



Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geociências

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

AREAS POTENCIAIS À EXPLORAÇÃO DE GRANULADOS MARINHOS
SILICICLÁSTICOS PARA A RECUPERAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NA
PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE AO PORTO DO RECIFE-PE

CARLA DANIELLE PEREIRA DE ANDRADE

ORIENTADOR – Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

CO- ORIENTADOR: Prof. Dr. Valdir Amaral Vaz Manso

Porto Alegre – 2013



Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geociências

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**ÁREAS POTENCIAIS À EXPLORAÇÃO DE GRANULADOS MARINHOS
SILICICLÁSTICOS PARA A RECUPERAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NA
PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE AO PORTO DO RECIFE-PE**

CARLA DANIELLE PEREIRA DE ANDRADE

ORIENTADOR – Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

CO- ORIENTADOR: Prof. Dr. Valdir Amaral Vaz Manso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Satander Sá Freire. Departamento de Geologia-UFC (membro externo)

Prof. Dr. Jose Diniz Madruga Filho – UFPE. Departamento de Geologia-UFPE (membro externo)

Prof. Dr. Iran Carlos Corrêa – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (membro interno)

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2013

Andrade, Carla Danielle Pereira de

Áreas potenciais à exploração de granulados marinhos siliciclásticos para a recuperação artificial de praias na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife-PE. / Carla Danielle Pereira de Andrade. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2013.

[72 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

CO- Orientador: Prof. Dr. Valdir Amaral Vaz Manso

1. Sedimentologia. 2. Plataforma Continental. 3. Engordamento de Praia. 4. Recife-PE. I. Título.

Catlogação na Publicação

Biblioteca Geociências - UFRGS
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

RESUMO

O mapeamento da Plataforma Continental Interna visando localização, qualificação e quantificação das reservas de material litoclásticos marinho possui poucos trabalhos relacionados. O Estado de Pernambuco sofre com erosões ao longo de todo seu litoral, e principalmente junto às cidades de Recife e Olinda. Assim, este estudo contribui tanto para o conhecimento da sedimentologia da plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres em Olinda, quanto para a execução de futuras intervenções na recuperação das praias da região. Portanto, com objetivo de identificar áreas com concentrações de granulados litoclásticos marinhos compatíveis com especificações necessárias à regeneração de praias, foram analisadas 36 amostras, que foram coletadas ao longo de seis perfis equidistantes em 1 km, perpendiculares à linha de costa na plataforma interna do Porto do Recife. Em laboratório foram realizadas análises granulométricas e o estudo composicional de todas as amostras. Os resultados granulométricos mostram a predominância de sedimentos mal selecionados, ocorrendo classes variadas de tamanho entre seixo pequeno (8 mm) e lama (< que 0,062 mm), com predominância da fração areia grossa. A análise composicional revelou uma hegemonia de carbonatos marinhos. Os dados obtidos apresentam uma redução do suprimento sedimentar terrígeno local. Também de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, a plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à praia dos Milagres em Olinda-PE, é essencialmente recoberta por areias biogênicas mal selecionadas, oriundas da morte e fragmentação dos organismos componentes dos recifes coralíneos e algálicos que ocorrem na plataforma continental interna. Dessa forma, esta área não possui material siliciclástico suficiente para ser utilizado na exploração mineral para recuperação artificial de praias no Estado de Pernambuco.

Palavras-chave: Sedimentologia, plataforma continental, engordamento de praia, Recife-PE.

ABSTRACT

There are few studies that map the Internal Continental Platform referring to localization, qualification and quantification of reserves of lithoclastic marine material. The Brazilian state Pernambuco suffers from erosions along the whole coast and particularly in areas close to the cities of Recife and Olinda. This study offers new knowledge about the sedimentology of the internal continental platform adjacent to the harbor of Recife and the Beach *Milagres* in Olinda. Furthermore, it points out measures that can be used to recover regional beaches. Along 6 profiles with a distance of 1km and perpendicular to the coast line at the internal platform of the harbor of Recife, 36 samples were collected and analyzed. Thus, areas with concentrations of lithoclastic marine aggregates with the necessary characteristics for the recovery of the beaches were identified. A laboratory was used for granulometry and a compositional study of all samples. The granulometric results show mainly badly selected sediments. There are different sizes from small pebbles (8 mm) to mud (< than 0,062 mm), predominantly coarse sand fraction. The compositional analysis reveals hegemony of marine carbonates. Thus the obtained data indicates a reduction of local terrigenous sedimentary supply. This is probably due to the fact that the selected area is undergoing an initial transgressive process. Also in accordance with the obtained results of this study, the internal continental platform adjacent to the harbor of Recife and the Beach Milagres in Olinda, Pernambuco, is mainly covered by badly selected biogenic sand which has its origin in the death and fragmentation of components of the coral reef of the internal continental platform. As a result the area is not indicated to mineral exploration for the artificial recovery of the beaches in the state of Pernambuco.

Key words: Sedimentology, continental platform, beach nourishment, Recife-Pernambuco-Brazil.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo e pela capacitação para fazer esse trabalho. A toda minha grande família (muito unida e também muito ouriçada), em especial à minha mãe (Cleide) que mesmo estando longe não me faltou apoio e atenção. Aos professores Eduardo Guimarães Barboza pela confiança e apoio, Valdir Amaral Vaz Manso pela confiança e toda ajuda para realização das coletas, Gilberto Santos e Jonas pela ajuda no trabalho em laboratório, confiança e acima de tudo pela amizade. A todos os meus colegas de Pós-Graduação em especial Gabriela Camboim Rockett pela ajuda na confecção dos mapas, Michel Ivanoff pela ajuda com o uso do Sysgran, Heitor Perotto pela ajuda na confecção do mapa batimétrico, Luana Portz pela leitura do texto. Aos meus colegas da UFPE, Isaac Freitas e Fernando Soares pela realização das coletas, Maria Cristina e Josi Braz pela ajuda com as amostras. Minha amiga Catharina Schmid pela força e ajuda com algumas correções. À coordenação do curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS e à CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado e apoio logístico crucial à realização do trabalho. Aos secretários Roberto Pereira e Letícia. A Sacire Jone Viagem pela grande amizade em todo o tempo de realização do trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. ESTADO DA ARTE	14
2.1 Processo erosivo no Estado de Pernambuco	15
2.2 Método de engordamento artificial de praias	19
2.3 Métodos de investigação sedimentológica no Brasil e Pernambuco	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
4. Capítulo I. Artigo submetido à publicação	35
ÁREAS COM POTENCIAL DE GRANULADOS MARINHOS SILICICLÁSTICOS PARA UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NO PORTO DO RECIFE, LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL.	36
RESUMO	36
INTRODUÇÃO.....	39
DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	41
Informações climatológicas e oceanográficas	43
Área Portuária	47
MATERIAL E MÉTODOS	48
Coleta e tratamento das amostras	48
Geologia e Geomorfologia da área	51
RESULTADOS	52
Distribuição faciológica dos sedimentos.....	52
Distribuição do diâmetro médio dos grãos.	55
Selecionamento dos grãos.....	58
Composição dos sedimentos	61
DISCUSSÃO	63
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

1. INTRODUÇÃO

Dentre todos os ecossistemas costeiros, as praias oceânicas constituem os mais dinâmicos e vulneráveis do Planeta. Esse sistema deposicional resulta da interação entre os processos continentais e marítimos que atuam em diversas escalas temporais (horas: variação da maré; meses: estado morfodinâmico; e anos: configuração da linha de costa) (SOUZA, 2001).

A importância das praias oceânicas está atrelada aos serviços socioambientais que as mesmas fornecem, como proteção natural à costa contra ação das ondas e marés, habitat para diversas espécies marinhas de importância econômica e ambiental. Também proporcionam o turismo e lazer que aumentam a renda das populações costeiras e ribeirinhas (SOUZA, 2009).

De acordo com Komar (1976) as praias e os estuários foram os primeiros ambientes a sofrer o impacto do crescimento demográfico mundial, onde cerca dois terços da população mundial vive nessa faixa adjacente à costa. O aumento populacional abrupto no limitado espaço costeiro associado a diversos interesses sociais e econômicos ocasionou implicações negativas para os sistemas praias e para a economia local (KULLENBERG, 2001 *apud* KALINDI *et al.*, 2011). De acordo com o Capítulo 17 da agenda 21 (CNUMAD, 1992), a tendência para o ano de 2020 é de uma população superior a oito bilhões, onde cerca de 65% das cidades com mais 2,5 milhões de habitantes estarão situadas na zona costeira.

Segundo Suguio (2001) e Borges *et al.* (2004), a ocupação desordenada implica em fatores que potencializam as suscetibilidades naturais e adicionam suscetibilidades induzidas. A interação entre a atividade humana, sedimentar e morfológica ocorre independentemente e pode interferir no processo de transporte sedimentar. Essa interferência tanto no sistema eólico quanto no sistema marinho, provoca desequilíbrios no balanço sedimentar, na estabilidade natural e, conseqüentemente, leva ao recuo da linha de costa.

Dentre os principais impactos negativos causados pela intensa especulação imobiliária desordenada na orla marítima está a erosão costeira (quando a taxa de remoção de sedimentos é maior do que a taxa de deposição). Esse processo é um dos mais evidentes e constitui um dos maiores problemas ambientais da gestão costeira no Brasil e no mundo.

Os fatores antrópicos que promovem e ou potencializam a erosão costeira além da ocupação urbana elevada, contemplam a redução abrupta do aporte sedimentar direcionado ao ambiente marinho. Isso ocorre devido à construção de grandes barragens destinadas às hidroelétricas e ao abastecimento público impedindo assim o carreamento de sedimentos terrígenos (que são transportados pelos rios) até o mar. Dessa forma, ocasiona o déficit de sedimentos que iriam compor a praia e promover o equilíbrio sedimentar praiar. Outro fator que contribui para a redução do aporte sedimentar é o desenvolvimento portuário atual junto ao progressivo aumento do calado dos navios, os quais requerem maior estabilidade (profundidade) de canais de navegação, o que gera obras de dragagem para abertura, manutenção ou aprofundamento desses canais (DIAS, 1993).

Além disso, a degradação de formas costeiras naturais afetam o litoral já debilitado pela elevação relativa do nível do mar e pela diminuição do aporte de sedimentos. As formas costeiras naturais constituem as melhores defesas contra a aceleração do recuo da linha de costa e a sua destruição implica, por via de regra, taxas de recuo mais elevadas (DIAS, 1993).

Porém, por se tratar de um ambiente altamente dinâmico, as intervenções realizadas no ambiente praiar devem ser realizadas tendo como base o conhecimento das características físicas (granulometria e morfologia) das praias, bem como dos processos costeiros que atuam na costa. Como exemplo, a deriva litorânea que é o principal responsável pelo balanço sedimentar (acrecção e erosão natural de sedimentos). A deriva litorânea também atua modificando consideravelmente a linha de costa e perfil praiar (MENEZES, 2012).

Assim, o entendimento das forças que atuam no ambiente praiar, previamente às intervenções antrópicas com o intuito de se realizar gestão costeira eficiente, é necessário, pois serve como subsídio à adequada tomada de decisão.

Atualmente, diversos países como Portugal, Espanha e Holanda, enfrentam o problema realizando diversas intervenções, entre elas, o engordamento artificial de praias utilizando sedimentos siliciclásticos (compostos essencialmente por grãos de quartzo). Essa recuperação de praias de maneira eficaz e ambientalmente segura ocorre por obterem o conhecimento prévio acerca da dinâmica do sistema praiar local.

No caso do Brasil, a erosão costeira está presente em quase todo o litoral, sendo o Estado de Pernambuco um dos mais afetados pelo processo erosivo

costeiro. Pernambuco possui uma zona costeira que representa cerca de 4% do território, onde residem 43,8% da população, onde o crescimento demográfico exponencial na zona costeira acompanhado pela explosão desordenada das atividades turísticas, precipitaram a sua descaracterização, já irreversível em alguns setores praias de vários municípios (MANSO *et al.*, 2006) (Figura 1). Além disso, a costa pernambucana apresenta baixa altitude, chegando a atingir, em vários pontos, cotas inferiores ao nível da preamar com ecossistemas extremamente produtivos, sendo considerada a “região verde”, onde ora se sucedem e ora se entrelaçam segmentos de planície recobertos por Coqueirais, remanescentes de Mata Atlântica, Restingas, Estuários com extensos Manguezais, Recifes de Coral, Coroas, Ilhas, entre outros. Essas características podem potencializar os efeitos da erosão no Estado (MANSO *et al.*, 2006).

Dentre os municípios que apresentam erosão costeira no Estado de Pernambuco estão Paulista Olinda, Recife, e Jaboatão dos Guararapes, na Região Metropolitana do Recife (RMR), os quais apresentam graves problemas erosivos, como redução abrupta das faixas de praia e perda de imóveis à beira mar. Isso ocorre devido à ocorrência do balanço sedimentar negativo (quando a taxa de perda sedimentar é superior à taxa de ganho).

Atualmente, o litoral pernambucano perde por ano cerca de 2,5 m de extensão da praia, onde atualmente existem 19 áreas com obras de proteção em 48 km de litoral e 20,09 km de litoral ocupados por construções de proteção (MAI-PE, 2009). No total, 37,8% das obras de proteção estão em Olinda, 23,14% em Paulista, 21,85% em Jaboatão dos Guararapes e 14,12% das edificações estão no Recife. Em 187 km de litoral, 70% apresenta alta vulnerabilidade, 2% do litoral apresenta baixa vulnerabilidade, sendo 51% do litoral é formado por praias arenosas (MAI-PE, 2009).

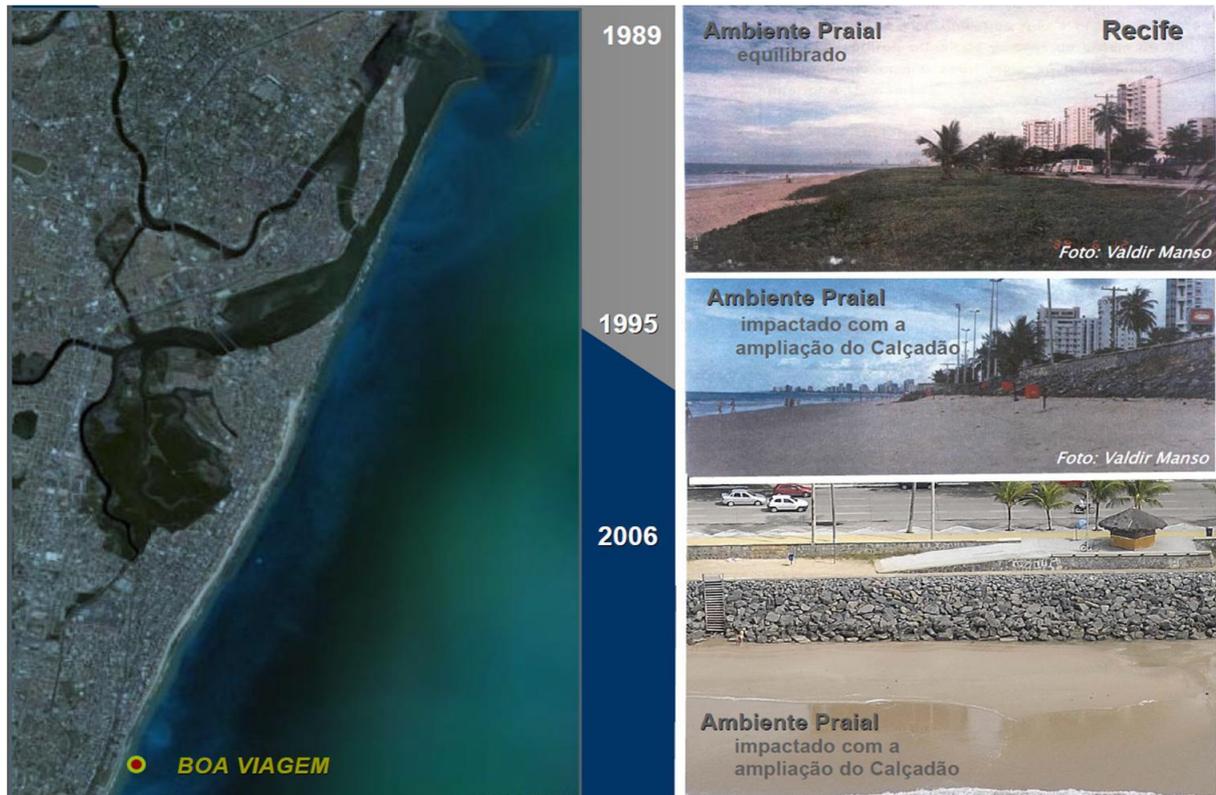


Figura 1. Processo de erosão costeira ao longo do tempo no município de Recife-PE. Fonte: Manso (2009) e Relatório Técnico Projeto MAI-PE (2009).

Devido à ocorrência de erosão intensa nos municípios acima citados, é realizado o monitoramento constante dos pontos críticos de suas orlas, utilizando o método *hold the line* (EUROSION, 2004). Esse método consiste em manter a posição da linha de costa através da engenharia costeira, construindo obras de proteção (quebra-mares, espigões, molhes, enrocamentos) ou alimentando artificialmente as praias (engordamento artificial de praia). Como exemplo, pode-se citar o município de Olinda – PE que desde 1958 realiza obras de proteção costeira contra o avanço do mar, e hoje dispõe de dez quebra-mares paralelos à linha de costa, 34 espigões perpendiculares e vários trechos de enrocamento aderente. Estas construções protegem imóveis localizados em sua orla e fixam a linha de costa. No entanto, em alguns trechos, são ineficientes para a regeneração da praia e apresentam elevada taxa de erosão costeira (BORBA *et al.*, 2008) (Figura 2). Todavia, a implantação de um sistema de obras rígidas de proteção costeira mal planejada, além de ineficaz, destrói a beleza cênica das praias, e a cidade pode sofrer danos ao seu status de balneário turístico, sendo o engordamento artificial, uma alternativa eficaz e menos impactante.



Figura 2. Obras de engenharia costeira nos municípios de Recife-PE e Olinda-PE, Brasil.
Fonte: Relatório Técnico Projeto MAI-PE (2009).

Diante disso, um dos principais desafios da gestão costeira, no Estado de Pernambuco, é equilibrar o zoneamento ambiental adequado com a intensa pressão imobiliária no litoral.

Nesse contexto, o presente trabalho realizou um estudo sedimentológico, com o objetivo de obter a caracterização e a classificação dos sedimentos, além da sua correlação com as áreas de ocorrência, permitindo inferências sobre sua gênese, transporte e deposição. O presente trabalho foi executado na área que está localizada na Plataforma Interna de Pernambuco adjacente ao do Porto do Recife até a Praia dos Milagres no Município de Olinda (Figura 3), totalizando 36 km², com o objetivo obter informações que subsidiem a tomada de decisões quanto à exploração de recursos minerais marinhos para fins de recuperação artificial de praias no Estado de Pernambuco. Além fornecer um complemento tanto ao Projeto

MAI-PE (2009), quanto ao Projeto MAPLAC (2010) relativo às informações sedimentológicas locais.

A área estudada está localizada entre as coordenadas $08^{\circ} 01' 22''$ S e $08^{\circ} 04' 40''$ S, limitada ao Sul pela desembocadura do Rio Capibaribe e ao Norte pelo início do Bairro Novo - Olinda, uma vez que, consiste em local de fácil acesso o que minimiza os custos de operação para a obtenção dos granulados marinhos. Além disso, a localização e mapeamento de áreas com potencial de exploração de material siliciclástico requer também a identificação dos aspectos ambientais devido à descrição sedimentar e possível exploração de reservas.

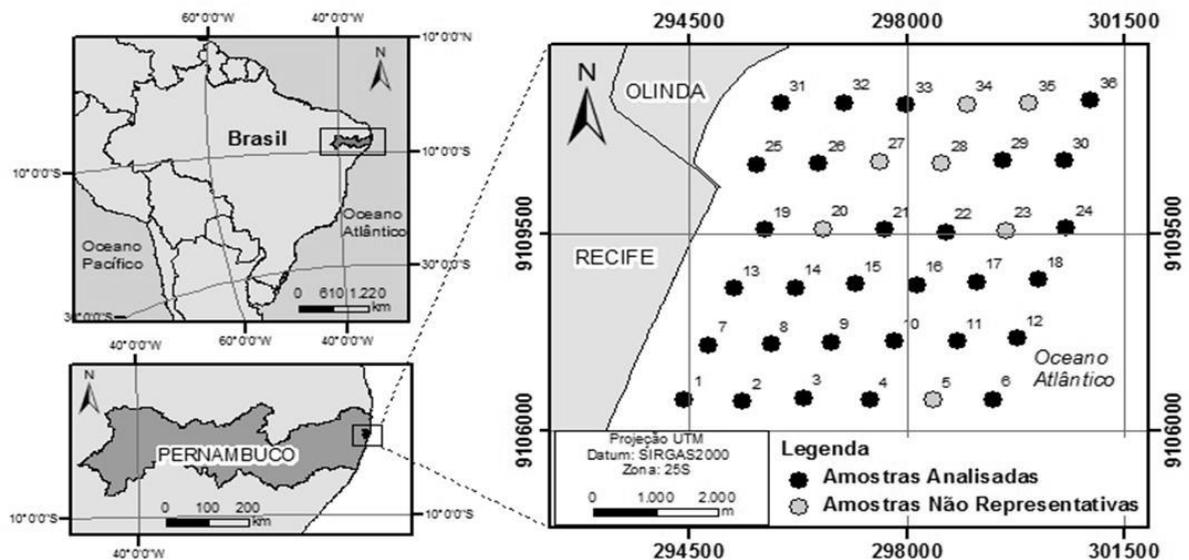


Figura 3. Localização da área de estudo e dos pontos de coleta de sedimentos.

2. ESTADO DA ARTE

Dentro do contexto atual da erosão costeira no Estado de Pernambuco, o mapeamento de áreas na Plataforma Continental Interna visando a localização, qualificação e quantificação das reservas de granulados litoclásticos marinhos, ainda conta com poucos trabalhos relacionados. O seu estudo é importante para o conhecimento da dinâmica marinha e para identificar fontes de sedimentos a serem usados na recuperação de praias erodidas, à execução de futuras intervenções para a recuperação da linha de costa, além de investigar importantes insumos minerais para uso industrial (SILVA *et al.*, 2001).

Em relação ao problema da erosão costeira, em alguns casos os gestores realizam algumas intervenções necessárias ao controle imediato da erosão, como exemplo o litoral de Fortaleza (CE). Nesta área foram construídas uma série de estruturas rígidas, na tentativa de deter o processo erosivo. Essas estruturas degradaram um grande trecho da orla urbana e provocaram a transferência da erosão, em “efeito dominó”, no sentido da deriva litorânea, atingindo com mais intensidade as praias do setor oeste (MANSO *et al.*, 2006).

Outro exemplo semelhante ocorre no litoral norte do Recife (PE), onde ocorre um estado erosivo intenso, principalmente devido à construção e ampliação do antigo porto da capital pernambucana. Neste local foram instalados 35 molhes nas praias do município de Olinda, o que alterou significativamente o padrão de circulação de sedimentos na área e transferindo a ação erosiva para jusante, até o trecho da Ilha de Itamaracá (setor norte do litoral pernambucano) (MANSO *et al.*, 2006).

Ainda no Estado de Pernambuco, a construção do porto de Suape, no Município de Ipojuca, contribuiu para intensificar o processo erosivo na praia de Boa Viagem, no Recife. Esta praia já sofre um acelerado processo erosivo causado pela urbanização desordenada da faixa de pós-praia, que impede a troca de sedimentos entre o mar e os depósitos costeiros (MANSO *et al.*, 2006).

2.1 Processo erosivo no Estado de Pernambuco

Pernambuco é um dos estados brasileiros mais afetados pela erosão costeira, seja por ocupação das áreas adjacentes à praia (impermeabilização dos cordões marinhos arenosos holocênicos) e até dos pós-praia (praia de Boa Viagem, Olinda e Paulista na zona metropolitana do Recife), seja pela construção de estruturas rígidas de proteção contra o processo erosivo, muitas vezes implantadas sem conhecimento técnico. Como resultado a erosão marinha ocorre em aproximadamente 1/3 das praias pernambucanas (MANSO *et al.*, 2006).

A presença ou ausência de recifes de arenito ou algálicos na plataforma continental interna constitui uma importante condicionante ao processo erosivo, pois desenvolvem feições geomorfológicas características como tómbolo ou baías, respectivamente. Assim, ocorrem mudanças significativas na configuração batimétrica da plataforma continental interna adjacente alterando o mecanismo de sedimentação das praias, o que também provoca a erosão na linha de costa (como o caso particular da praia de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco).

No entanto, mesmo não sendo única, a interferência antrópica constitui o fator mais influente no processo erosivo, pois, além de acelerar a erosão, não permite que as variáveis naturais encontrem o equilíbrio (MANSO *et al.*, 2006). A determinação e quantificação dos fatores que interagem no balanço sedimentar de uma praia são muito difíceis, porém, um trabalho de monitoramento que contemple: perfis de praia com a determinação dos parâmetros da onda tanto na zona de arrebentação como *offshore*, das correntes e da granulometria dos sedimentos que a formam, é indispensável. A Figura 4 mostra a situação geral das praias do litoral de Pernambuco, com detalhe para as praias de Boa Viagem, Olinda, Paulista e Jaboatão dos Guararapes.

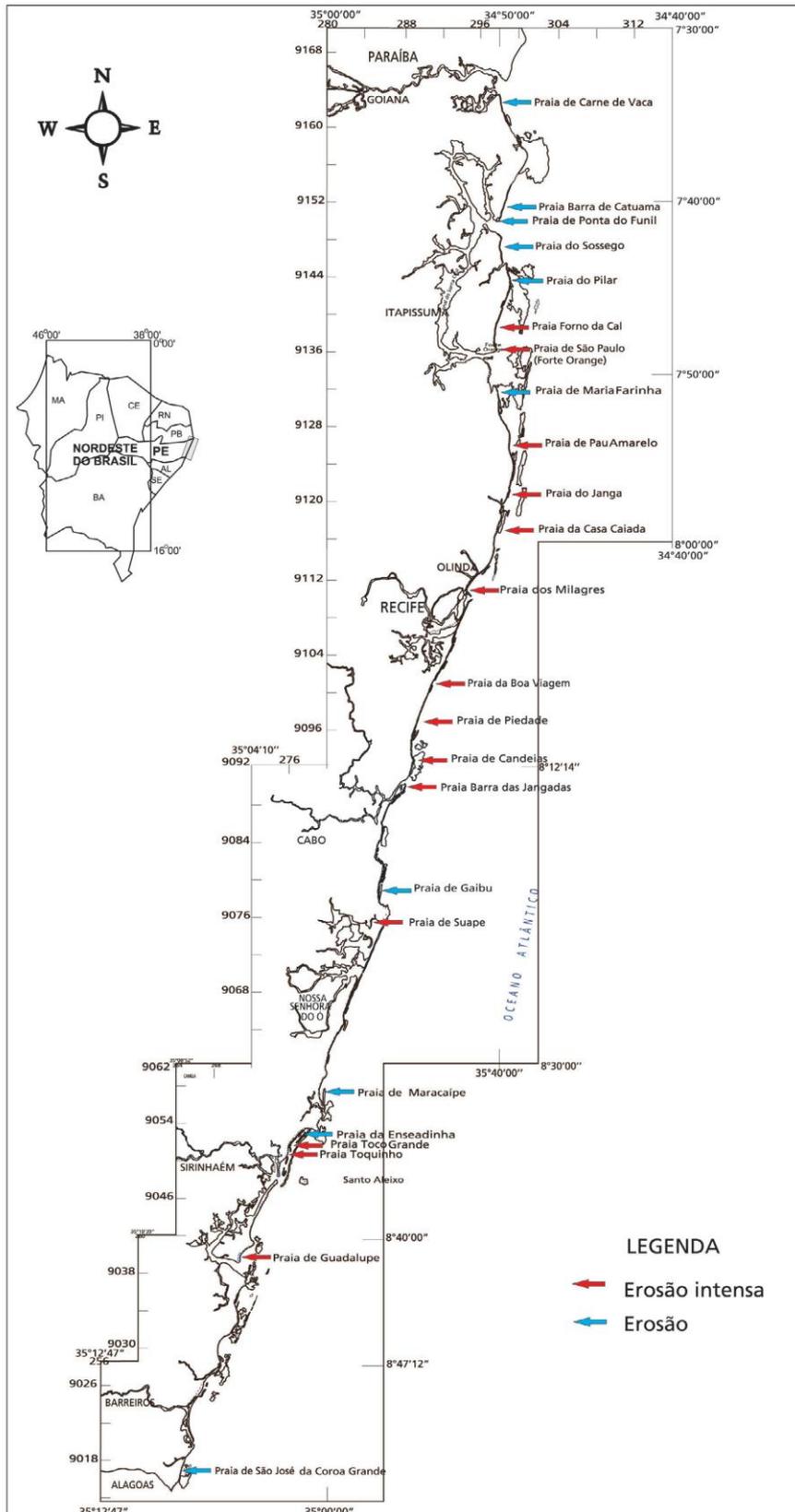


Figura 4. Mapa representativo do processo erosivo atuante no litoral pernambucano. (Modificado a partir de Manso *et al.*, 1995).

Portanto, com o objetivo de tratar o problema de maneira integrada, descentralizada e participativa, que permitam conciliar as exigências do desenvolvimento com a sustentabilidade da zona costeira no estado de Pernambuco, as prefeituras dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, através do Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (CONDERM) e em parceria com a CPRH, realizaram o Projeto MAI (Monitoramento Ambiental Integrado), contando com o apoio técnico científico da Universidade Federal de Pernambuco e de consultores externos. Este contou com financiamento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), através da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e com contrapartida das prefeituras envolvidas, além do acompanhamento sistemático do Ministério Público Federal (MPF).

O Projeto MAI realizou o levantamento de informações sobre a Geologia, a Geofísica, a morfologia costeira, os processos físico-oceanográficos e a ocupação do solo, ao longo da zona costeira dos municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR). Dentre os dados levantados, consta o estudo sedimentológico da plataforma continental interna do Estado de Pernambuco, direcionado principalmente ao levantamento de informações que subsidiem o método do engordamento artificial de praias, considerando que este seja um dos mais indicados no controle do processo erosivo local. Assim, para a realização do referido método, necessita-se de uma fonte de sedimentos que apresentem características (textura e composição) compatíveis com as exigências hidrodinâmicas locais e de origem não biogênica, ou seja, sedimentos siliciclásticos.

Não obstante, em relação ao estudo sedimentológico da costa pernambucana, o Projeto MAI não contemplou a área da plataforma interna adjacente ao Porto do Recife (Figura 5), sendo realizado posteriormente o projeto MAPLAC (2010) através do qual foram coletadas 149 amostras. Essas foram concentradas em duas áreas distintas: Área I (com 36,24% das amostras) região do Porto do Recife, área que não foi coberta pelas amostragens do projeto MAI e área II (com 63,89% das amostras) plataforma continental interna ao norte do município de Cabo de Santo Agostinho. No entanto, a realização de estudos direcionados à definição de áreas com concentrações de granulados litoclásticos marinhos exploráveis que estejam dentro das especificações exigidas para uso na regeneração de praias, é necessária nessa área (plataforma continental adjacente ao Porto do Recife), por ser uma área bastante acessível à investigação de

sedimentos siliciclásticos (essencialmente quartzosos), e também à exploração mineral.

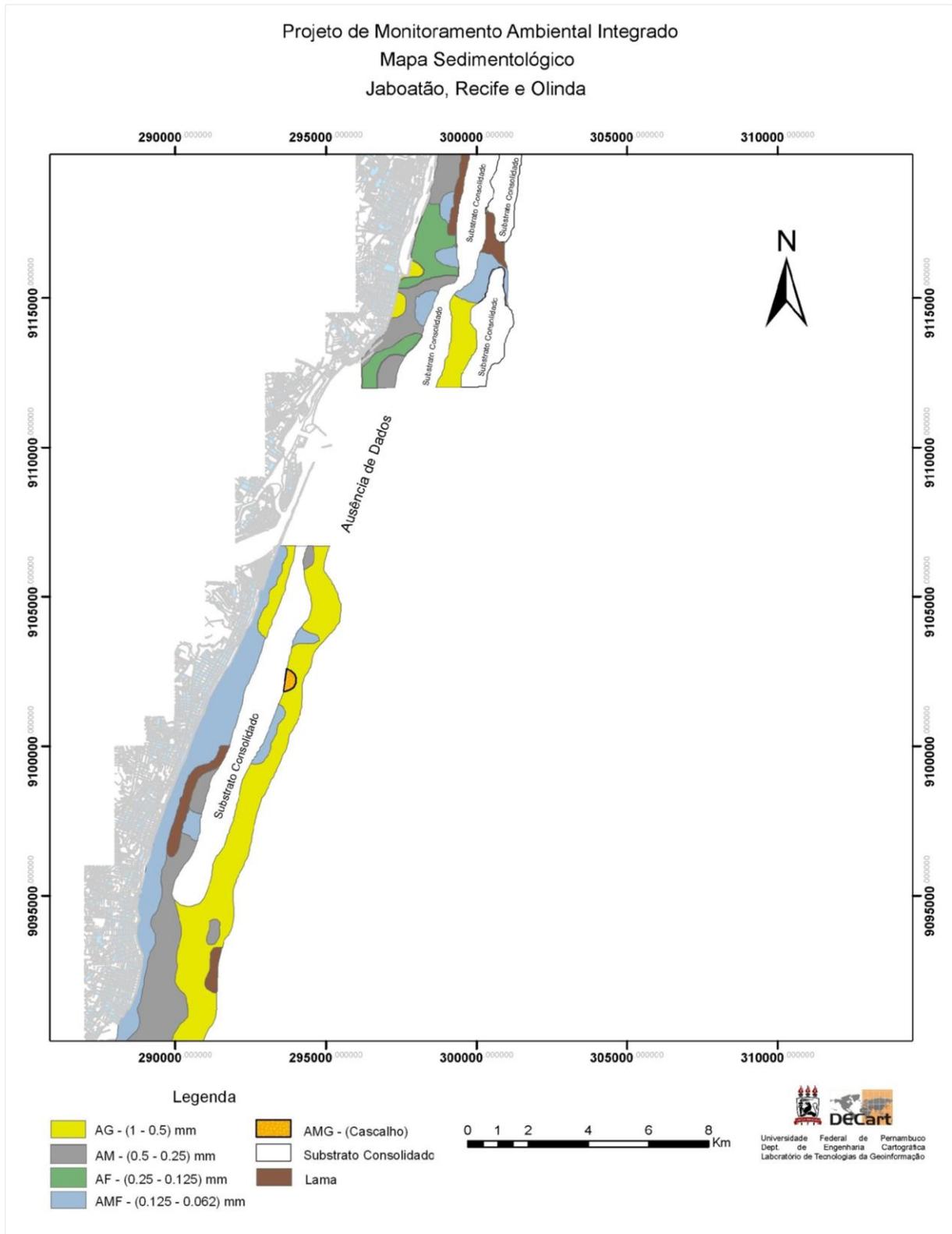


Figura 5. Mapa sedimentológico da antepraia e plataforma interna dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife e Olinda. Fonte: Relatório Técnico Projeto MAI-PE Volume I (2009).

2.2 Método de engordamento artificial de praias

Dentre os métodos utilizados para controle do processo erosivo na zona costeira, Psuty & Moreira (1990) consideram o engordamento artificial de praias o método mais eficaz e ambientalmente seguro para a recuperação da linha de costa, pois consiste na reconstrução dos processos naturais da praia sem que ocorram impactos negativos, como é o caso quando se utilizam estruturas rígidas (espigões, quebra mares, molhes, etc). De modo geral, trata-se da introdução de grande quantidade de sedimentos em praias com déficit no aporte sedimentar e tem se tornando a solução mais utilizada para o problema da erosão das praias, comumente aplicada nas zonas costeiras de todo o mundo (SWART, 1991 *apud* MENEZES, 2012) (Figura 6). Os sedimentos da plataforma continental são depósitos de materiais potencialmente adequados para este fim, devido às características granulométricas, associadas à origem do material (GRANMAR, 2005).

Para execução de um projeto de engordamento, deve-se predefinir o tipo de sedimento a ser empregado na obra, o que deve ser compatível, com sedimento nativo da praia (mesma granulometria) e com as disponibilidades logísticas e financeiras existentes, para que haja um correto dimensionamento do projeto. (USACE, 1984 *apud* MENEZES, 2012).

Assim, vários métodos são utilizados para quantificar esta compatibilidade, alguns dos quais consideram somente o diâmetro médio ou a mediana dos sedimentos nativos e de alimentação e outros consideram outros parâmetros definidos pela distribuição granulométrica como o desvio padrão (MENEZES, 2012).

As primeiras informações sobre os sedimentos de fundo da margem continental brasileira foram obtidas pela famosa expedição do “HMS CHALLENGER”, em 1873, coletando 19 amostras, especialmente no Nordeste (MURRAY & RENARD, 1891, *apud* MILLIMAN & BARRETO, 1975). Posteriormente, mais 37 amostras foram coletadas pelo navio oceanográfico “Meteor”, entre 1925 e 1927.

Um aumento substancial do conhecimento sobre os sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira começou com o funcionamento, em 1958, do Instituto de Biologia Marítima e Oceanografia, da Universidade do Recife. Em colaboração com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e com a Divisão de Recursos Pesqueiros da Superintendência do Desenvolvimento

do Nordeste (DRP/SUDENE), foram realizados os primeiros trabalhos sistemáticos sobre a identificação e distribuição dos sedimentos na plataforma brasileira. Muitos dados encontram-se publicados em “Trabalhos Oceanográficos” da Universidade Federal de Pernambuco e nas publicações da DHN, enquanto outros não foram publicados e permanecem em forma de relatórios internos, dissertações ou teses. Os resultados das primeiras missões foram tratados por Ottmann (1959), que estudou a distribuição dos sedimentos na desembocadura do Rio Amazonas.

Os estudos sobre a distribuição e natureza dos sedimentos da plataforma sul-brasileira foram realizados por Martins *et al.* (1972) e Zembruski (1967). Decorrentes das Operações N-NE I e II, realizadas pelo Navio Oceanográfico “Almirante Saldanha”, Coutinho & Morais (1970) apresentaram o primeiro mapa da distribuição dos sedimentos da plataforma continental entre Recife e o Cabo Orange. Uma monografia resumindo os conhecimentos da Geologia litorânea e da plataforma continental do Norte e Nordeste foi apresentada por Mabesoone & Coutinho (1970). As primeiras análises limitaram-se à determinação da composição textural dos sedimentos e de seus componentes bióticos, importantes para o mapeamento das comunidades biológicas de valor econômico.

O maior impulso no desenvolvimento dos estudos marinhos no Brasil decorreu da criação do Programa de Geologia e Geofísica Marinha - PGGM - pela DHN, em 1969, e iniciado, no mesmo ano, com a primeira operação GEOMAR. Este Programa reuniu várias Universidades (Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul) e outras entidades, como: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, Petróleo Brasileiro S/A-PETROBRAS, Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais-CPRM. Os resultados das primeiras Operações GEOMAR foram apresentados por ocasião do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em Belém, em 1972. Até a presente data, foram realizadas 25 Operações GEOMAR e coletadas cerca de 3.100 amostras.

Outro grande programa, incluindo estudos de Geologia e Geofísica Marinha, veio com a criação do Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira), em 1972, envolvendo a PETROBRAS, DNPM, CPRM, DHN, CNPq, *Woods Hole Oceanographic Institution* e *Lamont Doherty Geological Observatory* da Universidade de Columbia-EUA. Os resultados dos estudos realizados pela primeira fase do Projeto REMAC constituem a mais completa

coletânea de trabalhos sobre a sedimentação na margem continental brasileira, agrupados em 11 volumes, sob a denominação de Série Projeto REMAC.

A partir do Projeto REMAC, seguiram-se vários estudos realizados por pesquisadores vinculados às universidades brasileiras. O grupo do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO-UFRGS) editou um detalhado mapeamento dos sedimentos da plataforma continental sul-brasileira (1977-1979).

O Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (Projeto LEPLAC), instituído em 1988 e tendo como objetivo estabelecer o limite externo da plataforma continental, no seu enfoque jurídico, conforme critérios estabelecidos pela CNUDM acumulou um enorme acervo de dados sobre batimetria de precisão, sísmica de reflexão multicanal, gravimetria e magnetometria, importantes para o conhecimento da estrutura da nossa margem continental.

O Projeto AmasSed realizou estudos multidisciplinares na plataforma amazônica, com o objetivo de compreender os processos oceânicos associados ao enorme fluxo de água doce e ao material em suspensão trazido pelo Rio Amazonas. Com relação à Costa Sul, o diagnóstico ambiental oceânico e costeiro, elaborado sob o patrocínio da PETROBRAS em 1992, incorporou um substancial conjunto de informações sobre a cobertura sedimentar da área.

Recentemente, o Programa OSNLR para o Atlântico Sudoeste realizou um importante trabalho sobre a morfologia e sedimentologia da zona costeira e plataforma continental entre Cabo Frio (Brasil) e Península Valdés (Argentina), resultando na publicação de 20 mapas na escala de 1:1.000.000, acompanhados de texto explicativo, sob a coordenação do CECO-UFRGS. O trabalho recebeu apoio da Divisão de Ciências do Mar do MCT, da CPRM e da COI-UNESCO (1999).

Entretanto, reservas continentais de areia nas Regiões Metropolitanas são incipientes, e isso desencadeia a necessidade de estudos para a caracterização das areias marinhas. Além disso, a proximidade da fonte constitui-se em fator a mais, favorável ao destino das areias na recuperação de áreas erodidas no litoral para recomposição do perfil original das praias (GRANMAR, 2005).

Portanto, o estudo sedimentológico voltado à localização de áreas potenciais à exploração de granulados siliciclásticos, na plataforma continental, para a utilização na recuperação artificial de praias faz-se necessário e requer estudos complementares sobre a hidrodinâmica do local a ser investigado.



Figura 6. Obras de engordamento artificial de praias no Brasil. A – Típica recuperação de praia por engordamento em Okinawa, Japão (NISHI, 2006). B – Engordamento da praia do Matheus, em Vitória do Espírito Santo.

2.3 Métodos de investigação sedimentológica no Brasil e Pernambuco

De modo geral, os métodos utilizados para a escolha do sedimento a ser depositado na praia, consideram a classificação textural como um fator decisivo no resultado do engordamento. O preenchimento da praia com sedimentos mais grossos que os originais infere um perfil praias mais inclinado, devido à remoção dos sedimentos grossos em direção ao mar, em eventos de tempestades, conciliado ao não retorno dos grãos em períodos pós-tempestades. Além disso, as praias se mantêm estáveis durante condições normais e de energia mais alta, o que deixa a praia menos atrativa para o turismo e menos favorável a ser habitat natural de algumas espécies marinhas nativas (MENEZES, 2012). Por outro lado, caso o material dragado seja bem mais fino que o original, o mesmo será levado em grandes quantidades em direção ao mar ocasionando um déficit sedimentar na praia engordada (USACE, 1984 *apud* MENEZES, 2012).

No entanto, o estudo composicional também influencia na escolha do sedimento a ser usado no engordamento, pois, o material biogênico e ou grandes quantidades de sedimentos finos quando utilizados na realimentação, são “levados” por processos naturais de selecionamento e quando expostos a uma tempestade, são carreados para a profundidade compatível ao seu tamanho, onde formam um perfil mais suave que o original (MENEZES, 2012).

Portanto, material com as mesmas características texturais e mineralógicas do material original é o mais adequado para a reconstrução; material levemente mais grosso também é propício. Segundo Dean (1974), os parâmetros estatísticos da distribuição granulométrica, como diâmetro médio ou mediano e desvio padrão, são utilizados para avaliar a compatibilidade entre sedimentos da jazida e o natural da praia. Porém, outros fatores também são levados em conta quando se compara o sedimento original da praia e da jazida para avaliar sua adequação ao projeto como a cor, a presença de material carbonático, o arredondamento dos grãos, e a ocorrência de grânulos e seixos.

Segundo Martins & Toldo Jr. (2006), quanto à mineralogia, areias quartzosas (composta 100% por quartzo) e com porções variáveis até 30% de carbonato de cálcio (70% de quartzo), são adequadas para o uso em projetos de engordamento de praias. Ainda, Bastos & Moscon (2005), estabelecem quatro categorias em função do teor de carbonato: litoclásticos (< 30% carbonato), litobioclástico (30 a 50% de carbonato), biolitoclástico (50 a 70 %de carbonato) e bioclástico (> 70% carbonato).

Em geral, a maior parte dos depósitos litoclásticos quartzosos é composta por sedimentos pretéritos, relacionados a períodos de nível do mar baixo, quando canais fluviais e ou geleiras estendiam-se até a borda da plataforma continental, e que são retrabalhados durante os eventos de elevação do nível do mar, configurando depósitos afogados (SILVA *et al.*, 2001). No caso do Estado de Pernambuco, os sedimentos que recobrem a plataforma continental são areias e cascalhos essencialmente formados por fragmentos e restos de organismos de algas coralinas, devido, principalmente às condições ambientais propícias à dominância de sedimentação carbonática (MANSO *et al.*, 2009).

Usualmente, o estudo dos granulados litoclásticos marinhos, pode ser realizados através de amostragem direta do fundo com auxílio de coletores mecânicos, como os do tipo Van Veen (Figura 7), para se obterem amostras de sedimentos superficiais (FIGUEIREDO-JR & BREHME, 2001).



Figura 7. Coletor de sedimento do tipo Van Veen. Fonte: Estuarine Field Studies (2009).

Assim poucos trabalhos sobre o mapeamento sedimentológico da plataforma interna de Pernambuco foram realizados com intuito de caracterizar o fundo marinho tanto morfologicamente quanto faciologicamente para fins de exploração mineral. Dentre os estudos realizados, Manso *et al.* (2003) analisaram as praias de Porto de Galinhas e de Campos - Litoral Sul de Pernambuco, quanto a sedimentologia da Plataforma Continental Interna através da análise de amostras subsuperficiais coletadas com auxílio de coletor Van Veen em perfis perpendiculares à linha de costa. Foram realizadas análises granulométricas pelo método mecânico (*Rot up*) e constataram que trata-se de um fundo essencialmente carbonático. Isso é devido às condições ambientais propícias a tal predominância. Segundo os mesmos autores, a produção carbonática predominante consiste de algas calcárias, principalmente da família *Coralinaceae*, subfamília *Melobesiae*, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*.

Almeida & Manso (2011), concluíram a caracterização dos sedimentos da Plataforma Interna Adjacente a Ilha de Itamaracá – PE, por amostragem direta, através do levantamento de perfis paralelos à linha de costa, com pontos, preestabelecidos e posicionados através do sistema de GPS. As amostras foram analisadas por peneiramento úmido, e em seguida mecânico (*Rot up*), seguindo a metodologia proposta pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM). Os sedimentos foram classificados com uso do *software* SYSGRAN e obtidos os

seguintes mapas da área, nos parâmetros: Diâmetro Médio; Grau de Selecionamento dos Grãos; Fácies Textural; e de Carbonato, bem como a distribuição textural dos sedimentos na plataforma, a interpretação desses, que aliadas aos dados batimétricos previamente disponíveis, forneceram maior entendimento sobre a hidrodinâmica atuante na área.

Costa *et al.* (2010), realizaram a caracterização sedimentológica da área de fundeio de dois naufrágios na Plataforma Continental Pernambucana através de coletas diretas mensais a uma distância de 4 m de cada bordo dos naufrágios *in situ*. Foi utilizado o método de mergulho autônomo (*SCUBA diving*) para verificar possíveis alterações sedimentológicas em função da presença da estrutura do navio e garantir que o local de amostragem fosse sempre o mesmo, devido ao uso de dragas do tipo Van Veen poder acarretar erros espaciais pela deriva. Para isso, foram realizadas análises granulométricas e a determinação de teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) seguindo a metodologia adotada pelo LABOGEO, lotado no Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os resultados obtidos através da análise de similaridade com o uso do *software* Primer 5.0 e teve como propósito identificar e integrar compartimentos distintos ao longo do ambiente marinho estudado. De modo geral, os sedimentos são essencialmente bioclásticos nos bordos dos dois naufrágios analisados. Em ambos, as frações dominantes foram cascalho e areia grossa e o grau de seleção foi classificado como pobre.

Ainda, a plataforma continental interna adjacente aos municípios de Recife e Olinda foi estudada durante a execução de três projetos, todos utilizaram de amostragem direta do fundo marinho, dos quais apenas um contemplou a área adjacente ao Porto do Recife e à praia dos Milagres em Olinda (área de estudo do presente trabalho) (Figura 3). O Projeto Maplac (2010) que identificou 149 amostras coletadas usando a mesma metodologia do MAI-PE (2009). Dentre os outros projetos de pesquisa realizados, o Projeto MAI-PE (2009), que analisou 346 amostras superficiais, todas entre a linha de praia e a isóbata de 20 m, utilizando o método de análise granulométrica mecânica (*Rot up*) e constatou que a distribuição espacial das diversas frações granulométricas dos sedimentos está controlada pela presença dos recifes algálicos e/ou *beachrocks* e que entre a faixa praial e a face interna dos recifes, predomina a fração areia muito fina, que corresponde a 53% do total de pontos amostrados (Figura 5). Ao longo da face externa dos recifes,

predomina a fração areia grossa, que corresponde a 34,5% do total de amostras. Também foi verificada uma estreita faixa de areia muito fina, adjacente aos recifes, e uma pequena ocorrência de areia média, ao sul (4,5%). A Figura 5 ilustra a distribuição granulométrica levantada e apresentada no relatório do projeto MAI-PE (2009).

Em 2005, foi realizado o Projeto Granmar Brasil: Avaliação do Potencial Mineral dos Granulados Marinhos do Litoral do Brasil – PE/CE UFPE/CPRM), que teve como objetivo apresentar, a distribuição textural dos sedimentos que recobrem o fundo da plataforma continental adjacente do Estado de Pernambuco, até a isóbata de 30 m. Também objetivou-se identificar áreas potenciais à exploração mineral de granulados marinhos, siliciclásticos e bioclásticos. Foram coletadas amostras ao longo da plataforma Interna adjacente ao município de Recife (próximo à praia de Boa Viagem), obtidas por amostragem direta com o uso do coletor Van Veen, e constatou-se que de uma forma geral, ocorre o predomínio da classe textural areia dominada por materiais bioclásticos algálicos muito fragmentados e siliciclásticos (GRANMAR, 2005).

Em 2010, a *Coastal Planning & Engineering* do Brasil (CPE), empresa de consultoria em engenharia costeira, realizou um estudo sedimentológico na plataforma interna de Jaboatão dos Guararapes, através de amostragem direta em 42 pontos com uso do coletor Van Veen, durante o desenvolvimento do Projeto Conceitual de Engenharia para Recuperação da orla do município de Jaboatão dos Guararapes – PE (CPE, 2010). Dentre as amostras obtidas, 12 pontos não foram representativos por não apresentarem uma quantidade suficiente de amostra para processamento, devido a representar um substrato rígido e/ou rochoso (arrecifes). Assim, foi observado que as amostras com maior percentual de areia estão localizadas em direção ao mar, atrás dos arrecifes, mais especificamente, entre as isóbatas de 10 e 20 m e também na desembocadura do Rio Jaboatão (CPE, 2010).

Em outros lugares do Brasil, também foram realizados estudos voltados à investigação de sedimentos da plataforma continental interna para fins de engordamento de praias erodidas. Entre os estudos, Oliveira & Muehe (2011), analisaram sedimentos de algumas praias no Rio de Janeiro em relação à compatibilidade das mesmas com sedimentos coletados na plataforma interna adjacente, através da análise de amostras obtidas em 16 arco-praias situados nos principais núcleos urbanos do trecho do litoral carioca e comparadas com a análise

de sedimentos coletados na plataforma interna. Para isso, a análise da distribuição granulométrica foi feita por peneiramento a seco em intervalos de peneira de 0,5 Phi (Φ), após a lavagem, secagem para retirada dos sais solúveis e queima do carbonato de cálcio (CaCO_3) através de ataque com ácido clorídrico a 20%, comparando-se os valores de diâmetro médio dos grãos ($Mz\Phi$) e o desvio padrão ($\sigma\Phi$), entre as amostras de praia e da plataforma.

Martins & Coutinho (1981) estudando os sedimentos da margem continental brasileira, constataram que a plataforma continental interna entre Belmonte (BA) e Cabo Frio (RJ) é essencialmente composta por sedimentos terrígenos, constituídos, principalmente, de areias relíquias e lamas arenosas imaturas. Ainda, os mesmos autores, alegam ser a plataforma continental brasileira composta, em sua maioria, por depósitos de sedimentos relíquios, siliciclásticos ou carbonáticos, que, segundo Emery (1968 *apud* MARTINS & COUTINHO, 1981) são sedimentos que não estão em equilíbrio com o ambiente atual e também não foram cobertos por sedimentos posteriores.

Segundo Martins & Toldo Jr. (2006), o Estado do Rio Grande do Sul dispõe de cerca de 600 km de costa, dos quais 442 km estão em estágio de retração, 173 km estão progredindo, e 6 km não apresentam mudanças significativas da posição da linha de costa. No entanto, sua plataforma continental interna, indica um estoque arenoso de 9,6 bilhões m^3 , que podem ser usados na recuperação de praias em erosão.

Atualmente, a erosão costeira e a recuperação praias tornaram-se um dos principais temas a serem abordados no mundo devido à importância extrema direcionada às zonas costeiras por aspectos ambientais e socioeconômicos (MARTINS & TOLDO Jr., 2006). Os estudos relacionados ao levantamento dos estoques de areias disponíveis na plataforma continental adequadas ao uso na recuperação de praias tornaram-se alvo de muitos projetos, principalmente conduzidos por países que possuem tecnologia mais avançada (MARTINS & TOLDO Jr., 2006).

No caso do Estado de Pernambuco, em 2011, o governo do Estado via Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente - SECTMA realizou o projeto: Alternativas de Obras de Proteção Costeira para recuperação da orla marítima e recomposição de praias arenosas dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Esse projeto foi preparado pela *Coastal*

Planning & Engineering do Brasil, o qual definiu alternativas para contenção dos processos erosivos atuantes no litoral pernambucano.

No caso do município de Recife, a CPE (2011) indicou duas alternativas para recuperação das praias, uma contempla a realização do engordamento através da introdução de areia siliciclástica nas praias erodidas, a qual foi simulada com a aplicação do modelo numérico Delft3D em períodos de 1 e 5 anos e apresentou resultados satisfatórios com perda de apenas 40% do sedimento introduzido, em 5 anos (Figura 8). A alternativa contempla, além do engordamento a instalação de espigões associados ao engordamento, também simulada com a mesma metodologia, configurando resultados melhores que os resultados da alternativa anterior. Em relação ao estoque de areia necessário ao engordamento das praias erodidas no município de Recife, o relatório CPE (2011), calculou um total 779.604 m³, sendo o custo total de realização do empreendimento igual a R\$ 20.327.295,00.

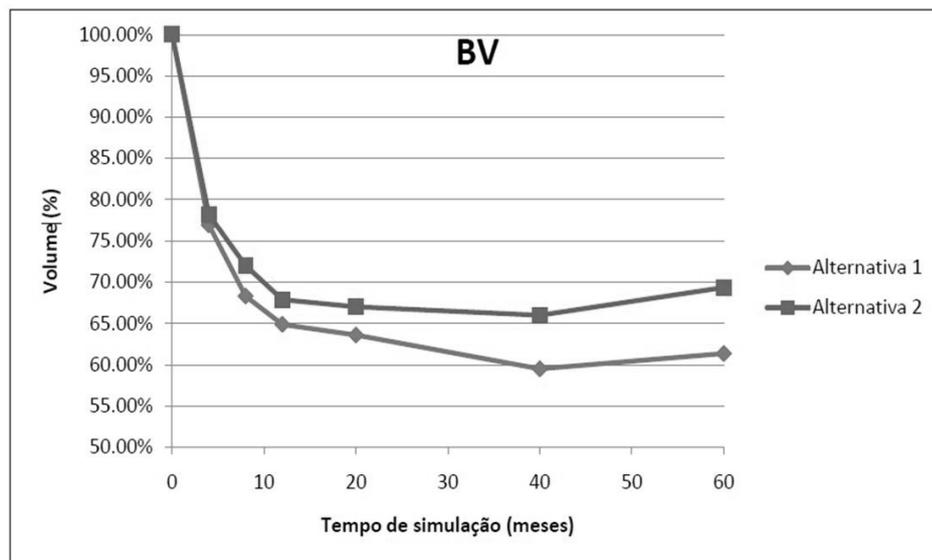


Figura 8. Simulação (5 anos) do engordamento sugerido para a praia de Boa Viagem, Recife-PE. Fonte: CPE (2011).

Portanto, o estudo de áreas potenciais à exploração de granulados marinhos siliciclásticos para a recuperação artificial de praias na plataforma continental interna adjacente ao porto do Recife-PE e à Praia dos Milagres Olinda-PE, foi realizado através do método direto de investigação do fundo marinho, com uso do coletor mecânico Van Veen a fim de localizar jazidas de granulados siliciclásticos marinhos, a serem utilizados em projetos de recuperação de praias erodidas no Estado de Pernambuco. Entretanto, estudos sobre os locais propícios ao

engordamento, bem como relativos ao estoque de areia necessário para a realização das obras já foram finalizados, restando a realização da investigação quanto à localização e dimensionamento de jazidas.

Além disso, foi realizado o mapeamento de áreas com potencial de exploração de material siliciclástico e identificação os aspectos ambientais relacionados à hidrodinâmica e sedimentação local.

Assim, os resultados obtidos neste estudo constam a seguir no próximo Capítulo, o qual contempla a justificativa, descrição da área estudada, metodologia e conclusões acerca do proposto.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. L. DE M.; MANSO, V. DO A. V. Sedimentologia Da Plataforma Interna Adjacente A Ilha de Itamaracá - PE. Estudos Geológicos, Recife-PE, v. 21, n. 1, 2011.

BASTOS, A. C. & MOSCON, D. M. C. Estudo sedimentológico. In: DERN. 2º Relatório / Monitoramento Ambiental – Victory 8B. Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, UFES. Revisor: BASTOS, A. C. cap. 2, p. 27-66. 2005.

BORBA, M. S. F. C.; PONTES, P. M.; ARAÚJO, T. C. M. DE. Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda – PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira. Revista da Gestão Costeira Integrada, v.8, n.2. p101-112. 2008.

BORGES, P; LAMEIRAS, G; CALADO, H. A erosão costeira como factor condicionante da sustentabilidade. In: 1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde, 2004.

CNUMAD. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21, 1992.

COSTA, M. B. S. F.; MALLMANN, D. L. B. & GUERRA, N. C. Caracterização Sedimentológica da Área de Fundeio de dois naufrágios na Plataforma Continental Pernambucana. Sedimentological Characterization of Shipwrecks on the Pernambuco. 2010

COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribución de los sedimentos em La Plataforma Continental em Norte y Nordeste del Brasil. Arq. Cien. Mar., v. 10, n.1., p. 79-90. 1970.

DIAS, J. A. Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira). 1993.

EMERY, K. O. Relict sediments on continental shelves of the world. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. v. 52, p. 445-464. 1968.

EUROSION. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. A guide to coastal erosion management practices in Europe. 2004. (<http://www.euroasion.org/shoreline/introduction.html>) (Acessado em Jul/2008).

FIGUEIREDO, ALBERTO G. JR. & BREHME, ISA. Amostragem Geológica na Pesquisa Mineral. Brazilian Journal of Geophysics, v. 18, n.3, 2001.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO & SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE – SECTMA. Alternativas de Obras de Proteção Costeira para recuperação da orla marítima e recomposição de praias arenosas dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Preparado pela Coastal Planning & Engineering do Brasil. 2011.

PROJETO GRANMAR. GRANULADOS MARINHOS. PROJETO GRANMAR BRASIL: Avaliação do Potencial. Mineral dos Granulados Marinhos do Litoral do Brasil – PE/CE. Relatório Técnico. 2005.

KALINDI, D.; PILO, G. S.; FARREBERG, C. C. A. Erosão costeira por ação antrópica e suas implicações para o desenvolvimento sustentável: uma revisão bibliográfica. In: Simpósio Brasileiro de Oceanografia, 5. Oceanografia e Políticas Públicas. Santos, SP, Brasil. 2011.

KOMAR, D. P. Beach processes and sedimentation: the latest scientific research in the study of physical processes of beaches and resulting sedimentary deposits . New Jersey : Prentice Hall Ed., 1976.

KULLENBERG, G. Contributions of marine and coastal area research and observations towards sustainable development large coastal cities. Ocean & Coastal Management, 2001.

MABESOONE, J.M. Origin and Age of the sandstone reefs of Pernambuco (northeastern Brasil). Journ. Sedim., 34(4) 715-726 p. 1964.

MANSO, V. A. V., COUTINHO, P. N., GUERRA, N. C. & SOARES, C. F. A. Pernambuco. In: Muehe, D. (ed), Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro, pp. 179-196, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. 2006.

_____; CORRÊA, I. C. S.; GUERRA, N. C. Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna Entre as Praias Porto de Galinhas e Campos - Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. 2003. Pesquisas em Geociências, 30(2): 17-25, 2003 ISSN 1518-2398. Porto Alegre-RS. 2003.

_____; COUTINHO, P. D. N.; GUERRA, N. C.; C. F. A. SOARES JR. Erosão e progradação do litoral brasileiro, Pernambuco. APES. 01abr2006.pmd 193 4/7/2006, 16:40 194. 2006.

_____ et al. Estudo da Erosão Marinha na Praia da Boa Viagem. Convênio EMLURB/FADE/ LGGM/UFPE: Relatório técnico. Recife. 106p. 1995.

MARTINS, L. R.; et al. Distribuição faciológica da margem continental do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26. Belém. Anais... Belém, 1972. p. 115-132. 1972.

_____ & COUTINHO, P. N. The brazilian continental margin. *Earth-Science Reviews*. v. 17, n. 1, p. 87-107. 1981.

_____; TOLDO JR., E. E. Estoque arenoso da plataforma continental: um recurso estratégico para a zona costeira. *Gravel*, Porto Alegre, n. 4, p. 37-46, 2006.

MENEZES, J. T. de. Alimentação Artificial de Praias Arenosas Oceânicas: uma revisão conceitual. Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LabGeo), Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Monografia para Exame de Qualificação. Instituto de Geociências, Curso de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.

MILLIMAN, J. D. & Barretto, H. T., 1975a. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Part I. Background. *Contr. Sedimentology*, Stuttgart. (4):1-10.

MURRAY J., RENARD A.F. Report on deep-sea deposits based on the specimens collected during the voyage of HMS Challenger in the years 1872 to 1876. In: Report on the Scientific Results of the Voyage of HMS Challenger during the years 1873-1876. London, 3:1-525. 1891.

OLIVEIRA, J. A. R. 2000. Estudo do comportamento sedimentológico e morfodinâmico entre as praias de Porto de Galinhas e Gamboa, Litoral Sul de Pernambuco. Recife-PE. Dissertação de Mestrado, 171 p., Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

OLIVEIRA, J. F. de; MUEHE, D. Identificação de áreas de sedimentos compatíveis na plataforma continental interna para recuperação de praias entre as cidades de Niterói e Macaé – Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2001.

OTTMANN, F. Estudo das amostras do fundo recolhidas pelo N. E. Almirante Saldanha, na região da embocadura do Rio Amazonas. *Trab. Inst. Biol. Marit. Oceanogr.*, Univ. Recife, 1(1): 77-106. 1959.

PSUTY, N. P. e MOREIRA, M. E. S. A. Nourishment of a Cliffed Coastline, Praia do Rocha, The Algarve, Portugal. *Journal Coastal Research*, SI 6, 21-32. Fort. Lauderdale, Florida, 1990.

PUBLICAÇÕES CPRH / MMA – PNMA, 2011. Diagnóstico Socioambiental - Litoral Norte: O Meio Físico Da Área Geologia e Relevô. 2011.

SILVA, Cassio Roberto da. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 264 p.: il.: 28 cm. 2008.

SOUZA, C. R. de G. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the State of São coastal, Brazil. Revista Pesquisas em Geociencias, 28 (2): 459-475. 2001.

_____. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil *Coastal Erosion and the Coastal Zone Management Challenges in Brazil. Revista da Gestão Costeira Integrada 9(1):17-37 (2009). Journal of Integrated Coastal Zone Management 9(1):17-37. 2009.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. 310 p., Edgard Blücher, São Paulo, Brasil. 1973.

SWART, D.H. Beach nourishment and particle size effects. Journal Coastal Research, SI 16, 61-81. Fort. Lauderdale, Florida, 1991.

U.S.A.C. E. Army Corp of Engineers, Coastal Engineering Research Center – Shore protection manual. Vol. I e II, Ed. Fourth, 1984.

ZEMBRUSCKY, S. G. Sedimentos da plataforma continental do Brasil. XXII. Comissão Oceanográfica NOc. Almirante Saldanha. Dir. Hidrogr. Naveg. DG 26-X. Apêndice “B”, 369-409. 1967.

4. Capítulo I. Artigo submetido à publicação

ÁREAS COM POTENCIAL DE GRANULADOS MARINHOS SILICICLÁSTICOS PARA UTILIZAÇÃO NA RECUPERAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NO PORTO DO RECIFE, LITORAL DE PERNAMBUCO, BRASIL.

Carla Danielle Pereira de ANDRADE*¹, Eduardo Guimarães BARBOZA¹, Gilberto SANTOS¹.&
Valdir Amaral Vaz MANSO²

1. Programa de Pós-Graduação em Geociências/IG/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500 Bloco I Prédio 43113 Sala 207 - Porto Alegre/RS CEP 91501-970 Caixa Postal 15001. E-mail: carla.andrade@ufrgs.br

2. Departamento de Geociências da Universidade Federal do Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 | Fone PABX: (81) 2126.8000.

RESUMO

O mapeamento da Plataforma Continental Interna visando localização, qualificação e quantificação das reservas de material litoclásticos marinho possui poucos trabalhos relacionados. O Estado de Pernambuco sofre com erosões ao longo de todo seu litoral, e principalmente junto às cidades de Recife e Olinda. Assim, este estudo contribui tanto para o conhecimento da sedimentologia da plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres em Olinda, quanto para a execução de futuras intervenções na recuperação das praias da região. Portanto, com objetivo de identificar áreas com concentrações de granulados litoclásticos marinhos compatíveis com especificações necessárias à regeneração de praias, foram analisadas 36 amostras, que foram coletadas ao longo de seis perfis equidistantes em 1 km, perpendiculares à linha de costa na plataforma interna do Porto do Recife. Em laboratório foram realizadas análises granulométricas e o estudo composicional de todas amostras. Os resultados granulométricos mostram a predominância de sedimentos mal selecionados, ocorrendo classes variadas de tamanho entre seixo pequeno (8 mm) e lama (< que 0,062), com predominância da fração areia grossa. A análise composicional revelou uma hegemonia de carbonatos marinhos. Os dados obtidos apresentam uma redução do suprimento sedimentar terrígeno local. Também de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, a plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à praia dos Milagres em Olinda-PE, é essencialmente recoberta por areias biogênicas mal selecionadas, oriundas da morte e fragmentação dos organismos componentes dos recifes coralíneos e algálicos que ocorrem na plataforma

continental interna. Dessa forma, esta área não possui material siliciclástico utilizado na exploração mineral para recuperação artificial de praias no Estado de Pernambuco.

Palavras-chave: Sedimentologia, plataforma continental, engordamento de praia, Recife-PE.

ABSTRACT

There are few studies that map the Internal Continental Platform referring to localization, qualification and quantification of reserves of lithoclastic marine material. The Brazilian state Pernambuco suffers from erosions along the whole coast and particularly in areas close to the cities of Recife and Olinda. This study offers new knowledge about the sedimentology of the internal continental platform adjacent to the harbor of Recife and the Beach *Milagres* in Olinda. Furthermore, it points out measures that can be used to recover regional beaches. Along 6 profiles with a distance of 1km and perpendicular to the coast line at the internal platform of the harbor of Recife, 36 samples were collected and analyzed. Thus, areas with concentrations of lithoclastic marine aggregates with the necessary characteristics for the recovery of the beaches were identified. A laboratory was used for granulometry and a compositional study of all samples. The granulometric results show mainly badly selected sediments. There are different sizes from small pebbles (8 mm) to mud (< than 0,062 mm), predominantly coarse sand fraction. The compositional analysis reveals hegemony of marine carbonates. Thus the obtained data indicates a reduction of local terrigenous sedimentary supply. This is probably due to the fact that the selected area is undergoing an initial transgressive process. Also in accordance with the obtained results of this study, the internal continental platform adjacent to the harbor of Recife and the Beach Milagres in Olinda, Pernambuco, is mainly covered by badly selected biogenic sand which has its origin in the death and fragmentation of components of the coral reef of the internal continental platform. As a result the area is not indicated to mineral exploration for the artificial recovery of the beaches in the state of Pernambuco.

Key words: Sedimentology, continental platform, beach nourishment, Recife-Pernambuco-Brazil.

INTRODUÇÃO

Dentre os ecossistemas costeiros do planeta, as praias oceânicas constituem os mais dinâmicos e vulneráveis, pois resultam da interação entre os processos continentais e marítimos que atuam em diversas escalas temporais (horas: variação da maré; meses: estado morfodinâmico; e anos: configuração da linha de costa) (SOUZA, 2001). A zona costeira como um todo, integra um espaço de grande valor ambiental e socioeconômico por ser fonte de recursos biológicos e minerais, e portanto ao longo dos anos, foi submetida ao uso desordenado devido suas funções como proteção natural à costa, habitat para diversas espécies marinhas e proporcionarem atividades de turismo e lazer, aumentando a renda da população costeira e ribeirinha (SOUZA, 2009).

Assim, nos últimos 30 anos a zona costeira tem sido alvo de grande procura, com valorização urbana significativa, intensificando atividades antropogênicas e contribuindo para a destruição de muitas zonas de praia, especialmente de cordões arenosos litorâneos, configurando grandes variações da linha de costa (MANSO *et al.*, 2006).

Desta forma, o uso desordenado desses ambientes, acarreta na alteração do balanço sedimentar, e pode promover a erosão da costa, que ocorre quando o volume de sedimentos que chegam até a praia é inferior ao volume que sai. Em muitos casos o processo de erosão costeira suscita a perda de imóveis e outros bens, além de ocasionar a redução significativa da área de praia propriamente dita, o que prejudica significativamente as atividades socioeconômicas locais.

Atualmente, a erosão marinha é um dos maiores problemas ambientais da gestão costeira no Brasil e no mundo, diversos países enfrentam o problema realizando o engordamento artificial de praias utilizando sedimentos litoclásticos de maneira eficaz e ambientalmente segura.

No Brasil, a erosão nas zonas costeiras estende-se por quase todo litoral. Dentre os municípios que apresentam grave situação decorrente do processo erosivo, estão Recife, Olinda, na Região Metropolitana do Estado de Pernambuco, os quais tiveram a redução abrupta das faixas de praia e perda de casas à beira mar. Portanto, os governos municipais realizam o monitoramento constante dos pontos críticos de suas orlas e optaram pelo método *hold the line* (EUROSION, 2004), que consiste

em manter a posição da linha de costa através da engenharia costeira, construindo obras de proteção (quebra-mares, espigões, molhes, enrocamentos) ou alimento artificialmente as (engordamento de praia). O Município de Olinda, por exemplo, desde 1958 realiza obras de proteção costeira contra o avanço do mar, e hoje dispõe de dez quebra-mares paralelos à linha de costa, 34 espigões perpendiculares e vários trechos de enrocamento aderente, os quais, em alguns trechos, são ineficientes para a regeneração da praia e até potencializam a taxa de erosão costeira (BORBA *et al.*, 2008). Além disso, esse sistema de obras rígidas de proteção costeira destrói a beleza cênica das praias, e a cidade pode sofrer danos ao seu status de balneário turístico. Deste modo, têm-se o engordamento artificial de praias, como a alternativa mais eficaz e menos impactante contra a erosão costeira nos municípios.

Nesse contexto, o presente estudo visa definir áreas com concentrações de granulados litoclásticos marinhos exploráveis que estejam dentro das especificações necessárias para uso na regeneração de praias bem como indicar de seu potencial explorável, além de contribuir para o conhecimento da dinâmica marinha local. Para isso, foi realizado método direto de investigação contemplando a análise dos sedimentos superficiais que atapetam a plataforma continental interna (até 20 m de profundidade) adjacente ao Porto do Recife e à praia dos Milagres em Olinda, no Estado de Pernambuco. A determinação da referida área de estudo foi baseada na incidência do processo erosivo intenso e no fato de ser bem localizada, com fácil acesso tanto à realização das coletas quanto à exploração se for o caso.

DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área de estudo compreende a plataforma continental interna do Estado de Pernambuco adjacente ao Porto do Recife, localizada entre as coordenadas $08^{\circ} 01' 22''$ S e $08^{\circ} 04' 40''$ S, limitada ao Norte pela Praia dos Milagres em Olinda e ao Sul pela desembocadura do Rio Capibaribe (Figura 9). Recife e Olinda e estão entre as cidades que mais sofrem erosão costeira no país e a cada ano, a ocupação litorânea aumenta, o que agrava ainda mais os efeitos do citado processo erosivo.

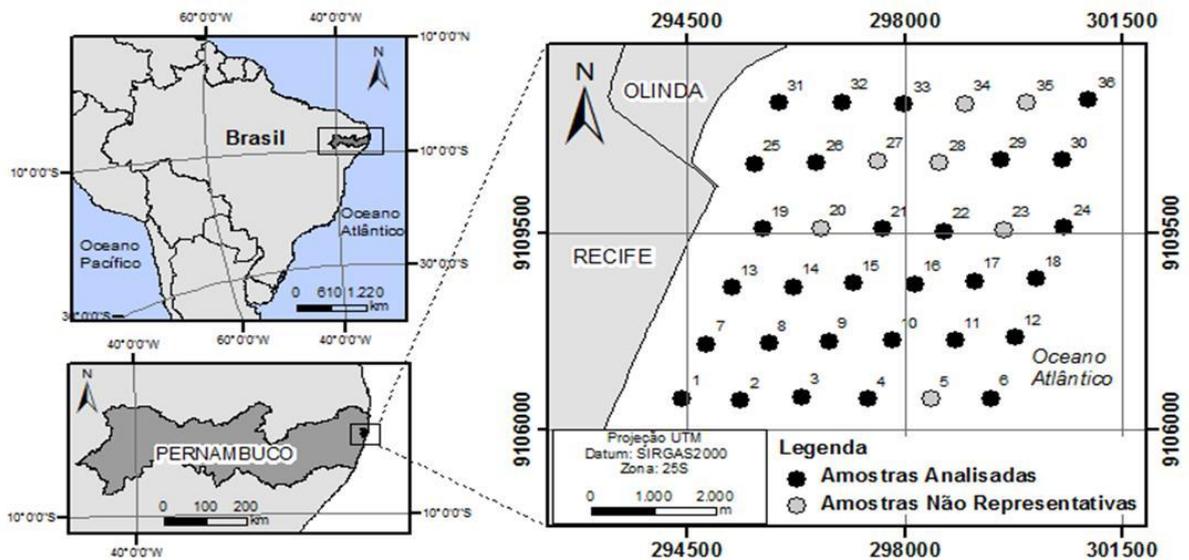


Figura 9. Localização da área de estudo e dos pontos de coleta de sedimento.

Em geral, as praias são estreitas e apresentam vários trechos erodidos, devido à ocupação urbana desordenada na faixa costeira. Ainda existem a construção de rampas, de muros e de espigões na zona de praia, que alteram o equilíbrio hidrodinâmico e provocam o recuo acelerado da linha de costa e destruição das construções existentes. Além da ação destrutiva do mar, a área de estudo é alvo constante de poluição por lixo e por esgotos domésticos. A ocorrência, desses problemas, destrói o potencial turístico e de lazer das praias. Paralelamente à linha de costa, encontram-se duas a três faixas de recifes de arenito (*beachrocks*) e orgânicos formados por corais e algas calcárias sobre os recifes de

arenito, ambos geneticamente ligados ao sistema praial atual, podendo ter extensões variadas (até 10 km) (CPRH / MMA – PNMA, 2011) (Figura 10).



Figura 10. Processo de erosão costeira ao longo do tempo no município de Recife-PE. Fonte: Manso (2009) e Relatório Técnico Projeto MAI-PE (2009).

A plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife-PE e à Praia dos Milagres em Olinda-PE, recebe aporte de água doce, sedimentos e nutrientes principalmente dos rios Capibaribe e Beberibe. O primeiro nasce no agreste do estado e apresenta uma área de drenagem de 7.716 km², desembocando no oceano Atlântico junto à cidade do Recife. Já o segundo, cuja área de drenagem é igual a 108 km², nasce na zona da mata e tem parte da sua bacia no município de Olinda, onde encontra o Capibaribe e desemboca no oceano (MACÊDO *et al.*, 2004).

Em relação às características morfológicas, a região apresenta uma largura aproximada de 36,96 km, com a quebra da plataforma a uma profundidade em torno de 65 m e declividade suave (1:558) (GORINI *et al.*, 1996). Arenitos de praia (*beachrocks*) são encontrados no local e representam indicadores geológicos de variação do nível do mar (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Informações climatológicas e oceanográficas

Segundo Costa *et al.* (2010), o clima da região é classificado como tropical úmido, com duas estações distintas, uma seca (outubro a dezembro) e outra chuvosa (maio a julho). A precipitação anual média de 2.050 mm, quando na estação chuvosa ocorre 70 a 75% do total anual (CPRH, 2003). As temperaturas variam entre 25° e 30°C, sem variações expressivas. Os clima de ventos demonstram um padrão de sazonalidade com ventos dominantes de E-SE com velocidades médias entre 3 e 5 m/s, sendo os ventos alísios e as brisas marinhas os fenômenos de maior influência nas condições climáticas da costa pernambucana (MANSO *et al.*, 2006). Ocorrem ventos mais intensos durante a estação úmida, principalmente entre julho e setembro (ventos de SE) e ventos de moderados a amenos na estação seca, principalmente entre novembro e janeiro (ventos de NE) (PEREIRA *et al.*, 2003a).

As marés locais são do tipo semi-diurna com variação entre 0,7 m na quadratura e 2,7 m na sizígia (MANSO *et al.*, 2006). As ondas incidentes tem direção predominante E-SE (associadas a ventos de mesma direção) e alturas entre 1,0 e 1,5 m com período entre 5 e 7 s (OLIVEIRA, 2000). Nos meses de fevereiro e setembro ocorrem as marés equinociais, as alturas das marés podem atingir de 2,5 a 2,6 m. Quando as marés equinociais coincidem com as marés de sizígia a altura pode alcançar 2,8 m. Este fenômeno é conhecido localmente como ressaca, sendo este ainda mais severo durante o segundo semestre (agosto/setembro) quando os ventos são mais intensos (PEREIRA *et al.*, 2003b). As ressacas são os eventos de maior energia na costa local modificando a morfologia praial e destruindo construções. Por isso requerem atenção por parte das autoridades e dos proprietários de imóveis localizados em locais vulneráveis à erosão.

A circulação superficial e de fundo, na área de estudo foram estudadas durante a realização do Projeto MAI (2009), obtendo-se a simulação conforme constam nas Figura 11 e 13. Durante a preamar, a circulação superficial predominante ocorre no sentido SE-E, sendo que mais ao Norte (praia dos Milagres) ocorre predominância da circulação superficial no sentido W-E. No entanto, a circulação de fundo não apresenta padrão direcional bem definido, sendo também influenciada pelas descargas fluviais (rios Capibaribe e Beberibe) e pelas feições geomorfológicas submersas, como os *beachrocks* locais.

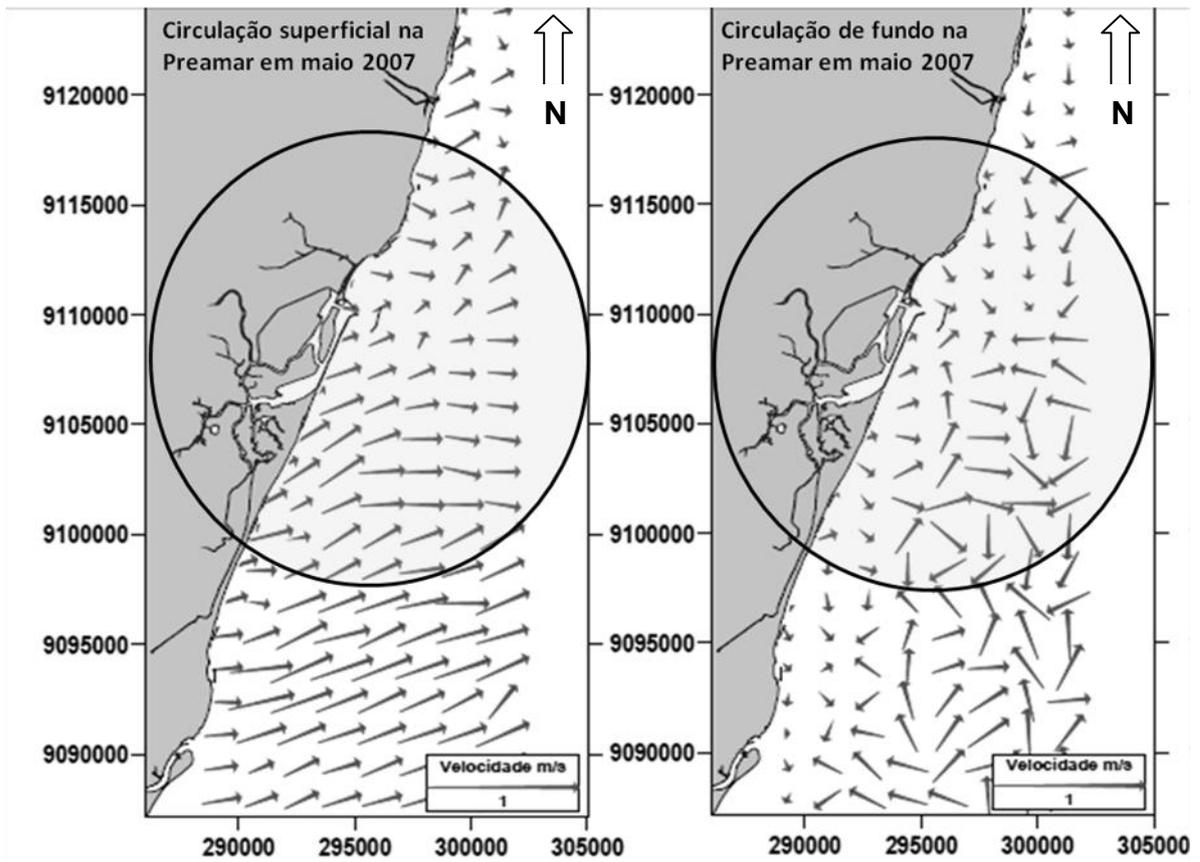


Figura 11. Campo das correntes superficiais e de fundo, durante o estágio de preamar (PM) em Maio/2007. Fonte: Modificado de Projeto MAI (2009).

A Figura 12 demonstra a circulação superficial e de fundo que ocorre durante a baixamar. No caso da circulação superficial, ocorre um movimento padrão no sentido W-E com alguma inclinação para NE e apresenta velocidade inferior a 1 m/s. A circulação de fundo configura um padrão mais ou menos irregular com certa predominância do sentido N-S nas áreas mais próximas ao continente e predominância do sentido W-E nas áreas oceano à fora.

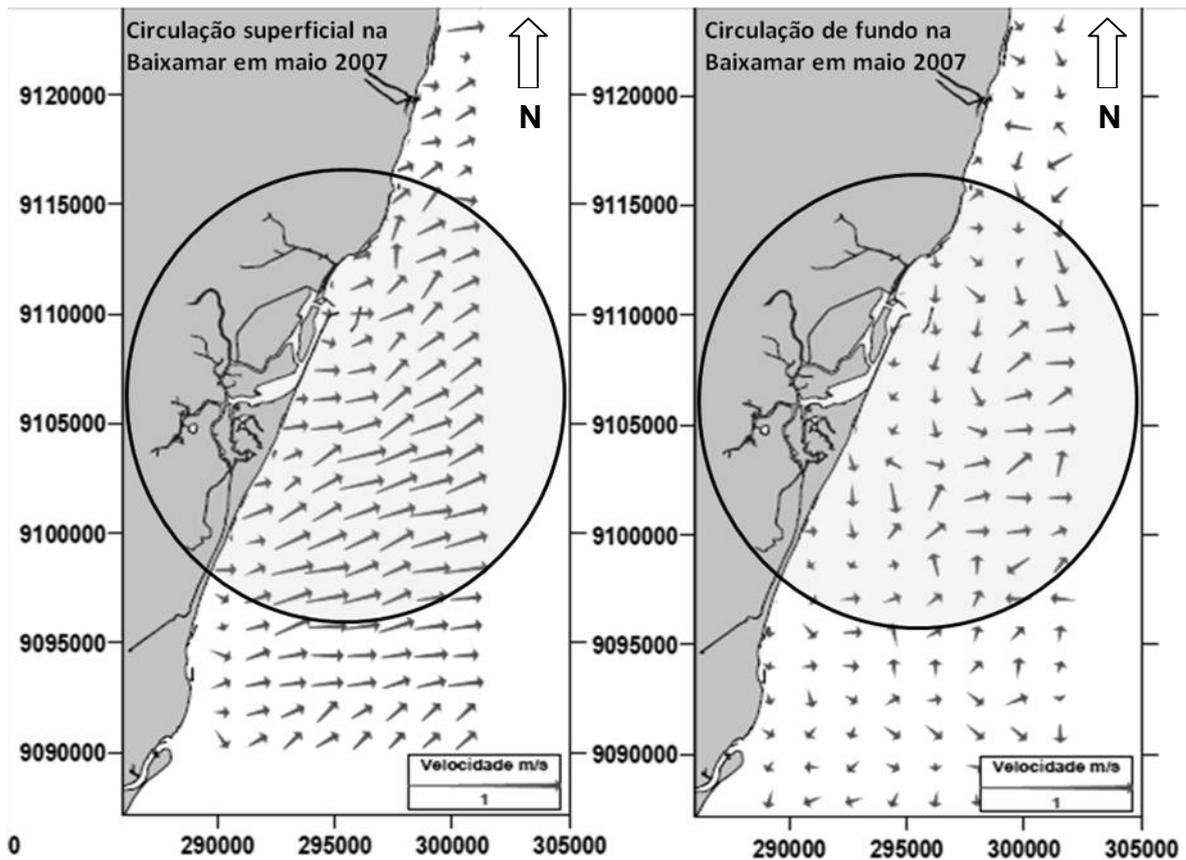


Figura 12. Campo das correntes superficiais e de fundo, durante o estágio baixa-mar (BM) em Maio/2007. Fonte: Modificado de Projeto MAI (2009).

Em relação à profundidade local, a batimetria indica uma variação entre oito e dezoito metros (Figura 13). Os valores foram obtidos através de medições com EcoSSonda acoplada a um GPS, em todos os pontos de coleta. Para elaboração do mapa batimétrico, foi realizada interpolação pelo método Matlab 7.7 adquirido pela Math Works. Segundo comunicado pela Capitania de Portos de Pernambuco, a área portuária será submetida a uma nova batimetria com intuito de se verificar o resultado real da dragagem realizada entre março e maio de 2012 (PORTAL NAVAL, 2012).

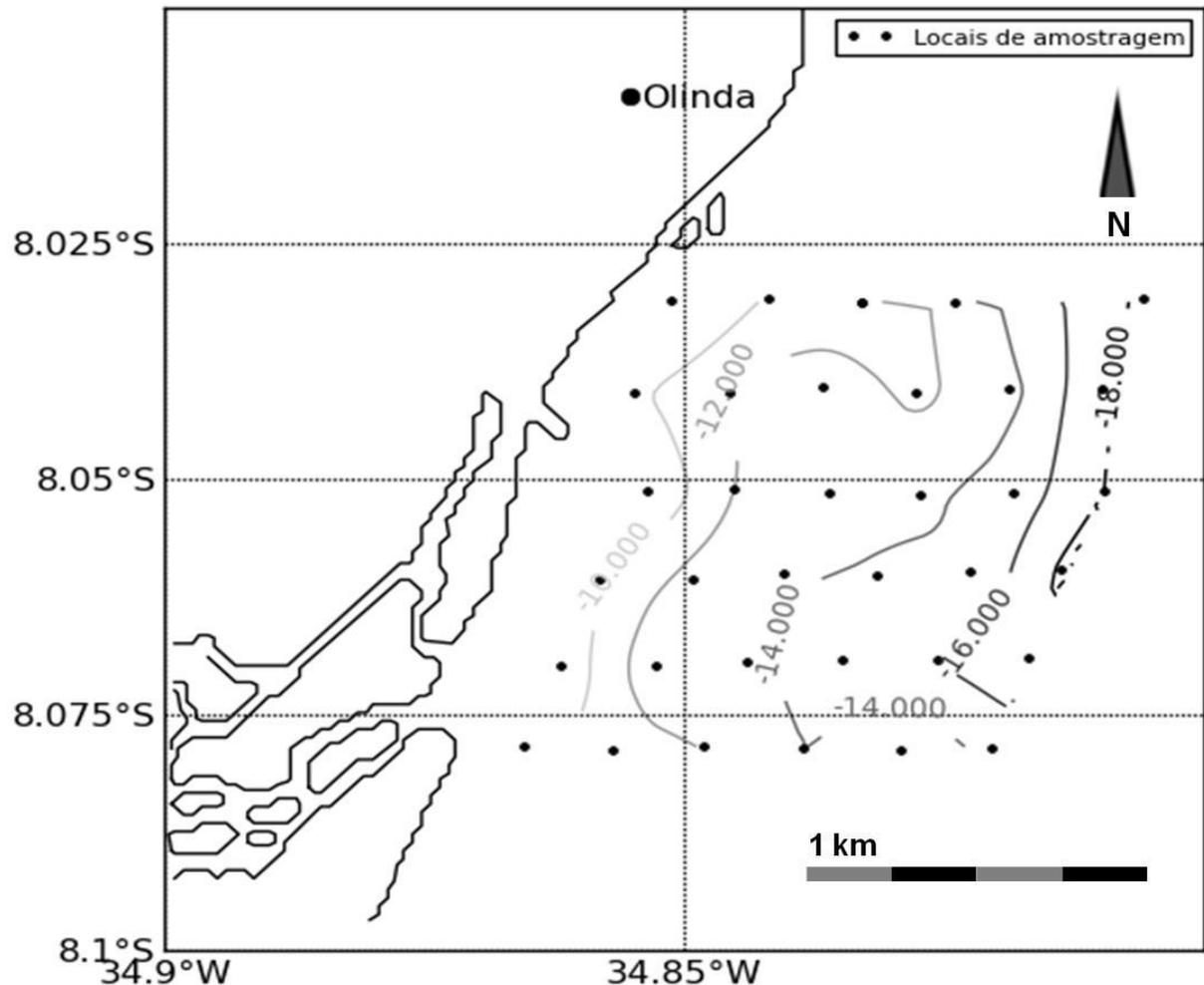


Figura 13. Batimetria da plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres, Olinda –PE.

Em relação às características físico-químicas da água, os parâmetros de temperatura e salinidade apresentam-se bastante sazonais, em resposta às flutuações no aporte de rios costeiros (Rio Capibaribe ao Sul e Rio Beberibe ao Norte). De acordo com Muehe (2006), as águas que cobrem a plataforma continental apresentam temperaturas superficiais entre 27,0 e 28,7°C. Já os valores de salinidade mais elevados são observados em períodos secos e atingem 37,16‰ enquanto valores mais baixos chegam a 28,8‰ e são verificados durante o período chuvoso. Segundo Manso *et al.* (1992), ocorre uma estabilidade térmica da coluna de água. A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante à temperatura. Durante o período seco os valores são mais elevados com máximo de 37,16‰ e valores mais baixos no período chuvoso, mínimo de 28,88‰. A salinidade também apresenta flutuações próximas à costa, devido à influência do aporte dos rios costeiros (MANSO *et al.*, 1992).

Área Portuária

O Porto do Recife está localizado na parte leste da cidade do Recife (na ilha principal), às margens dos rios Capibaribe e Beberibe, que juntos deságuam no oceano Atlântico. Diferencia-se dos demais portos por situar-se num centro urbano e conseguir operar sem interferir na cidade.

Atualmente, o movimento anual de cargas é cerca de 2,2 milhões de toneladas e no geral, os produtos são importados principalmente da Argentina, países da América do Norte e Europa, sendo as exportações direcionadas a alguns países da África, América do Norte e Europa. Na Figura 14, consta o detalhamento da área portuária do Recife-PE.

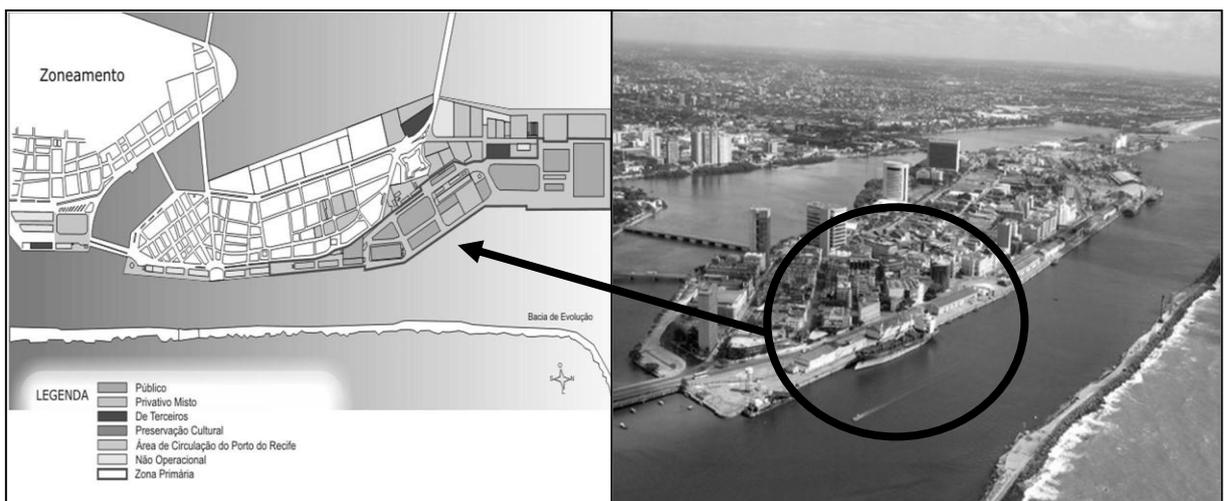


Figura 14. Porto do Recife-PE. Fonte: Modificada de POLO NAVAL (2012).

Sua estrutura dispõe de um cais de 2.960 m de comprimento, com 16 berços de atracação, e uma área de apoio para armazenagem coberta de 48.500 metros quadrados e descoberta de 80 mil m². Atualmente, o porto do Recife, dispõe de calado de 11,1 m – 1,8 m a mais do permitido anteriormente, devido à dragagem realizada entre março e maio de 2012. Assim, ocorre a possibilidade de mais navios atracarem no porto recifense, já que a profundidade média da área de atracação do cais mudou para 12 m (antes da dragagem estava entre 7 e 9 m).

No entanto, devido sua localização ser numa ilha que recebe aporte sedimentar de dois rios (Capibaribe e Beberibe), o porto deverá ser dragado anualmente para que a atual profundidade de calado seja mantida (PORTO NAVAL, 2012).

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e tratamento das amostras

Para a realização do presente estudo foram coletadas 36 amostras de sedimento superficial do fundo, ao longo de seis perfis perpendiculares à linha de costa equidistantes 1 km, utilizando-se amostrador do tipo Van Venn, todas entre as profundidades 8 m e 20 m, totalizando uma área de 36 km². O posicionamento das estações amostradas foi realizado com o auxílio de um GPS Modelo Garmin 40. As amostras foram devidamente etiquetadas e processadas no Laboratório de Sedimentologia do CECO/IGEO/UFRGS, onde foram submetidas às fases de preparação que contemplam a dessalinização e à secagem em estufa à 60°C por 48 horas. Em seguida foram quarteadas via quarteador manual para sedimentos grossos e cada amostra teve uma alíquota de 100 g retirada, para o peneiramento manual, utilizando-se um jogo de oito peneiras, com intervalos de 1 Phi (Φ) (peneiras entre 8 e 0,062 mm de abertura de malha), com objetivo de separar as frações granulométricas presentes em cada amostra (Figura 15). O material fino (<0,062 mm) foi analisado utilizando-se o método de pipetagem (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938; LEI de STOKES, 1851). Após esses procedimentos as amostras fracionadas foram submetidas à fase de análise granulométrica, onde cada fração foi devidamente pesada em balança de precisão de até quatro casas decimais. Dentre as amostras obtidas, um total de sete amostras (05, 20, 23, 27, 28, 34 e 35) (Figura 9 e 16) foram consideradas não representativas por representarem nódulos de Carbonato de Cálcio (CaCO₃), ou seja,

fragmentos de recifes coralíneos e algálicos e portanto, não foram incluídas nas análises de laboratório.),

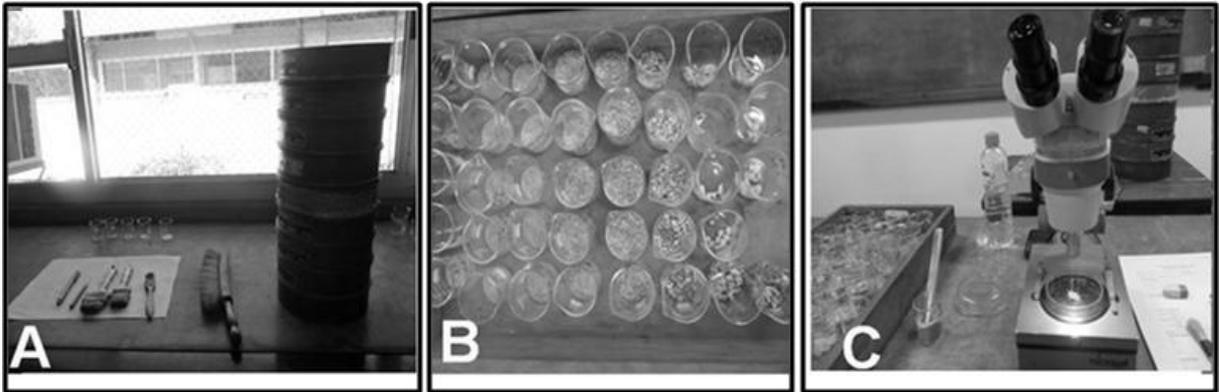


Figura 15. A: Jogo de 8 peneiras; B: Amostras fracionadas por tamanhos de grão; C: Lupa utilizada para morfoscopia e mineralogia.

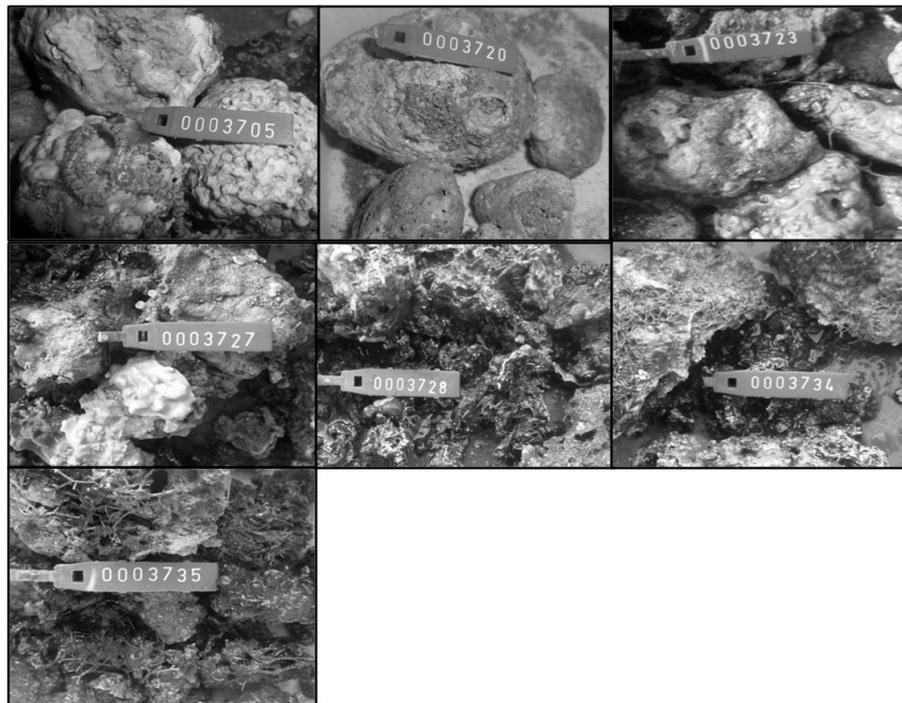


Figura 16. Amostras consideradas não representativas para a realização da granulometria e mineralogia.

Depois de obtidos os pesos em gramas de cada fração por amostra, os valores foram inseridos no software PANCOM - Programa de Análise Completa (ECD) (TOLDO Jr. & DORNELLES, 1986), com o intuito de obter o valor da frequência simples (%) de cada amostra para e a classificação faciológica de cada uma delas. Após essa etapa, foi realizada análise morfoscópica em um volume de 10 g de amostra, com objetivo de obter informações composicionais dos sedimentos, sendo este, separado pelo método do quarteamo manual, de tal modo que o volume obtido constitua uma parte representativa da amostra total. Para isso, foi utilizada uma lupa binocular. A análise composicional de cada amostra foi obtida mediante a separação de 100 grãos, os quais foram analisados e identificados e devidamente separados em três categorias: grãos de quartzo, carbonatos e outros (Figura 17). Em relação ao material biogênico integrante das amostras, não foi realizada a identificação dos mesmos, por não ser o objetivo do presente estudo.

O cálculo dos parâmetros estatísticos (média, mediana, desvio padrão) foi realizado segundo as fórmulas de Folk & Ward (1957) utilizando-se *software* Sysgran 3.0. Os mapas faciológicos, de diâmetro médio do grão e do desvio padrão (seleção de grãos) foram elaborados utilizando-se o *software* ArcGIS™ 9.2, a partir dos dados gerados pela análise estatística proposta por Folk & Ward (1957).



Figura 17. A: Fração cascalho (carbonato e algum quartzo); B: Fração areia muito grossa (carbonato); C: Fração areia média (carbonato e quartzo).

A classificação mineralógica das amostras foi realizada segundo Bastos & Moscon (2005), que estabelecem quatro categorias em função do teor de carbonato nos grãos: litoclásticos (< 30% carbonato), litobioclástico (30 a 50% de carbonato), biolitoclástico (50 a 70 %de carbonato) e bioclástico (> 70% carbonato). Além disso, Martins & Toldo Jr. (2006), consideram areias quartzosas (composta 100% por quartzo) e com porções variáveis até 30% de carbonato de cálcio (70% de quartzo) adequadas para o uso em projetos de engordamento de praias.

Geologia e Geomorfologia da área

De acordo com estudos realizados pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha da UFPE, as estruturas geológicas costeiras que afloram no Estado de Pernambuco, distribuídas, em ordem decrescente de extensão, são: Formação Barreiras; Formação Beberibe, Formação Gramame; Embasamento Cristalino; Sedimentos recentes (terraços marinhos, depósitos aluviais, depósitos flúvio-lagunares, depósitos de mangue, depósitos de praia e recifes) e a Formação Maria Farinha (MANSO *et al.*, 2003). Dentre as citadas unidades geológicas, destacam-se margeando externamente, os terraços marinhos holocênicos, os quais ocorrem nas praias; cordões arenosos, contínuos, formados por areias médias e finas, esbranquiçadas e incoerentes, depositadas principalmente por ação das ondas, que atingem cotas máximas em torno de 2 m podendo ou não ser afogadas por marés mais altas (CPRH / MMA – PNMA, 2011).

Assim, estreita faixa atual da zona de praia é formada pelos depósitos atuais (holocênicos), onde os sedimentos encontram-se depositados entre a linha de baixa-mar e os terraços holocênicos, tendo pequena inclinação no sentido do mar. Segundo Muehe (1998, p. 291), as praias representam “importante elemento de proteção do litoral, ao mesmo tempo em que são amplamente usadas para o lazer”, sendo totalmente desprovidas de dunas devido às condições climáticas predominantes na costa. Os depósitos de manguezais (que ocorrem em todo o litoral pernambucano) possuem a fração arenosa composta predominantemente por quartzo, com pouca mica e alguns minerais pesados. A fração

argilosa é composta essencialmente de caulinita mal cristalizada, montmorillonita e illita. De forma geral, os sedimentos apresentam grande quantidade de biodetritos (CHAVES, 1991).

Os recifes que ocorrem no litoral Pernambucano são os *beachrocks*, os recifes coralinos e algálicos, e os resultantes da erosão das falésias das formações Barreiras (Terciário), Gramame (Terciário) e Maria Farinha (Cretáceo) (CHAVES, 1991).

RESULTADOS

Distribuição faciológica dos sedimentos

Para a elaboração do mapa de distribuição faciológica obtida a partir dos resultados gerados pelo Panicon, que considerando as proporções de areia+cascalho, silte e argila, agrupou os sedimentos em cinco classes granulométricas distintas: arenosa, areno-cascalhosa, cascalhosa-arenosa, areno-lamosa e lamo-arenosa. A classe predominante que atapeta a plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife-PE e a Praia dos Milagres em Olinda-PE é a de areia conforme consta na Figura 18. No entanto, ocorrem algumas variações pontuais próximas à desembocadura do rio Capibaribe de areia com lama e lama com areia, sendo cada uma identificada em apenas uma amostra. Observam-se algumas amostras classificadas como areia cascalhosa no sentido mar à fora, bem como outras identificadas como cascalho arenoso em dois pontos na área central e outros dois localizados na extremidade norte e outro na extremidade centro sul da área de estudo (Figura 18).

Assim, constata-se que a classe textural areia distribui-se de forma dominante, ao longo da Plataforma Interna do Porto do Recife e Praia dos Milagres em Olinda, sendo alterada na região central, onde ocorrem as classes cascalho arenosa e areia cascalhosa em direção oposta ao continente, formando um mosaico granocrescente. Os sedimentos de fundo, até aproximadamente -14 m são constituídos por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir desta profundidade são formados por cascalho com areia e areia cascalhosa.

Em relação à configuração do relevo submarino, a plataforma continental interna da área de estudo, apresenta uma morfologia homogênea com algumas irregularidades e com uma declividade suave ($<1:400$) (Figura 19). Observa-se uma batimetria pouco irregular com destaque na profundidade entre os 12 e 14 m, onde provavelmente ocorrem depósitos de recifes de corais e algas coralinas. Esses depósitos podem ser identificados pela composição de algumas amostras coletadas nessas profundidades, as quais foram consideradas como não representativas para a granulometria e estudo composicional devido constituírem nódulos de carbonato de cálcio (partes de recifes de coral), conforme mostram as Figura 19 e Figura 18.

A existência desses recifes pode proporcionar uma proteção em quase toda extensão da área, o que possibilita assim, a deposição de grãos mais finos, embora em uma proporção bem menor que a deposição de grãos mais grossos, junto à praia. A ocorrência de grãos mais finos também pode estar associada à proximidade da desembocadura dos rios Capibaribe e Beberibe que deságuam juntos no oceano Atlântico e aportam sedimentos terrígenos à área. Por outro lado, os recifes emersos em alguns pontos, ocasionam a formação de uma zona de arrebenção afastada da praia, o impede a deposição dos finos no local, pela alta energia hidrodinâmica e a profundidade local ser relativamente baixa.

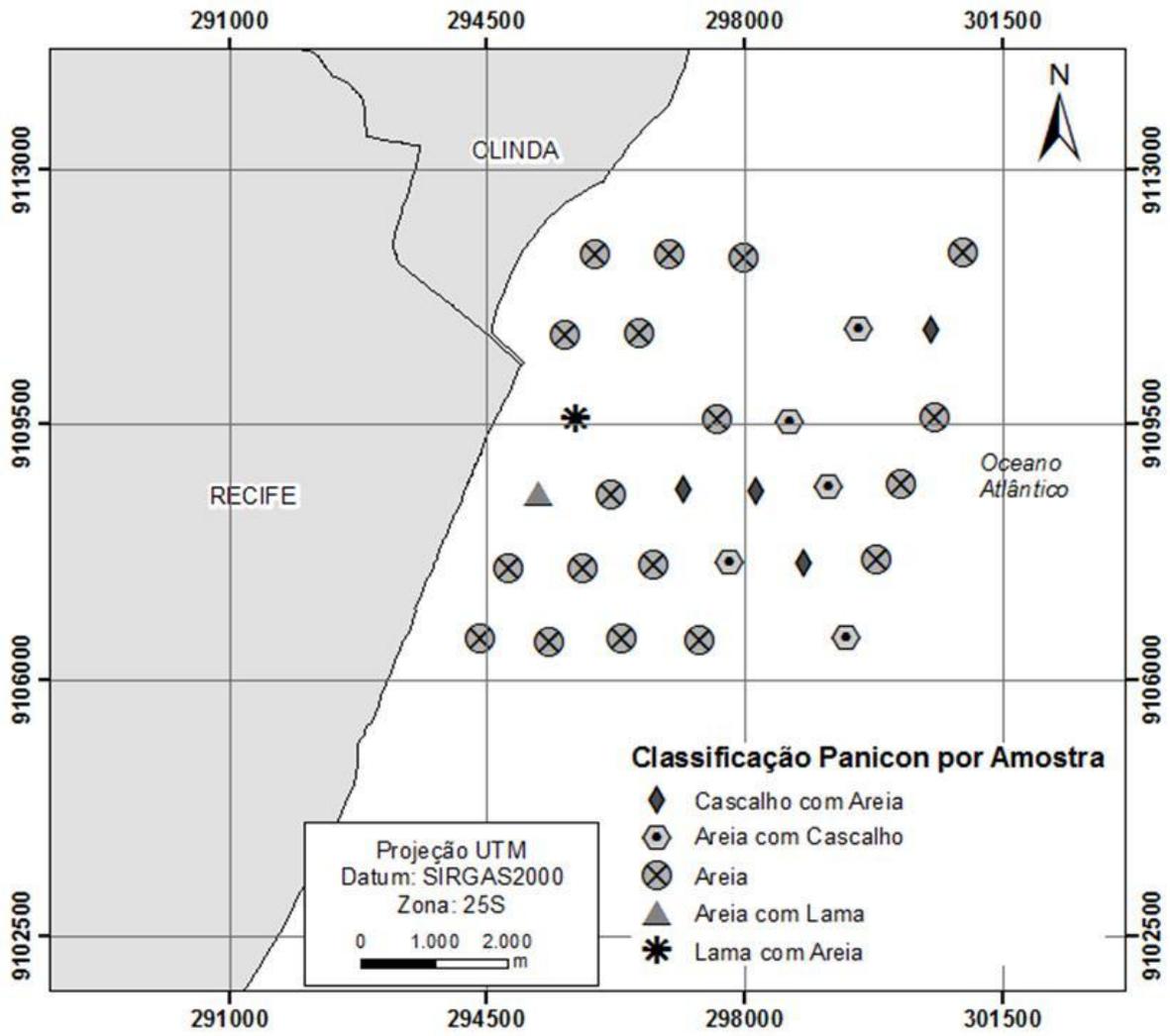


Figura 18. Distribuição faciológica da plataforma continental interna adjacente ao Porto de Recife-PE, segundo a classificação obtida pelo Panicon (Toldo Jr. & Medeiros, 1986).

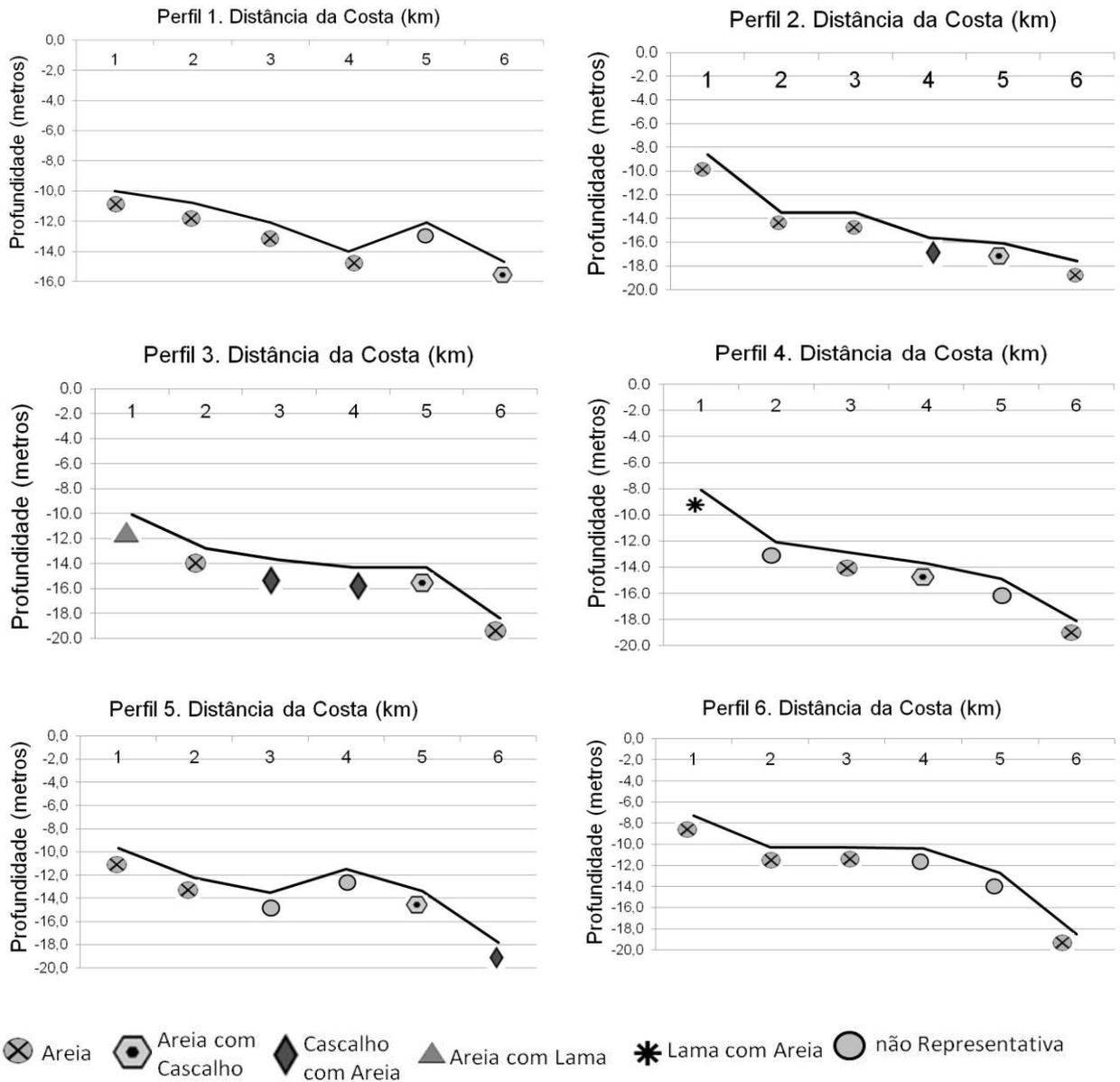


Figura 19. Profundidade em metros e distribuição faciológica nos perfis perpendiculares à costa equidistantes em 1 km.

Distribuição do diâmetro médio dos grãos.

De acordo com Suguio (1937), o diâmetro médio do grão é um dos parâmetros estatísticos mais importantes na sedimentologia, pois reflete a média geral de tamanho dos grãos dos sedimentos, que são afetados pela fonte de suprimento, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente.

Assim, a Figura 20 consiste no mapa de distribuição do diâmetro médio predominante na área de estudo, o qual mostra a predominância de areia grossa, muito grossa e cascalho, apesar das amostras brutas apresentarem as frações granulométricas entre 8 e 0,031 mm. A análise preliminar das mesmas permite constatar uma distribuição granocrescente no sentido W-E. A análise do mapa indica predominância geral das frações areia grossa, areia muito grossa e cascalho (Figura 20). No entanto, na porção sul do mapa, predominam apenas as frações granulométricas areia muito grossa e cascalho.

A fração areia grossa, que representa 23,36% (Figura 20), dispõe-se em zonas mais próximas do continente, ocorrendo em três áreas preferenciais: porção sul e norte da Praia dos Milagres em Olinda (separadas por uma faixa de areia muito grossa), e na porção norte do Porto do Recife. Estas áreas de ocorrência são delimitadas pela profundidade entre 8 e 12m. A fração areia muito grossa corresponde a 19,15% dos sedimentos em gramas, predomina em toda porção central da área de estudo, além de ocorrer na porção central da Praia dos Milagres (Figura 20) e na totalidade da porção adjacente ao continente no sul da área de estudo.

A fração cascalho corresponde a 6,41% dos sedimentos (em gramas) e ocorre na porção centro-sul da área de estudo no sentido mar a fora, em geral nas profundidades entre 14 e 20m. Esta fração também pode estar associada às profundidades onde ocorrem recifes coralíneos e algálicos característicos do litoral em questão. A fração areia média representa 21,08% das amostras, apesar de não aparecer entre as frações predominantes na área. A areia fina, areia muito fina, silte e argila respondem juntas por 16,46% não sendo muito representativas. As frações mais grossas como seixo, seixo pequeno e seixo muito pequeno, juntas, configuram 13,53% do total das amostras analisadas (Figura 20).

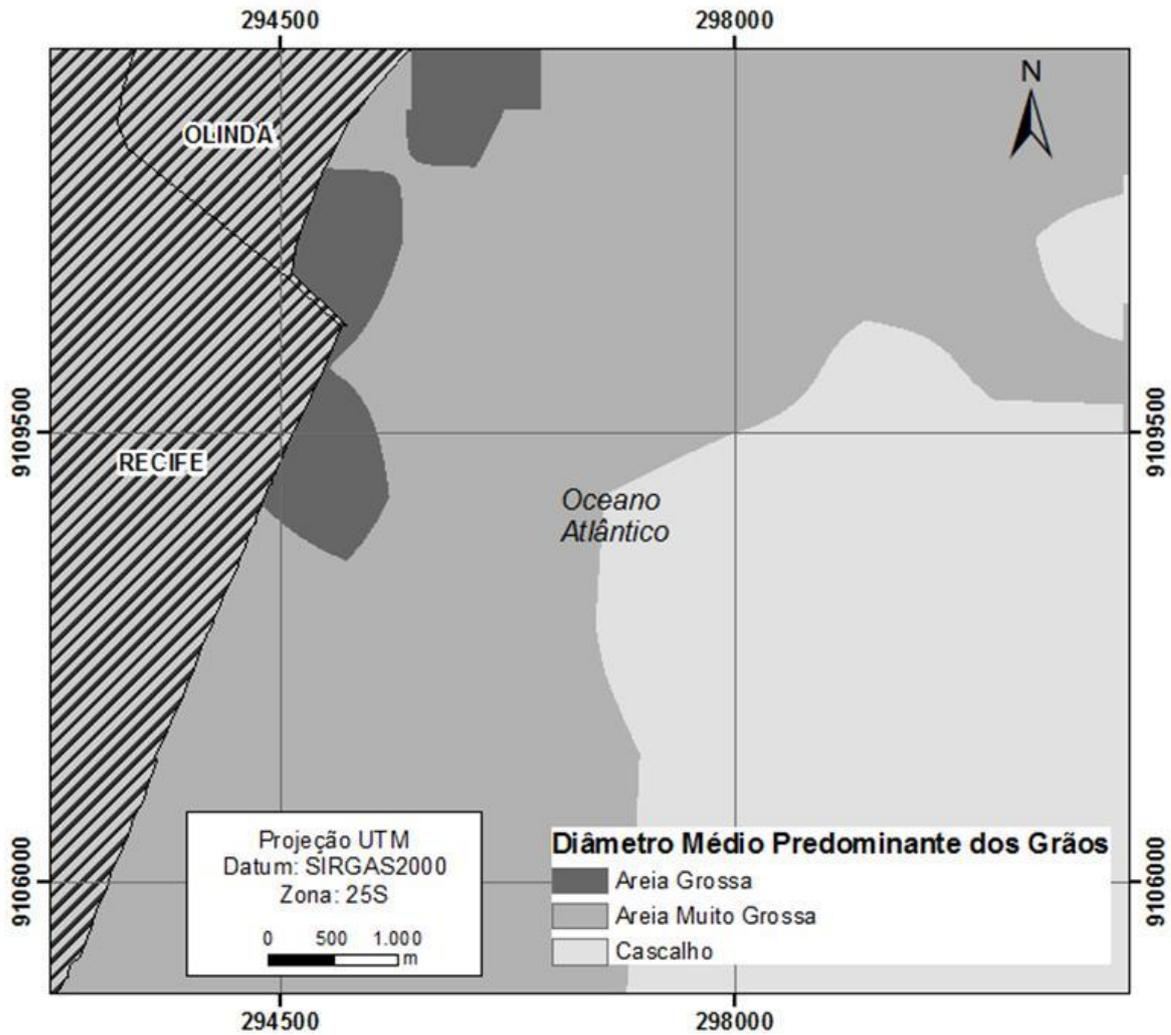


Figura 20. Distribuição do diâmetro médio predominante dos grãos na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres PE.

Segundo Manso (2003) a classe textural areia é resultado do desdobramento de mantas praias retrabalhadas e em determinadas áreas atravessando diacronicamente o Quaternário, ao sabor da oscilação do nível do mar desde o Pleistoceno aos dias atuais. É de forma geral composta por materiais bioclásticos algálicos muito fragmentados e siliciclásticos.

De acordo com Dias (1993), os sedimentos com melhores características para possível exploração de não consolidados são os que apresentam baixo teor de finos, ou seja, inferior a 10%.

Em relação ao aproveitamento de reservas para exploração, o conteúdo de finos é uma limitação importante, o qual deve ser o menor possível. De modo geral, a área estudada apresenta conteúdo de finos inferior a 10% (Figura 21), o que aponta para a viabilidade da sua exploração.

Assim, o mapa de distribuição do diâmetro médio, indica que na área estudada existem bons depósitos potencialmente exploráveis, considerando-se como critério o tamanho do grão.

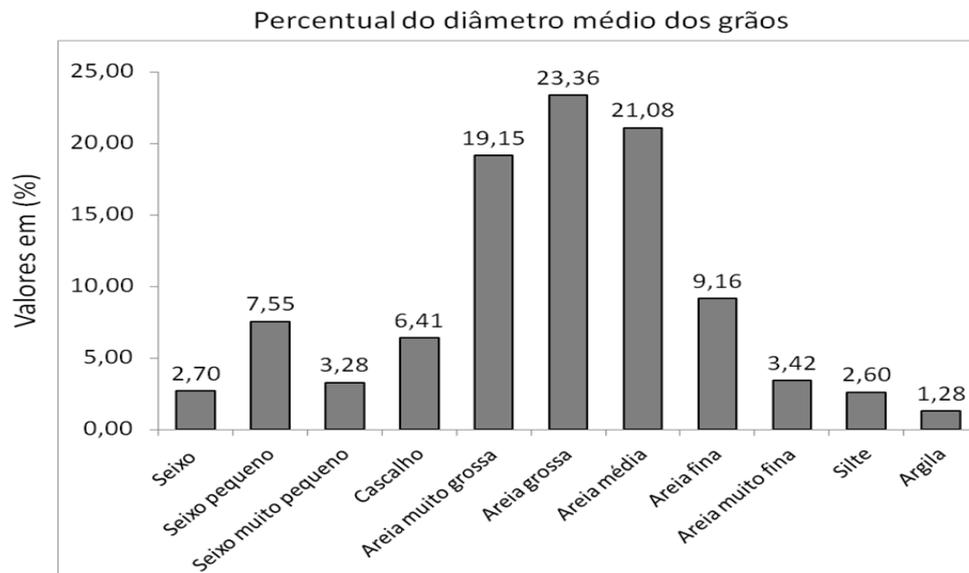


Figura 21. Histograma de Percentual do diâmetro médio dos grãos na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife-PE, Brasil.

Selecionamento dos grãos

Segundo Sahu (1964), o grau de selecionamento dos grãos nas amostras é um aspecto importante nas análises granulométricas dos sedimentos. O desvio padrão indica o nível de seleção dos sedimentos denotando as mudanças da energia hidrodinâmica responsável pela deposição e a capacidade de classificar os sedimentos. Entretanto é necessário que ocorra disponibilidade de diferentes tamanhos de grãos na deposição (Barros, 2007), o que é o caso do presente trabalho.

De modo geral a grau de selecionamento obtido no presente é baixo configurando um ambiente com baixa hidrodinâmica ou com redução do aporte terrígeno. Observam-se na área a predominância de sedimentos com grau pobremente selecionado, compreendendo 48,8% das amostras, ou seja, com um baixo índice de selecionamento. Já os sedimentos muito pobremente selecionados, correspondem a 24,14% do total e os moderadamente selecionados configuram 27,59% do total

(Figura 23). O mapa de distribuição do desvio padrão (Figura 22) mostra claramente que os sedimentos pobremente selecionados estão distribuídos na maior parte da área onde a dinâmica marinha é menos intensa possibilitando assim a deposição de material mais fino, ainda que em pequena proporção em relação à deposição do sedimento grosso.

Os sedimentos de classificação muito pobremente selecionados localizam-se em duas áreas distintas, como se formassem dois bolsões isolados, um mais próximo ao continente, na porção mais adjacente ao Porto do Recife mais ou menos o nas proximidades do rio Capibaribe e o outro situado costa à fora, na porção mais ao leste da área de estudo, conforme mostra a Figura 22. Os sedimentos moderadamente selecionados ocorrem numa proporção bem menor, ocupando três pequenas áreas distintas, duas ao norte, próximas à praia dos Milagres e uma ao sul próxima ao Porto do Recife

Portanto, o resultado obtido no estudo de selecionamento dos grãos na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e a Praia dos Milagres em Olinda, indica que a área em questão dispõe de uma dinâmica marinha pouco intensa, principalmente na porção centro-sul em frente ao Porto do Recife, onde ocorrem os bolsões de sedimentos muito pobremente selecionados. Isso pode ser devido à presença de diversas intervenções configuradas na forma de obras costeiras como: espigões, quebra-mar, molhes, além da intensa especulação imobiliária desordenada. Vale salientar que tais intervenções são bem mais expressivas na área do Porto do Recife, uma vez que, a instalação de porto marítimo, requer grandes obras de engenharia costeira como dragagem do canal de navegação, instalação de molhes e quebra-mares para possibilitar o acostamento e ancoragem dos navios. Tais estruturas interferem diretamente na hidrodinâmica local e adjacente e podem modificar a circulação superficial e de fundo influenciando o baixo grau de selecionamento dos grãos.

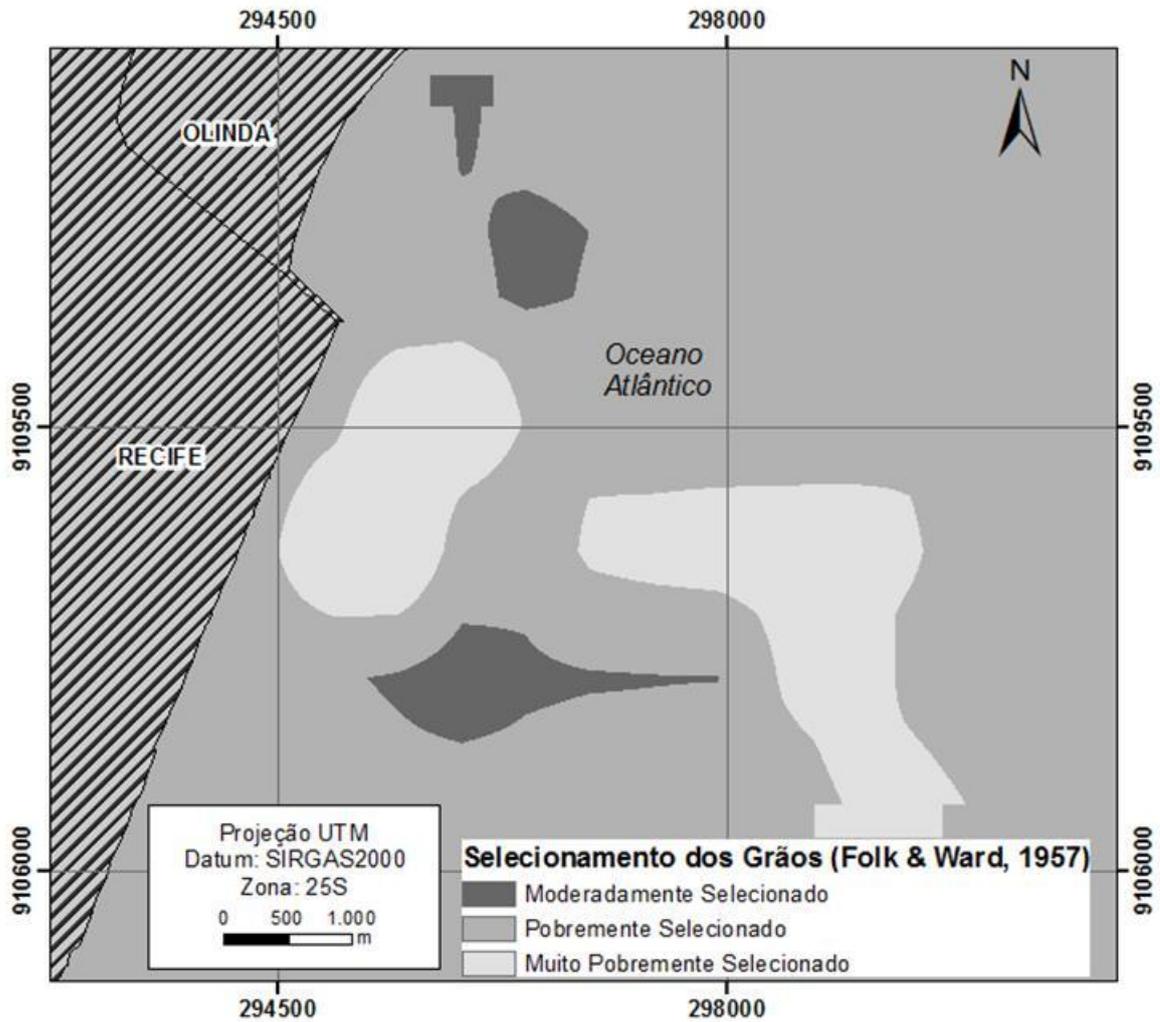


Figura 22. Mapa de distribuição dos sedimentos de acordo com o Desvio Padrão (nível de selecionamento dos grãos).

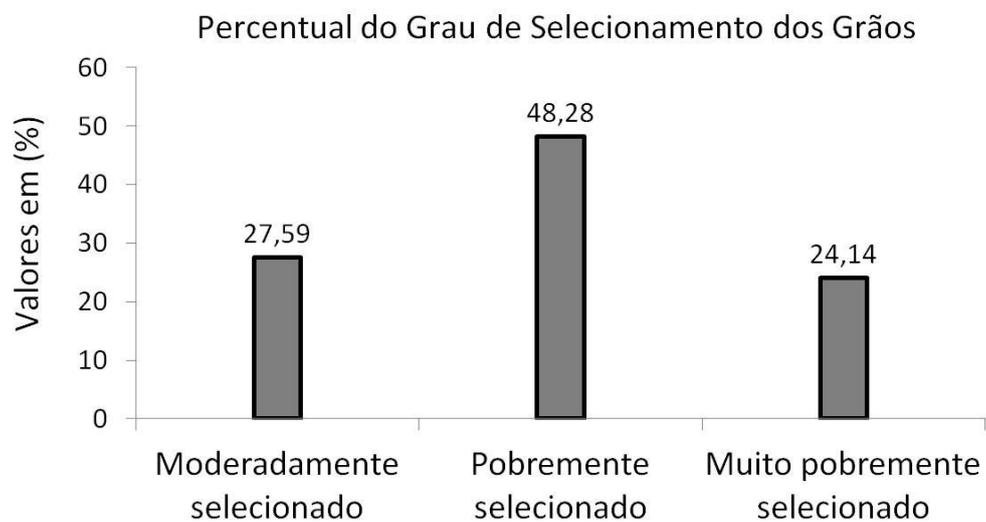


Figura 23. Histograma de Percentual do Grau de Selecionamento dos Grãos na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife-PE, Brasil.

Composição dos sedimentos

Em relação à composição dos grãos analisados, a área de estudo apresenta predomínio de sedimentos carbonáticos, de origem marinha, em toda a extensão estudada, estando o aporte de sedimentos siliciclásticos terrígenos ocorrendo em menor proporção (Figura 24). Além disso, o entorno da área estudada está sob diversas intervenções antrópicas que contribuem para a redução abrupta do aporte sedimentar direcionado ao ambiente marinho, como exemplo, a construção de várias barragens para o abastecimento público de água. Tais empreendimentos impedem que os sedimentos litoclásticos cheguem até o mar.

Todo o material biogênico obtido nas amostras se apresenta altamente fragmentado e retrabalhado pela ação da dinâmica das ondas e correntes. Os sedimentos terrígenos observados, que ocorrem em menor proporção, são formados predominantemente por quartzo e algumas vezes pela presença de fragmentos de rocha.

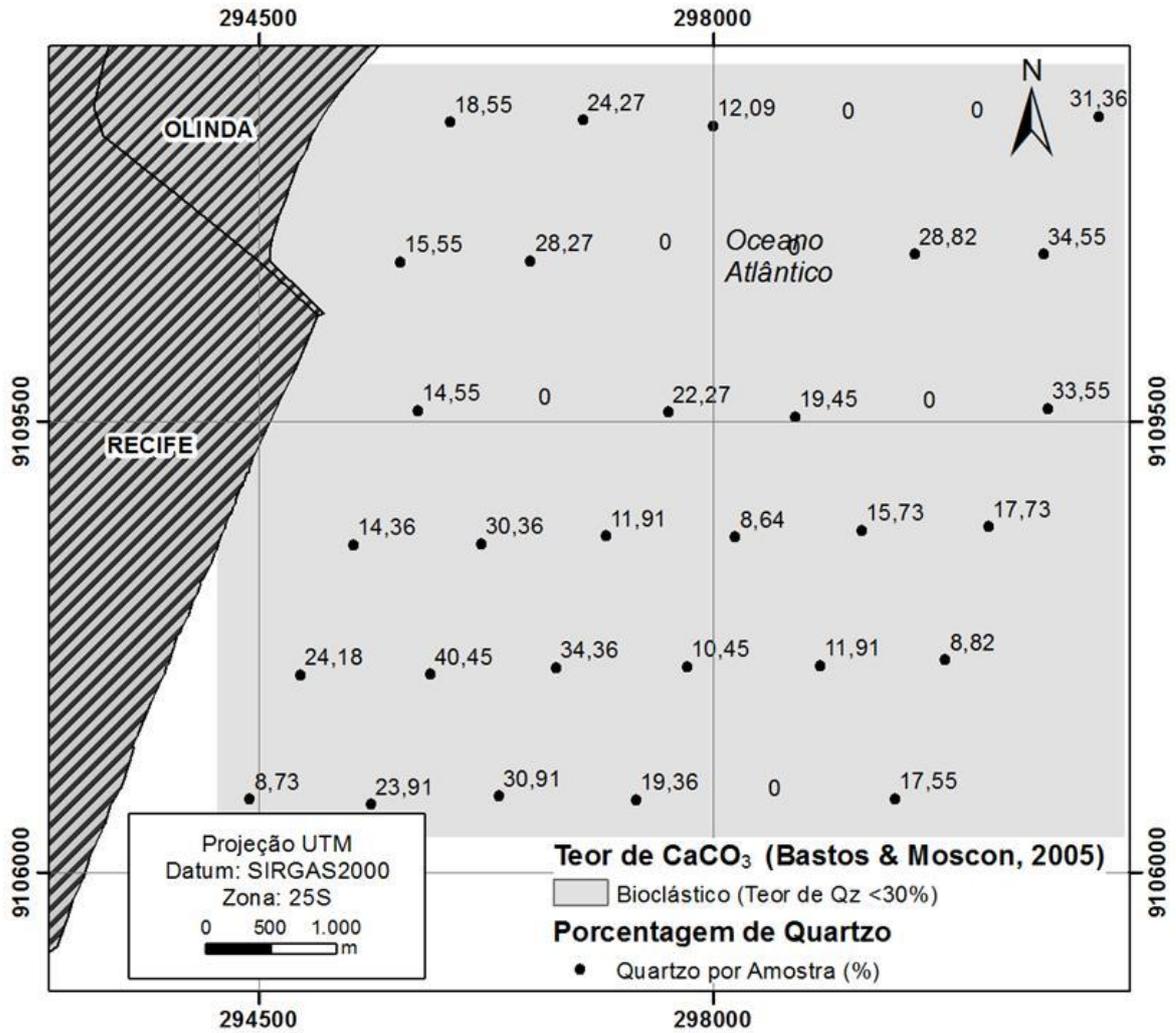


Figura 24. Mapa de distribuição de sedimentos classificados quanto ao teor de CaCO₃ x teor de Quartzo (%), Segundo Bastos & Moscon (2005).

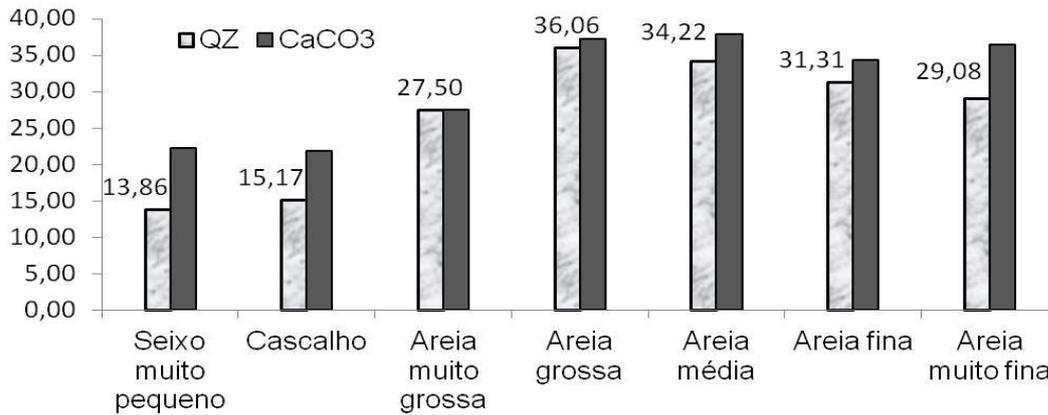


Figura 25. Histograma da Percentagem de Quartzo x Percentagem de Carbonato de Cálcio por fração textural, nas amostras.

DISCUSSÃO

De uma maneira geral, a plataforma continental interna da área estudada apresenta uma homogeneidade quanto a sua morfologia e cobertura sedimentar essencialmente carbonática, com a presença de bancos recifais alinhados à linha de costa localizados na profundidade entre 12 e 14 m, estendendo-se por quase toda a área estudada, o que também foi constatado por Manso *et al.* (1997) e Manso *et al.* (2003) em estudos realizados no litoral do Estado de Pernambuco.

Coutinho (1976) relaciona a predominância de sedimentos carbonáticos orgânicos na plataforma continental de Pernambuco com a largura estreita (cerca de 35 km), baixa profundidade (aproximadamente 50 a 60 m), temperatura e salinidade altas (águas quentes e salinas) e ação das correntes. Também, a predominância do clima semi-árido no interior do continente, contribui para pequeno aporte sedimentar à plataforma e conseqüentemente, a presença de substrato duro, praticamente desprovido de sedimento fino, ideal para fixação da epifauna e epiflora.

De modo geral, o limite superior de ocorrência de algas calcárias na área estudada, está ligado diretamente ao fim da influência terrígena, normalmente em torno de 20 m de profundidade, enquanto seu limite inferior está situado entre 80 e 90 m, raramente atingindo 100 m de profundidade (MANSO, 1997).

Em relação à distribuição faciológica do fundo marinho o sedimento predominante configura o tamanho areia, o qual está distribuído na maior parte da área estudada, sendo também observado no estudo realizado pelo Projeto Maplac (2010), o qual consta a predominância das frações areia grossa, cascalho + substrato consolidado, sendo que o presente trabalho não realizou o mapeamento dos substratos consolidados na área.

Em relação ao diâmetro médio, segundo os resultados do Relatório do Projeto Maplac (2010), na área de estudo em questão, a fração areia grossa, representa 37% e dispõe-se em zonas mais distantes da praia, ocorrendo em duas áreas preferenciais: porção sul e norte da área, respectivamente. A fração areia muito grossa (7,4%) ocorre sob a forma de dois pequenos bolsões, em áreas mais próximas à praia, enquanto a fração areia muito fina (1,8%). No entanto, o presente trabalho obteve um total de 23,36% da fração areia grossa, 19,15% de fração areia muito grossa e 21,08% de fração areia média. A areia fina, areia muito fina, silte e argila foram consideradas frações não representativas já que, juntas respondem por 16,46% do total de sedimentos. Vale salientar que o citado estudo realizou a análise de 56 amostras no total, número superior ao utilizado no presente trabalho, o que pode ocasionar diferença entre os valores (% de areia) desses dois trabalhos.

Costa *et al.* (2010), em estudo sedimentológico das áreas de naufrágio na plataforma continental interna adjacente à cidade do Recife, revelou a ocorrência de sedimentos pobremente selecionados com predominância das frações cascalho e areia grossa. Esses resultados acordam com os obtidos no presente trabalho, mesmo tendo sido obtidos sob metodologias um pouco diferenciadas em relação à análise granulométrica laboratorial.

No litoral norte do Estado de Pernambuco, Almeida *et al.* (2011), observou na Ilha de Itamaracá, que as areias grossas recobrem a maior parte do fundo marinho com teor de 24%; e lamias com teores de 20%. Estas duas classes recobrem a maior parte Ilha de Itamaracá. A classe areia muito grossa a cascalhosa perfazem 14% dos sedimentos e os restantes 12% são constituídos por areias finas a muito finas. Esses resultados estão diretamente associados à influência do Canal de Santa Cruz, que contribui com aporte sedimentar intenso para a área estudada por Almeida (2011). Porém, o no presente estudo consta a baixa ocorrência das frações areia muito fina e lama, perfazendo juntas apenas 16,46% não sendo muito representativas.

Segundo Barreto & Summerhayes (1975), as concentrações de material em suspensão nas águas da plataforma do Nordeste, são em geral muito baixas (inferiores a 0.5 mg/L). Mesmo próximo à costa, somente pequenas quantidades de grãos minerais alcançam o mar e mais da metade do material suspenso junto à costa é de origem orgânica. Há um decréscimo das concentrações, tanto de origem orgânica como inorgânica, no sentido externo da costa.

As baixas concentrações de material em suspensão nas águas da plataforma podem resultar da pouca produtividade do Atlântico Equatorial, da pouca produção de sedimentos em regiões semi-áridas ou, ainda, devido à retenção dos sedimentos finos pela vegetação costeira dos manguezais, fato comum na costa pernambucana.

O maior suprimento de material fino para a plataforma continental interna ocorre no período de inverno. Algumas determinações realizadas na plataforma interna adjacente à cidade do Recife apresentaram valores de até 4,5 mg/L (COUTINHO, 1994).

Em relação à composição dos sedimentos que recobrem a plataforma continental interna estudada, Coutinho (1992), define a plataforma continental brasileira, como provavelmente a mais longa e contínua atapetada por sedimentos carbonáticos do mundo. Os sedimentos carbonáticos que ocupam as porções média e externa da plataforma estão representados por areias e cascalhos formados e são formados por algas coralígenas ramificadas e maciças, concreções, artículos de Halimeda, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos.

Em relação à estimativa da reserva, o presente estudo não obteve resultados que apontassem a existência de reserva a ser explorada para o uso na recuperação artificial de praias erodidas na área estudada. No entanto, segundo Santana (1979, 1999), a margem continental do nordeste e leste do Brasil até a altura de Cabo Frio possui sedimentos ricos em carbonato, contendo mais de 75% de CaCO_3 , o que corrobora os resultados aqui obtidos. Além disso, Mont'alverne & Coutinho (1992) calcularam uma reserva de $1,96 \times 10^9$ t, considerando a isóbata entre 20 e 30 m na plataforma continental de Pernambuco, admitindo uma espessura média de 1,5 m de carbonatos.

Ainda, Santana (1979, 1999) considera que uma espessura média para esses depósitos de 5 m, representa uma reserva de 2×10^{11} t, correspondendo, na época, a mais de 50 vezes a reserva estimada do continente.

Outro estudo sobre o conhecimento relativo dos depósitos de calcário bioclástico, dessa vez, ocorrentes na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul, vinculados às antigas linhas de praia de alta energia (MARTINS *et al.*, 1972), foi sintetizado por Calliari *et al.* (1999), com especial ênfase nas áreas de Albardão e Carpinteiro, representando um potencial econômico de 1 bilhão de toneladas.

Ainda, Medeiros (2010), ressalta que haverá sedimento disponível para a recuperação das praias se a espessura dos pacotes sedimentares a serem explorados, tiver no mínimo 1 m de profundidade.

CONCLUSÕES

O mapeamento realizado na área configura mais uma contribuição para o conhecimento das características sedimentológicas da plataforma continental interna do Estado de Pernambuco, além de fornecer subsídios para obras costeiras e futuros estudos, que venham a ser realizadas na área. As análises dos sedimentos de fundo revelaram a deposição predominante de três padrões texturais, todos essencialmente arenosos.

O primeiro, caracterizado por predominância da areia muito grossa ao norte, ao sul e no centro da área estudada, seguida pela textura cascalho costa à fora e pela textura areia grossa, ao noroeste da área em questão. Essa característica textural pode ser devida a geomorfologia da desembocadura sul e norte dos rios Beberibe e Capibaribe, que ainda atuam suprindo a área de material terrígeno, mesmo que em volumes reduzidos.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, a plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres em Olinda-PE, é essencialmente recoberta superficialmente, por areias biogênicas mal selecionadas, oriundas da morte e fragmentação dos organismos componentes dos recifes coralíneos e algálicos que ocorrem na área. Dessa forma, não configura-se uma área propícia à exploração de sedimentos para a serem utilizados na recuperação artificial de praias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, T. L. DE M. & MANSO, V. DO A. V. 2011. Sedimentologia Da Plataforma Interna Adjacente A Ilha de Itamaracá - PE. *Estudos Geológicos*, Recife-PE, 21(1).
- ARAÚJO, T.C.M., SEOANE, J.C.S. & COUTINHO, P. N. 2004. Geomorfologia da plataforma continental de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann- Leitão, S. & Costa, M. F. (eds), *Oceanografia: um Cenário Tropical*. Recife: Bagaço. p. 39-57, ed. Bagaço, Recife, Brasil. 2004.
- BARROS, L. C.; VALENÇA, L. M. M.; MANSO, V. DO A.; MADRUGA FILHO, J. D. & OLIVEIRA, J. A. R. DE. 2007. Estudos sedimentológicos na plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz e do Rio Timbó, norte do Estado de Pernambuco. *Revista de Geologia*, Recife-PE. 21(2):123-134. 2007.
- BARRETO, H.T.; SUMMERHAYES, C.P. 1975. Oceanography and Suspended Matter of Northeastern Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*. 45 4): 822-833.
- BASTOS, A. C. & MOSCON, D. M. C. 2005. Estudo sedimentológico. In: *DERN. 2º Relatório / Monitoramento Ambiental – Victory 8B*. Vitória: Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, UFES. Revisor: BASTOS, A. C. cap. 2. p. 27-66.
- BORBA, M. S. F. C.; PONTES. P. M. & ARAÚJO, T. C. M. DE. 2008. Monitoramento da Linha de Preamar das Praias de Olinda – PE (Brasil) como Ferramenta à Gestão Costeira. *Revista Gestão Costeira Integrada*. Recife-PE. 8(2): 101-112.
- CALLIARI, L. J.; CÔRREA, I. C. S. & ASP, N. E. 1999. Inner shelf and seashell resources in southern Brazil. In: MARTINS, L. R; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin*. Porto Alegre: [s.n.]: 39-49. Special Publication. OAS/IOC-UNESCO/MCT.
- CHAVES, N. S. 1991. Mapeamento Geológico Costeiro do Estado de Pernambuco (Praia de Porto de Galinhas – Praia de Guadalupe) Recife. UFPE. CT. Depto. De Geologia 95p.
- COSTA, M. B. S. F.; MALLMANN, D. L. B. & GUERRA, N. C. 2010. Caracterização Sedimentológica da Área de Fundeio de dois naufrágios na Plataforma Continental Pernambucana. *Revista da Gestão Costeira Integrada. Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10 (1): 49-64.
- COUTINHO, P. N. 1992. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. In: ONSLR/COMEMIR WORKSHOP, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: [s.n.]: 25.
- COUTINHO, P. N, et al., 1994. Coastal Quaternary of Pernambuco, Brazil. In: International Sedimentological Congress 14, Recife, Abstracts..., D-31.
- COUTINHO, P. N. 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas- Sergipe. 119p. Tese de Livre Docência. Universidade Federal de Pernambuco.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 2003. Diagnóstico Sócioambiental do Litoral Sul de Pernambuco. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br>. (Acesso em Dezembro/2012).
- DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Disponível em Abril de 2012. Acessado em: 14 de dezembro de 2012. <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/meioambiente/tag/avanco-do-mar/>.

DIAS, J. A. 1993. Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa. *Geologia Costeira*.

EUROSION. 2004. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. A guide to coastal erosion management practices in Europe. Disponível em: <http://www.euroasion.org/shoreline/introduction.html>. Acesso em Jul/2008.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos Rives Bar: A study in the significance grain size parameters. London: *Journal of Sedimentary Petrology*. 27.

GEOLOGIA MARINHA E COSTEIRA. Disponível em: <http://geologiamarinha.blogspot.com.br/2010/09/protecao-da-linha-de-costa-no-espirito.html>. Acessado em 16 de dezembro de 2012.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO & SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE – SECTMA. 2011. Alternativas de Obras de Proteção Costeira para recuperação da orla marítima e recomposição de praias arenosas dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco. Preparado pela Coastal Planning & Engineering do Brasil.

GORINI, M. A.; SOUZA, E.A.; SILVA, C.G. & ALVES, E.C. 1996. Geomorfologia e distribuição de sedimentos da plataforma continental entre Natal (RN) e Rio de Janeiro (RJ): Uma re-interpretação com base em dados pré-existentes. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, 3:454-456.

MACÊDO, S. J.; MUNIZ, K. & MONTES, M. J. F. 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do Estado de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S. & Costa, M.F. (eds), *Oceanografia: um Cenário Tropical*, pp. 255- 286, ed. Bagaço, Recife, Brasil.

MANSO, V. A. V., COUTINHO, P. N., GUERRA, N. C. & SOARES, C. F. A. 2006. Pernambuco. In: Muehe, D. (ed), *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro*. p. 179-196. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.

MANSO, V. A. V. 1997. *Geologia da planície costeira e da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré – litoral Sul de Pernambuco*. Porto Alegre- RS. 171p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MANSO, V. A. V.; CORRÊA, I. C. S. & GUERRA, N. C. 2003. Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna Entre as Praias Porto de Galinhas e Campos - Litoral Sul de Pernambuco, Brasil. 2003. *Pesquisas em Geociência*. 30(2): 17-25. ISSN 1518-2398. Porto Alegre-RS.

MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. D. N.; GUERRA, N. C. & C. F. A. SOARES JR. EROSÃO E PROGRADAÇÃO DO LITORAL BRASILEIRO, PERNAMBUCO. APES. 01abr2006.pmd 193 4/7/2006, 16:40 194. 2006.

MARTINS, L. R. 2003. A Geologia Marinha Brasileira e os Programas Internacionais. National (1986-2002) e International (1986- 1997) Chairman, Programme OSNLR (IOC- UNESCO). *Gravel*. ISSN.: 1678-5975. sv(01):1-24.

MARTINS, L. R, et al. 1972. Distribuição faciológica da margem continental do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26. Belé-PA. Anais... Belém. p. 115-132.

MARTINS, L. R & TOLDO JR., E. E. 2006. Estoque arenoso da plataforma continental: um recurso estratégico para a zona costeira. *Gravel*, Porto Alegre. 4: 37-46.

- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II). Ministério do Meio Ambiente. 2005. Brasília, D.F., Brasil. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturassqa_sigercom_arquivospngc2_78.pdf. Acesso em dezembro de 2012.
- MONT'ALVERNE, A. A.; COUTINHO, P. N. 1992. Províncias sedimentares da plataforma continental de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Salvador. Anais... Salvador: [s.n.]: 1524-1530.
- MUEHE, D. 2006. Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro. Disponível em: <http://www.mma.br.Brasilia, Brasil>. Acesso em Dez/2012.
- OLIVEIRA, J. A. R. 2000. Estudo do comportamento sedimentológico e morfodinâmico entre as praias de Porto de Galinhas e Gamboa, Litoral Sul de Pernambuco. Recife-PE. Dissertação de Mestrado, 171 p., Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
- PEREIRA, L. C. C.; JIMENEZ, J. A. & MEDEIROS, C. 2003. Environmental degradation of the littoral of Casa Caiada and Rio Doce, Olinda-PE (Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI-35:502–508.
- PROJETO MAI. 2009. PROJETO MONITORAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO – Avaliação dos Processos de Erosão Costeira nos Municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes. Relatório Final. Volume I. Convênio N° 01.05.0935.00.
- PROJETO MAPLAC. 2010. Contribuição do Mapeamento Sonográfico e Batimétrico da Plataforma Continental Interna Adjacente aos Municípios de Recife e Jaboatão dos Guararapes-PE para a Caracterização da Dinâmica Erosiva da Região. Relatório Final Emenda Parlamentar N° 24570004.
- PROJETO GRANMAR. 2005. GRANULADOS MARINHOS. PROJETO GRANMAR BRASIL: Avaliação do Potencial. Mineral dos Granulados Marinhos do Litoral do Brasil – PE/CE. Relatório Técnico.
- POLO NAVAL. 2012. Disponível em: <http://polonaval.com.br/concluida-dragagem-historica-do-porto-do-recife>. Acessado em: 29/12/2012.
- PUBLICAÇÕES CPRH- Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos e Meio Ambiente / MMA – Ministério de Meio Ambiente. PNMA, 2011. Diagnóstico Socioambiental - Litoral Norte: O Meio Físico Da Área Geologia e Relevô. 2011.
- REMAC. 1975. Mapas batimétricos da margem continental brasileira. In: Projeto REMAC-PETROBRÁS, Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC.
- SANTANA, C. I. 1979. Recursos minerales del mar. In: SIMINARIO SOBRE ECOLOGIA BENTÔNICA Y SEDIMENTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, Montevideo. Memórias... Montevideo, Uruguay: UNESCO/ROSTLAC. p. 361-382.
- SANTANA, C. I. 1999. Mineral resources of the brazilian continental margin and adjacent oceanic regions. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin*. Porto Alegre: [s.n.]: 15-25. Special Publication. OAS/IOCUNESCO/MCT.
- SOUZA, K. G. de; ROCHA NETO, M. B. da; DINIZ, N. & BRITO, R. do S. C. de. 2009. Aspectos político-estratégicos dos recursos minerais da área internacional dos oceanos. Parcerias Estratégicas, Brasília. Edição Especial – Estudos do Mar. 24 (sv): 95-114.

SOUZA, C.R de G. 2001. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the state of São Paulo coast, Brazil. *Revista Pesquisas em Geociências*. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 28(2): 459- 474.

SOUZA, C. R. de G. 2001. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the State of São coastal, Brazil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28 (2): 459-475.

SOUZA, C. R. de G. 2009. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil *Coastal Erosion and the Coastal Zone Management Challenges in Brazil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 9(1):17-37 (2009). *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 9(1):17-37.

SUGUIO, K. 1973. Introdução à sedimentologia. 310 p., Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.

TOLDO JR, E. E., MEDEIROS, R. K. 1986. Programa interpola em linguagem basic para análises estatísticas de propriedades texturais. *Pesquisas em Geociências*. Porto Alegre-RS. 18: 91-100.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, a zona costeira é considerada como um recurso em si, o qual requer atenção adequada à importância de seus processos hidrodinâmicos ocorrentes na interface continente-oceano (MARTINS & TOLDO Jr., 2006). No entanto, o uso desordenado desse ambiente associado a causas naturais (mesmo que menor proporção) têm causado danos, muitas vezes irreversíveis, às populações que vivem no seu entorno (DIAS, 1993).

Portanto, o presente estudo configurou a análise de áreas potenciais à exploração de granulados marinhos siliciclásticos para a recuperação artificial de praias, na plataforma continental interna adjacente ao Porto do Recife e à Praia dos Milagres em Olinda-PE, o qual buscou adquirir informações que subsidiem uma gestão costeira que concilie a demanda humana pelos recursos não vivos da costa com a manutenção dos processos costeiros responsáveis pelo equilíbrio hidrodinâmico praias, através do estudo sedimentológico na área em questão.

Assim, o presente trabalho obteve resultados que apontam para a não existência de granulados marinhos siliciclásticos suficientes para a utilização na recuperação artificial de praias, sendo a área estudada atapetada, essencialmente, por sedimentos bioclásticos de origem marinha, formados por fragmentos de algas coralíneas, carapaças de crustáceos, conchas, fragmentos de corais e de outros animais marinhos, onde predominam as texturas areia muito grossa, cascalho e areia grossa.

No entanto, o presente estudo não utilizou métodos de prospecção oceânica, o que poderia fornecer informações sobre a composição dos sedimentos localizados nas camadas subsuperficiais da citada plataforma continental, o que poderia resultar na obtenção de dados mais precisos sobre a composição sedimentar em subsuperfície na área.

Portanto, sugere-se a realização de estudos voltados à investigação Geofísica da área, com o objetivo de complementar os resultados obtidos no presente trabalho.