Estratégias e medidas de proteção contra desastres naturais na zona costeira da região Amazônica, Brasil

Estratégias y medidas de protección contra desastres naturales en la zona costera de la región Amazónica, Brasil

Protection strategies and measures against natural disasters in the coastal zone of the Amazonian area, Brazil

Claudio Szlafsztein

Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário do Guamá, 66075-110,
Belém-PA, Brasil
iosele@ufpa.br

Horst Sterr

Institute of Geography, University Kiel,
Ludewig-Meyn-Straße 14, 24098
Kiel, Alemanha

Rubén Lara

Zentrum für Marine Tropenökologie,
University Bremen, Fahrenheitstr. 6, 28359
Bremen, Alemanha

Resumo: Estudos realizados na zona costeira do Estado do Pará, região amazônica do Brasil, têm registrado nos últimos 25 anos, numerosas evidencias dos impactos dos processos naturais de erosão e inundação. Na área de estudo, em conseqüência foram implantadas diversas estratégias e medidas de adaptação, principalmente obras de proteção. O objetivo deste trabalho é analisar o grado de sucesso deste tipo de medida, considerando sua possível utilização dentro do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro. Para isto é apresentado um inventario de 46 tipos diferentes de obras de proteção rígidas existentes na região, se estima seus custos e se descreve seu estado de conservação. Conclui-se, entre outras coisas que a erosão e inundação continuam impactando negativamente devido à inadequada planificação das estruturas, a falta de conhecimentos sobre as peculiaridades da região, os limitados recursos financeiros públicos e privados, assim como a pobre manutenção das obras. Considerando o reduzido sucesso deste tipo de obras, se discute seu uso futuro e a possibilidade de implementação de respostas adaptativas alternativas como o retrocesso e a acomodação da população.

Resumen: Estudios realizados en la zona costera del estado de Pará, región amazónica del Brasil, se han registrado en los últimos 25 años numerosas evidencias de los impactos de los procesos naturales de erosión e inundación. En consecuencia en el área de estudio, fueron implantadas diversas estrategias y medidas de adaptación, principalmente obras de protección. El objetivo de este trabajo es analizar el grado de éxito de este tipo de medida, considerando su posible uso dentro del plano estadual de manejo costero. Para esto es presentado un inventario de 46 tipos diferentes de obras de protección rígidas existentes en la región, se estima sus costos y se describe su estado de conservación. Se concluye, entre otras cosas que la erosión e inundaciones continúan impactando negativamente debido a la inadecuada planificación de las estructuras, la falta de conocimientos sobre las peculiaridades de la región, los limitados recursos financieros públicos y privados, así como la pobre manutención de las obras. Considerando el reducido éxito de este tipo de obras, se discute su uso futuro y la posibilidad de implementación de respuestas adaptativas alternativas como el retroceso y la acomodación de la población.

Abstract: Studies carried out in the coastal zone of the State of Pará (Brazil) have recorded, in the last 25 years, extensive evidence of the impact of natural flooding and erosion. Diverse strategies and measures for adaptation, mainly "protection" works, have been implemented. In this work an inventory of 46 protection engineering works existing in the study area is presented, describing the type, physical characteristics, origin of the monetary funding and current state. Erosion and floods continue to have negative impact due to inadequate planning of the structures, often constructed without sufficient scientific background information and limited public and private monetary funds. Insufficient structural maintenance is also an important issue. Despite the reduced success of these protection works, the reasons to assume their future use in the region and other alternatives of adaptation still incipiently implemented is discussed.

Keywords: Gerenciamento costeiro; Ameaças naturais; Adaptação; Medidas de proteção; Região amazônica.

Introdução

A *adaptação*, no contexto de gerenciamento de zonas costeiras, é definida como um tipo de resposta humana diante da ação dos processos costeiros e marinhos. Esta resposta tem o propósito de diminuir as conseqüências negativas ou ampliar os benefícios da ação destes processos (HANDMER et al., 1999), incluindo um amplo conjunto de políticas, estratégias, medidas e ajustes de comportamento (voluntários ou não), implementados por parte da população e instituições (LEARLY, 1999).

Este conjunto de respostas é habitualmente estabelecido num contexto de incertezas (ADGER e VINCENT, 2005), produto do insuficiente conhecimento das condições locais e regionais, particularmente relacionadas com os processos costeiros e marinhos e os estilos de vida da região (BURTON, 1996). Não obstante este problema, é da natureza humana adaptar-se e em conseqüência, já existem muitas políticas e praticas neste sentido. A seleção das respostas adaptativas depende de fatores (i) naturais (ex. Morfologia e ecologia da zona costeira), (ii) sociais (ex. Nível de educação e de informação), (iii) econômicos (ex. infra-estrutura, riqueza), e (iv) políticos (ex. acesso aos recursos, capacidade institucional) (CHARLIER e DE MEYER, 1997). Esta escolha também depende da avaliação "custo-beneficio", e das experiências da adoção de respostas em circunstâncias similares (BOYLES Jr., 1993).

Considerando a classificação de medidas de adaptação diante a ocorrência de perigos naturais do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC, 1990), identifica-se e agrupa-se, na costa amazônica do Brasil, um conjunto de estratégias e medidas implementadas para responder aos processos de erosão e inundação costeira. Num extremo, descrevem-se as estratégias de "*retrocesso*" – autônomo ou planejado - das populações e infra-estruturas. Por outro lado, as medidas de "*proteção*" total ou parcial das propriedades, terras e infra-estruturas existentes na zona costeira. Entre os dois extremos, existem as estratégias e medidas denominadas de "*acomodação*", como mudanças na legislação de uso do solo e dos códigos de edificação, aprimoramento dos sistemas de resgate emergencial e de seguros, etc. Muitas destas medidas de resposta (retrocesso, acomodação e proteção) são ser adotadas simultaneamente ou progressivamente, no entanto, na zona costeira amazônica do Brasil, a "proteção" é a estratégia/medida empregada mais importante.

Neste sentido, o presente trabalho descreve e avalia as estratégias e medidas de adaptação que "protegem" a costa diante a ação dos processos naturais de erosão e inundação, atualmente utilizadas na zona costeira amazônica, em particular no Estado do Pará. Para isto, os principais questionamentos são: (i) Que tipo de estratégia e medida de proteção tem sido adotada pelas populações locais e autoridades para enfrentar as ameaças naturais na zona costeira? (ii) Considerando os objetivos iniciais destas estratégias e medidas - cessação ou diminuição dos impactos dos processos de erosão e inundação costeira - quais têm sido o grau e motivo do sucesso ou fracasso destas? Os resultados de esta investigação poderão prover aos tomadores de decisão de subsídios para o Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro (Lei Estadual 5.887/95), em elaboração.

A área de Estudo

A zona costeira amazônica do Brasil inclui os Estados de Amapá e Pará. No Pará, os 82.596 km² (6,5% do total do Estado) têm sido divididos pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (MMA, 1999) em 3 setores: (i) Atlântico ou NE (ii) Continental-Estuarino, e (iii) Insular-Estuarino (Figura 1). A área de estudo deste trabalho, o setor "Atlântico ou NE", é integrado por 22 municípios espalhados em 16.215 km² – 19,5% de toda a zona costeira do Estado do Pará.

Geologicamente, a região é conformada por sedimentos do Cenozóico tardio, que definem 3 unidades litoestratigráficas: (i) *Formação Pirabas* (Oligoceno tardio – Mioceno inferior), *Formação Barreiras* (Mioceno inferior a médio), e os *sedimentos Pós-Barreiras* (Rosseti, 2001). Geomorfologicamente, a área de estudo é definida como uma costa estuarina de caráter irregular, que penetra cerca de 50 km dentro do continente e apresenta estuários com uma largura máxima próxima aos 20 km. Esta costa estuarina é caracterizada por uma extensa área de sedimentos lamosos cobertos por manguezais, depositados na frente do elevado território continental do Terciário (SZLAFSZTEIN et al., 1999).

O clima da região é descrito como tropical, cálido e úmido (temperatura media anual de 26.1ºC), com um período seco (menor volume de chuvas) ocorrendo entre os meses de Junho e Novembro. A precipitação media anual registrada é maior a 2.100 mm (MARTORANO et al., 1993). As marés, principal elemento hidrodinamico da região, são de natureza semidiurna. Com uma amplitude máxima de 5,5 m, na localidade de Salinopolis, considera-se a região como regime de macro-mare (DHN, 1994).

No entanto esta área é caracterizada por um desenvolvimento industrial mínimo e uma moderada utilização para fins agrícolas e pecuários, a mesma apresenta os maiores índices de desenvolvimento socioeconômico da zona costeira amazônica, depois da Região Metropolitana de Belém. Pesquisas socioeconômicas apresentam que uma grande proporção da população obtém seus recursos do ecossistema de manguezais (captura de caranguejos e pesca) e do turismo. Como uma forma de incentivo à política de desenvolvimento da região costeira e procurando facilitar o acesso aos seus recursos por parte à população, o governo tem construído estradas que conectam os territórios interiores e as praias (SZLAFSZTEIN, 2003).

Os impactos dos desastres naturais na zona costeira amazônica.

Os portos e pequenas vilas costeiras foram, por longo tempo, estabelecidos em locais protegidos e/ou estuários, abrigados da intensa dinâmica costeira. Mas o crescimento populacional, as mudanças de hábitos e costumes, e a crescente desconsideração dos processos e forcas atuantes na zona costeira, permitiram a construção de infra-estrutura e o estabelecimento da população muito perto da linha de costa e dos problemas derivados desta atitude. As casas e construções precárias dos antigos pescadores, facilmente adaptáveis aos eventos perigosos, transformaram-se em melhores casas e infra-estrutura (estradas, espigões, serviços

elétricos, etc.) próxima das linhas de costa marinha e estuarinas. Principalmente, o desejo por uma vista sem obstáculos do mar e um acesso conveniente à praia tem motivado este tipo de construção, reduzindo simultaneamente, a percepção das ameaças naturais.

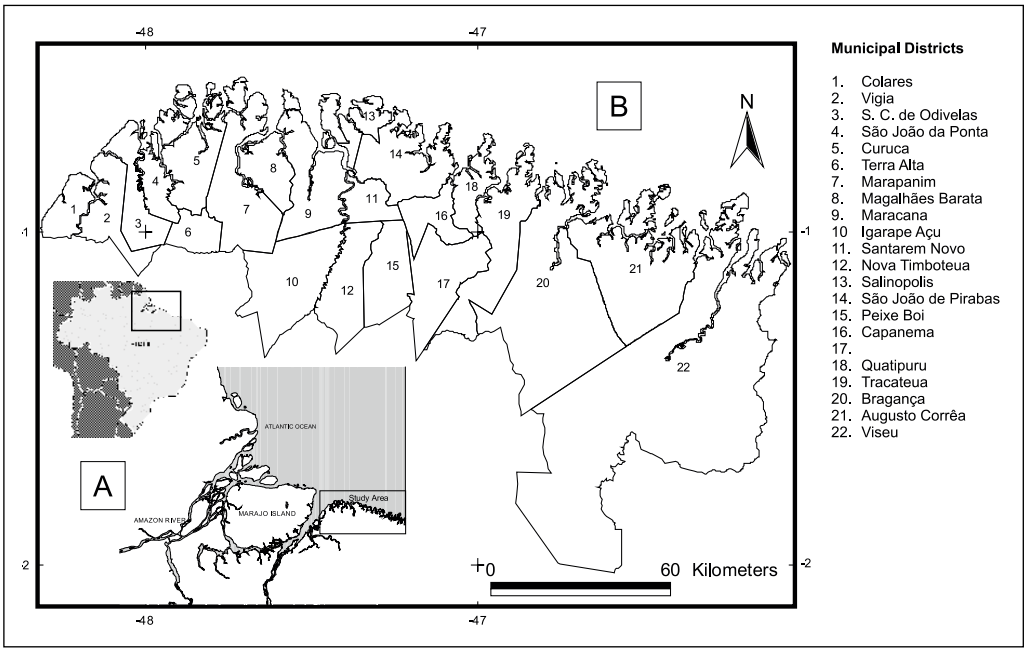


Figura 1: (A) Mapa da costa amazonica do Brasil mostrando a localização da area de estudo, (B) O "Setor Atlantico ou NE", definido pelo Plano Nacional de Grenciamento Costeiro do Brasil.

Na zona costeira amazônica podem ser descritas numerosas evidencias de sistemas afetados por ameaças naturais (erosão e inundações), com perdas de terras, alteração de características ecológicas e danificação severa de propriedades e infra-estruturas.

Numerosas praias do Município de Bragança são afetadas por processos erosivos. Na *Vila dos Pescadores*, eventos sucessivos de erosão têm permitido registrar somente nos últimos 5 anos, o retrocesso de aproximadamente 500 m da linha de costa e o conseqüente impacto no estilo de vida dos habitantes locais (SOUZA FILHO, 2001). ALVES (2001) tem descrito problemas similares no setor NW da praia de *Ajuruteua* (50 m de retrocesso num ano de observações), resultado da localização da área estudada próxima das margens do canal de maré, o ângulo de incidência das ondas, e as enormes magnitudes das marés (de 4 a 6,5 m). Na região das praias do *Farol* e *Buçucanga*, a erosão da linha de costa tem induzido o desenvolvimento de falésias de praia (10 m de altura máxima), esculpidas nas dunas costeiras longitudinais (KRAUSE, 2002).

No Município de Marapanim, SILVA (1995) e SANTOS (1996) têm estimado uma taxa de erosão de 15 m/ano na região de *Marudá* e um retrocesso de 200 m nas falésias da ilha de *Algodoal*. Na praia de *Crispim*, um evento extremo de tempestade (22 de fevereiro de 2001) impactou fortemente a população local, suas residências e atividades econômicas,

motivando a homologação, por parte do Estado do Pará, de um Decreto de Situação de Emergência no Município – 4524/01 (IOEPA, 2005).

Em particular, numerosos autores (FRANZINELLI, 1982; MENDES, 1998) têm intensamente descrito evidencias da ação dos processos erosivos em diferentes setores do Município de Salinópolis como as praias de *Atalaia* e *Maçarico*. MUEHE e NEVES (1995) indicam a estas regiões, principal centro de turismo e ferias da costa amazônica do Brasil, como as de maior susceptibilidade socioeconômica diante do potencial aumento do nível do mar.

Assentamentos humanos em áreas susceptíveis a perigos naturais também podem ser encontrados em diversos setores dos municípios de São João de Pirabas, Vigia, e Maracanã (SZLAFSZTEIN, 2003).

Não existem ate o presente momento, estudos que permitam determinar os impactos econômicos diretos (custo dos danos e atividades de recuperação) nem indiretos (saúde, economia, etc.) dos desastres naturais na zona costeira amazônica. No entanto, isto não é um obstáculo para reconhecer a esta problemática como um dos pontos mais importantes na discusao dos planos de gerenciamento costeiro da região Amazônica.

Esses impactos diferem consideravelmente no espaço e no tempo. Espacialmente, não somente devem ser consideradas a magnitude e a freqüência dos fenômenos naturais, e as características naturais da zona costeira (geologia, geomorfologia, cobertura vegetal), se não também a vulnerabilidade[1] das populações e infra-estruturas existentes. Por outro lado, a comunidade cientifica acredita na possibilidade de um incremento no numero de desastres naturais no futuro, considerando as próprias mudanças dos fenômenos naturais (conseqüência dos câmbios climáticos e o aumento do nível do mar) e os efeitos do desenvolvimento não planejado (STERR, 2000).

Metodologia

A análise da temática referente às estratégias e medidas de adaptação diante as ameaças naturais na zona costeira Amazônica do Brasil envolve as seguintes etapas: (i) A elaboração de um detalhado inventario, (ii) Uma descrição das suas características, e (iii) uma avaliação do sucesso ou fracasso na sua implementação. Esta informação é extraída de diversas fontes de referencias bibliográficas, dados estatísticos originados nos múltiplos níveis de governo, e informações coletados em trabalhos de campo e entrevistas com relevantes expertos, autoridades e população local.

Adaptando metodologias já empregadas em outros trabalhos em zonas costeiras do Brasil (ESTEVES et al., 1999), foram visitadas áreas urbanas de diferentes localidades costeiras da area de estudo (aproximadamente 60). As estruturas de proteção foram identificadas, documentadas fotograficamente e classificadas considerando diversos parâmetros (ex. tipo e morfologia da zona costeira protegida, origem dos recursos financeiros, infra-estrutura e propriedades existentes, tipo de obra de proteção e material utilizado, estado de conservação).

[1] As condições, determinadas por fatores e processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de uma ou varias ameaças (UN/ISDR, 2005).

Resultados e discussão

Inventario das estruturas de proteção

Repetidos eventos de tormenta têm produzido danos e perdas, parciais e totais, de casas, terras, e estradas próximas à linha de costa, estimulando aos residentes e autoridades a procurar cuidadosamente médios que possam responder aos impactos das forcas do mar. Estas obras para proteger a linha de costa são agrupadas em 2 categorias gerais: (i) *Não estruturais* ou *de estabilização flexível*, e (ii) *Estruturais* ou *de estabilização rígida*. A continuação descreve-se brevemente as características das principais medidas (CLARK, 1995; MARCOMINI e LOPEZ, 1993; MURCK et al., 1996):

a) *Obras não estruturais ou de estabilização flexível*: refere-se ao processo de "alimentação de praias", que consiste na deposição de areia, dragada na área de *offshore,* em praias afetadas pela erosão. Amplamente utilizada, esta medida prove uma extensa zona de amortecimento que remove o perigo imediato às estruturas localizadas muito perto da linha de costa. No entanto, no momento de sua implementação deve ser considerados seu alto custo econômico, sua pequena durabilidade temporal, e os grandes distúrbios nos ecossistemas costeiros.
b) *Obras estruturais ou de estabilização rígida*: refere-se aos métodos que procuram deter o retrocesso da linha de costa e proteger as propriedades e infra-estruturas existentes. Existem dois tipos principais: (i) *Estruturas paralelas à linha de costa*, que interrompem a forca das ondas (ex. muros de proteção e *revestimentos rochosos*) e (ii) *Estruturas perpendiculares à linha de costa*, que interrompem o fluxo da areia ao longo da costa (ex. espigões).

- Muros de Proteção: Construídos com madeira, aço, rocha ou concreto, eles são geralmente utilizados para atenuar a energia das ondas, assim como para fixar e colocar uma "armadura" à linha de costa. Os muros têm 3 formas básicas: (1) *Vertical* – pobre resistência ao ataque das ondas, considerado muito instável; (2) *Côncavo* – utilizado quando as ondas apresentam grande energia, e (3) *Inclinado* – dissipam a energia e facilitam o acesso à praia, mas podem ser facilmente superadas pela ação das ondas. Apesar das intenções originais, a grande maioria destas estruturas pode realmente acelerar a perda de areias de praia, moldando uma área mais íngreme e estreita ate a destruição final.
- Revestimentos Rochosos: consiste em fragmentos de rochas e/ou concreto engrenados conforme o contorno da linha de costa, que permitem que uma grande proporção da forca das águas seja absorvida nos espaços existentes entre os fragmentosde. Relativamente de baixo custo econômicos, causam menos danos que outras medidas estruturais.
- Espigões: estruturas semipermeáveis ou impermeáveis fabricados em rocha, madeira, ou aço, que bloqueiam o fluxo de areia paralelo à linha de costa, capturando e retendo os sedimentos na praia. Apesar de que são utilizados para reconstruir

áreas de praia erodidas, eles podem capturar sedimentos num lado das estruturas e intensificar a erosão noutro.

Em particular, a tabela 1 apresenta 34 diferentes exemplos de *obras estruturais ou de proteção rígida* utilizadas em todos os diversos ambientes costeiros da região amazônica (estuarino, fluvial e marino). Não obstante podem ser encontradas áreas protegidas naturalmente por rochas lateriticas da *Formação Barreiras* (ex. Salinas, Atalaia no Município de Salinopolis), na maioria dos casos a linha de costa precisa da proteção de estruturas construídas com financiamento público e/ou privado. Os recursos públicos são utilizados principalmente nas regiões estuarinas e têm como objeto proteger as infra-estruturas existentes (estradas, portos, postes de energia, etc.). Os outros recursos são exclusivamente aplicados na proteção de residências e terras privadas. Entre todas as estruturas descritas, os "muros de proteção" são os mais comumente utilizados, principalmente no caso de financiamento público[2]. Estes muros protegem freqüentemente toda a falésia ou simplesmente a base da mesma. São construídos em varias disposições (vertical e inclinados), utilizando frequentemente de contrafortes[3]. Os materiais empregados nas obras públicas são principalmente o concreto (armado ou de pedra e argamassa) e sacos de cimento endurecido. As estruturas construídas com recursos privados utilizam, junto com os mencionados, uma grande variedade de materiais que incluem, entre outras coisas, madeiras e fragmentos rochosos locais. A seleção dos materiais utilizados, nas estruturas privadas, depende da disponibilidade em áreas próximas, do valor da propriedade a ser protegida, e das condições econômicas do proprietário.

O custo econômico da construção de medidas de proteção na zona costeira Amazônica

A decisão de proteger a zona costeira traz benefícios, mas também é um custoso investimento de dinheiro para a os governos, a região e as comunidades locais. Como descrito, em muitas das localidades costeiras da área de estudo, uma grande proporção das infra-estruturas públicas e propriedades já estão intensamente expostas à forca das águas, e em conseqüência, as perdas econômicas diretas e indiretas são relativamente altas. Neste sentido, os governos (federal, estadual e municipal) e os proprietários são forcados a consumir recursos (muitas vezes escassos) na proteção dos elementos danificados, assim como na manutenção e reconstrução das obras de proteção existentes. Em caso de recursos públicos, isto implica a distribuição das responsabilidades, incluso entre a população que mora muito distante da zona costeira.

[2] Somente na localidade *Praia do Atalaia* (município de Salinopolis) tem sido registrada a existência de outro tipo de estruturas financiadas com recursos públicos, como espigões construídos com sacos de cimento endurecidos e revestimentos com fragmentos de rocha não locais (quartziticas), fixadas com uma grade de ferro retangular (figura 2 – 7, 8, 9).

[3] Qualquer estrutura utilizada como reforço para o suporte de pressões.

Tabela 1: Inventario e classificação das obras de proteção rígidas utilizadas na zona costeira do Estado do Pará (os números na ultima coluna correspondem às fotografias da figura 2).

Área costa	Morfologia	Setor protegida	Origem recursos	Elemento Protegido	Tipo de medida proteção	Materiais empregados		Posição	Contra fortes	Localidade
Marina	Falésia	Completa	Público	Estradas e avenidas litorâneas	Muros	Concreto	Armado	Vertical	Não	Salinas (1)
							Rocha e argamassa	Inclinado	Sim	Salinas (2)
			Privado	Prédios	Muros	Concreto	Armado	Vertical	Sim	Atalaia (3)
									Não	Atalaia
								Inclinado	Não	Maruda (4)
							Rocha e argamassa	Inclinado	Não	Maruda
						Madeira e frag. roch. locais				Moccoca (5)
		Base	Público	Estradas e avenidas litorâneas	Muros	Concreto	Armado	Vertical	Sim	Salinas
							Rocha e argamassa	Vertical	Não	Salinas
								Inclinado		Salinas
						Sacos de cimento				Maruda (6)
					Espigões	Sacos de cimento				Salinas (7)
					Revestimentos	Frag. roch. não locais	Com rede metálica			Salinas
							Sem rede metálica			Salinas (8)
				Prédios e residências	Revestimentos	Frag. roch. locais	Com rede metálica			Salinas (9)
			Privado	Prédios e residências	Muros	Concreto	Rocha e argamassa	Vertical	Não	Maruda
						Madeira/frag. roch. Locais		Vertical	Não	Atalaia
						Frag. roch. Locais		Vertical	Não	Maruda (10)
						Madeira e sacos de cimento				Atalaia (11)
			Natural	Prédios e residências		Frag. roch. Locais				Salinas, Atalaia
	Dunas		Privado	Casas sobre pilares	Muros	Madeira				Ajuruteua (12)
						Madeira/frag. roch. Locais				Atalaia (13)
						Sacos de cimento				Crispim
Estuarino	Margem fluvial	Completa	Público	Estradas e avenidas litorâneas	Muros	Concreto	Rocha e argamassa	Vertical	Sim	Pirabas
							Armado	Vertical	Sim	Boa Vista (14)
									Não	Cafezal (15)
			Privado	Estradas e avenidas litorâneas	Muros	Concreto	Rocha e argamassa	Vertical	Não	Maracanã
		Base	Público				Rocha e argamassa	Inclinado	Sim	Maracanã
									Não	Pirabas, Maracanã
			Natural	Estradas e avenidas litorâneas		Frag. roch. locais				Boa vista
			Público		Muros	Concreto	Armado	Vertical	Não	Vigia
							Rocha e argamassa		Sim	Vigia

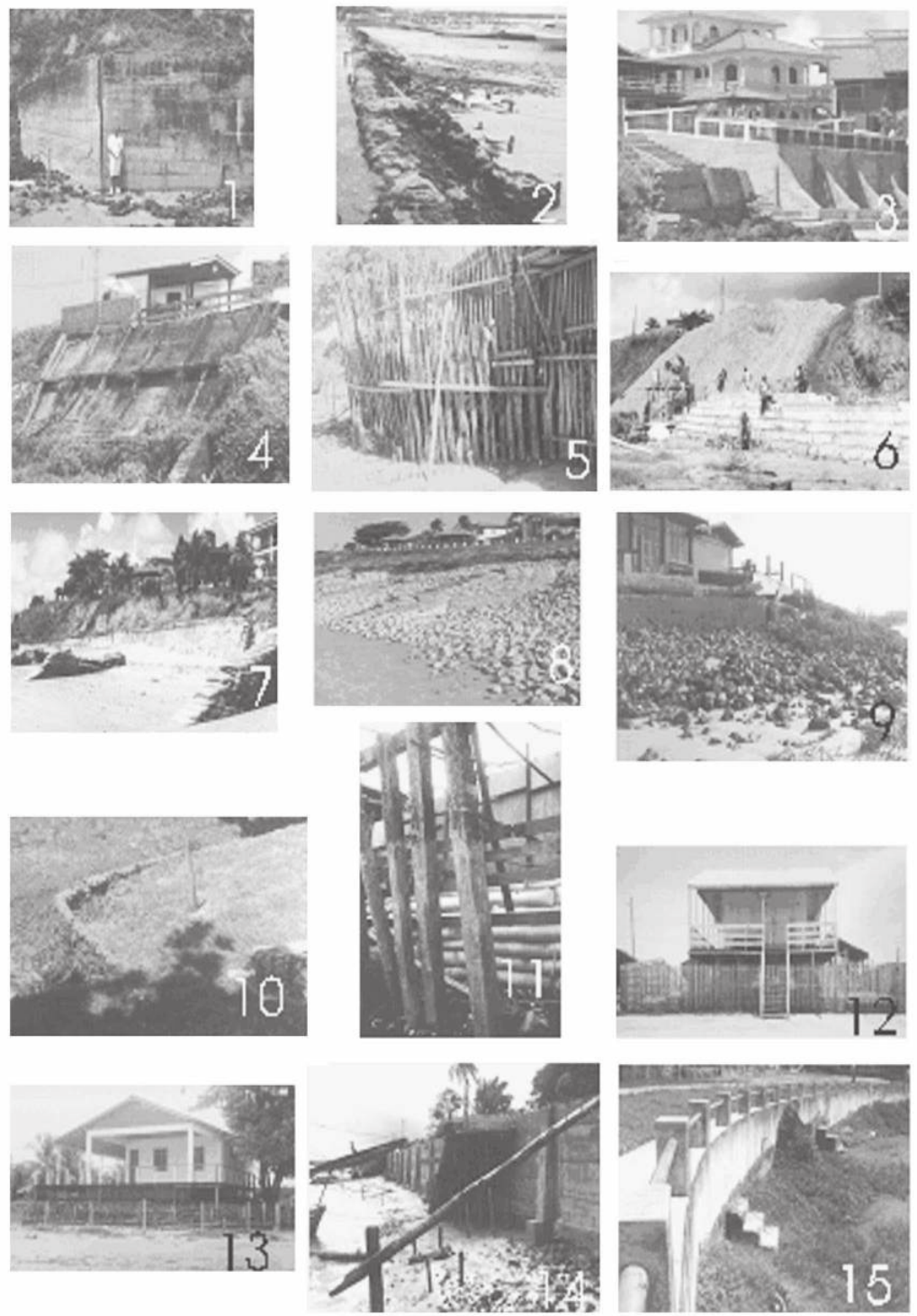


Figura 2: Exemplos dos numerosos e diversos tipos diferentes de medidas de estabilização rígida na costa do Estado do Pará (os números das fotografias correspondem com a tabela 1).

A maioria dos municípios do País e particularmente da região estudada tem escassos recursos para serem investidos em obras devido a que uma grande proporção do orçamento destina-se principalmente para o pagamento dos funcionários e dos gastos nas áreas de saúde e educação. Em toda a zona costeira do NE do Estado do Pará, no período 1995-2005 (TCM-PA, 2005), somente o Município de Bragança tem investido recursos próprios, junto com a União para a construção de obras de engenharia de proteção da linha de costa. Em conseqüência, existe uma alta dependência dos recursos provenientes das esferas estadual e, principalmente, federal para a proteção da infra-estrutura pública.

A análise dos dados orçamentários do Brasil e do Estado do Pará, entre os anos 1996 e 2001 (ALEPA, 2005; Brasil, 2005), mostram que foram destinados aproximadamente US$ 5.000.000[4] para a construção de 46 obras para combater a erosão fluvial e costeira no Estado, representando um valor de quase US$ 108.500 para cada uma delas. Cabe destacar-se que não existe disponibilidade de informações precisas (oficiais ou não) ao respeito do custo de construção de um metro linear de obra de proteção no Pará, sendo estimado neste trabalho um valor aproximado a US$ 1.155[5].

Por outro lado, em muitas localidades da zona costeira, ricos proprietários de residências próximas das praias são obrigados a cobrir todos os custos necessários para a proteção das mesmas. As despesas com a construção das obras não são fornecidas pelos proprietários, mas dependem do valor das propriedades a serem protegidas, as que alcançam valores muito altos num contexto regional.

Os problemas identificados nas obras de estabilização rígida

Em algumas regiões onde obras de "proteção" têm sido descritas, os impactos dos processos de erosão e inundação costeira têm diminuído (ex. municípios de Maracanã e Colares). No entanto, na maioria das areas estudadas, as medidas e estratégias são parcial ou totalmente ineficientes. Isto é claramente evidenciado quando podem ser encontradas:

a. Numerosas obras de proteção de mesmo tipo: Sem considerar a falta de efetividade das obras realizadas para conter a ação retrocedente das falésias, alguns anos depois uma estrutura similar ou minimamente modificada é construída com os mesmos objetivos. Destaca-se a cidade de *Boa Vista* (Município de Quatipurú), onde os restos de um muro vertical de fragmentos de rocha e argamassa com 10 anos de antiguidade, testemunham passivamente a construção, em 2001, de outro muro vertical de concreto a somente 7 m de distancia do anterior (Figura 3(1)).
b. Numerosas obras de proteção de diverso tipo: A proteção das propriedades privadas próximas à linha de costa é constituída por uma serie de numerosos e diversos tipos de obras construídas no mesmo local em épocas diferentes, evidenciando o pouco sucesso da sua implementação. Exemplos desta situação são comuns na *praia do Atalaia* (Município de Salinópolis), onde antigas estruturas de madeira e

[4] Considerando a variabilidade da relação das moedas Dólar (US$) – e Real (R$), foram estimadas as seguintes cotações: 1 US$ = 1.2 R$ (1994-1998), e 1 US$ = 2.5 R$ (1999-2005).

[5] Valor confirmado posteriormente com as empresas que desenvolvem trabalhos deste tipo na região.

fragmentos rochosos (fora de uso) foram construídas na frente dos restos de um muro de proteção de concreto (fragmentos rochosos e argamassa) e um novo e ainda funcional muro de concreto reforçado (Figura 3(2)).

c. Obras de proteção isoladas: Estruturas parcial ou totalmente isoladas das feições naturais, propriedades e infra-estrutura que deveriam ser preservados por elas. Na localidade de *Salinas* (município de Salinopolis) um muro de proteção (concreto de fragmentos rochosos e argamassa) foi construído, no inicio da década de 1990, com objetivo de proteger um hotel e uma praça localizados perto de uma falésia, que vem sofrendo processos erosivos nos últimos 100 anos. Superada a resistência destas estruturas de proteção e diante a intensificação da ameaça natural, anos depois, novas obras foram construídas para defender agora também o muro construído. Na frente deste, fora erguida uma seqüência de espigões de 15 metros de cumprimento, utilizando sacos de cimento endurecidos, perpendicular à linha de costa, e distanciados aproximadamente 25 metros. Entre os espigões, foi construído um revestimento de seixos angulosos contidos numa rede metálica. Cabe destacar-se que tão importante esforço, desafortunadamente, não tem tido o sucesso previsto. A energia das ondas expulsou a grande maioria dos fragmentos rochosos, sendo que muitos dos mesmos (principalmente os seixos) têm servido como instrumentos de abrasão e maior erosão do muro de proteção e das falésias. Estes processos, ainda em desenvolvimento, têm isolado, em conseqüência, parte das estruturas, as que atualmente não apresentam nenhuma função (Figura 3(3)).

d. Obras de proteção para limitadas áreas: Este tipo de obra de engenharia é comumente construído nas partes centrais das localidades costeiras, onde são localizados os mais importantes prédios e valorizadas propriedades. Em conseqüência, parte da energia é refletida pela obra de proteção e desviada para regiões adjacentes, não protegidas, permitindo o inicio ou intensificação dos processos erosivos nas mesmas. Desta forma, as obras de proteção simplesmente transferem o problema para outra área, incrementando a vulnerabilidade das populações pobres que moram nas periferias não protegidas. A Figura 3(4) mostra o caso da cidade de *Maracanã* (município de Maracanã).

e. Obra não proporcional à magnitude dos eventos: Em função de problemas nas fases de projeto (carência de informações) e construção das obras (ex. falta de recursos), muitas das estruturas não são dimensionadas de acordo à magnitude das ameaças naturais (ex. o muro de proteção construído no porto de *Salinas,* no município de Salinopolis, frequentemente superado pelas marés).

Discussão

Numerosas pequenas localidades ainda continuam desprotegidas diante as ameaças naturais. No entanto, as principais áreas urbanas dos municípios pertencentes à zona costeira têm a aparência de estar protegidos de diversas formas contra as ameaças naturais. Neste

sentido, os diversos muros de contenção são as mais freqüentes estruturas construídas pela população local e os governos com vistas a proteger suas propriedades, terras e infra-estruturas da força das águas.



Figura 3: Exemplos apresentando o reduzido sucesso das estruturas de estabilização rígida na zona costeira do Estado do Pará. (1) Numerosas obras de proteção de mesmo tipo, (2) Numerosas obras de proteção de diverso tipo, (3) Obras de proteção isoladas, e (4) Obras de proteção para limitadas áreas.

Contudo, só um limitado sucesso foi obtido. Os impactos dos processos de erosão e inundação costeira estão iniciando em alguns setores, assim como continuando e intensificando em outros. Claramente, as ameaças naturais permanecem não somente destruindo propriedades e infra-estrutura, se não também as próprias obras de proteção.

Numerosos motivos podem explicar a falta de efetividade ou de sucesso das obras de proteção da zona costeira na região Amazônica do Brasil, entre elas:

a. Carência de uma visão e ação integrada: Sem uma compreensão global/regional dos processos naturais e de seus impactos, a grande maioria das obras de proteção é projetada numa forma isolada, seguindo uma atitude definida por GORNITZ et al. (2002) como *"cada homem por se mesmo"*. Isto implica que cada município ou proprietário da zona costeira tenta proteger-se utilizando as estruturas que considera apropriada, sem tomar em consideração os efeitos por esta provocada sobre o ambiente e seus vizinhos.

b. Deficiente planejamento e construção das obras: a maioria das estruturas financiadas com recursos privados é levada a cabo sem aconselhamentos técnicos apropriados. O projeto e construção das obras públicas com recursos do Estado são responsabilidades da Secretaria de Transportes do Estado (SETRANS). No entanto, estas são as menos freqüentes. Comumente, recursos federais (via ementa parlamentar) são destinados diretamente aos municípios, os que carecem de recursos técnicos e humanos qualificados para a realização do projeto e a construção das obras. O município em conseqüência delega a responsabilidade a empresas privadas, as que recebem um inadequado ou nenhuma inspeção ou controle governamental.
c. Insuficiência de dados e informações: Em função da extensão da zona costeira e os problemas de acesso a numerosas regiões da mesma, assim como das insuficientes políticas públicas destinadas ao mapeamento e sistematização de dados, existe uma carência de informações detalhadas ou atualizadas sobre os parâmetros naturais na zona costeira amazônica. Freqüentemente, os engenheiros fazem um grande esforço para obter estes dados nos breves períodos que precedem à construção da obra, não considerando ou ignorando a variabilidade e mudanças presentes nos processos costeiros e climáticos.
d. Falta de manutenção das obras: Apropriados e freqüentes procedimentos de manutenção e correção de defeitos nas obras não são realizados, permitindo o inicio de processos de deterioro parcial e total das mesmas. Entre os motivos sinalados pelas autoridades destacam-se a carência de recursos para estes fins nos projetos das obras, assim como a necessidade de alocar os escassos recursos orçamentários para outras numerosas prioridades.
e. Ausência de poder de decisão local: Os programas nacional e estadual de gerenciamento da zona costeira (Lei Federal nº 7661/89 e Lei Estadual nº 5.887/95) delegam a maioria das ações e responsabilidades aos governos locais. No entanto, os municípios pouco podem fazer considerando o elevado custo das obras em proporção aos orçamentos municipais (Tabela 2). Neste sentido, os municípios encontram-se em total dependência das políticas e dos recursos do Estado e da União. Isto significa, freqüentemente, na falta de controle das decisões referentes às apropriadas medidas de resposta requerida, e na maior consideração às particularidades políticas que aos riscos locais.

Tabela 2: Custo da construção das estruturas de estabilização rígida no ano 2001 e sua proporção nos orçamentos municipais.

Localidade	Valor (US$)	Orçamento Municipal (US$)	Proporção do orçamento Municipal (%)
Curuçá	110,000	1,978,723	5,56
Santarém Novo	128,480	1,168,172	11
Magalhães Barata	110,000	385,855	28,5
Marapanim	40,000	3,060,000	1,3
Quatipurú	20,000	1,147,040	1,75
Maracanã	80,000	2,475,341	3.23

Fonte: TCM, 2005.

Mas os recursos investidos em propriedades e infra-estrutura são muito grandes, num contexto regional, e em conseqüência existem ainda desesperadas tentativas para consumir enormes somas de recursos públicos e privados num esforço de estabilizar as áreas costeiras sob ameaça com uma ocupação consolidada. Neste sentido, deve considerar-se também a expectativa de crescimento dos impactos negativos da ação destas forcas naturais e dos valores investidos em conter estes processos considerando a tendência global de mudanças climáticas e aumento do nível do mar.

O insucesso parcial ou total das obras de engenharia na proteção da linha de costa na região amazônica não deverá impedir, uma vez aprimorados métodos e conhecimentos, sua inclusão no conjunto de estratégias e medidas a serem adotadas no futuro plano de gerenciamento costeiro do Estado do Pará devido a que:

a) Existem numerosos núcleos urbanos sem possibilidade alguma de relocalização, mesmo na evidencia de um risco iminente[6];
b) Os elevados valores investidos em propriedades privados nas proximidades da linha de costa pressionam aos governos para estabelecer políticas de desenvolvimento regional, principalmente na área turística, que não consideram a presencia das ameaças e riscos costeiros (PARATUR, 2001);
c) As obras de engenharia são vistas, freqüentemente, como a melhor forma de responder ao problema de terras ou propriedades em risco, considerando a alta visibilidade das mesmas e/ou o desconhecimento de outras possíveis medidas. Desafortunadamente, isto cria comumente uma falsa sensação de seguridade;
d) Estas obras de proteção podem ser construídas rapidamente, principalmente dentro de um período de mandato político (4 anos);
e) O fato de negar aos proprietários o direito a se proteger pode ser considerado, por alguns, como inconstitucional, e finalmente.
f) Os políticos e administradores podem fazer uso das obras como forma de propaganda diante de seus eleitores, construindo uma obra concreta (visível), e que tem permitido, entre outras coisas, o ingresso de importantes recursos financeiros e o aumento das oportunidades de trabalho em áreas não muito desenvolvidas.

Com base no anteriormente exposto e analisado, é importante iniciar rapidamente a implementação do Plano de Gerenciamento Costeiro do Estado do Pará[7], integrando como uma de suas maiores prioridades a temática das causas, impactos e medidas de resposta diante dos desastres naturais.

Também, é essencial a melhora no projeto e construção das obras de engenharia para não repetir os mesmos erros do presente. Por um lado, o estabelecimento de programas de pesquisa cientifica e técnica relacionado como os sistemas naturais (ex. clima – variabilidade e mudanças, comportamento de fluxos fluviais e oceânicos, etc.) devem ser encorajados e suas

[6] A constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1991) permite o estabelecimento de procedimentos de expropriação em caso de um iminente perigo para a população (art. 5°-XXV) com vistas a garantir os direitos de seguridade social da mesma. (art. 6).

[7] Estabelecido em 1995, somente tem desenvolvido precariamente algumas etapas e atividades iniciais.

conclusões e resultados, efetivamente utilizados na implementação de medidas de resposta adaptativas. Por outro lado, é preciso uma mais efetiva presencia do Estado (Secretaria do Transporte – SETRANS/PA) nas etapas de desenho do projeto, da construção e da inspeção da obra, independentemente da origem dos recursos. Um ponto importante a ser considerado, considerando a extensão territorial e a dificuldade de acesso a muitas das áreas, relaciona-se com a possibilidade de uma transferência gradual de conhecimentos, responsabilidades e recursos orçamentários de parte dos governos Federal e Estadual às secretarias de Obras Publicas dos Municípios.

Existem incentivos para examinar a possibilidade de utilização de estratégias e medidas de adaptação alternativas. O custo total para a proteção de toda a linha de costa do NE do Estado do Pará (aproximadamente 2.400 km) é estimado em quase US$ 2.8 bilhões, muito alem da realidade de qualquer município ou estado da Região Amazônica, assim como a existência de numerosas áreas minimamente desenvolvidas e habitadas.

Em muitos casos, o emprego de medidas *não estruturais ou de estabilização flexível*, pode ser uma excelente alternativa, mas de alto custo. Em conseqüência, acredita-se que processos graduais e planejados de retrocesso ou políticas de acomodação possam ser alternativas mais benéficas para a região amazônica.

Agradecimentos

Este estudo é resultado da cooperação cientifica e tecnologica entre o Centro de Ecologia Marinha Tropical – ZMT (Bremen, Alemanha) e a Universidade Federal do Pará (Belém, Brasil), financiado pelo Ministério da Educação, Ciência, Pesquisa e Tecnologia de Alemanha (BMBF) e o Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia (CNPq). Projetos MADAM – Mangrove Dynamics and Management e Instituto do Milênio – Núcleo de Estudo Costeiro.

Referências

ADGER, W. e VINCENT, K., 2005. Uncertainty in adaptive capacity. *C. R. Geoscience* n. 337, p. 399-410.

ALEPA. Orcamento do Estado do Pará 1996-2001. Comissão de ornamento. Assambleia Legislativa do Estado do Pará. 2005. Disponível http://www.alepa.pa.gov.br/orcamento.

ALVES, M. *Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua - NE do Pará.* Belém: Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará, 2001. 104p. (Dissertação de Mestrado).

BOYLES Jr., R. The economics of managing coastal erosion. Proceedings *of Coastal Zone '93*, New Orleans, p. 791-797. 1993.

BRASIL. *Constituições do Brasil e do Estado do Pará.* Belem: Edições CEJUP, 1991.

BRASIL. Orçamento Geral da União 1996-2001. Comissão Mista de Orçamento. Congresso Federal. Brasília. 2005. Disponível http://www.camara.gov.br/orcamento.

BURTON, I. The growth of adaptation capacity: Practice and policy. In: SMITH, J.; BHATTI, N.; MENZHULIN, G.; BENIOFF, R.; CAMPOS, M.; JALLOW, B.; RIJSBERMAN, F.; BUDYKO, M.; DIXONET, R. (Eds.). *Adapting to climate change:* An international perspective. New York: Springer, 1996. p. 53-67.

CHARLIER, R.; DE MEYER, C. *Coastal erosion:* Response and management. Berlin: Springer Verlag, 1997.

CLARK, J. *Coastal zone management handbook*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995.

DHN. *Tabuas de mares, costa do Brasil e alguns portos estrangeiros.* Rio de Janeiro: Direção de Hidrografia Naval, 1994.

ESTEVES, L.; VANS, A.; SILVA, A.; PIVEL, M.; ERTHAL, S.; BARLETTA, R.; VRANJAC, M.; OLIVEIRA, U. Caracterização das obras de proteção no balneário do Hermenegildo, RS, Brasil. *Anais do VII Congresso da ABEQUA*. Porto Seguro, 1999. CD Format.

FRANZINELLI, E. Contribuição à geologia da costa do Estado do Pará (entre a baia de Curuçá e Maiau). *IV Simpósio do Quaternário no Brasil*. Rio de Janeiro, p. 305-322. 1982.

GORNITZ, V.; COUCH, S.; HARTING, E. Impacts of sea level rise in the New York City metropolitan area. *Global and Planetary Changes*, n. 32, p. 61-88. 2002.

HANDMER, J.; DOVERS, S.; DOWNING, T. Societal vulnerability to climate change and variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, n. 4, p. 267-281. 1999.

IOEPA. *Diário oficial do Estado 1992-2004.* Imprensa Oficial do Estado do Pará. Belém. 2005.

IPCC. *Strategies for Adaptation to sea level rise. Response strategies working group*. Geneva: Intergovernamental Panel of Climate Change, 1990.

KRAUSE, G. *Coastal morphology, mangrove ecosystem and society in North Brazil.* Stockholm: Department of Geography, Stockholm University, 2002. 95p. (tese, Doutorado em Geografia).

LEARLY, N. A framework for benefit-cost analysis of adaptation to climate change and climate variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, n. 4, p. 307-318. 1999.

MARCOMINI, S.; LOPEZ, R. Coastal protection effects at Buenos Aires, Argentina. *Proceedings of Coastal Zone ´93*, p. 2724-2738. 1993.

MARTORANO, L.; PERREIRA, L.; CÉZAR, E.; PEREIRA, I. *Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática e Deficiência Hídrica.* Belém: SUDAM/EMBRAPA, 1993.

MENDES, A. *A expansão urbana e sus efeitos danosos ao meio ambiente da Ilha do Atalaia – Salinopolis - PA. Contribuições a Geologia da Amazônia.* Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998.

MMA. *Macrodiagnostico da zona costeira do Brasil na escala da União.* Secretaria de Assuntos de Meio Ambiente. Brasilia: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasilia, 1999. CD format.

MUEHE, D.; NEVES, C. The implications of sea level rise in the Brazilian coast: A preliminary assessment. *Journal of Coastal Research*, n. 14, p. 54-78. 1995.

MURCK, B.; SKINNER, B.; PORTER, S. *Environmental geology*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

PARATUR. *Plano de Desenvolvimento Turístico do Estado do Pará.* Belem: Companhia Paraense de Turismo, 2001.

ROSSETI, D. Late Cenozoic sedimentary evolution in Northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *South American Earth Sciences*, n. 14, p. 77-89. 2001.

SANTOS, V. *Estratigrafia holocênica e morfodinamica atual da planície costeira da Ilha de Algodoal e Maruda.* Belém: Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará, 1996. 139 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, C. *Caracterização geológica–geomorfológica das margens da Baia de Marapanim, NE do Pará.* Belém: Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará, 1995. 46p. (Dissertação de Mestrado).

SOUZA FILHO, P. Impactos naturais e antrópicos na planície costeira de Bragança (NE do Pará). In: PROST, M.; MENDES, A. (Eds.). *Ecossistemas Costeiros, Impactos e gestão ambiental.* Belem: Museu Paraense Emilio Goeldi, p. 113-125. 2001.

STERR, H. Coastal zones at risk. In: LOZAN, J.; GARSSL, H.; HUPFER, P. (Eds.). *Climate of the 21st Century:* Changes and Risks. Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen, p. 245-250. 2000.

SZLAFSZTEIN, C. *Vulnerability and response measures to natural hazard and sea level rise impacts:* long-term coastal zone management, NE of the State of Pará, Brazil. Bremen: ZMT-Contribution 17, 2003.

SZLAFSZTEIN, C; LARA, R.; COHEN, M. Coastal management: Some studies of the past and present of the Bragança region (Pará, Brazil): The MADAM project. *Journal of International Environmental Creation*, n. 2(2), p. 51-58. 1999.

TCM-PA. *Prestação de contas dos municípios – exercícios 2000-2005.* Belem: Tribunal de Contas dos Municípios do Estado do Pará, 2005.

UN/ISDR. International Strategy for Disaster Reduction "Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of Nations and Communities to Disasters". *World Conference on Disaster Reduction*, Kobe, Hyogo, Japan. 2005.

Recebido para publicação em março de 2006
Aprovado para publicação em maio de 2006