 2003.

FERREIRA E SILVA, M.G. A praia e o imaginário social: discurso médico e mudança de significado na cidade do Rio de Janeiro. *In:* **Paisagem, Imaginário e Espaço.** ROSENDAHL, Z. CORRÊA, R.L. (Org.) Rio de Janeiro: Ed. UERJ. 2001, p.183-206.

FORD, J. **Vulnerability: Concepts and Issues. A literature review of the concept of vulnerability, its definition, and application in studies dealing with human-environment interactions.** Ontario. Submitted as part of PhD Scholarly Field Paper. 2002. 31f. University of Guelph, Ontario, 2002.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - FEEMA **Perfil Ambiental: município de Arraial do Cabo.** Rio de Janeiro. 1989, 43p.

FRANZ, S. **GIS-gestützte Erfassung der sozioökonomischen und naturgefahrbezogenen Vulnerabilität der Região dos Lagos (Rio de Janeiro, Brasilien).** Tuebigen, 2008. 128f. Diplomarbeit, Tuebigen. 2008.

GIDDENS, A. **As Conseqüências da Modernidade.** Tradução de Raul Fiker. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, 1991, 177 p.

GLACKEN, C. J. El medio, la población y la perfectibilidad del hombre. *In:* **Huellas en la playa de Rodas.** Ediciones Del Serbal, 1973, p. 571-599.

GORNITZ, V.; BEATY, T.; DANIELS, R. **A Coastal Hazards Data Base for the U.S. West Coast.** United States: Environmental Science Division Publication. 1997, 150p.

HARVEY, N.; WOODROFFE, C. Australian approaches to coastal vulnerability assessment. **Sustainable Science**. V. 3, p. 67-87. 2008

HARVEY, N; CLOUSTON, B.; CARVALHO, P. Improve Coastal Vulnerability Assessment Methodologies for Integrated Coastal Zone Management: an Approach from South Australia. **Australian Geographical Studies**, Sidney, v. 37, no. 1, p. 50-69, 1999.

HOGAN, D. Crescimento Demográfico e Meio Ambiente**. Revista Brasileira de Estudos da População.** Campinas, v. 8, n. 1/2, p.62-71, 1991.

HOLZER, V. Sustentabilidade da Urbanização em Áreas de Restinga: uma proposta de avaliação pós-ocupação. **Paisagem e Ambiente: ensaios**. Ed. USP. São Paulo. v. 19, p.49-66, 2004.

IBGE (2000) Censo demográfico 2000. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acessado em janeiro de 2005.

INKPEN, R. Ideas, change and stability in physical geography. **Science, Philosophy and Physical Geography**. Londres e Nova York: Routlege. 2005, p.5-24.

IPCC **Report of The Coastal Zone Management Subgroup: Strategies for Adaption to Sea Level Rise.** Intergovernamental Panel On Climate Change – Response Strategies Working Group. November, 1990, 122 p.

IPCC **Summary for Policymakers.** 2007 Disponível em http://www.ipcc.ch/. Acessado em setembro de 07.

IRELAND, S. The Holocene Sedimentary History of the Coastal Lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. *In:* MICHAEL TOOLEY & IAN SHENNAN (org.) **Sea-Level Changes**. Institute of Britsh Geographers (Special Publications Series).1989, p.25-66

JENNINGS, S. Coastal Tourism and Shoreline Management. **Annals of Tourism Research** , Elsevier Science Publischers , London, v.31, no. 4, p.899-922, 2004

KLEIN, R.J.T. **Coastal Vulnerability, Resilience and Adaptation to climate change: an interdisciplinary perspective.** Cumulative Dissertation, p.40. 2003. Disponível em: http://www.pik-potsdam.de/~richardk/part1.pdf. Acessado em maio / 04.

KLEIN, R.J.T. E NICHOLLS, R.J. Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change. **Ambio** v. 25, no.2, p.182-187, 1999

KLEIN, R.J.T..; SMIT, M. J.; HASSE, G.; HULSBERGEN, C. Resiliense and Vulnerability: Coastal Dynamics or Duth Dikes? **The Geographical Journal**, London, v. 164, no. 3, p. 259-268, 1998.

KOMAR, P. Beach Processes Erosion: An introduction**.** *In:* P.D. KOMAR (ed) **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion.** London: CRC Press, 1984, p. 1-20.

KOMAR, P. **Beach Processes and Sedimentation.** New Jersey: Pretence Hall, INC. 1976. 429p.

LAMEGO, A.R. **Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de geologia e Mineralogia. 1945, 48p.

LANKFORD, S.; INUI, Y.; WHITTLE, A.; LUNA, R. TYRONE, D (2005) **Sustainability of Coastal/Marine Recreation: Modeling Social Carrying Capacity for Hanauma Bay, Hawaii.** Hawaii: University of Hawaii Sea Grant College Program, SOEST. 1-114p.

LINS-DE-BARROS, F.M. **Risco e Vulnerabilidade à Erosão Costeira no Município de Maricá, Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2005. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

LINS-DE-BARROS, F.M. Risco, vulnerabilidade física à erosão e impactos socio-economicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** União da Geomorfologia Brasileira (UGB),Uberlândia, v.6, n. 2, p.83-90, 2005b.

LINS-DE-BARROS, F.M. e FABER, O.A. Utilização do sensoriamento remoto para estimativa da população urbana e sua distribuição espacial em ambientes costeiros: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. X CONGRESSO DA ABEQUA, 2007, Belém. **Anais do XI Congresso da ABEQUA**, Belém, 2007.

LINS-DE-BARROS, F.M e MONTEIRO, L.R. Desastres Naturais. *In:* MACHADO, L.O. *et al.* (org.) **Subsídios para o Zoneamento Ecológico-Economico do Estado do Rio de Janeiro: Relatório Socioeconômico.** Rio de Janeiro: Departamento de Geografia, UFRJ/Secretaria do Ambiente-ERJ. 2009, p. 630-682

NEVES, C. e MUEHE, D. Vulnerabilidade Impactos e Adaptações às Mudanças do Clima: a Zona Costeira. **Parcerias Estratégicas.** Brasília. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), n. 27, 2008.

MACEDO. S.S. Paisagem, Litoral e Formas de Urbanização. *In:* **Projeto Orla: subsídios para um projeto de gestão** (volume 3). Brasília: Ministério do Meio Ambiente / Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. 2004, p. 45-65.

MARANDOLA, E. e HOGAN, D. **Risco e Perigos: o estudo geográfico dos *natural hazards*.** Campinas: Unicamp. 2003. Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/amb_marandola.pdf. Acessado em fevereiro de 2007.

MASSEY, D. Space-Time, 'science' and the relationship between physical geography and human geography. **Transactions of the Institute of British Geographers.** London, SAGE Publications, v. 24, 261-276p., 1999.

McGRANAHAN, G.; BALK, D.; ANDERSON, B. Low Coastal Zone Settlements. **Tiempo**: A bulletin on climate and development. no.59, p.23-26, 2006.

McFADDEN, L. Vulnerability Analysis: A Useful Concept for Coastal Management? *In:* McFADDEN, L.; NICHOLLS, R.; PENNING-ROWSELL (Ed.) **Managing Coastal Vulnerability.** Oxford: Elsevier. 2007, 15-28p.

McLAUGHLIN, S., McKENNA, J., COOPER, J.A.G. Socio-Economic Data in coastal Vulnerability Indices: Constraints and Opportunities. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, Florida, v. 36 p. 487-497, 2002.

MESQUITA, A.R. **Nível Relativo do Mar (O Enigma) e os Terrenos da Marinha.** Apresentado no Seminário dos Usuários das Previsões Numéricas de Mudanças Climáticas e Seus Impactos Regionais. São José dos Campos, 19 e 20 de out., 2004. (online)

MESQUITA, A.R.; LEITE, J.B.A. Sobre a Variabilidade do Nível Médio do Mar na Costa Sudeste do Brasil. 1º ENCONTRO REGIONAL DE GEOFÍSICA. 1985. São Paulo, 1985. **Anais do 1º Encontro Regional de Geofísica.** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.

MITCHELL, J.K. **Community Response to Coastal Erosion: Individual and Collective adjustments to Hazard on the Atlantic Shore.** Chicago: Department of Geography / University of Chicago, 1974. 209 p.

MORAES, A.C.R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: Elementos para a geografia do litoral brasileiro.** São Paulo: Ed. Hucitec. 1999, 232p.

MOREIRA, A.L.C. **A eutrofização da Lagoa de Araruama e o Impacto Ambiental das Estações de Tratamento Secundário.** 2003 Disponivel em: www.ambientebrasil.com.br Acessado em: ago. de 2009.

MORTON, R. Factors Controlling Storm Impacts on Coastal Barriers and Beach – A Preliminary Basis for Near Real-Time Forecasting. **Journal of Coastal Research**, Florida, v. 18, no. 3, p. 486-501, 2002.

MUEHE, D. **A Água e o Futuro das Cidades.** Trabalho apresentado no Seminário Futuro das Águas. Organização: O Instituto e SESC/RJ, março de 2009. Disponível em: www.oinstituo.org.br . Acessado em julho de 2009.

MUEHE, D. Caracterização e Monitoramento dos Processos Morfo-Sedimentares do Sistema Praia-Antepraia-Duna. **Projeto Reserva Peró** - Relatório Técnico (trabalho não publicado). 2008.

MUEHE, D. Gênese da morfologia do fundo da lagoa de Araruama e cordões litorâneos associados. VI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA (VI SINAGEO). Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia** Goiânia, 2006 (CD)

MUEHE, D. Apresentação. *In:* MUEHE, D. (org.) **Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro.** Brasília: MMA, 2006.

MUEHE, D. Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. **Mercator.** Revista de Geografia da UFC. Ano 4, n.7, 97-110, 2005.

MUEHE, D. Beach morphodynamic research in Brazil: Evolution and applicability. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, v. SI 35, p. 32-42, 2003.

MUEHE, D. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 35-44, 2001.

MUEHE, D. Estado morfodinâmico praial no instante da observação: uma alternativa de identificação. **Revista brasileira de Oceanografia**, v. 46, n.2, p.157-169, 1998.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. *In:* GUERRA, A.T. E BAPTISTA, S. (Org) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** São Paulo: Bertrand Brasil, 1994. p. 253-308.

MUEHE, D. Efeito estufa, elevação do nível do mar e seus reflexos nos subsistemas fisiográficos costeiros. 8° ENCONTRO NAC. DE GEÓGRAFOS. Salvador, 1990. **Anais 8° Encontro Nac. de Geógrafos**. Salvador, julho 1990. p.727-736.

MUEHE, D. e VALENTINI, E. **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. FEMAR. 1998, 99 p.

MUEHE, D. AND NEVES, C. The implications of sea level rise in the Brazilian coast: A preliminary assessment. **Journal of Coastal Research,** Florida, v.14, p.54-78. 1995.

MUEHE, D. & CORRÊA, C.H.T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos ao longo da restinga da Maçambaba. **Revista Brasileira de Geociências**, v.19, n.3, p.387-392, 1989.

MUEHE, D.; TENENBAUM, D.R.; SZECHY, M.T. Tourism versus Conservation in Fernando de Noronha Island, Brazil. *In:* NEVES, C. (Ed.) **Coastlines of Brazil.** New York: Published by the American Society of Civil Engeineers. 1989, p.218-229.

MUEHE, D. e CORREA, C.H.T The coastline of Brazil between Rio de Janeiro and Cabo Frio. *In:* NEVES, C. (Ed.) **Coastlines of Brazil.** New York: Published by the American Society of Civil Engeineers. 1989b, p.110-123

MUEHE, D. & IGNARRA, S. O arenito de Itaipuaçu e sua influência no fluxo de sedimentos. **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL RJ-ES**. Anais do Simpósio de Geologia Regional RJ-ES. 1987, p. 57-69.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975

OH, K.; JEOUNG Y.; LEE, D.; LEE, W.; CHOI, J. Determining development density using the Urban Carrying Capacity Assessment System. **Landscape and Urban Planning** Elselvier Publishers, v.73, no.1, 1-15p., 2003.

OZ COASTS AUSTRÁLIA ONLINE COASTAL INFORMATION Conceptual Models. Disponível em: WWW.ozcoasts.org.au Acessado em: dez. de 2008.

PROLAGOS: CONCESSIONÁRIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ÁGUA E ESGOTO – Acessoria de Comunicação (entrevista), 2006.

PEARCE, D. **Tourism Today: a geographical analysis.** New York: Longman Scientific & Techinical. Copublished in the United States with John Wiley & Sons, Inc. 1987

PINHO, C. Nem Tão Nobre Assim. **Revista Cidade**. n.23, p. 34-35, março de 2008.

PINHO, U. F. **Caracterização dos estados de mar na Bacia de Campos.** Rio de Janeiro, 2003, 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro

POLETTE, M.; VIEIRA, P.H.F. **Avaliação do Processo de Gerenciamento Costeiro no Brasil: Bases para Discussão.** Florianópolis: CNPQ / Universidade Federal de Santa Catarina/ Universidade do Vale do Itajaí. 2005, 188p.

POLETTE, M. e SILVA, Gesamp Icam e PNGC – Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) -** Tema e Tendências: Gestão das Águas**,** São Paulo, nº4, p. 27-30, 2003

PROJETO ORLA **Fundamentos para gestão integrada.** Brasília: MMA/SQA, 2002, 78p.

RESSACA da praia de Massambaba invade casas em área de preservação em área de preservação ambiental em Arraial do Cabo. **Revista Conteúdo.** 16 de abril de 2009. Disponível em: www.revistaconteudo.com Acessado em: Out. de 2009.

RIO DE JANEIRO (Estado) Subsecretaria de Estado – Defesa Civil. 5ª Coordenação Regional de Defesa Civil – REDEC V – Cabo Frio. **Roteiro do Mapa de Ameaças Múltipas.** Disponível em: www.cba-v-cbmerj.rj.gov.br/redec-v Acessado em: out. de 2007.

ROY, P.S.; COWELL, P.J.; FERLAND, M.A. and THOM, B.G. **Wave-dominated coasts** *In:* Coastal Evolution. Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Edited by R. W. G. Carter & C. D. Woodroffe. Elselvier Science Publishers. 121-180, 1994.

RUGGIERO, P.; KOMAR, P.; McDOUGLAS, W.G.; MARRA, J.J.; BEACH, R.A. Wave Runup, Extreme Water Levels and Erosion of Properties Backing Beaches. **Journal of Coastal Research.** Florida, v. 17, no. 2, p. 407-419, 2001

SÁ, C.F. e ARAÚJO, D.S.D Estrutura e Florísitca de uma Floresta de Restinga em Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro. Rodriguésia, v.60, n.1, p. 147-170, 2009.

SANTOS, M. (1998) **A Urbanização Brasileira.** São Paulo: Editora Hucitec, 157 p.

SEABRA, V.S. (2007) **Utilização de técnicas de geoprocessamento no estudo de vulnerabilidade ambiental dos aqüíferos costeiros do leste fluminense.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia - PPGL, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 89 p.

SILVEIRA, R. Na Beira da Lagoa. **Revista Cidade**. n. 17, p. 23-25, set. de 2007.

SISTEMA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – SNIS **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.** 2007. Disponível em: www.snis.gov.br/ Acessado em: fev. de 2009.

SHARPLES, C. **Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Geomorphic Vulnerability to Sea-Level Rise Using GIS Line Map of Coastal Geomorphic Attributes.** Explanatory Report (first edition). Consultant Report to Department of Primary Industries & Water. Tasmania. 2006.

SHARPLES, C. **Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise.** Explanatory Report (second edition). Consultant Report to Department of Primary Industries & Water. Tasmania. 2006, 173p. Disponível em: www.coastalvulnerability.info. Acessado em: fev. 2008.

SHARPLES, C. **The Smartline: An effective Coastal Data Mapping Format.** Apresentado no I Simpósio de Erosão Costeira. Ministério do Meio Ambiente (org.) Recife, 2008.

SILVA, A.L.C.; SILVA, M.A.M.; SANTOS, C.L.; RIBEIRO, G.P.; SANTOS, R.A.; VASCOCELOS, S.C. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 9, n.2, p. 75-82, 2008.

SOUZA, C.R.G. Riscos Hidrológicos Costeiros no Âmbito do Projeto SIIGAL. X CONGRESSO DA ABEQUA. Guarapari, 2005. **Livro de Resumos do X Congresso da ABEQUA,** Guarapari, 2005.

SMALL, C.; NICHOLLS, R.J. A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. **Journal of Coastal Research,** Florida, v.19, no.3, 584-599p, 2003.

SMALL, C.; GORNITZ, V.; COHEN, J.E. Coastal Hazards and the Global Distribution of Human Population. **Environmental Geosciences**, v.7, no.1, 3-12p., 2000.

SMITH, R.A. Beach resorts: A model of development evolution. **Landscape and Urban Planning**, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, v.21. 189-210p, 1991.

SORENSEN, J.; McCREARY, S.T.; BRANDANI, A. (1992) **Costas: Arreglos Institucionales para Manejar Ambientes y Recursos Costeros.** CRC – Universidad de Rhode Island. 110p.

SPERANSKI, N.S.; CALLIARI, L.J. Padrões de Refração de Ondas para a Costa do Rio Grande do Sul e sua Relação com a Erosão Costeira. In: MUEHE, D. **Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro.** Brasília: MMA, 2006, 446-454p.

SUGIO, K.; MARTIN, L. Progress in Reseach on Quaternary sea Level Changes and Coatal Evolution in Brazil. VARIATIONS IN SEA LEVEL IN THE LAST 15.000 YEARS, MAGNITUDE AND CAUSES CONGRESS. Columbia, University of South Carolina, 1981. **Proceedings of Variations in Sea level in the Last 15.000 years, Magnitude and Causes Congress.** Columbia, 1-17p, 1981.

SZLAFSZTEIN, C. F. Climate change, Sea-level rise and Coastal Natural Hazards: A GIS-Based Vulnerability Assessment, State of Pará, Brazil. HUMAN SECURITY AND CLIMATE CHANGE INTERNATIONAL WORKSHOP. Oslo, 2005. **Proceedings of Human Security and Climate Change International Workshop.** Holmen Fjord Hotel, Asker, near Oslo, 21–23 June, 2005.

TANNER, W. Advances In Near-Shore Physical Sedimentology: A Selective Review. **Shore and Beach Magazine**, 1973. *(Mimeo)*

TESSLER, M. Potencial de Risco Natural. *In:* **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.** Brasília: MMA. 2008, 93-121p.

TEXEIRA, C.T.B. (2000) **Diatomáceas como bioindicadores ecológicos e paleoeconlógicos nas lagunas do Padre e de Araruama-RJ, Brasil**. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG. Rio de Janeiro. 349 p.

THIELER, E. R. e HAMMA-KLOSE, E. S. **National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast.** U.S. Geological Survey Open-File Report, 1999. Disponível em: http://pubs.usgs.gov/of/of99-593/index.html. Acesso em: julho / 04.

THURMA, H. V. (1997) **Introductory Oceanography.** 8th Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1997, 544 p.

TORRESAN, S.; CRITTO, A.; VALLE, M.D.; HARVEY, N.; MARCOMINI, A. Assissing Coastal Vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales. **Sustainable Science.** v.3. p. 45-65, 2008.

TURCQ, B; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C. & TASAYACO-ORTEGA, L. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guartiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. *In:* KNOPPERS, B.; BIDONE, E.D. & ABRAÃO, J.J. (Ed.) **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoons Systems, Rio de Janeiro, Brazil.** 1999, p. 25-46. (Série Geoquímica Ambiental).

VEYRET, Y. (2007) **Os Riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente.** Editora Contexto. 319p.

WIDMER, W.M. A importância da Abordagem Experimental par o Progresso da gestão Costeira Integrada. **Revista da Gestão Costeira Integrada (Journal of Coastal Zone Management)**, v. 9, n.1, p.7-16, 2009.

WRIGHT, L. D., SHORT, A. D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A Synthesis. **Marine Geology**, Elselvier Science Publishers, Amsterdam, v. 56, p. 93-118, 1984.

ANEXOS

ANEXO 1

Decreto 5300 / 04

“ Art. 23. Os limites da orla marítima ficam estabelecidos de acordo com os seguintes critérios:

I - marítimo: isóbata de dez metros, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos;

II - terrestre: cinqüenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

§ 1º Na faixa terrestre será observada, complementarmente, a ocorrência de aspectos geomorfológicos, os quais implicam o seguinte detalhamento dos critérios de delimitação:

I - falésias sedimentares: cinqüenta metros a partir da sua borda, em direção ao continente;

II - lagunas e lagoas costeiras: limite de cinqüenta metros contados a partir do limite da praia, da linha de preamar ou do limite superior da margem, em direção ao continente;

III - estuários: cinqüenta metros contados na direção do continente, a partir do limite da praia ou da borda superior da duna frontal, em ambas as margens e ao longo delas, até onde a penetração da água do mar seja identificada pela presença de salinidade, no valor mínimo de 0,5 partes por mil;

IV - falésias ou costões rochosos: limite a ser definido pelo plano diretor do Município, estabelecendo uma faixa de segurança até pelo menos um metro de altura acima do limite máximo da ação de ondas de tempestade;

V - áreas inundáveis: limite definido pela cota mínima de um metro de altura acima do limite da área alcançada pela preamar;

VI - áreas sujeitas à erosão: substratos sedimentares como falésias, cordões litorâneos, cabos ou pontais, com larguras inferiores a cento e cinqüenta metros, bem como áreas próximas a desembocaduras fluviais, que correspondam a estruturas de alta instabilidade, podendo requerer estudos específicos para definição da extensão da faixa terrestre da orla marítima.

§ 2º Os limites estabelecidos para a orla marítima, definidos nos incisos I e II do caput deste artigo, poderão ser alterados, sempre que justificado, a partir de pelo menos uma das seguintes situações:

I - dados que indiquem tendência erosiva, com base em taxas anuais, expressas em períodos de dez anos, capazes de ultrapassar a largura da faixa proposta;

II - concentração de usos e de conflitos de usos relacionados aos recursos ambientais existentes na orla marítima;

III - tendência de avanço da linha de costa em direção ao mar, expressa em taxas anuais; e

IV - trecho de orla abrigada cujo gradiente de profundidade seja inferior à profundidade de dez metros.”

ANEXO 2

Lista de variáveis e definições por setor censitário urbano para o ano 2000

Fonte: IBGE (2000)

VARIÁVEL	NOME DA VARIÁVEL
CODSETOR	Código do Setor Censitário
CODRM	Código da Região Metropolitana
NOMERM	Nome da Região Metropolitana
CODUF	Código da Unidade da Federação
NOMEUF	**Nome da Unidade da Federação**
CODMESO	**Código da Mesorregião**
NOMEMESO	Nome da Mesorregião
CODMICRO	Código da Microrregião
NOMEMICRO	Nome da Microrregião
CODMUNI	Código do Município
NOMEMUNI	Nome do Município
CODDIST	Código do Distrito
NOMEDIST	Nome do Distrito
CODSUBDIST	Código do Subdistrito
NOMESUBDIST	Nome do Subdistrito
CODBAIRRO	Código de Bairro
NOMEBAIRRO	Nome do Bairro
SITUACAO	Código de situação do Setor
TIPO	Código do tipo do Setor
V001	Domicílios
V002	Domicílios particulares
V003	Domicílios particulares permanentes
V004	Domicílios particulares improvisados
V005	**Unidades em domicílios coletivos**
V006	Domicílios particulares permanentes – tipo – casa
V007	Domicílios particulares permanentes – tipo – apartamento
V008	Domicílios particulares permanentes – tipo – cômodo
V009	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – próprio –quitado
V010	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – próprio -em aquisição
V011	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – alugado
V012	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – cedido por empregador
V013	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – cedido de outra forma
V014	Domicílios particulares permanentes – condição de ocupação – outra condição
V015	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – rede geral
V016	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – rede geral – canalizada em pelo menos um cômodo
V017	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – rede geral – canalizada só na propriedade ou terreno
V018	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – poço ou nascente (na propriedade)
V019	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – poço ou nascente (na propriedade) – canalizada em pelo menos um cômodo
V020	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – poço ou nascente (na propriedade) – canalizada só na propriedade ou terreno
V021	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – poço ou nascente (na propriedade) – não canalizada
V022	Domicílios particulares permanentes – abastecimento de água – outra forma
V023	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário
V024	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – rede geral de esgoto ou pluvial
V025	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – fossa séptica
V026	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – fossa rudimentar
V027	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – vala

V028	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – rio, lago ou mar
V029	Domicílios particulares permanentes – com banheiro ou sanitário – esgotamento sanitário – outro escoadouro
V030	Domicílios particulares permanentes – sem banheiro ou sanitário
V031	Domicílios particulares permanentes – com banheiro
V032	Domicílios particulares permanentes – 1 banheiro
V033	Domicílios particulares permanentes – 2 banheiros
V034	Domicílios particulares permanentes – 3 banheiros
V035	Domicílios particulares permanentes – 4 banheiros ou mais
V036	Domicílios particulares permanentes – sem banheiro
V037	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – coletado
V038	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – coletado por serviço de limpeza
V039	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – coletado em caçamba de serviço de limpeza
V040	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – queimado (na propriedade)
V041	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – enterrado (na propriedade)
V042	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – jogado em terreno baldio ou logradouro
V043	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – jogado em rio, lago ou mar
V044	Domicílios particulares permanentes – destino do lixo – outro destino
V045	Domicílios particulares permanentes – 1 morador
V046	Domicílios particulares permanentes – 2 moradores
V047	Domicílios particulares permanentes – 3 moradores
V048	Domicílios particulares permanentes – 4 moradores
V049	Domicílios particulares permanentes – 5 moradores
V050	Domicílios particulares permanentes – 6 moradores
V051	Domicílios particulares permanentes – 7 moradores
V052	Domicílios particulares permanentes – 8 moradores
V053	Domicílios particulares permanentes – 9 moradores
V054	Domicílios particulares permanentes – 10 moradores ou mais
V055	Domicílios particulares permanentes – 0 morador homem
V056	Domicílios particulares permanentes – 1 morador homem
V057	Domicílios particulares permanentes – 2 moradores homens
V058	Domicílios particulares permanentes – 3 moradores homens
V059	Domicílios particulares permanentes – 4 moradores homens
V060	Domicílios particulares permanentes – 5 moradores homens
V061	Domicílios particulares permanentes – 6 moradores homens
V062	Domicílios particulares permanentes – 7 moradores homens
V063	Domicílios particulares permanentes – 8 moradores homens
V064	Domicílios particulares permanentes – 9 moradores homens
V065	Domicílios particulares permanentes – 10 moradores homens ou mais
V066	Domicílios particulares permanentes – 0 morador mulher
V067	Domicílios particulares permanentes – 1 morador mulher
V068	Domicílios particulares permanentes – 2 moradores mulheres
V069	Domicílios particulares permanentes – 3 moradores mulheres
V070	Domicílios particulares permanentes – 4 moradores mulheres
V071	Domicílios particulares permanentes – 5 moradores mulheres
V072	Domicílios particulares permanentes – 6 moradores mulheres
V073	Domicílios particulares permanentes – 7 moradores mulheres
V074	Domicílios particulares permanentes – 8 moradores mulheres
V075	Domicílios particulares permanentes – 9 moradores mulheres
V076	Domicílios particulares permanentes – 10 moradores mulheres ou mais

Definições das variáveis do IBGE (2000)

Forma de abastecimento de água

A forma de abastecimento de água do domicílio particular permanente foi classificada como:

- Rede geral - quando o domicílio, ou o terreno ou a propriedade em que estava localizado, estava ligado à rede geral de abastecimento de água;

- Poço ou nascente (na propriedade) - quando o domicílio era servido por água de poço ou nascente localizado no terreno ou na propriedade onde estava construído; ou

- Outra - quando o domicílio era servido de água de reservatório (ou caixa), abastecido com água das chuvas, por carro-pipa ou, ainda, por poço ou nascente localizados fora do terreno ou da propriedade onde estava construído.

Canalização de água

Pesquisou-se a existência de canalização de água para o domicílio particular permanente ou para o terreno ou a propriedade em que se localizava. Classificou-se como:

- Canalizada em pelo menos um cômodo - quando o domicílio era servido de água canalizada com distribuição interna para um ou mais cômodos;

- Canalizada só na propriedade ou terreno - quando a água utilizada no domicílio chegava canalizada à propriedade ou ao terreno em que se localizava o domicílio, sem haver distribuição interna em pelo menos um cômodo; ou

- Não canalizada - quando a água utilizada no domicílio não chegava canalizada à propriedade ou ao terreno em que se localizava o domicílio ou não havia distribuição interna em pelo menos um cômodo.

Banheiro

Investigou-se o número de banheiros, de uso exclusivo dos moradores, existentes no domicílio particular permanente.

Considerou-se como banheiro o cômodo que dispunha de chuveiro ou banheira e aparelho sanitário.

Sanitário

Investigou-se a existência de sanitário, de uso exclusivo ou não dos moradores, no domicílio particular permanente ou no terreno ou na propriedade em que se localizava.

Considerou-se como sanitário o local limitado por paredes de qualquer material, coberto ou não por um teto, que dispunha de aparelho sanitário ou buraco para dejeções.

Tipo de esgotamento sanitário

O tipo de esgotamento sanitário do banheiro ou sanitário do domicílio particular permanente foi classificado como:

- Rede geral de esgoto ou pluvial - quando a canalização das águas servidas e dos dejetos proveniente do banheiro ou sanitário estava ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada;

- Fossa séptica - quando a canalização do banheiro ou sanitário estava ligada a uma fossa séptica, ou seja, a matéria era esgotada para uma fossa próxima, onde passava por um processo de tratamento ou decantação sendo, ou não, a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município;

- Fossa rudimentar - quando o banheiro ou sanitário estava ligado a uma fossa rústica (fossa negra, poço, buraco etc.);

- Vala - quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a uma vala a céu aberto;
- Rio, lago ou mar - quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a um rio, lago ou mar;
- Outro escoadouro - qualquer outra situação não descrita anteriormente.

Destino do lixo

O destino do lixo proveniente do domicílio particular permanente foi classificado como:

- **Coletado por serviço de limpeza** - quando o lixo do domicílio era coletado diretamente por serviço de empresa pública ou privada;
- **Colocado em caçamba de serviço de limpeza** - quando o lixo do domicílio era depositado em uma caçamba, tanque ou depósito, fora do domicílio, para depois ser coletado por serviço de empresa pública ou privada;
- **Queimado (na propriedade)** - quando o lixo do domicílio era queimado no terreno ou na propriedade em que se localizava o domicílio;
- **Enterrado (na propriedade)** - quando o lixo do domicílio era enterrado no terreno ou na propriedade em que se localizava o domicílio;
- **Jogado em terreno baldio ou logradouro** - quando o lixo do domicílio era jogado em terreno baldio ou logradouro público;
- **Jogado em rio, lago ou mar** - quando o lixo do domicílio era jogado nas águas de rio, lago ou mar;
- **Outro destino** - quando o lixo do domicílio tinha destino distinto dos descritos anteriormente.

ANEXO 3

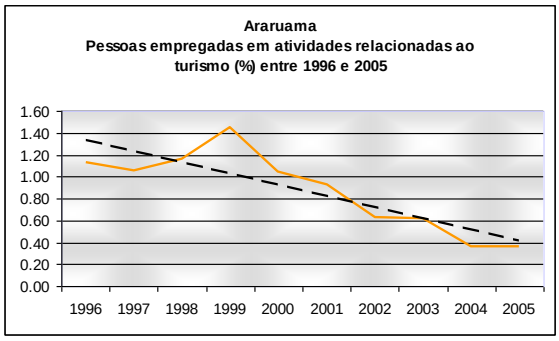
Empregos relacionados ao turismo

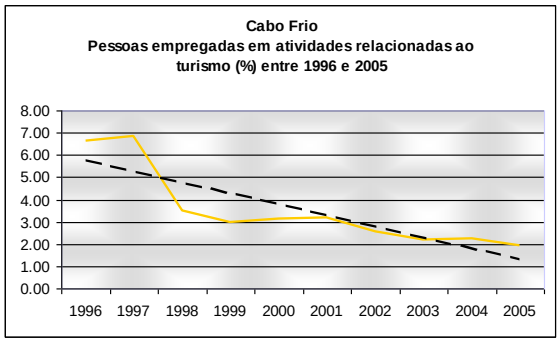
Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (CAGED)

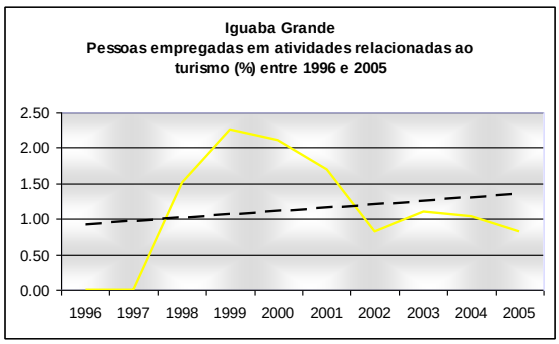
Código (MTE)	Emprego
513315	Camareiro de Hotel
141505	Gerente de Hotel
517405	Porteiro (Hotel)
422120	Recepcionista de Hotel
354815	Agente de Viagem
513110	Mordomo de Hotelaria

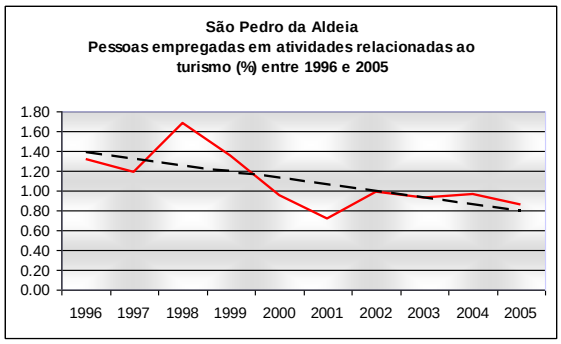
ANEXO 4

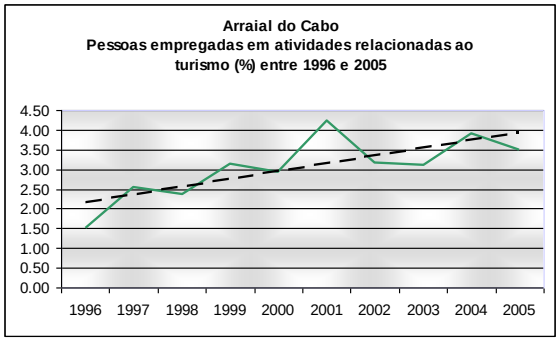
Pessoas empregadas em atividade relacionadas ao turismo (1996 e 2004)

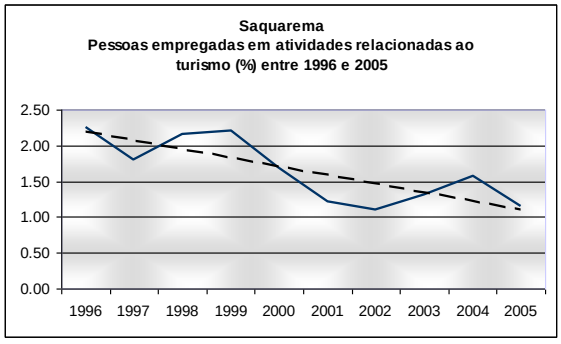


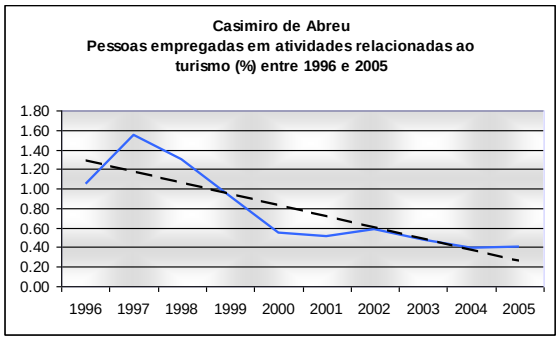


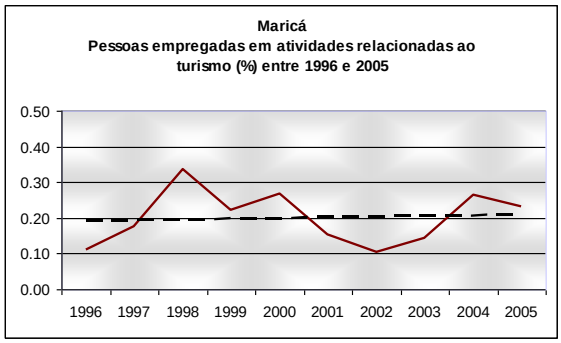


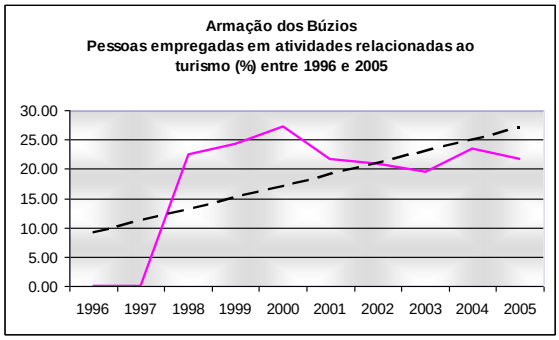


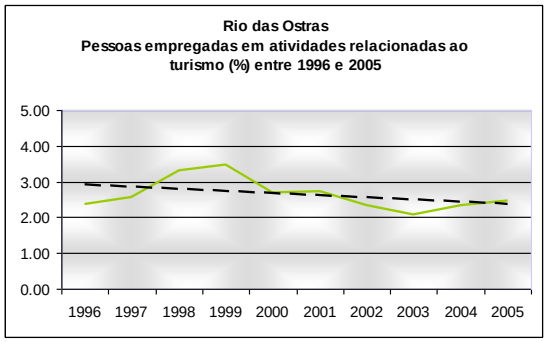





Casimiro de Abreu
Pessoas empregadas em atividades relacionadas ao turismo (%) entre 1996 e 2005
1.80
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005


Maricá
Pessoas empregadas em atividades relacionadas ao turismo (%) entre 1996 e 2005
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005


Armação dos Búzios
Pessoas empregadas em atividades relacionadas ao turismo (%) entre 1996 e 2005
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005


Rio das Ostras
Pessoas empregadas em atividades relacionadas ao turismo (%) entre 1996 e 2005
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo