

Universidade do Vale do Paraíba  
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo  
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária

ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ADOTADAS PARA O CONTROLE DOS PROCESSOS  
EROSIVOS NA PRAIA MASSAGUAÇU, CARAGUATATUBA – SP.

BÁRBARA SILVA BARBOSA  
FABIANA APARECIDA SOUZA SILVA  
TALITA DE PAULA MARTINS

Orientadores: Mariana Cassiano Ferreira, Ms. Profa  
Luiz Eduardo de Oliveira, Dr. Prof.  
Samara Salamene, Dra. Profa.

São José dos Campos, SP  
Dezembro/2014

## **RESUMO**

Praias são ambientes dinâmicos e sofrem diversas pressões oriundas tanto de intervenções antrópicas como de causas naturais, que em conjunto estabelecem um cenário de degradação ambiental. A Praia Massaguaçu, localizada no município de Caraguatatuba-SP, manteve-se estável em relação aos processos erosivos até 1994, porém, na última década, especialmente no ano de 2005, houve uma significativa perda da faixa de areia, ocasionada pelas intensas ressacas. O presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar os processos erosivos intervenientes na praia Massaguaçu, bem como avaliar as medidas adotadas para a contenção da erosão costeira e posteriormente realizar uma análise comparativa entre as soluções mecânicas implantadas nesta área e na praia de Boa Viagem, em Pernambuco. Através deste estudo verificou-se que o problema da erosão costeira na praia Massaguaçu deve-se ao alto grau de vulnerabilidade por suas características morfodinâmicas e potencializado pela ocupação antrópica desordenada. No que tange às práticas mecânicas para a contenção de erosão, as obras longitudinais aderentes e enrocamento são amplamente utilizadas em todo o mundo, e até o momento tem se mostrado eficaz na área de estudo, porém para projetos de recuperação ambiental não existe uma solução única, o ideal é a adoção de medidas conjuntas, de forma complementar, para isso práticas de revegetação da restinga e a criação de zona de proteção (setback distance) devem ser consideradas para garantir a resiliência da região costeira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão costeira, Praia Massaguaçu, medidas de contenção.

## **ABSTRACT**

Beaches are dynamic environments and suffer various pressures from anthropogenic interventions and natural causes, which together establish a scenario of environmental degradation. The Massaguacu Beach, located in the municipality of Caraguatatuba-SP, remained stable in relation to erosion until 1994, however, in the last decade, especially in 2005, there was a significant loss of sand strip caused by intense surf. This paper aims to identify and characterize the erosion process in that location, as well as the actions adopted to curb coastal erosion and subsequently perform a comparative analysis between the implanted mechanical solutions in this area and in the Boa Viagem beach in Pernambuco, considering as well, vegetative practices already implemented in the paulista beach. Through this study, it appears that the problem of coastal erosion in Massaguacu is due to the high degree of vulnerability for their morphodynamics and potentiated by disordered human occupation characteristics. Regarding the mechanical practices to contain erosion, adherent longitudinal riprap works are widely used throughout the world, and yet has been effective in the study area, but for environmental remediation projects, there is no single solution. The ideal is the adoption of joint measures in a complementary way, for that, reforestation practices of the sandbank and the creation of the buffer zone (setback distance) should be considered to ensure the resilience of the coastal region.

**KEYWORDS:** Coastal erosion, Massaguacu Beach, containment measures.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros são ambientes influenciados por processos continentais e marinhos, que interagem através de variáveis físicas, químicas, biológicas, climáticas e antrópicas, as quais se inter-relacionam de maneira complexa. Dentre esses ecossistemas, as praias oceânicas são os ambientes mais dinâmicos e sensíveis do planeta, compostas por material inconsolidado como areia e cascalho. Elas desempenham múltiplas funções socioecológicas, como por exemplo: proteção costeira natural para os ecossistemas adjacentes e áreas urbanas, contra o ataque de ondas e marés de tempestade; habitat para várias espécies animais e vegetais; recreação e lazer; esportes; turismo, e atividades econômicas diretas e indiretas [1].

As praias sofrem diversas pressões oriundas tanto de atividades e intervenções antrópicas como de causas naturais, que em geral, interagem entre si o tempo todo, sendo frequentemente difícil identificar quais são aqueles mais ativos, ou mesmo individualizar a atuação de cada um. A maioria dos autores acredita que a principal causa dos processos erosivos costeiros esteja relacionada à elevação do nível do mar durante o último século, que por sua vez relaciona-se principalmente à expansão termal dos oceanos, ao derretimento dos glaciares, geleiras continentais e permafrosts, e ao derretimento das calotas polares na Groenlândia, no Ártico e na Antártida. A mais perniciosa dessas contribuições parece ser a expansão termal dos oceanos, que foi responsável por cerca de 50% de toda a elevação do Nível do Mar ocorrida na última década [2].

No Brasil, as pressões socioeconômicas na zona costeira (ZC) vêm desencadeando, ao longo do tempo, um processo acelerado de urbanização não planejada e intensa degradação dos recursos naturais, os quais são uma ameaça à sustentabilidade econômica e à qualidade ambiental e de vida das populações humanas. As principais fontes de pressões antrópicas na ZC brasileira são: (a) invasões de áreas públicas, áreas de preservação permanente e áreas sujeitas a riscos geológicos; (b) déficit crescente na infraestrutura, principalmente de saneamento básico e habitação; (c) desemprego e subemprego causados pela instabilidade econômica nacional e mundial e pela sazonalidade característica do turismo de veraneio; (d) informalidade, ignorância, ilegalidade e/ou conflitos de entendimento no que se refere ao cumprimento da legislação ambiental vigente, principalmente as normas de proteção da Mata Atlântica, as que estabelecem as Áreas de Preservação Permanente e as que regulamentam a pesca e as atividades portuárias; (e) insegurança de investidores e empreendedores quanto à estabilidade e clareza das regras ambientais de uso e ocupação do solo e relativamente à

agilidade e eficiência da legislação ambiental; (f) boom de investimentos estrangeiros no setor imobiliário da ZC, visando às atividades de turismo e lazer, principalmente nos últimos 5 anos [3].

Verifica-se que os impactos da erosão costeira não se limitam à redução na largura da praia, mas também traz prejuízos aos ambientes naturais, como o desequilíbrio de habitats, como dunas, manguezais, florestas de “restinga” que bordejam as praias e costões rochosos, com alto potencial de perda de espécies, e às atividades antrópicas do local ligadas ao turismo, lazer, pesca, aquicultura e atividades portuárias, como por exemplo, perda do valor imobiliário e paisagístico de habitações costeiras, comprometimento do potencial turístico e gastos astronômicos com a recuperação de praias e reconstrução da orla marítima [3].

Desta maneira, estudos que contemplem a avaliação da vulnerabilidade a erosão costeira assumem papel primordial para o planejamento urbano e regional dessas áreas, justificando se por toda fragilidade ambiental deste ecossistema, às pressões antrópicas presentes e pelo aumento progressivo do risco à erosão.

O objetivo deste trabalho é identificar e caracterizar os processos erosivos intervenientes na praia Massaguaçu, Caraguatatuba-SP, bem como as medidas adotadas para a contenção da erosão costeira e posteriormente realizar uma análise comparativa entre as soluções implantadas nesta área e outras regiões que necessitaram de intervenções para a contenção da erosão, como a praia de Boa Viagem, em Recife-PE.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### Caracterização da área de estudo

A Praia de Massaguaçu está localizada no município de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo, na faixa litorânea de transição entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico (Figura 01). Com extensão superior a 7 km e orientação NE-SW, possui características reflexivas de alta energia (com tendências intermediárias) na maior parte da praia. É constituída por areia grossa a média com bermas e cúspides praias, bem desenvolvidas [4].

O arco praial da Massaguaçu é margeado pela Rodovia Dr. Manuel Hyppolito Rego (SP-55), mais conhecida como Rodovia Rio-Santos. A orla possui grande ocupação, os núcleos urbanos mais próximos são o Bairro Massaguaçu na região central da praia, o Bairro Cocanha ao norte e o Bairro Capricórnio ao sul. Parte dos domicílios são de uso ocasional, ocupados pela população turística flutuante. Outra característica da ocupação desta área são os

condomínios horizontais fechados de alto padrão, como por exemplo o Condomínio Portal Patrimonium e o Loteamento Park Imperial.

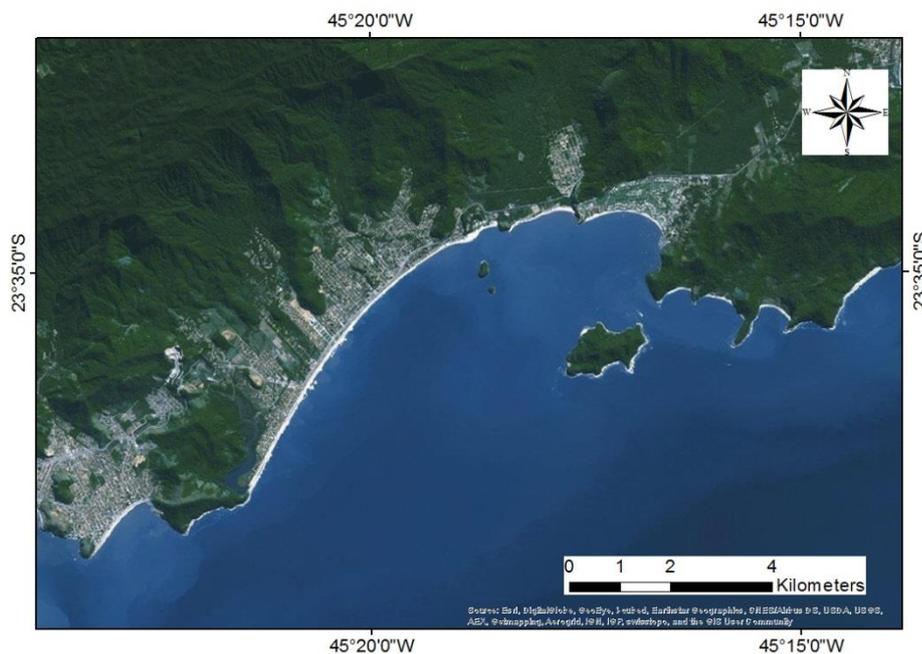


Figura 01 - Mapa de localização da Praia Massaguaçu em Caraguatatuba, São Paulo.

No que tange aos parâmetros de saneamento básico, os efluentes do núcleo urbano próximo à praia são tratados na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) Massaguaçu, localizada as margens da rodovia SP-55, que ocupa uma área total de 11.350 m<sup>2</sup> e possui capacidade máxima de 122 l/s. O sistema possui uma rede coletora com 3.900 ligações ativas e atende 5.274 residências. O efluente tratado na ETE Massaguaçu é lançado no Rio Guaxinduba por meio de uma tubulação de concreto armado de diâmetro 700 mm e extensão de 950 metros. Quanto ao sistema de abastecimento de água, o sistema Massaguaçu possui duas captações ativas: a captação Tourinhos, que é localizada na sub-bacia do Rio Massaguaçu/Bacuí, e a captação Mococa, localizada na sub-bacia de mesmo nome. Existe ainda uma terceira captação no rio Capricórnio, utilizada apenas em situações de alta demanda [5].

Os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas são um grande problema na região em estudo, isto porque ao longo do tempo as pessoas têm ocupado áreas irregulares e inundáveis. As áreas de baixa declividade próximas ao Rio Cocanha e a Foz dos Rios Massaguaçu, apresentam problemas de alagamento, que é agravado quando há ocorrência de fortes chuvas e maré alta [5].

A formação vegetal predominante na área é a restinga, também chamada de Jundu, é representada por formações herbáceas, arbustivas e florestais, com uma rede de raízes profundas, como por exemplo, a ipomea pés-caprae (*Convolvulaceae*), spartinaciliata (*Gramineae*) e marmeleiro-da-praia (*Leguminosae-papilonoideae*). As diferenças de espécies ocorrem basicamente em função da proximidade do mar e das características físicas, hidrológicas do substrato [5].

Em relação à geologia, Caraguatatuba está situada sobre rochas gnáissicas de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo [5]. Os sedimentos continentais, provindos das encostas da Serra do Mar e os marinhos, constituem o material de origem dos solos, que de acordo com a EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) são classificados como Cambissolo Distróficos e Latossolo Vermelho-Amarelo [6].

O arco praial de Massaguaçu é caracterizado por possuir uma face arenosa com certa curvatura entre os promontórios rochosos existentes em suas extremidades. Possui comprimento superior a 7 km e orientação NE-SW, sendo, portanto, mais exposta para os principais sistemas de ondas que atuam no litoral paulista, com direção S-SE-E. Apresenta variação do estado morfodinâmico ao longo do arco praial, com características reflexivas de alta energia (com tendências intermediárias) na maior parte da praia, e intermediária no setor norte (localmente conhecida como Praia da Cocanha), onde se encontra mais abrigada, atrás das pequenas Ilhas da Cocanha. As diferentes condições de ondas e maré são responsáveis por criar diferentes cenários de erosão, transporte e sedimentação [4].

A praia Massaguaçu está situada entre os rios Massaguaçu (localizado ao sul, no bairro do Capricórnio) e Cocanha (localizado ao norte, no bairro de mesmo nome). Ambos apresentam baixa drenagem continental. Na extremidade sul da praia ocorre um esporão arenoso, que fecha a desembocadura do Rio Massaguaçu, podendo este esporão romper-se em curto período de tempo. Estes cursos d'água fazem parte da UGRHI-3 (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Litoral Norte), considerada a menor do estado, sob a responsabilidade do CBHL (Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte) [7].

O clima da região é caracterizado por temperatura média anual de 24,9°C, oscilando entre mínima média de 18,2°C e máxima média de 31,6°C. A precipitação média anual é de 1.758 mm [8].

A Praia Massaguaçu manteve-se estável em relação aos processos erosivos até 1994, porém, na última década, especialmente no ano de 2005, houve uma significativa perda da faixa de areia, devido a fortes ressacas neste período [9].

#### Avaliação da vulnerabilidade do solo à erosão

A avaliação do Risco Potencial à Erosão da área foi adaptada da metodologia proposta por Serafim (1998) e para avaliação da Fragilidade Ambiental foi adaptada da metodologia proposta do Ross (1990). A metodologia proposta por Serafim (1998) consiste em dar pesos para os atributos físicos que contribuem para o processo erosivo a partir da análise dos mesmos, e a metodologia proposta por Ross (1990) refere-se ao estudo dos elementos geográficos que dão suporte a vegetação e ao homem hierarquizados conforme o grau de fragilidade do solo [10] [11]. Com essas adaptações foi avaliada a vulnerabilidade do solo da Massaguaçu (que será apresentada na Tabela 02, mais adiante).

Posteriormente foi realizada coleta de dados por meio de uma revisão bibliográfica nas mais variadas publicações correspondentes à temática da pesquisa, para o entendimento da problemática da erosão costeira.

#### Análise das soluções adotadas para conter a erosão

A análise das soluções adotadas para a contenção dos processos erosivos na praia Massaguaçu foi baseada em duas áreas distintas. A primeira área consiste numa região dentro do próprio arco praial onde, desde 2010, a proprietária de um quiosque, Shananda Rosa Raffi, denominada daqui em diante somente Shananda, tem feito a reintrodução da vegetação nativa de restinga. A outra área está situada entre os KM 89 e 90 (LE) da Rodovia Dr. Manuel Hyppolito Rego (SP-55) que margeia a praia e possui erosões em diversos graus, sendo que as mais críticas já atingiram o acostamento da rodovia.

Finalmente será feito um ensaio de comparação e contraste entre os sistemas mecânicos de contenção de erosão adotados na Praia Massaguaçu e na praia da Boa Viagem, localizada ao sul de Recife, em Pernambuco, e as considerações das práticas vegetativas aplicadas na praia Massaguaçu.

### Caracterização da Área I degradada em recuperação edáfica e vegetativa

A Área I está localizada próximo ao KM 91,5 da Rodovia Dr. Manuel Hyppolito Rego (SP-55), no arco praial de Massaguaçu. A delimitação da área em recuperação foi realizada através do aplicativo Minhas Trilhas, do Google, e é mostrada na Figura 02.



Figura 02 - Mapa de localização da Área I.

### Caracterização da Área II degradada em recuperação mecânica

A Área II a ser estudada está situada na Rodovia Dr. Manuel Hyppolito Rego-SP-55, pertencente ao Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER/SP), entre os quilômetros 89 e 90, que margeia a Praia Massaguaçu (Figura 03).



Figura 03 - Mapa de localização da Área II.

Neste local há uma instabilidade de talude do aterro, devido às erosões causadas pelas ressacas do mar e agravada pelas saídas da drenagem superficial da rodovia (Figura 04). O trecho afetado tem cerca de 450 metros de extensão ao longo do acostamento da rodovia e apresenta uma cota de 5 metros acima do nível do mar (zero IBGE).



Figura 04 - Erosão no acostamento da rodovia SP-55 [9]

#### Caracterização da Área III a ser comparada

A Praia de Boa Viagem está localizada na zona Sul do município de Recife, no Estado de Pernambuco (Figura 05). Possui extensão aproximada de 7 km e uma extensa faixa de arrecifes. As temperaturas médias anuais registram uma variação entre 25°C (mínimas) e 30°C (máximas), com clima quente e úmido [12].

Pernambuco compreende a zona de maior pluviosidade do litoral do Nordeste, com precipitação média anual de 2050 mm, nos anos considerados normais. O regime de ventos em toda região costeira caracteriza-se por ser bastante regular, soprando em 90% do tempo do setor E-SE, com velocidades médias de 3 a 5 m/s [13].

Em toda a costa do Estado de Pernambuco ocorrem dois tipos básicos de formações florestais: a floresta subperenifólia (Floresta Tropical Atlântica) de formação densa e as formações litorâneas que englobam um número significativo de tipos florestais, entre os quais destacam-se a floresta perenifólia de restinga, os manguezais, as formações de praia e os campos de várzea (flúvio-lagunar) [13].

A faixa costeira do Estado de Pernambuco apresenta a sequência sedimentar acumulada constituída de granitos, gnaisses e migmatitos [13].

As intervenções antrópicas seja por ocupação das áreas adjacentes à praia (impermeabilização dos cordões marinhos arenosos holocênicos) e até das pós-praia pela construção de estruturas rígidas artificiais de proteção contra o processo erosivo, muitas vezes

implantadas sem conhecimento técnico, são as maiores influências no processo erosivo desta área [13].

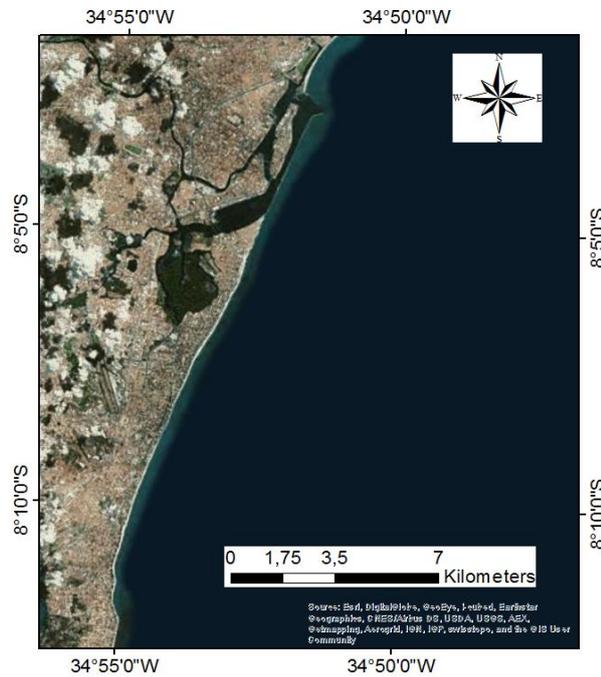


Figura 05- Localização da Praia de Boa Viagem em Recife, no estado de Pernambuco.

A Praia de Boa Viagem (zona metropolitana do Recife) possui um alto grau de vulnerabilidade a processos erosivos, conforme mapa (Figura 06) e os indicadores (Tabela 01) apresentados pelo Ministério do Meio ambiente, através do documento Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro.



Figura 06- Processo erosivo atuante no litoral pernambucano [13].

Tabela 01- Processos erosivos observados na Praia da Boa Viagem em 2002 [13].

NOME DA PRAIA	TIPO DE LITORAL	NÍVEL DE EROSÃO	GRANULOMETRIA DA PRAIA	INDÍCIOS EROSIVOS
Boa Viagem	Arenoso	Intensa	Areia média	1-7-3

Os índices apresentados no campo Índícios Erosivos representam: (1) Retrogradação da linha de costa, com forte diminuição da largura da praia em um local ou ao longo dela; (3) Destruição e/ ou soterramento de estruturas rígidas artificiais construídas sobre depósitos holocênicos na pós-praia; (7) Erosão por rebaixamento do perfil praial, com transferência de sedimentos da praia para a plataforma interna adjacente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação da vulnerabilidade do solo à erosão

A praia Massaguaçu possui grau de fragilidade ambiental elevado, conforme mostrado na Tabela 02.

Tabela 02 - Vulnerabilidade do Solo da Praia Massaguaçu, Caraguatatuba - SP (Adaptação das metodologias propostas por Serafim (1998) e Ross (1990)).

SOMATÓRIO DOS PARÂMETROS DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS					
SIGLA	UNIDADES GEOTÉCNICAS	LITOLOGIA	TEXTURA	RELEVO	SOMA
G1	ALUVIÃO ARENOSO	GNAISSE E GRANITO	ARENOSA (3)	PLANO (4)	7
SOMATÓRIO DOS PARÂMETROS DAS UNIDADES DE SOLO					
SIGLA	TIPOS DE SOLO	TEXTURA	RELEVO	PROFUNDIDADE	SOMA
S2	LATOSSOLOS	ARENOSA (3)	PLANO (4)	PROFUNDO (1)	8
SOMATÓRIO DOS PARÂMETROS DAS CLASSES DE DECLIVIDADE					
SIGLA	CLASSE DE DECLIVIDADE (%)		RELEVO		SOMA
D1	> 2		PLANO (4)		4
CLASSE DE RISCO POTENCIAL A EROSÃO					
SIGLA	DESCRIÇÃO				SOMA
R4	Áreas muito críticas				> 16
GRAU DE PROTEÇÃO DO SOLO PELA COBERTURA VEGETAL NATURAL (ROSS, 1990)					
SIGLA	GRAU DE PROTEÇÃO	CLASSE			
P3	FRACO (3)	-áreas desmatadas recentes -agricultura de ciclo curto (arroz, milho, feijão, soja, trigo e etc.) -agricultura de ciclo longo de baixa densidade (café, laranja e etc.) -solo exposto -áreas urbanizadas			
GRAU DE FRAGILIDADE AMBIENTAL (SUSCETIBILIDADE NATURAL A EROSÃO)					
SIGLA	GRAU DE EROSÃO		COMBINAÇÕES	GRAU DE FRAGILIDADE	
F4	Áreas muito críticas		R4 e P3	Muito Forte (4)	

Os dados levantados para avaliação de vulnerabilidade do solo da praia Massaguaçu, são parâmetros que indicam o grau de intemperismo, formação, idade do solo, assim como suas características a suscetibilidade a erosão. A combinação de todas as unidades e classes propõe dimensionar sua fragilidade, de acordo com os parâmetros estabelecidos na metodologia dos criadores do diagrama, adaptados para os dados geológicos e físicos da região em estudo.

Nos parâmetros que relacionam as unidades geotécnicas e o solo, a região estudada recebe contribuição dos sedimentos marinhos, essencialmente, de areias finas a médias quartzosas, devido aos processos de erosão e deposição a que está submetida, bem como variações verticais pronunciadas, decorrentes de oscilações do nível do mar. Além deste processo supracitado, Caraguatatuba é bordejada por elevações de porte expressivo, a Serra do Mar, sendo assim a planície costeira é constituída por aluviões, materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água que provém da serra, sendo frequentes ambientes mistos, fluviais e marinhos. No caso em estudo, a textura arenosa e o relevo plano são os indicadores que mais influenciam na fragilidade do ambiente de costa marinha e o fator menos impactante é a profundidade do solo, considerado bastante profunda.

Quanto ao grau de proteção do solo, nas últimas duas décadas ocorreu o adensamento e a consolidação de condomínios nos Bairros Massaguaçu e Cocanha, houve uma conversão de terrenos naturais em urbanizados, que ocasionou mudanças na drenagem, no aporte sedimentar e aumento da impermeabilização do terreno, tornando a região com baixo grau de proteção natural.

Além disso, de um modo geral, a configuração de praias de enseada (pocket beaches) aliadas à presença das escarpas da Serra do Mar, confere à região a ocorrência de precipitação orográfica, que torna o clima superúmido. Esta situação climática provoca intensos escoamentos superficiais, aumento de descargas fluviais, movimentos de massa e escorregamentos. Com todos esses indicadores, a suscetibilidade natural dessa praia à erosão da área é muito crítica.

#### Medidas de proteção

Na área I, desde 2010, uma proprietária de um quiosque da praia, tem utilizado técnicas de plantio de jundu (restinga) com o intuito de diminuir os prejuízos causados pela erosão em seu quiosque.

De acordo com informações da Shananda, a primeira etapa desse projeto consistiu no reconhecimento do ambiente nativo de restinga. Foi utilizada como base a praia do Capricórnio em Caraguatatuba, por tratar-se da mesma orla da praia Massaguaçu, e pela Praia da Lagoa ou Fazenda em Ubatuba, por ser um ambiente similar com característica de praia de tombo e que devido ao seu isolamento mantém sua vegetação nativa preservada.

Posterior a esse reconhecimento, foi feita a captação de sementes e mudas. Foram utilizadas as seguintes espécies: feijão-da-praia (*Canavalia rosea* (Sw.) DC.), pirrixiu (*Blutaparon portulacoides* SW.), arumbeba (*Opuntia viridirubra* (Ritter) Schl), marmeleiro-da-praia (*Dalbergia ecastophylla* L. Taub), coroa de frade (*Melocactus violaceus* Pfeiff.), salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.), sófora ou sófora-plateada (*Sophora tomentosa* L.), erva baleeira ou maria-milagrosa (*Cordia verbenácea* D.C), chanana ou flor-do-guarujá (*Turnera ulmifolia* L.), capim da praia (*Pennisetum nervosum* Trin). O preparo das mudas e sementes foi realizado *in situ*. As mudas foram plantadas diretamente na mistura de 3:1, sendo três partes de areia da própria praia Massaguaçu e uma parte de terra preta comercialmente vendida. Já nas sementes foram realizadas a limpeza e secagem antes do cultivo.

Após 45 dias de desenvolvimento, as mudas alcançaram o tamanho ideal para o transplante entre 2 e 4 folhas (Figura 07) e foram transferidas para a área delimitada na praia para início da recuperação. A delimitação inicial foi de 100 m<sup>2</sup> e a areia foi preparada com mistura de terra e adubo orgânico, conforme mostrado na Figura 08. Atualmente o local possui aproximadamente 598 m<sup>2</sup> de área útil.



Figura 07- a) e b) Desenvolvimento das sementes e mudas (Acervo pessoal Shananda, 2010).



Figura 08- a) e b) Transplante das mudas para a praia Massaguaçu (Acervo pessoal Shananda, 2010).

Durante os anos seguintes do início do projeto, foram replantadas aproximadamente mais 200 mudas, tendo atualmente cerca de 12 espécies diferentes, algumas reintroduzidas através da fauna que voltou a frequentar o ambiente de restinga. De acordo com a mentora responsável pela execução do projeto, Shananda, nas ressacas ocorridas posteriormente ao plantio (anos de 2012, 2013 e em março de 2014), não houve impactos negativos significantes causados pelas forças das ondas, como em anos anteriores. O que indica a importância de se preservar e recuperar esta vegetação de raízes profundas que seguram os grãos de areia e evitam a erosão da área (Figura 09). A retirada da grama também se faz necessária, pois a vegetação de restinga não consegue se desenvolver quando há competição com espécie gramínea.



Figura 09- Área de recuperação da restinga (Acervo pessoal Shananda).

Na área II, o projeto de proteção e contenção da erosão na rodovia, foi feito inicialmente em 2005, na época orçada em R\$ 1,3 milhão. Essa obra de contenção é formada por construções longitudinais aderentes formados por estruturas verticais de contenção, ou paredões. Nesse caso, foi executado um muro de pedra argamassada com extensão total de 500 m, com cota de topo igual ao da rodovia (Figura 10), obras de acesso à praia dos usuários, obras de drenagem superficial e calçamento junto à praia. Mas no início do mês de junho de 2006 houve uma forte ressaca do mar e a obra de contenção que estava em andamento, sofreu solapamento e parte do muro já construído foi carregado para dentro do mar. Na época, para manter a integridade da pista e a segurança dos usuários, foram tomadas medidas emergenciais como a colocação de sacos de areia e a interdição do acostamento (Figura 11) [9].



Figura 10 - Construção de um muro de contenção em 2006 [9].



Figura 11 - a) Solapamento na Rodovia e b) Medida de contenção da erosão com sacos de propileno [9].

Em 2012 foi realizada a correção da erosão provocada pelo mar, mais precisamente no barranco que dá acesso à pista, e colocado o chamado enrocamento de pedra - estruturas construídas para recuperação de áreas degradadas, constituídas de pedras de mão arrumada, matacões ou por pedras jogadas, sem emprego de aglomerante, que podem ser utilizados na construção de contenções, diques e dissipadores de energia, recuperação de erosões e proteção de taludes e de obras de arte especiais - para evitar o avanço do mar e conseqüentemente o possível desabamento do acostamento da rodovia, e uma passarela para passagem dos banhistas (Figura 12). O investimento total previsto da obra foi de aproximados R\$ 3 milhões [14].



Figura 12 - a) Obra de correção e b) Situação atual do local da obra.

### Análise comparativa da Área II e III

Para análise comparativa da área de estudo, foi escolhida a praia da Boa Viagem (Área III) localizada ao sul de Recife, em Pernambuco, que possui características semelhantes às da praia Massaguaçu, no que diz respeito à vulnerabilidade a processos erosivos da costa, ocupação antrópica e a execução de obras de contenção para minimizar o problema. Diferencia-se apenas da praia Massaguaçu a consequência dos processos erosivos relacionados à interferência da linha de recifes ao longo de quase toda a orla (Figura 13).

Nesta área, a ocupação e, consecutivamente, a impermeabilização da faixa de pós-praia suprimiram esse setor e, conseqüentemente, eliminaram a capacidade da praia em dissipar a energia incidente, bem como a possibilidade de troca e o abastecimento de areia, sobretudo durante as ressacas, sentenciando, dessa forma, a praia ao déficit sedimentar, por conseguinte, à instalação da erosão [12].

Na praia de Boa Viagem desde 1996 foram implantadas obras de estrutura de enrocamento aderente e em 2010 foram ampliadas, que proporcionam a preservação de aproximadamente 2,5 km da área de costa urbanizada [12].



Figura 13- a) e b) Obra de enrocamento de pedras na Praia Boa Vista (Acervo pessoal Marco Lyra, 2012).

As obras realizadas para contenção de erosão em ambas as praias, são longitudinais aderentes com enrocamento de pedras, que visam a retenção de sedimentos e contribuem para contenção da erosão da própria base, dimensionados conforme a área degradada por erosão costeira [12].

Na área III, não se tem observado, desde então, nenhuma mudança, ou mesmo indício, que represente a recomposição dos perfis de praia e aponte para a recuperação do ambiente praiial. Por conseguinte, ainda que essa estrutura tenha proporcionado com êxito a estabilização da linha no trecho atingido pelo processo de erosão, deve-se salientar que ela não eliminou a necessidade de uma nova intervenção com a finalidade de recuperar esse segmento litorâneo [12]. Esta análise aplica-se a praia Massaguaçu na área II.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema da erosão costeira na praia da Massaguaçu deve-se ao alto grau de vulnerabilidade por suas características morfodinâmicas e regimes de ondas, potencializado pela ocupação antrópica. A proteção costeira deve ser amplamente pensada, uma vez que as costas marítimas tendem a ajustar as suas condições ao impacto das forças atuantes estabelecendo uma condição de equilíbrio.

Analisando as soluções adotadas para mitigar a degradação ambiental da área de estudo, verifica-se que: na área I, apesar da Shananda não ter se respaldado de conhecimento técnico, a reintrodução da restinga tem se mostrado uma eficiente barreira física contra o avanço das marés, auxiliando na proteção do equilíbrio dos processos de perda e deposição de areias provocados pelas ressacas, além de ser eficaz quanto à estabilização dessa faixa de areia, na qual havia um banco natural que foi erodido anteriormente ao plantio.

Até o momento a solução adotada na área II tem se mostrado eficaz, as obras longitudinais aderentes são amplamente utilizadas em todo o mundo. O uso do enrocamento, torna a estrutura mais flexível, possibilita a resistência à ação de tempestades e ondas mais severas e diminui os efeitos da refletividade. O projeto estrutural da obra executada na área II não foi avaliado totalmente no presente trabalho e deve ser acompanhado por mais tempo para a comprovação da sua eficiência, pois há relatos de moradores da região que já houve rolamento das pedras do enrocamento para dentro do mar em situações de ressacas.

Uma solução para a conservação das praias e a minimização da erosão costeira e dos efeitos socioeconômicos da elevação do nível do mar, já adotada por muitos países, é a criação de zonas de proteção (setback distance) entre a praia e os primeiros equipamentos urbanos. No caso da Praia Massaguaçu, outra opção a se considerar é o deslocamento da rodovia SP-55 conforme já citado por outros autores, para que seja possível a restauração da orla e reestabelecimento das área já erodida.

Para projetos de recuperação ambiental não existe uma solução única, para cada caso deve ser considerado suas características e peculiaridades, o ideal é sempre uma adoção de medidas conjuntas, de forma complementar, levando em consideração as áreas adjacentes, e os pilares da sustentabilidade: social, ambiental e econômico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOUZA, C. R de G. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the state of São Paulo coast, Brazil. *Revista Pesquisas em Geociências*, v.28 n° 2 (2001) p.459.
- [2] International Panel on Climate Changes - IPCC (2007) - Summary for Policymakers. In: SOLOMON, S., D. et al. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, p.18 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em 20 de abril de 2014.
- [3] SOUZA, C.R. de G. A. Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.9 n°1 (2009) p.17.
- [4] SOUZA, C.R. de G. As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. São Paulo (1997) Dissertação de Doutorado do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- [5] CARAGUATATUBA (2013) Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico. Disponível em:  
<[http://www.portal.caraguatatuba.sp.gov.br/informativos/plano\\_sanemanto.pdf](http://www.portal.caraguatatuba.sp.gov.br/informativos/plano_sanemanto.pdf)> Acesso em 05 de junho de 2014.
- [6] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306p. 2006.
- [7] ROGACHESKI, C. E. A Dinâmica Sedimentar e a Caracterização de Zonas de Erosão Acentuada (ZEA) ao Longo do Arco Praial de Massaguaçu, SP. São Paulo (2010) Dissertação de Mestrado do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- [8] CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI (2014). Disponível em <[www.cpa.unicamp.br](http://www.cpa.unicamp.br)> Acesso em 19 de julho de 2014.
- [9] CECCARELLI, T. S. Paradigmas para os projetos de obras marítimas no contexto das mudanças climáticas. São Paulo (2009) Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica na Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

[10] SERAFIM, C. R., Monitoramento do Crescimento Urbano em Áreas de Risco à Erosão na Bacia Hidrográfica do Córrego Pararangaba no município de São José dos Campos-SP. São José dos Campos (1998) Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

[11] ROSS, J. L. S. Geomorfologia, Ambiente e Planejamento. 1. ed. v. 1. Contexto São Paulo (1990) p.80.

[12] GOIS, L. A et al. Processos erosivos costeiros da Praia de Boa Viagem, Recife-PE. Mercator v.12 nº27 (2013) p.111.

[13] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2006) Erosão e progradação no litoral brasileiro. Disponível em:

<[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_publicacao/78\\_publicacao12122008084856.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao/78_publicacao12122008084856.pdf)>. Acesso em 21 de junho de 2014.

[14] PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE CARAGUATATUBA (2012). Disponível em:

<[http://www.caraguatatuba.sp.gov.br/upload/updown/13\\_fotodepaginainteira.pdf](http://www.caraguatatuba.sp.gov.br/upload/updown/13_fotodepaginainteira.pdf)> Acesso em 26 de outubro de 2014.

## **ANEXOS**