



**Universidade
Federal de Pernambuco**

**Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
Programa de Pós-graduação em Gestão
e Políticas Ambientais**

Tecnologias da Geoinformação no Monitoramento da Erosão Costeira Estudo a partir de Olinda

Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro

Orientadora

Prof. Dr^a Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Co-orientador

Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho

Recife PE

maio/2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROTOCOLO LUSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO DA EROSÃO COSTEIRA –ESTUDO A PARTIR DE OLINDA

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO

ORIENTADORES:

Prof. Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

CO-ORIENTADOR

Prof. Dr.. Paulo da Nóbrega Coutinho

**RECIFE
MAIO / 2003**

Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro

TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO DA EROSÃO COSTEIRA –ESTUDO A PARTIR DE OLINDA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Gestão e Políticas Ambientais: Coordenação de Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, vinculado a Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, integrante da Rede Luso-Brasileira de Estudos Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de mestre Sc.

Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.
Linha de Pesquisa: Tecnologia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável.

Orientadores:

Prof. Dr^a. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho

Recife

MAIO/2003



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROTOCOLO LUSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

Dissertação de Mestrado:

**TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO MONITORAMENTO
DA EROSÃO COSTEIRA – ESTUDO A PARTIR DE OLINDA**

POR

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO

Esta dissertação foi submetida como um dos requisitos para obtenção do grau de mestre em **Gestão e Políticas Ambientais** na Universidade Federal de Pernambuco.

componentes da banca examinadora:

Prof. Drª. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Prof. Drº. Joaquim Correia Xavier de Andrade Neto

Prof. Drª. Edvânia Torres Aguiar Gomes

Prof. Drº. Paulo da Nóbrega Coutinho

Recife, 30 de maio de 2003

**A Carolina e José Matos pais muito amado,
sem vocês eu não existiria, e Maria Carolina e
Pedro Henrique filhos queridos, razão da
minha vida, a vocês dedico esta dissertação.**

É justamente
a possibilidade de realizar
um sonho que torna
a vida interessante

Paulo Coelho – o Alquimista

Agradecimentos

A busca incessante pelo conhecimento em todas as suas nuances, nos liga uns aos outros. Por isso, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

A Deus “Pai de amor infinito e de imensa misericórdia”;

Aos meus pais Carolina e José Matos pelo incentivo e dedicação em todos os momentos de crescimento; e, principalmente, por terem me ensinado o caminho da perseverança. Um especial agradecimento a meu pai que me acompanhou de perto e fez excelentes contribuições na construção desta dissertação e durante todo o caminho do mestrado e da minha vida.

Aos meus filhos Carolina e Pedro pelo novo sentido que deu a esse caminho. Obrigado pela paciência e compreensão nos momentos de ausência;

A Henrique Carneiro, pela força e encorajamento principalmente nessa caminhada, sem falar nas horas de dedicação, instalando programas necessários na construção da dissertação;

A minha irmã Ana Claudia, pelo carinho e ajuda imprescindível, durante todo o processo de construção desta pesquisa.

As minhas irmãs Cecília e Andréa por vocês existirem; e, meus queridos e amados sobrinhos Daniel, Bruno, Júlia e Eduardo que tão bravamente me fizeram acreditar que na vida devemos sempre conjugar o verbo ACREDITAR E LUTAR, jamais desistir.

A Prof. Dr. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá pelo carinho com que acolheu o trabalho já em andamento, pela credibilidade depositada. Assim como pelo apoio, leituras, correções, críticas e sugestões que foram de fundamental contribuição na minha formação e desenvolvimento deste estudo. Sempre disposta a discutir tanto minhas idéias, quanto minhas angústias, em quem encontrei não apenas uma orientadora, mas uma amiga. Admiro sua postura acadêmica e ofereço-lhe a minha mais pura amizade.

Ao Prof. Dr. Paulo Coutinho pela orientação fornecida de fundamental importância para elaboração desta dissertação.

A Prof. Dr. Edvânia Torres Aguiar Gomes pelo estímulo, amizade e dedicação durante as aulas, assim como na caminhada do mestrado, admiro sua dedicação acadêmica.

Aos Professores Drº Joaquim Correia, Prof. Dr. Maria do Carmo Sobral, Prof. Drª Eugênia Cristina Pereira, Prof. Lucivânio Jatobá, Prof. Dr. Andréas Krell, Prof. Dr. Tânia Bacelar de

Araújo, Prof. Jan Bitoun os quais com tanta dedicação contribuíram de sobremaneira na ampliação do meu conhecimento acadêmico.

A Solange pela amizade, dedicação, atenção e competência demonstrada na secretaria da Pós-Graduação.

Ao Prof. Msc. Adeildo Antão meu eterno e querido professor um especial obrigado por sua valiosa ajuda em processar os dados da base e da linha de costa, assim como pelo constante interesse em sempre auxiliar junto com Cláudio David, que colaborou também durante todo levantamento de campo.

Ao Prof. Dr. Valdir Manso pelas orientações, apoio e empréstimo de material bibliográfico.

Aos Engenheiros Silvano Karoline Silva Paixão e Aramis Leite pela imenso auxílio na manipulação dos dados - *software* SURFER.

Ao prof. Jaime Mendonça pela contribuição e dedicação durante toda parte prática da Rede local GPS e no levantamento da linha de costa.

Prof. Dr. Claudia Pereira Krueger, da Universidade Federal do Paraná, pelo carinho, orientação e dedicação durante a realização da rede GPS e levantamento da linha de costa, mesmo diante de tantos compromisso profissionais no Paraná, veio a Recife nos repassar conhecimento e experiência.

Aos colegas Miguel Pedro, Helder Barros, Flávio Antão Elaine Cristine B. de Souza e Paulo Henrique B. Alencar pelo auxílio e contribuição no levantamento de campo.

Michael e Mara Arno pela tradução para língua inglesa do resumo desta dissertação.

Ao Eng^o Kleber e Arquiteta Karla pelas aulas de ArcView que foram de grande relevância na construção e conclusão desta pesquisa.

A Prof. Dr^a. Verônica Romão, por possibilitar a participação no intercâmbio com a Universidade do Paraná e de Hannover, e principalmente na liberação dos equipamentos utilizados na parte prática da pesquisa na área de GPS (*Global Positioning System*).

Ao Prof. Cláudio Neves da Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica Programa de Engenharia Oceânica - COPPE – UFRJ pelo incentivo e contribuição no preenchimento de questionário que foi de grande valia na escolha das variáveis utilizadas na dissertação. Assim como, aos professores: Antônio Guerra, Roberto Fernandes (UFRJ), Gilberto (UFRJ), Susana Beatriz Vinzós e Miguel Arraes.

Aos Engenheiros João Lucena e Jader Leite pelo apoio, amizade, empréstimo de equipamentos e repasse de tecnologia durante a pesquisa.

Aos amigos queridos Kátia Duarte (IBGE), Sylvio Pinho (IBGE), Eng^o Nilo Coelho (IBGE), Prof. Manoel, Geógrafa Regina Coutinho (IBGE), Gen. Armindo, Prof. Seixas, Geógrafa Terezinha Uchoa, Eng^o Maria Carolina (SECTMA), Eng^a Edilce Burity, Eng^{os} Silvana e Romualdo Potengy, Prof. Heber Compasso, Geógrafa Cilene Compasso, e Marcio Frascino (IBGE) porque sempre torceram por mim e me fizeram acreditar que nunca é tarde para realizar um sonho.

A Eliane Almeida Melo, João Rosendo, Marco Queiroz colegas de trabalho, pelo apoio manifestado no dia-a-dia.

A Jainiton Pereira, Maria da Paz Melo, Graça Wanderley, Beth e Edméia pelo apoio e prestações na disponibilização das publicações do IBGE.

Dra. Sony Cortese Caneparo da UFPA enviou a tese de doutorado que foi de grande valia para pesquisa.

Engenheiros cartógrafos: Ângela, Paulo Carvalho e Orlando Valios pelo apoio, amizade e cessão de todo acervo e consultas bibliográficas da FIDEM.

A Rita, Claudia, Valéria e Ana Paula, assim como Shirly, Janice, Estela, Antônio, Karla, Kleber e Lino colegas de caminhada do mestrado e super especiais, com vocês passei momentos encantadores de aprendizado e amizade.

Simone, Ligia, Luiza, Tatiana, Fernanda, Selma, Lena, Silvana, Ângela, Mara e Sandra minhas amigas irmãs de Coração.

Minhas queridas tias que sempre torceram por mim: Moyselita, Dulcinéia, América, Argentina e Ismênia (*in memoriam*).

As instituições que colaboraram com o desenvolvimento deste projeto: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE-BRASIL); UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR-BRASIL); INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE/UNIV. HANNOVER-ALEMANHA); IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 3^a DL – 3^a Divisão de Levantamentos do Exército (em Olinda); Telebrás (em ALDEIA Pernambuco); o condomínio do Edifício “Estação Olinda” (em Olinda); Condomínio do Edifício Solar de Camaragibe (Jaboatão dos Guararapes – Candeias); SIGHT – GPS; Telebrás Telecomunicações do Brasil e a FIDEM – Fundação de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco.

Aqueles que de maneira ou outra colaboraram na execução desta dissertação.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROTOCOLO LUSO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

**TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO NO
MONITORAMENTO DA EROÇÃO COSTEIRA
– ESTUDO A PARTIR DE OLINDA**

MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO

ORIENTADORES:

Prof. Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

CO-ORIENTADOR

Prof. Dr.. Paulo da Nóbrega Coutinho

**RECIFE
MAIO / 2003**

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa encontrado em Catal Hyuk - Turquia	31
Figura 2 – Planta Topográfica Digital	32
Figura 3 - Projeção Plana ou Azimutal	33
Figura 4 - Projeção Cônica	34
Figura 5 – Projeção Policônica	34
Figura 6 – Projeção Conforme de Lambert	35
Figura 7 – Mapa do Mundo em UTM	37
Figura 8 – Fusos UTM	38
Figura 9 – Estrutura Vetorial	50
Figura 10 – Exemplo da Estrutura Raster	51
Figura 11 – Princípio da observação GPS	58
Figura 12 – Segmentos do GPS	59
Figura 13 – Constelação GPS	59
Figura 14 – Esquema de receptor GPS	61
Figura 15 – Multicaminhamento	65
Figura 16 – Medidas GPS	65
Figura 17 – DGPS com correção de distância	67
Figura 18 – Sistema WADGPS – <i>Wide Area Differential</i> GPS para o Brasil	68
Figura 19 – Posicionamento Relativo com GPS	69
Figura 20 – Esquema do Posicionamento Cinemático	69
Figura 21 – Rádio Faróis da Marinha	72
Figura 22 - Rede INCRA de Bases Comunitário	73
Figura 23 – Rede Santiago & Cintra	73
Figura 24 – Redes SIGHT	74
Figura 25 – Distribuição das estações da RBMC	74
Figura 26 – Classificação das Malhas	83
Figura 27 – Representação de uma <i>break-line</i> .	84
Figura 28 – Ilustração da geração de perfis	87
Figura 29 – Representação da Técnica	89

Figura 30 – Considerações para o Mapeamento da Linha de Costa	96
Figura 31 – Seleção das Técnicas de Mapeamento da Linha de Costa	97
Figura 32 – Monitoramento da Linha de Costa em Tighnan, Maryland – USA	98
Figura 33 – Mapa da População Residente em Áreas Costeiras Brasileira	103
Figura 34 – Inter-relações do Sistema natural e Sócio-econômico	109
Figura 35 – Sistema Natural e Sócio-econômico	109
Figura 36 – Unidades Geomorfológica do Ambiente Praia	111
Figura 37 – Mudanças Sazonais da Praia	113
Figura 38 – Perfil vertical idealizado de uma onda	115
Figura 39 – <i>Sea-Walls</i>	120
Figura 40 – Revestimentos com blocos	121
Figura 41– Diagrama ilustrando dois espigões ao longo da costa	121
Figura 42 – Métodos de Estabilização de Praias	122
Figura 43 – Mapa de Setores de Olinda	128
Figura 44 – Mapa Batimétrico do Litoral de Olinda	129
Figura 45 – Mapa ilustrando a posição da Linha de Costa em 1915 e 1950	131
Figura 46 – Mapa de Localização da área de estudo	141
Figura 47 – Mapa do Município de Olinda	142
Figura 48 – Mapa Geológico	148
Figura 49 – Esquema da Metodologia da Pesquisa	156
Figura 50 – Articulação das Ortofotocartas na Escala 1: 2.000	159
Figura 51 – Junção dos dados gráficos	160
Figura 52 – Localização das Estações de Referência na RMR	161
Figura 53 – Esquema das Estações de Referência	162
Figura 54 – Esquema das Estações de Referência SOLA, TELE e 3 ^a DL	162
Figura 55 – Esquema das Estações de Referência UFPE	163
Figura 56 – Esquema da Estação Móvel (MOBI)	163
Figura 57 – Rede de Referência Local	173
Figura 58 – Coordenadas da Estação Olinda	176
Figura 58 – Arquivo RINEX	177
Figura 60 – Linha de Costa determinada em Campo	178

Figura 61 – Análise Temporal do Mapa 1943 e das Fotografias Aéreas 1974 e 1996	181
Figura 62 – Alteração na Paisagem Natural	183
Figura 63 – Mapa da Evolução da Linha de Costa	184
Figura 64 – Exportação dos Dados	185
Figura 65 – Processamento dos Dados	186
Figura 66 – Gerando Grid Suavizado para o Mapa de Contorno	186
Figura 67 – Mapa de Contorno com Curvas de Nível	187
Figura 68 – Visualização em 3D do Continente para o Oceano	187
Figura 69 – Visualização em 3D a partir do Oceano	188

Lista de Fotografias

Fotografia 1– Vista da Praia dos Milagres em 1950	132
Fotografia 2 – Praia dos Milagres	136
Fotografia 3 – Vista Representação esquemática do mesmo trecho da fotografia 3, com a simulação da recuperação da faixa de praia através de engordamento	136
Fotografia 4 – Vista Ressaca na Praia dos Milagres em 1940	136
Fotografia 5 – Ruínas de antigas residências destruídas na praia do Carmo – Olinda	138
Fotografia 6 – Vista da Praia de Casa Caiada	143
Fotografia 7 – Estação 3ªDL	164
Fotografia 8 – Antena de transmissão das correções na 3ªDL	165
Fotografia 9 – Antena GPS na 3ªDL	165
Fotografia 10 – Estação TELE	165
Fotografia 11 – Estação UFPE	166
Fotografia 12 – Instalações da Estação UFPE	166
Fotografia 13 – Praia de Olinda	167
Fotografia 14 – Estação de Referência (EOLI)	168
Fotografia 15 – Estação Móvel empregada no levantamento da linha de costa de Olinda	169
Fotografia 16 – Fotografia Aérea de 1974	182
Fotografia 17 – Fotografia Aérea de 1996	182
Fotografia 18 – Praia de Casa Caiada, na frente do Quartel do Exército	189
Fotografia 19 – Muro de concreto, Praia de Casa Caiada Olinda	189
Fotografia 20 – Muro de Pedra próximo ao antigo Hotel Quatro Rodas	190
Fotografia 21 – Praia de Rio Doce	190
Fotografia 22 – Barracas localizadas próximas à igreja de Santana	190
Fotografia 23 – Muro de Blocos de Pedras	191
Fotografia 24 – Muro de Bloco de Pedras, na praia de Rio Doce	191
Fotografia 25, 26 e 27 – Vista do final da Praia de Rio Doce	191

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – População Residente em Áreas Costeiras Brasil	101
Gráfico 2 – Proporção Da População Residente Urbana E Rural	106
Gráfico 3 – Evolução Populacional do Município De Olinda	146
Gráfico 4 – Visibilidade dos satélites e informações sobre as perdas de ciclos e sobre o PDOP (erro de posicionamento estimado)	177
Gráfico 5 – Diferenças e Resíduos	178
Gráfico 6 – Evolução da população das Duas Primeiras Quadras das Praias de Casa Caiada e Rio Doce	180

Lista de Quadros

Quadro 1 – Precisão dos Receptores GPS	62
Quadro 2 – Programas de Processamento e Instituições Científicas	63
Quadro 3 – Erros das Medidas GPS	64
Quadro 4 – Quantificação dos Erros	65
Quadro 5 – Precisão dos Diferentes Métodos de Posicionamento	70
Quadro 6 – Estações da RBMC	75
Quadro 7 – Aplicações Para MDT	83
Quadro 8 – Síntese dos Principais Tipos de Riscos e de Proteção das Praias de Olinda	139
Quadro 9 – Dia GPS Rastreado em cada Estação de Referência da Rede Local	170
Quadro 10 – Equipamentos Empregados em cada Estação de Referência da Rede Local	171
Quadro 11 – Altura da Antena ao ARP Para Cada Estação de Referência da Rede Local	171
Quadro 12 – Coordenadas Geodésicas e Geocêntricas (SIRGAS) da Estação RECF (RBMC)	172

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Estrutura de Mudança Global que Envolve Cidades do Litoral e Ilhas	99
Tabela 2 – Previsão do Crescimento Populacional das Megacidades Costeiras	100
Tabela 3 – População Total e População Residente em Áreas Costeiras	102
Tabela 4 – Evolução da População Brasileira e Índice de Urbanização	105
Tabela 5 – Proporção da População Residente Urbana e Rural	106
Tabela 6 – Evolução Populacional do Município de Olinda	145
Tabela 7 – Coordenadas Geodésicas das Estação de Referência EOLI	168
Tabela 8 – Coordenadas Geodésicas das Estações de Referência da Rede Local	172
Tabela 9 – Coordenadas Geocêntricas das Estações De Referência da Rede Local	172
Tabela 10 – Coordenadas e Sua Precisões Referente ao Ajustamento da Rede do Dia 323	174
Tabela 11 – Coordenadas E Sua Precisões Referente Ao Ajustamento da Rede do Dia 326	174
Tabela 12 – Coordenada da Estação EOLI Utilizando o Programa GPSurvey	175
Tabela 13 – Coordenadas da Estação EOLI, Calculadas em Relação às Estações de Referência	175
Tabela 14 – Diferenças Obtidas com a Estação EOLI e FORT com as 5 Linhas	176
Tabela 15– População das duas Primeiras Quadras das Praias de Casa Caiada e Rio Doce	180

Lista de Siglas

ARGN	<i>Australian Regional GPS Network</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDS	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social
C/A	<i>Coarse ou Clear Acquisition Code</i>
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos e Comitê Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco
CF	Constituição da República Federativa do Brasil
CHESF	Companhia Hidroelétrica do Rio São Francisco
CIS	<i>Conventional Inertial System</i>
CNPU	Comissão Nacional de Regiões Metropolitanas e Política Urbana
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Companhia Pernambucana de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONDEPE	Instituto de Planejamento de Pernambuco
CTRS/CTS	<i>Conventional Terrestrial Reference System</i>
DGH	<i>Datum Geodésico Horizontal</i>
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
DRMS	<i>Distance Root Mean Square</i>
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
EMOPER	Empresa de Obras Públicas do Estado de Pernambuco
EU	União Européia
FIDEM	Fundação de Desenvolvimento Municipal
FINOR	Fundo de Investimentos do Nordeste
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRS	<i>Geodetic Reference System</i>
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRF	Rede de Referência Celeste
ICV	Índice de Condições de Vida (PNUD, IPEA, FJP, IBGE).
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano (PNUD)
IDH-M	Índice Municipal de Desenvolvimento Humano (PNUD, IPEA, FJP, IBGE)
INPH	Instituto de Pesquisas Hidroviárias
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ITRF	<i>International Terrestrial Reference Frame</i>
ITRS	<i>International Terrestrial Reference System</i>
L1	Portadora do batimento da Fase em L1
L2	Portadora do batimento da Fase em L2
MLO	Monitoramento do Litoral de Olinda
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
NMM	Nível Médio do Mar
ONG	Organização Não Governamental
PDRMR	Plano Diretor da Região Metropolitana do Recife
PDS	Plano de Desenvolvimento Sustentável
PE	Estado de Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPS	<i>Precise Positioning Service</i>
PRN	<i>Pseudo Random Noise</i>
PSAD	<i>56 Provisional South American Datum of 1956</i>
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS
RIBac	Rede INCRA de Bases Comunitárias
RMR	Região Metropolitana do Recife
RMS	<i>Root mean square</i>
RINEX	<i>Receiver Independent Exchange Format</i>
RPB	Rede Planimétrica Brasileira
RTCM	<i>Radio Technical Commission for Marine Service</i>

SAD 69	<i>South American Datum of 1969</i>
SCIGN	<i>Southern California Integrated GPS Network</i>
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SECTMA	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco
SEP	<i>Spherical Error Probable</i>
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
SPS	<i>Standard Positioning Service</i>
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SVs	<i>Space Vehicles</i>
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
UNICAP	Universidade Católica de Pernambuco
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
WGS	<i>World Geodetic System</i>
ZC	Zona Costeira

A superfície da terra oferece os mais variados aspectos de difícil classificação, representação e interpretação. Conhecer a topologia do terreno é de vital importância para a preservação do meio ambiente. A representação do espaço físico pela Cartografia fornece excelentes contribuições para os planos de Gestão Costeira Sustentável, principalmente em áreas que sofrem ações antrópicas a partir da ocupação humana, como por exemplo, a erosão costeira em área urbana, objeto desta pesquisa. O estudo teve como objetivo gerar dados espaciais que permitam o planejamento preventivo e corretivo em zonas costeiras, de modo que sejam asseguradas a potencialidade ambiental e a vocação turística, bem como o desenvolvimento econômico dos habitantes locais. Para tanto, foi selecionado um recorte das praias de Casa Caiada e Rio Doce, que ficam localizadas no município de Olinda, estado de Pernambuco (Brasil). A metodologia emprega os conceitos de Cartografia Digital, partindo do pressuposto que a ocupação dos espaços pelo homem deveria ocorrer com base no planejamento físico-territorial. Neste caso, primeiro é necessário conhecer a área, o que é possível através da formulação da base de dados espaciais. Na aquisição dos dados espaciais são empregadas Tecnologias da Geoinformação, particularmente na presente investigação, utilizou-se o Posicionamento Geodésico por Satélite, assim como, dados populacionais. Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG são alimentados pela base de dados espaciais, e sobre esta, são efetuadas análises espaciais, bem como simulações no espaço físico. O processo de erosão costeira, em Olinda, intensificou-se no início do século passado. Para mostrar as alterações que ocorreram na área foi necessário recuperar a conformação, executar o monitoramento de eventos através de documentos cartográficos pretéritos, tendo sido estudado o avanço do mar e a evolução da ocupação urbana. A pesquisa resultou na produção de documentos cartográficos, como séries temporais (1943, 1974, 1984, 1996 e 2000), compostas pelos seguintes planos de informação: linha de costa, sistema viário, hidrografia e morfologia urbana; e do Modelo Digital do Terreno – MDT referente ao ano de 1974.

Abstract

The surface of the Earth provides the most variable aspects of difficult classification, representation and interpretation. The knowledge of the topology of the terrain is of vital importance for the preservation of the environment. The physical representation of the area through Cartography provides excellent contributions for planning in distinct areas. The objective of this research is the coastal erosion in urban areas (contributions from Geoinformation Technology – in the research of coastal erosion) and the sustainable coastal management, specifically in areas where there are antropic effects due to human occupancy. This study aims to generate spatial data that will allow the preventive and corrective planning in coastal zones, to ensure the environmental potential and the tourism, as well as the economic development of the local inhabitants. Selected for this study, were parts of the beaches of Casa Caiada and Rio Doce, located in the City of Olinda, State of Pernambuco, Brazil. The methodology applies concepts of digital cartography, assuming that man's use of the space should happen based on the physical-territorial planning. In this case, it is necessary first to know the area, which is possible through the creation of a spatial data base. Geoinformation Technology is used in the acquisition of spatial data, for this specific research, the global positioning systems and population data. The geographic information systems (GIS) receive and analyse the spatial data, perform spatial analysis as well as providing simulations in the physical space. In order to demonstrate that the process of coastal erosion in Olinda was intensified in the beginning of last century it was necessary to recover the configuration, execute the monitoring of events through past cartographic documents, analyse the onward progress of the sea and the evolution of human occupation. The investigation produced cartographic documents such as series (1943, 1974, 1984, 1996 and 2000) and with the following information layers: coastal line, transport system, hydrographic system, urban morphology and the Digital Terrain Model (DTM) related to the year 1974.

Sumário

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE FOTOGRAFIAS	xviii
LISTA DE GRÁFICOS	xix
LISTA DE QUADROS	xix
LISTA DE TABELAS	xx
LISTA DE SIGLAS	xxi
INTRODUÇÃO	24
1	CAPÍTULO
	Tecnologias da Geoinformação na Gestão Costeira
1.	Cartografia, Sistema de Informações Geográficas – SIG e Posicionamento por Satélite
	30
1.1	Sistema de Projeções Cartográficas
	32
1.1.1	Projeções Plana ou Azimutal
	33
1.1.2	Projeção Cônica
	33
1.1.3	Projeções Policônica
	34
1.1.4	Projeção Cônica Normal de Lambert (com dois paralelos padrões)
	36
1.1.5	Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (Tangente)
	36
1.1.6	Projeção Cilíndrica Transversa de Mercator (Secante)
	36
1.2	Sistema de Referência
	39
1.2.1	Construção de um Sistema de Referência
	39
1.2.2	Principais Sistemas de Referências no Brasil
	41
1.3	Sistema de Informações Geográficas SIG
	42
1.3.1	Componentes do Sistema de Informações Geográficas
	44
1.4	Aquisição de Dados Espaciais
	46
1.4.1	Entrada de Dados espaciais
	47
1.4.2	Dados Descritivos
	47
1.4.3	Entrada de Dados espaciais
	48
1.4.4	Erro na Aquisição de Dados Espaciais
	49
1.5	Estrutura de Dados Espaciais
	49
1.5.1	Vetorial
	49
1.5.2	Raster
	50

1.6	Gerenciamento de Dados	51
1.7	Análise de Dados	52
1.8	Visualização Cartográfica	52
1.9	Monitoramento de Eventos	54
1.9.1	Técnicas de Monitoramento de Eventos	56
1.10	Posicionamento Geodésico por Satélite	57
1.10.1	Sistema de Posicionamento Global	57
1.10.2	Receptores	61
1.10.3	Programas	62
1.10.4	Fatores de Precisão	64
1.10.5	Método de Posicionamento GPS	66
1.10.6	Redes Ativas	70
1.11	Aplicações Ambientais das Tecnologias da Geoinformação	76
1.11.1	Tecnologia da Geoinformação Aplicada na Zona Costeira	77
1.12	Modelo Digital do Terreno	81
1.12.1	Tipo, Meio de aquisição e Armazenamento de dados	83
1.12.2	Procedimentos de Interpolação	84
1.12.3	Módulos Auxiliares para produzir Informações complementares	86
1.12.4	Perfis Longitudinais e Seções	86
1.13	Metodologia para o Mapeamento de Linha de Costa	87
1.13.1	Monitoramento da Linha de Costa	87
1.13.2	Determinação da linha de costa	88
1.13.3	Seleção da Técnica	93
1.13.4	Estudo de Caso em Maryland	97
1.14	Tendência do Processo de Ocupação Antrópica e Urbanização do Litoral	98
1.14.1	Dinâmica Populacional da Zona Costeira Brasileira	100
1.14.2	Urbanização do litoral brasileiro	104
2	CAPÍTULO	
	Zonas Costeiras	
2.	Ambiente Costeiro	107
2.1	Sistema Costeiro	108
2.2	Caracterização do Ambiente Praial	110
2.2.1	Divisão, Morfologia e Sedimentologia do Ambiente Praial	110
2.3	Característica dos Parâmetros Físicos	114
2.3.1	Ventos	114
2.3.2	Ondas	114
2.3.3	Marés	115
2.3.4	Correntes Costeiras	116
2.4	Erosão Costeira	117
2.4.1	A Gestão do problema	118
2.4.2	Métodos de Controle e Proteção Costeira	119
2.4.4	Reabilitação por processos artificiais	123

2.5	Procedimentos Técnicos para o Estudo da Erosão Costeira	124
2.5.1	Metodologia para avaliação da erosão costeira	124
2.5.2	Levantamento Hidrodinâmico	125
2.5.3	Levantamento Batimétrico	126
2.5.4	Levantamento com sonar de varredura lateral	126
2.5.5	Levantamento sísmico monocanal	127
2.6	O litoral de Olinda – Ação do Mar e Intervenções do homem	127
2.6.1	Morfologia Praial de Olinda	130
2.6.2	Vulnerabilidade	131
2.6.3	Movimentação Costeira	131
2.6.4	Estudos para Revitalização da Orla	133
2.6.5	Deslocamento da Linha de Costa de Olinda	137
2.6.6	Causa da Erosão de Olinda	138
2.6.7	Proteção contra os riscos costeiros	139

3 **CAPÍTULO**

Área de Estudo: O Município de Olinda

3.	Município de Olinda	140
3.1	Litoral de Olinda	143
3.1.1	Praias de Casa caiada e Rio Doce	143
3.2	Aspectos Físico-Ambiental	145
3.2.1	Clima	145
3.2.2	Hidrografia	145
3.2.3	Vegetação	145
3.2.4	Geologia	146
3.2.5	Saneamento	147
3.3	Aspectos Sócio-Econômicos	152
3.3.1	Características Demográficas	152
3.3.2	Atividades Econômicas	154

4 **CAPÍTULO**

Monitoramento da Linha de Costa empregando Tecnologias das Geoinformações no recorte costeiro entre praias de Casa Caiada e Rio Doce

4.	Metodologia da Pesquisa	155
4.1	Equipamentos e Programas	157
4.1.1	Equipamentos	157
4.1.2	Programas	157
4.2	Levantamento e Conversão dos Documentos Cartográficos	158
4.2.1	Aquisição de Dados Espaciais	158
4.2.2	Tratamento dos dados Espaciais	159
4.3	Levantamento dos Dados em Campo	160
4.3.1	Planejamento de Campo	160

4.4.2	Implantação da Rede Local	161
4.4	Processamento dos Dados da Rede	170
4.4.1	Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GEONAP-K	170
4.4.2	Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GPSurvey	173
4.5	Análise dos Dados Espaciais	179
4.5.1	Comparação do Mapa de 1943 e Fotografias Aéreas	179
4.5.2	Monitoramento Cartográfico	180
4.5.3	Geração da Base de Dados Espaciais	183
4.6	Estudo da Tendência do Deslocamento da Linha de Costa	188
	CONCLUSÕES	192
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196

Introdução

A ocupação do espaço litorâneo é uma tendência mundial. Segundo o item 17.3 da Agenda 21, BRASIL (1998) cerca de 75% da população do planeta vive em uma faixa de 70 quilômetros a partir da orla.

A ocupação da zona costeira no início do século passado foi intensificada pela ampliação e modernização das áreas portuárias e pela valorização do turismo e lazer.

O adensamento populacional aliado à ausência de ações pelo Poder Público que não promoveu a implantação de infra-estrutura urbana adequada, resultou no quadro de degradação ambiental atual.

As ações direcionadas à gestão integrada da zona costeira são necessidades urgentes constatadas. Isto é um desafio que carece de uma visão global do Sistema Costeiro; e, conseqüentemente, de uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, proporcionando não apenas o conhecimento do funcionamento deste sistema, mas o comportamento dos diferentes componentes que permitam a abordagem da problemática costeira de forma adequada.

A franja costeira possui uma das feições mais dinâmicas do planeta e sua posição varia em inúmeras escalas temporais, afetadas por grande número de fatores de origem natural intrinsecamente interligados, e outros, provocados por intervenções humanas em suas proximidades, como dragagens, portos, represas, entre outras obras de engenharia.

Dois aspectos devem ser considerados com relação à franja costeira. Primeiro, a praia de uso recreativo chamado de antepraia; e o segundo, é a parte posterior chamada de plataforma interna. No presente estudo somente será abordado o primeiro aspecto.

Compreendendo-se os processos dinâmicos que ocorrem na antepraia, define-se o fenômeno da erosão costeira.

A análise da erosão costeira parte também do conhecimento da situação local, assim o comportamento de um determinado trecho da praia resulta do balanço de sedimentos. No caso positivo a praia avança mar adentro, o fenômeno é chamado de “progradação”; negativo, a linha de costa recua em direção ao continente, este fenômeno é conhecido como “erosão”.

Segundo o BIRD (1985) aproximadamente 70% das costas mundiais estão sendo erodidas, enquanto 10% estão sujeitas a progradação, o restante, 20%, encontra-se estável. Esta constatação vem despertando o interesse de vários cientistas no sentido de compreender as causas do fenômeno da erosão e minimizar os prejuízos conseqüentes desta ação.

No Brasil a erosão é explicada como sendo:

- resultado intrínseco dos padrões de dispersão e transporte de sedimentos no litoral e;
- produto de intervenções humanas na zona costeira, por construções de obras de engenharia ou uso inadequado do solo.

Olinda é considerada pela UNESCO desde 1982 como **Cidade Patrimônio da Humanidade**, tem no turismo a principal fonte de sua atividade econômica. Atividade esta inserida na globalização, que evidência a importância do município no contexto metropolitano, estadual e nacional.

A relevância da área costeira incentivou a investigação no litoral de Olinda; na certeza de que a presente pesquisa é ponto de partida e, portanto fundamental, em qualquer estudo de gestão, risco, gerenciamento, e revitalização Costeira, conseqüentemente, contribuirá para a melhoria da qualidade ambiental, assegurando aos olindenses melhores condições de desenvolvimento sócio-econômico. No estudo, serão sinalizados os trechos do litoral onde a vulnerabilidade é alta ou baixa (erosão ou progradação), evitando intervenções e ações mal sucedido, e permitindo os tomadores de

decisão nortearem suas estratégias políticas, coerentes com o desenvolvimento sustentável de uma das áreas mais frágeis do município.

A proposta do estudo surgiu, através dos desafios das questões elucidadas e analisadas no documento MONITORAMENTO DO LITORAL DE OLINDA, associada ao interesse de contribuir para o desenvolvimento e aplicação de tecnologia de posicionamento, onde o enfoque científico contribuirá para a sobrevivência humana no que diz respeito à auto-realização social (lazer) e econômica (turismo).

O fenômeno da erosão marinha é bastante conhecido por ocorrer mundialmente, e, em Olinda o avanço do mar sobre o litoral é muito antigo. Neste contexto, um dos pontos do estudo será levantar a linha de costa de Olinda, utilizando tecnologias e equipamentos de ultima geração, o GPS - Sistema de Posicionamento Global, na definição da linha de costa e software tipo CAD (*Computer Aided Designer*) para o respectivo mapeamento digital dos documentos cartográficos antigos e atuais da área. E finalmente, o conhecimento da dinâmica da linha de costa, que permitirá o balizamento das ações de desenvolvimento urbano, de uma área de grande importância turística e econômica do município.

A metodologia empregada os conceitos de Cartografia, partindo do pressuposto que a ocupação dos espaços pelo homem deveria ocorrer com base no planejamento físico-territorial. Neste caso, primeiro é necessário conhecer a área, o que é possível através da formulação da base de dados espaciais. Na aquisição dos dados espaciais são empregadas as denominadas Tecnologias da Geoinformação, particularmente na presente investigação, utilizou-se o posicionamento geodésico por Satélite, assim como dados populacionais. Os Sistemas de Informações Geográficas - SIG são alimentados pela base de dados espaciais, e sobre esta, efetuam análises espaciais, bem como simulações no espaço físico.

Como o processo de erosão costeira em Olinda intensificou-se no início do século passado, para mostrar as alterações que ocorreram na área foi necessário recuperar a conformação, executar o monitoramento de eventos através de documentos cartográficos

pretéritos, tendo sido estudado o avanço do mar e a evolução da ocupação urbana. A pesquisa resultou na produção de documentos cartográficos, como séries temporais (1943, 1974, 1984, 1996 e 2000), compostas pelos seguintes planos de informação: linha de costa, sistema viário, hidrografia e morfologia urbana; e do Modelo Digital do Terreno – MDT referente ao ano de 1974.

O objetivo central do estudo é desenvolvimento de estruturas de informações espaciais, as quais podem aperfeiçoar etapas do gerenciamento da zona costeira, baseado na viabilização da informação estratégica que possibilita a visualização de cenários futuros da paisagem costeira contribuindo significativamente na elaboração das políticas públicas e tomadas de decisão.

O grande desafio da pesquisa é investigar o papel da análise espacial de dados no estudo dos fenômenos que interferem e são inerentes à zona costeira.

O conhecimento do espaço é fundamental no desenvolvimento ordenado das atividades humanas, pois tudo que acontece tem uma relação espacial. Particularmente nas áreas da engenharia, economia, administração, sociologia, saúde, segurança, geografia e meio ambiente onde a componente posicional da informação é de especial importância.

Atualmente os Sistemas de Geoinformações (SIGs) vieram auxiliar o planejador, especialmente nas tarefas de busca, análise e cruzamento de dados relacionados ao espaço geográfico.

Os motivos expostos conduziram a formulação da hipótese da pesquisa:

Para que o homem interfira no Meio Ambiente é necessário o conhecimento prévio do espaço físico, tanto na questão métrica quanto semântica.

A questão básica que foi elucidada durante o desenvolvimento do estudo:

- A combinação de Tecnologias de Geoinformação é útil para fornecer dados espaciais para constatar erosão ou progradação da linha de costa?

As conclusões foram:

- A aplicação da técnica de monitoramento permite detectar a tendência da erosão costeira.
- A tecnologia GPS aliada ao SIG é adequada ao estudo da erosão costeira.

Assim no próximo tópico será citado o objetivo da investigação, partindo da questão básica e das hipóteses formuladas.

A pesquisa desenvolvida teve como objeto à gestão integrada da franja costeira, fundamentando-se em tecnologias inerentes à Engenharia Cartográfica que permitem posicionar objetos topográficos, analisar eventos e representar o espaço físico, bem como simular ações projetadas e monitorar eventos para a Gestão Integrada na franja costeira, tendo o objetivo de discutir dados técnicos de mapeamento da linha de costa.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Gerar uma base de dados espaciais para monitoramento da erosão costeira do município de Olinda, utilizando as tecnologias da geoinformações.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o Gerenciamento Costeiro;
- Estudar a tendência do deslocamento da Linha de praia, empregando o sistema GPS complementado pela análise comparativa de documentos cartográficos, fotográficos atuais e pretéritos;
- Gerar uma base de dados espaciais para área de Estudo;
- Fornecer dados científicos para subsidiar Planos de Gestão Costeira.

1.2 Desenvolvimento

No intuito de propiciar o embasamento teórico necessário ao desenvolvimento do estudo, foi realizada inicialmente uma pesquisa levantando o maior número possível de bibliografia sobre o tema.

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, divididos em: o primeiro capítulo é denominado Tecnologia da Geoinformação na Gestão Costeira. Neste capítulo encontram-se descritos os conceitos que contextualizam: a Cartografia, o Sistema de Informações Geográfico, a Visualização Cartográfica, Monitoramento de Eventos, a Geodésia por Satélite, o Modelo Digital do Terreno, o Mapeamento de linha de Costa, a Tendência do Processo de Ocupação Antrópica do litoral, e alguns exemplos da aplicação ambientais das tecnologias da Geoinformação.

No capítulo dois trata-se das Zonas Costeiras, onde foram elucidadas questões sobre a erosão costeira, métodos de controle e proteção costeira, procedimentos técnicos para o estudo da erosão costeira, e finalmente conta com um estudo específico denominado o litoral de Olinda, ação do mar e intervenção do homem.

Enquanto que no terceiro capítulo, compreende caracterização da área de estudo, onde se delimita o cenário ambiental do litoral de Olinda, fazendo um recorte nas praias de Casa Caiada e Rio Doce, bem como enfocando a situação atual, e mostrando as características mais significativas, descrevendo os aspectos sócio-econômicos e físico-ambientais.

No quarto capítulo são apresentados os materiais e recursos tecnológicos utilizados na pesquisa, assim com os procedimentos metodológicos e as análises realizadas no estudo. Com, isso se têm os elementos para estudar, analisar e compreender a dinâmica da ocupação antrópica de modo geral, e avaliar a vulnerabilidade e o comportamento das praias de Casa Caiada e Rio Doce empregando as tecnologias da Geoinformação.

O último capítulo centra-se nas conclusões e discussões obtidas mediante os levantamentos: bibliográficos e de campo. E sugere algumas ações que busquem revitalizar a orla no sentido da sustentabilidade turística, principal vocação econômica do município.

Capítulo 2

Zonas Costeiras

2. Ambiente Costeiro

A Zona Costeira é um ambiente complexo e sensível, onde ocorrem diversos processos hidrodinâmicos que relacionam os ambientes continentais compostos por desembocaduras fluviais, estuários e deltas, e ambientes marinhos formados por ondas, correntes e marés, entre outros; além da intensa ocupação antrópica.

De acordo com o Capítulo 17 da Agenda 21 (BRASIL, 1994) a região costeira é o meio ambiente marinho, formado por um conjunto integrado de oceano, mar e zona costeira, componente essencial que possibilita a vida na Terra. A região é formada por ecossistemas de alta relevância ambiental, sendo marcada pela transição entre ambientes terrestres e marinhos, e pelas interações que caracterizam a fragilidade.

A ocupação do espaço litorâneo é uma tendência mundial. Segundo a Agenda 21 Internacional, BRASIL (1998), no Item 17.3, cerca de 75% da população do planeta vive na faixa de 70km da orla. Esta tendência foi intensificada no início do século passado devido a modernização e a ampliação das áreas portuárias e pela valorização das atividades de turismo e lazer.

O adensamento populacional do litoral aliado a ausência de ações por parte do Poder Público, que não promoveu a implementação de infra-estrutura adequada, resultou no quadro de degradação ambiental atual de grande parte desta zona.

A linha de costa brasileira possui a extensão 7.367km. O País, a partir de 1970, tem se empenhado no estudo do mar, bem como no aproveitamento sustentável de seus recursos naturais através de implantação de políticas nacionais, como Recursos do Mar. Os estudos foram intensificados, em 1981, quando foi elaborada a Política Nacional do Meio Ambiente. Ao aderir as convenções internacionais foram sendo implementados políticas e programas, no Brasil, com o objetivo de controlar a degradação do meio

ambiente marinho, visando promover o desenvolvimento sustentável e melhorar o nível de vida das populações costeiras. Para tanto, foram integradas pesquisas científicas e conhecimentos tradicionais na preservação de ecossistemas costeiros e oceânicos e oceânicos, bem como de espécies correlacionadas (BRASIL, 2002, p. 43).

Na zona costeira brasileira os problemas são decorrentes principalmente, do processo de urbanização desordenado e da abertura de estradas litorâneas. A expansão do turismo resultou em impactos negativos tanto do ponto de vista social como ambiental, principalmente, nos municípios onde as atividades não foram planejadas visando a conservação dos ecossistemas costeiros.

No Brasil apenas 20% dos municípios são beneficiados com saneamento básico. A poluição do mar acontece principalmente em zonas costeiras com aglomerados urbanos próximos às suas adjacências. As principais fontes de contaminação do meio marinho são esgotos sanitários, poluentes orgânicos, radioatividade metais pesados, nutrientes (eutrofização), óleos (hidrocarbono), movimentação de sedimentos, lixo, entre outros.

Segundo o Censo 2000, realizado pelo IBGE, metade da população brasileira reside a menos de 200km do mar, cinco das maiores regiões metropolitanas brasileiras encontram-se à beira-mar, são Rio de Janeiro, Salvador, Fortaleza, Belém e Recife.

O litoral pernambucano abrange vinte e um municípios, em uma extensão que corresponde a 187km, iniciando no município de Goiana, ao Norte, até o município de São José da Coroa Grande, ao Sul. No tocante à densidade demográfica, destaca-se a média estadual que é de 72hab/km². Entretanto, na zona costeira a densidade demográfica chega a ser dez vezes maior, atingindo 913hab/km² (Moraes, 1999).

2.1 – Sistema Costeiro

Zona costeira é o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, que abrange uma faixa marítima e outra terrestre, de acordo com a definição do Art.2º do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei Federal nº 7661, 1988).

Segundo Blanc (1991) na zona costeira, de uma forma geral, são encontrados sistemas claramente diferenciados:

- Sistema natural: composto dos subsistemas físicos e químicos, com componentes biótica e abiótica.
- Sistema sócio-econômico: composto pelas atividades e infra-estrutura humanas.

Os sistemas estão relacionados, como mostra a Figura 34, atuando como agentes de impacto. Modelar adequadamente estas inter-relações é um dos passos fundamentais para controlar e acompanhar sua evolução.



Figura 34 – Inter-relações dos Sistemas natural e Sócio-econômico

Fonte: Blanc (1991)

O sistema natural proporciona uma série de bens e serviços ao sistema sócio-econômico (positivo). Além disso, provoca uma série de perigos e riscos (negativo). A Gestão implica na tomada de decisões, com o objetivo de resolver conflitos, ilustrados na Figura 35. O importante é valorar, conhecer e definir adequadamente os bens e serviços, os perigos e os riscos, que possui o sistema natural, assim como os impactos ocasionados pelo homem. Todos estes dados devem ser levantados para que o poder público realize uma gestão adequada da área (Blanc, 1991).

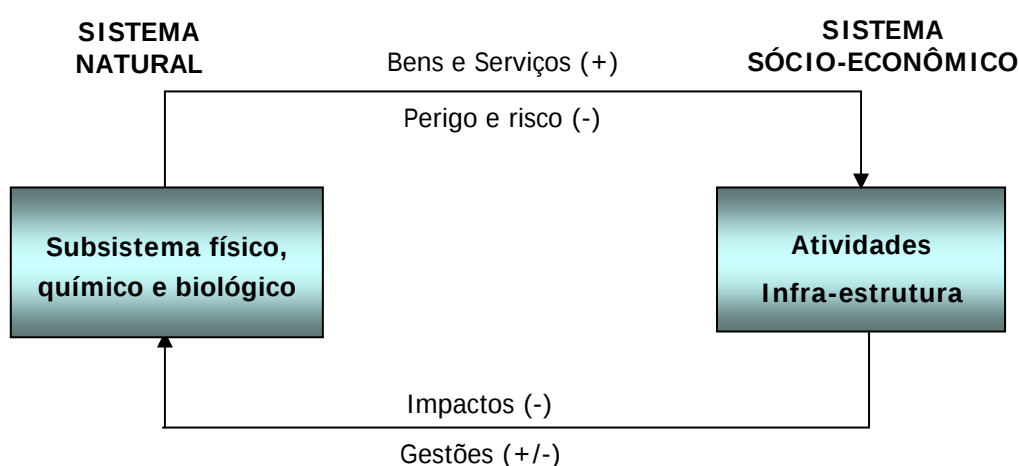


Figura 35 – Sistema Natural e Sistema Sócio-econômico

Fonte: Blanc (1991)

Os indicadores são elementos e processos do sistema que são críticos e fundamentais para o seu correto funcionamento. É necessário desenvolver hierarquias

durante o planejamento da gestão (fase do diagnóstico), que valorem os indicadores dos sistemas e dos subsistemas.

De acordo com UNESCO (1994) uma vez definidos os indicadores, esses serão os controladores e os sinalizadores no gerenciamento dos processos de implantação e de gestão. Entretanto, durante processo de implementação não é possível controlar todos os elementos que interferem no ecossistema, devendo ser identificados os que são chaves.

2.2 – Caracterização do Ambiente Praial

2.2.1 – Divisão, Morfologia e Sedimentologia do Ambiente Praial

Os termos costa, litoral e praia, assim como linha de costa (*coastline*) e linha de praia (*shoreline*), são considerados sinônimos neste estudo. Segundo Surgio (1992), praia é a zona perimetral de um corpo aquoso (lago, mar, oceano), que em geral é composta material arenoso ou, mais raramente, por cascalho, conchas de moluscos, dentre outros, que se estende desde o nível da baixa-mar média até a linha de vegetação permanente (limite de ondas de tempestades), ou onde há mudança fisiográfica, como falésias ou dunas. Portanto, considera-se a área que é afetada por processos marinhos, como ventos, correntes, marés e ondas, sendo a divisão do ambiente praial entre a faixa de terra firme e de influência marinha. A Figura 36 mostra as unidades geomorfológicas do ambiente praial.

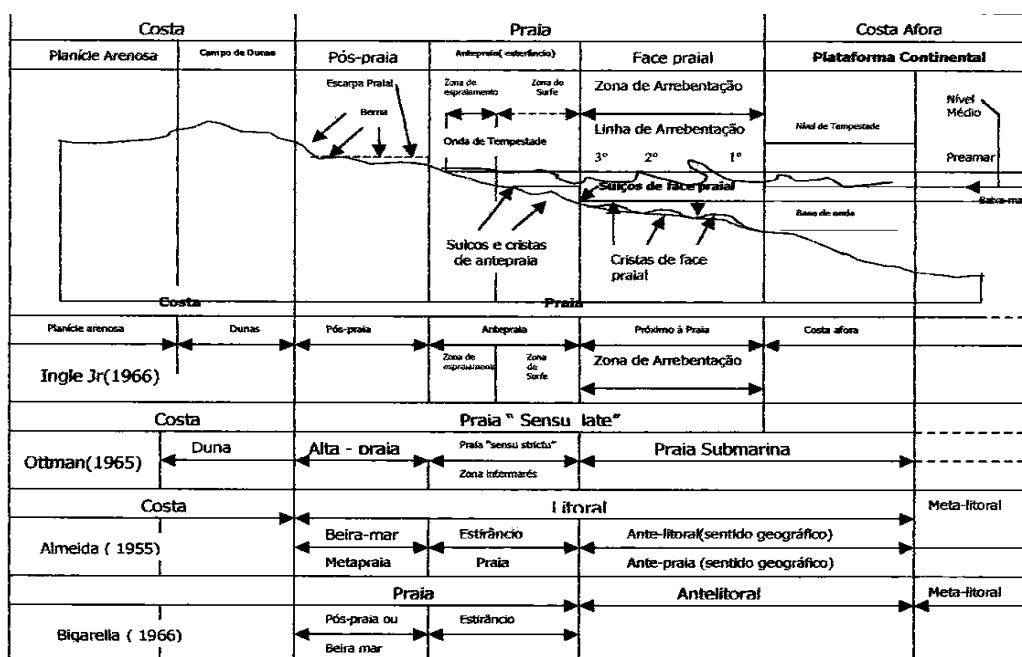


Figura 36 – Unidades Geomorfológica do Ambiente Praial

Fonte Modificada: Surgio (1992)

Na presente investigação foi adotado o perfil de uma praia definido do continente em direção ao mar, em: dunas frontais (*foredune*), pós-praia (*backshore*), estirâncio ou praia-úmida, antepraia (*shoreface*), e zona de transição (*transition-zone*).

De acordo com Duarte (1997), a pós-praia é uma zona de supramaré (marés muito altas e de tempestades) que carregam sedimentos em direção à terra, retrabalhando e depositando neste setor, cobrindo a região que vai do aparecimento da crista de berna (degrau formado face à ação da água no seu limite máximo de preamar) até onde houver influência marinha (vegetação característica, vegetação entre outros).

A antepraia ou estirâncio representa a parte situada entre o limite superior de preamar (escarpa praial) e a linha de baixa mar, ou seja, é a parte do ambiente praial que sofre a ação das marés e os efeitos de espraiamento das ondas após a arrebentação (Surgio, 1992). De acordo com Reading (1996) o estirâncio pode variar, dependendo do poder da onda, do tamanho dos grãos disponíveis e da amplitude da maré.

A zona de transição estende-se da base da onda de tempestade à base média da onda de bom tempo e, por esta razão é caracterizada pela alternância de condições de alta e baixa energia (Duarte, 1996). O limite entre antepraia e a zona de transição pode ser marcado por uma brusca quebra no ângulo de declividade. Quando a lama e areia estão disponíveis, essa passagem é marcada pela mudança de areia pura na antepraia para areia siltica e silte arenoso na zona de transição (Reineck, 1975).

Uma praia se formará em qualquer lugar onde o mar encontre a terra, onde haja sedimentos disponíveis e um local favorável à acumulação destes. De acordo com Bird (1994) estima-se que há cerca de 500.000km de linha de costa bordejando os oceanos do mundo. A largura e a extensão ocupadas por esta zona está intrinsecamente ligada oscilação das marés e características locais da costa (ventos, tipo de onda, granulometria, correntes e declividade).

De acordo com Duarte (1997) a composição sedimentar da zona costeira é um reflexo da composição dos sedimentos formadores de uma praia, o qual está relacionado aos seguintes fatores: a origem dos sedimentos, o gradiente de inclinação da praia e o nível de energia das ondas e das correntes.

Os sedimentos são transportados de três formas distintas: rolamento (grãos maiores que zero), saltação (em grãos menores que 0.125mm) e suspensão (em grãos inferiores a 4,0 mm). Os sedimento maiores e mais pesados geralmente são dispostos em cordões, enquanto que os leves são carregados pelas ondas (Duarte, 1997).

A variação da composição dos materiais de uma praia é ampla. Contudo, atualmente a maioria das praias é compostas por areias quartzozas. Existem também, praias formadas por erupções vulcânicas (Hawaii) ou por fragmento de conchas, organismos marinhos remanescente (em regiões tropicais), seixos, turfa, mica. Sedimentos argilosos e silticos são coesivos, enquanto que sedimentos de cascalhosos e arenosos, principalmente quando secos, não são coesivos (Duarte, 1997).

As Praias formadas por sedimentos muito finos apresentam-se quase planas, têm geralmente uma inclinação de 3°, e as praias constituídas por sedimentos médios a grosseiros apresentam inclinação considerável. Enquanto que, as praias constituídas por material grosseiro apresentam menor largura, tendo em vista o maior grau de declividade, tornam-se mais fáceis de serem removidas, pois a energia das ondas é absorvida por uma zona estreita, são mais permeáveis e grande parte do avanço das ondas afunda na praia. Todos estes fatores naturais influenciam na variação da linha de costa e determinam o perfil de uma praia (Hoelf, 1997).

As variações do nível do mar são um dos mecanismos mais eficientes de modificação da linha de costa (Muehe, 1995).

Segundo Viles e Spencer (1995) as mudanças no nível médio do mar são causadas pela mudança no volume ou massa de água (eustasia) ou pelo movimento da terra (isostasia), e ainda, pela combinação dos dois fatores.

Uma praia arenosa existe por causa de um balanço entre o fornecimento e a remoção do material que a forma (Duxbury, 1996). O perfil transversal de uma praia varia dependendo do ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas, ou seja, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (engordamento) e tempestade (erosão). Nos locais em que o regime de ondas se diferencia significativamente entre o verão e inverno, a praia desenvolve perfis sazonais, denominados de verão de inverno respectivamente (Duarte apud Muehe, 1995).

No Verão as ondas são mais suaves e tendem a mover areia para as partes altas da praia, depositando-as. No inverno, ondas são maiores e possuem mais energia, a areia tende a ser retirada das partes altas da praia, sendo transportada na direção da antepraia, acumulando-se sob a forma de barra (Figura 37), cuja configuração tende a ser revertida no verão.

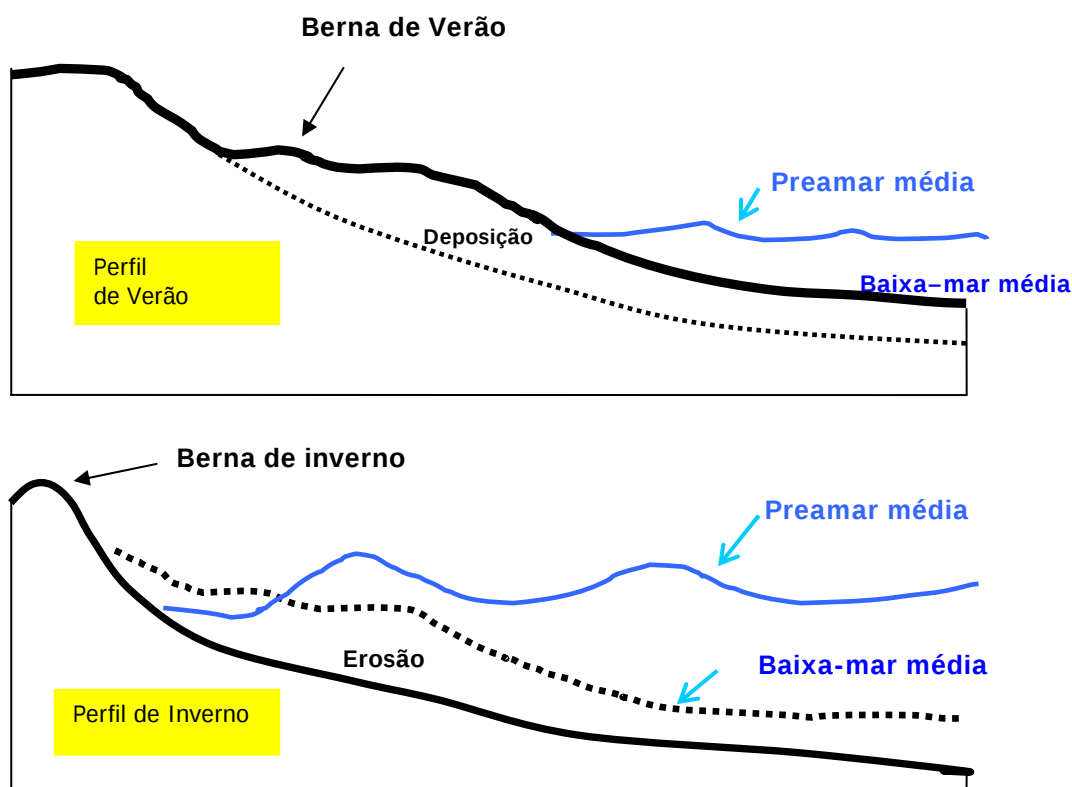


Figura 37 – Mudanças Sazonais da Praia.

No litoral pernambucano observa-se que durante o verão as ondas trazem os sedimentos do mar para a praia, ficando mais largas, os ventos fracos colaboram para isto. No inverno, os perfis são mais abruptos e as praias ficam mais estreitas.

2.3 – Características dos Parâmetros Físicos

2.3.1 – Ventos

Os ventos são grandes responsáveis pela dinâmica costeira. Caracterizam-se principalmente pela sua direção e velocidade, tendo papel de destaque na sedimentação litorânea. Sobre o plano d'água são responsáveis pela formação das ondas, além de contribuir na geração das correntes litorâneas.

A costa pernambucana recebe a influência dos ventos alísios vindos predominantemente de E-SE, no período de abril a setembro (inverno), e N-NE, quando sopram de outubro a março (verão). Nos meses de julho, agosto e setembro ocorrem as maiores intensidades dos ventos alísios. Estes ventos predominam na maior parte do ano e desempenham papel importante nos processos dinâmicos costeiros, pois determinam o sistema de ondas que atinge à costa, gerando a corrente de deriva litorânea que é a sustentáculo no processo evolutivo do litoral (CPRH, 2000).

2.3.2 – Ondas

As ondas representam um agente marinho importante no desenvolvimento das linhas de costas, vários fatores da dinâmica praial são resultado indireto ou direto da ação das ondas. Estas redistribuem e selecionam os sedimentos, assim como modelam as feições maiores, como esporões, barreiras entre outras (Duarte, 1997).

Ao longo da história as ondas têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores. O filósofo Grego Aristóteles (384-322 a.C.) observou a existência de uma relação entre ventos e ondas, e a natureza desta relação tem sido objeto de estudo desde então. Os ventos além de importante fonte geradora das ondas são responsáveis pelo transporte de sedimentos por todas costas, formando depósitos de areia, como campo de dunas.

Os modelos matemáticos de comportamento das ondas estão baseados na dinâmica de fluídos idealizados, e as águas dos oceanos não se adaptam precisamente a estes modelos, acarretando problemas na compreensão de alguns mecanismos de formação das ondas (Brown *et al*, 1991). Porém, alguns fatos sobre as ondas estão bem estabelecidos, possibilitando a análise de características e aspectos qualitativos.

Os principais elementos de uma onda são crista, altura da onda, comprimento da onda, período, velocidade de propagação, amplitude, esbeltez e frequência. A altura da onda (H) refere-se à mudança vertical total, entre a crista da onda e sua calha. A altura é duas vezes o valor da amplitude (A). O comprimento de onda (L) é a distância entre duas cristas (ou calhas) sucessivas. O declive é definido pela relação da altura da onda com seu comprimento (H/L) (Figura 38). O intervalo de tempo necessário para que duas cristas sucessivas passem por um ponto determinado (fixo) é conhecido como o período

(T) e é medido em segundo. O número de cristas (ou calhas) que passam por um ponto fixo por segundo é conhecido como frequência(f) (Duarte, 1997).

As ondas possuem energia a partir dos ventos, transferem-na através dos oceanos e as descarregam nas zonas costeiras, sendo uma das causadoras do fenômeno da erosão, gerando diferentes padrões de transportes de sedimentos e diversos tipos de correntes. Em águas rasas, há uma ficção da base da onda com a superfície sedimentar do fundo oceânico, adquirindo maior esbeltez. Tormam-se mais elípticas e instáveis e arrebentam, ocorrendo assim o processo de arrebentação das ondas na linha de praia. O local onde ocorre a quebra da onda é chamado linha de arrebentação, que está relacionado com as características da onda e declividade da praia (Brown *et al*, 1991).

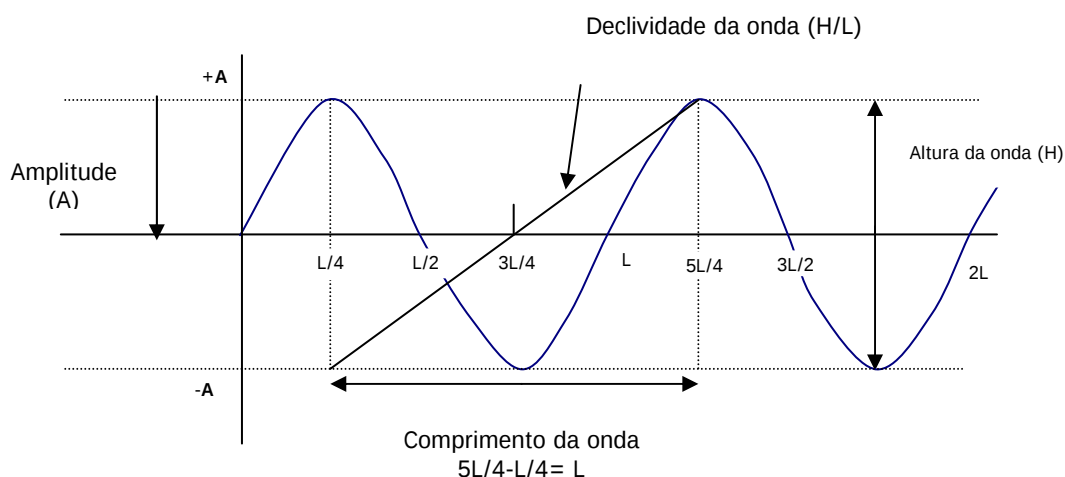


Figura 38 - Perfil vertical idealizado de uma onda

Fonte: Brown et al (1991)

2.3.3 – Marés

Uma Componente vital na dinâmica costeira são as marés, pois além de produzirem movimentos de sedimentos e correntes, influenciam a zonação de organismos costeiros, processos de intemperismo e forma da terra (Viles e Spencer, 1995).

Quando comparada às marés com as ondas possuem menor efeito no transporte de sedimentos e na morfologia costeira, quando comparadas às ondas, regem entre outros fatores, o fluxo e a força das correntes de maré que flutuam regularmente (Reading e Collinsor, 1996).

As marés resultam da força gravitacional exercida sobre os oceanos (ou lagos) do sistema Terra-Lua-Sol (Morais, 1996), em períodos variados. Em virtude da distância, a influência da Lua é maior que a influência do sol. A amplitude varia em função da latitude, estação do ano, tamanho e profundidade das bacias oceânicas, forma de linha da costa, fase lunar, entre outros fatores (Bloom, 1988).

Quando acontece o alinhamento da Terra, com a Lua e o Sol (lua nova e cheia), as marés observadas são chamadas de marés de sizígias (Viles e Spencer, 1995).

Segundo Davies (1995) as marés podem ser classificadas, quanto à amplitude, em micromaré (amplitude abaixo de 2 metros), mesomares (amplitude entre 2 a 4 metros) e macromares (amplitude superior a 4 metros). Observando o mapa da distribuição mundial das amplitudes de marés, na costa pernambucana ocorrem mesomares (Surgio, 1992). Na área costeira, a amplitude da maré pode ser a causadora de profundas modificações no processo de sedimentação da praia, seja erodindo ou acumulando na costa.

2.2.4 – Correntes Costeiras

As correntes costeiras devem sua origem aos ventos e as ondas, as constantes mudanças naturais destas forças condutoras indicam como as correntes variam com relação à velocidade e a direção.

As correntes marinhas que operam junto à praia são representadas basicamente por três tipos. As correntes longitudinais que se movem paralelamente à linha de costa e são consideradas a de maior relevância, sendo responsável pelo deslocamento dos sedimentos. O segundo é a corrente de retorno movem sedimentos costa à fora. O terceiro está relacionado ao movimento no sentido antepraia costa afora (ou vice-versa), que depende de condições específicas do local de ocorrência e clima de onda, Davis (1978) propôs a expressão corrente transversal.

2.4 – Erosão Costeira

A erosão costeira é um fenômeno comum e esperado, como processo natural, sendo parte integrante da evolução do sistema costeiro. Assim que se inicia interferências

e ocupações inadequadas da zona costeira, o que era visto como processo natural, passa ser observado como desastre natural, logo, uma ameaça ao homem.

Segundo Dominguez (1999) a erosão costeira é vista como problema para o homem quando este constrói algum tipo de referencial fixo, como por exemplo, estradas, prédios, outro tipo de obra permanente, que se interpõem na trajetória de recuo da linha de costa. Afirma que, a erosão é de certa forma causada pelo homem, pois se a região próxima à linha de costa não sofresse ocupação antrópica o problema não existiria.

O problema da erosão resulta do conflito entre o processo natural e a atividade humana. A solução do problema está ligada a questão do uso do solo na zona costeira (Moura 2000). Ou seja, a erosão marinha é um resultado do desequilíbrio das condições hidrodinâmicas naturais ou alteração do ambiente praial feita pelo homem.

A linha de costa está diretamente ligada as interações entre vários fatores, e pode avançar mar adentro (progradação), recuar em direção ao continente (erosão) ou permanecer em equilíbrio. Bird (1985) afirma que, 70% das costas arenosas do planeta estão sofrendo erosão, 10% estão sujeitas a progradação, e os restantes 20% encontram-se em relativa estabilidade.

Os estudos realizados na zona costeira brasileira apontam que as principais causas da erosão podem ser entendidas e explicadas como o resultado intrínseco dos padrões de dispersão e transporte de sedimentos na zona costeira, e o resultados de intervenções humanas na zona costeira, seja através da construção de obras de engenharia, seja através de usos do solo inadequados.

A deposição de sedimentos na linha de costa é um produto da atuação de ondas (de tempestade e de tempo bom), processos induzidos pelas ondas (deriva litorânea, correntes de retorno e de maré). Estes fatores são os mais importantes condicionantes para geração de áreas de deposição e erosão neste ambiente (Elliott, 1986).

Um fator relacionado à erosão na costa do Nordeste do Brasil é a ausência de suprimento de material arenoso proveniente dos rios, com exceção do rio São Francisco. No estado de Pernambuco este fato é bem evidente, pois seus principais rios, atualmente, não fornecem materiais arenosos para suprir a costa.

A análise do problema causado pela erosão, na costa brasileira, deve partir de um conhecimento da situação local. Por exemplo, em Pernambuco existem registros de erosão marinha causada pelo desenvolvimento de corpos arenosos, como no caso do trecho do Pontal de Marinha Farinha-Ilha de Itamaracá (Amaral *et al.*, 1990.).

Um outro fato que favorece a instabilidade da linha de costa e gera áreas de erosão é a abertura nas linhas de recifes. Isto ocorre sem que tenha havido intervenção antrópica, podendo ser naturalmente equilibrado pelo ambiente.

Outro fator relevante responsável pelo surgimento de áreas de erosão é a construção de grandes obras na linha de costa (portos, *piers*, marinas). Estas obras que geram grandes modificações na paisagem e mudanças no regime de ondas e correntes. Fatos como estes causa a maioria dos problemas de erosão em áreas litorâneas a jusante.

2.4.1 – A Gestão do Problema

No Brasil a gestão do problema de recuo da linha de costa (erosão) aconteceu de maneira espontânea e desordenada, com intervenções de proprietários individualmente ou através de municípios, geralmente depois do problema repercutir de maneira alarmante. Grandes partes dos casos são resultados de ocupação inadequada da zona de variação natural da linha de costa nas escalas de tempo sazonal e anual. Estas intervenções desordenadas implicam no dispêndio de somas elevadas e grandes prejuízo paisagístico.

Nas áreas metropolitanas, densamente ocupadas, os reflexos e os prejuízos são maiores, pois pouco pode ser feito nas ações de disciplinamento do uso e ocupação do solo, assim como, em termos de zoneamento. O problema deve ser gerenciado com a implementação de intervenções de obras de engenharia, como espigões, muros ou engodamento de praia. As obras de estabilização rígidas podem causar a eliminação da praia recreativa, como foi o caso da praia de Bairro Novo, em Olinda. Este tipo de intervenção na linha de costa agrava ou origina um problema de erosão em trechos situados a jusante, que pode ser observado nitidamente em várias cidades da região Nordeste, a exemplo Recife, Olinda e Fortaleza (Dominguez, 1999).

Nas áreas não ocupadas observa-se à falta de preocupação, tanto com relação à fiscalização do licenciamento de empreendimentos, quanto com o fenômeno de recuo da linha de costa. As ações de precaução nas áreas não ocupadas são necessárias, bem como o disciplinamento do uso e ocupação do solo determinando a faixa de recuo (*setbacks*). Estas faixas devem ser instituídas para cada trecho de linha de costa, baseando-se sempre nas taxas de recuo histórico da linha de praia, nas previsões de subida do nível do mar e na incursão máxima de marés meteorológicas. Devido à variação espacial destas taxas, indica-se que as mesmas não extrapolem longos trechos de praia. A legislação brasileira não contempla especificamente o recuo da linha de costa, existe sim, lei que institui o citado recuo de largura variável entre 33 e 300 metros, a partir da preamar máxima, formulada para garantir o acesso livre da população às praias, proteger a vegetação de restinga e os terrenos de marinha.

2.4.2 – Métodos de Controle e Proteção Costeira

- Proteção Costeira

A proteção costeira pode ser contemplada quando há ameaça de inundações de propriedades. Entretanto, problemas inesperados podem surgir, caso não seja levado em consideração seus efeitos ambientais, no projeto de proteção costeira. Desse modo, surge a necessidade de proteger novas áreas urbanas da erosão, e com o tempo este processo acontecerá novamente, sendo transferido lateralmente para a praia mais próxima a jusante da estrutura. Este fenômeno prosseguirá ao longo da costa (Keller, 1996). Portanto, proteger uma parte da costa, onde representa uma fonte de sedimentos para o ambiente, gera importantes implicações para o restante do litoral.

Os processos naturais que envolvem a dinâmica praial podem ser representados pela erosão, transporte e deposição de sedimentos para configurar praias. Entretanto, cada forma de defesa costeira aplicada produzirá um conjunto próprio de efeitos no transporte de sedimentos e na erosão, assim como problemas ambientais. (Keller, 1996).

Segundo Moura (2000), os métodos de proteção da zona costeira são métodos não estruturais, que são classificados em passivos, quando estimulam o controle do uso da terra, em ativos, quando corresponde a remoção de estruturas ou empreendimentos para locais de maior segurança ou plantio para proteção, como dunas e falésias. E os estruturais e de engenharia, normalmente utilizados para proteção da praia podem ser classificados em três grupos. O primeiro corresponde aos que endurecem a linha de

costa, como os muros de proteção (*Sea-Walls*), revestimento, muros marinhos (*Bulkheads*). O segundo grupo estabiliza a linha de praia, os espigões (*Groins*), quebra-mares (*Backwash*), molhes e *Jetties*. O último grupo apela para criações artificiais, tais como, engorda artificial de praia e reabilitação de dunas.

- Estrutura de endurecimento de praias

De acordo com Moura (2000), as estruturas são paralelas ou quase paralelas à praia desencadeiam impactos ambientais, pois protegem apenas a terra atrás da estrutura, resultando na escavação dos sedimentos a frente e na remoção dos mesmos. Ressalta-se, que se não houver equilíbrio a praia pode desaparecer. Morais (1996) afirma que, o enrijecimento da linha de costa resulta no emagrecimento das praias à jusante.

- a) Muros de Proteção Marinha (ou *Sea-walls*)

São estruturas paralelas as linhas de costa, formando uma barreira física, cuja função principal é proteger a terra dos danos causados pela ação violenta das ondas. Construídos de concreto, de pedras, de madeira, entre outros materiais (Figura 39).

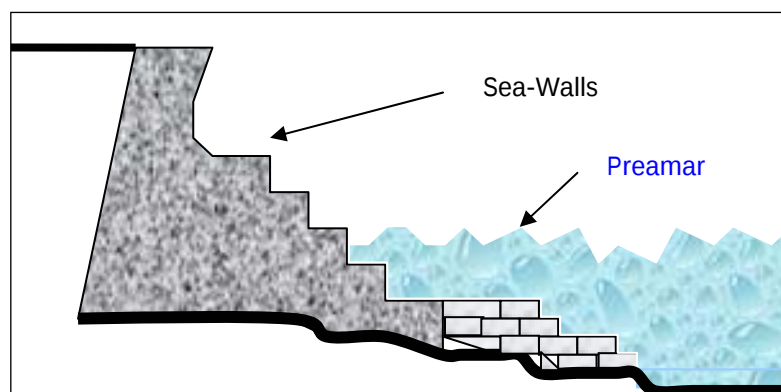


Figura 39 – *Sea-Walls*

O método de defesa costeira é o mais tradicional, nas últimas décadas seu emprego vem sendo criticado pela comunidade científica da área, primeiro por refletirem fortemente as ondas, aumentando a erosão e produzindo uma faixa de praia estreita, com poucos sedimentos; e segundo porque são estruturas estáticas, isto é, dunas e falésias podem ser isoladas da influência marinha; e o último motivo, é porque exclui um dos principais papéis do ambiente costeiro que é proteger a terra (Moura 2000).

Segundo U.S. *Army Corps of Engineers* (1991) este tipo de obra costeira oferece várias desvantagens como estrutura de difícil conserto; *design* complexo e construção

problemática; necessita de engenheiros qualificados; sujeitos a fracassos a menos que a base da estrutura esteja sempre provida de sedimentos ou outro material; custo extremamente elevado; sujeito a problemas como falhas na estrutura, devido a força das ondas altas, em estruturas não planejadas para isso e, fundamentalmente, por causar erosão e perda de praia (Keller,1996).

b) Revestimento

Estas estruturas são mais leves e possui a função de proteger a costa da ação menos intensa das ondas e das correntes (Figura 40). Construídos com superfície de mergulho voltada para o mar, o material utilizado é bastante variado, como pedras, concreto, armações de madeira preenchida por rochas, entre outros (Morais, 1996).

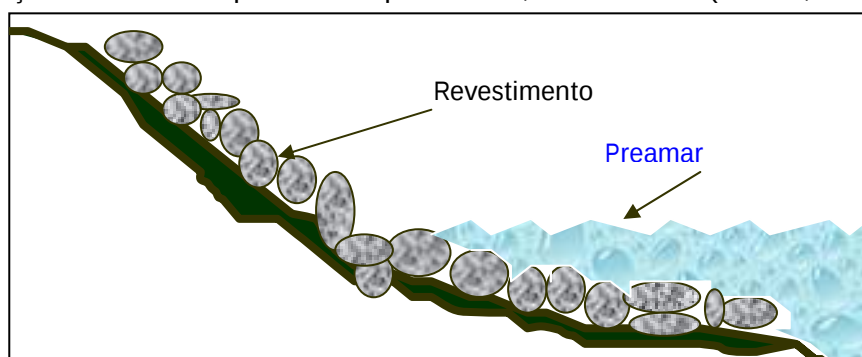


Figura 40 - Revestimentos com Blocos

- Estabilização de praias

a) Espigões e *Jetties*

Moura (2000) afirma que espigões são estruturas lineares, construídas perpendicularmente à linha de praia. Possui a função de barrar os sedimentos carregados em deriva litorânea. A Figura 41 ilustra a estrutura, que é capaz de desencadear novos problemas erosivos (E) à jusante e acreção (D) a montante.

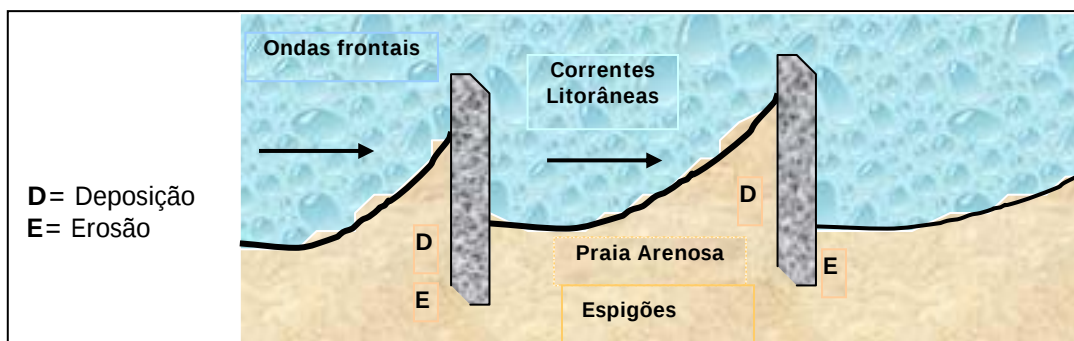


Figura 41 – Dois Espigões ao Longo da Costa

Para Suguio (1992), os *jetties* são estruturas semelhantes, porém menores, construídas para impedir o assoreamento de canais por correntes confinados ou marés. São construídos perpendicularmente à linha de costa em cada uma das margens de desembocadura de rios, canais, estuários e de lagunas, para possibilitar maior vazão hidráulica, evitando o seu assoreamento e protegendo da ação das ondas.

b) Quebra-Mares e Molhes

Quebra-mares são estruturas separadas da linha de praia. Quando ligadas à linha de praia são chamadas de molhes e podem desempenhar função de quebra-mar ou atracadouro (Suguio, 1992). Diferem dos muros de proteção, pois são implantados a uma certa distância da praia. Geralmente têm perfil trapezoidal e são construídos com material de grande tamanhos tipos blocos de rocha, concretos (Figura 42).

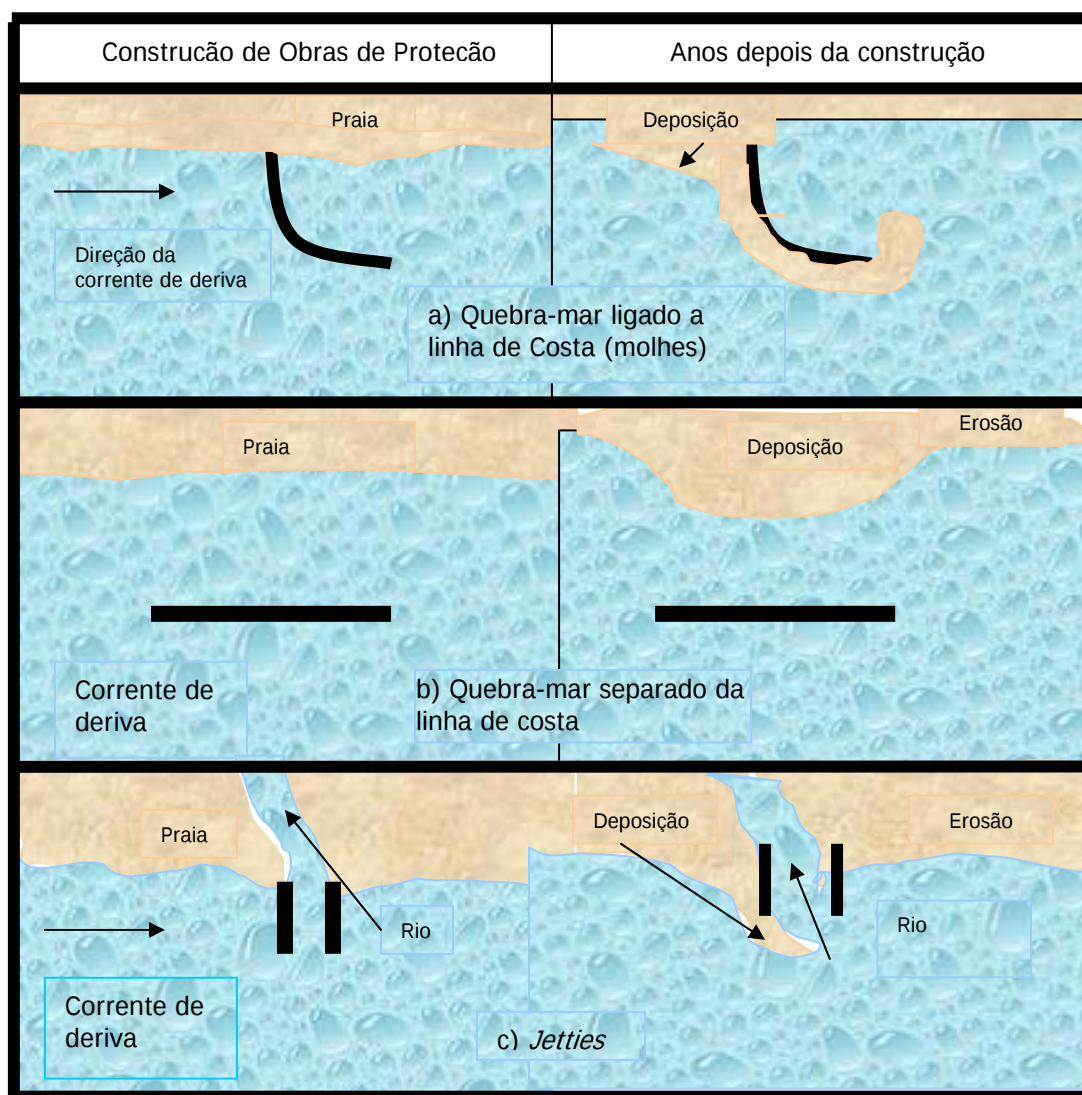


Figura 42 - Métodos de Estabilização de Praias

c) Diques

Segundo Griswold (1976) dique é um muro ou bancada construída em torno de uma área baixa sujeita a inundação por mar ou rio. O sistema de diques mais extenso do mundo está localizado na Holanda.

Suguio (1992) define dique como corpo de rocha ígnea intrusiva em discordância à estrutura da rocha de encaixe ou corpo tabular de rocha sedimentar, introduzida por preenchimento ou por injeção, em discordância à estrutura da rocha encaixe ou ainda paredão construído ao redor de uma área baixa para prevenir inundações. É indicado para costas de baixa amplitude, porém French (1997) alerta que poderá causar uma série de implicações ambientais, como em ambientes com a presença de dunas e mangues perdem a influência marítima, uma vez que, diminuindo a energia da onda, resultando também na diminuição do espriamento sobre o ambiente de pós-praia; a redução da energia de onda, transformando uma costa erosiva, em uma costa deposicional, causando uma erosão nas praias adjacentes; os efeitos antiestéticos da obra, e o fato que um quebra-mar reduz a acessibilidade de barcos para atividades de pesca ou lazer.

2.4.3 – Reabilitação por Processos Artificiais

- Engordamento artificial de praia

As obras costeiras não conseguem dissipar a energia das ondas com a mesma eficiência que as praias. No entanto, se essa está experimentando perda de sedimentos, erosão, o método menos impactante é a alimentação da praia, ou seja, aumentar artificialmente a quantidade de material que compõe a praia. Este método é menos agressivo do que as intervenções anteriores. Recomenda-se que o material utilizado deva estar o mais próximo possível da obra e ser o mais semelhante ao da praia. E que seja elaborado um estudo integrado para sinalizar os possíveis impactos ambientais decorrentes da exploração. Processos hidráulicos utilizando o sistema de dragas fixas ou móveis e dutos de descarga são usados para transferência de areia de zonas de empréstimo para o local degradado (Mauro, 2000).

- Reabilitação de Dunas

Neste procedimento diz respeito à extração de material de dunas para empréstimo em praias degradadas, ou para exploração mineral se faz necessário à aplicação de técnicas de reabilitação que restaure a morfologia original da duna (Moura, 2000).

2.5 – Procedimentos Técnicos para o Estudo da Erosão Costeira

2.5.1 – Metodologia para Avaliação da Erosão Costeira

Do ponto de vista morfodinâmico as zonas costeiras são áreas extremamente complexas e sensíveis. Para entender essa dinâmica costeira é necessário o conhecimento das formas e da intensidade dos agentes físicos que controlam os processos de transformação nessas áreas, só assim, evitarão ações predatórias e potencializadoras de problemas ambientais futuros. A eficiente conduta a ser adotada seria o monitoramento dos processos litorâneos, como clima das ondas, regime de ventos, marés, morfodinâmica praial e a morfologia da plataforma interna, em um segundo momento, o estudo desses processos utilizando modelagem numérica, visando definir cenários que abranjam propostas de intervenções e o confronto de suas conseqüências sobre o meio ambiente (CPRH, 2000).

Para uma adequada avaliação da erosão e, apropriada intervenção se necessário no ambiente de praia, de acordo com Moura (2000), tem-se que adotar procedimentos técnicos que contemple medição e interferência desses processos costeiros, tais como:

- Evolução da Linha de Costa

A definição do comportamento espacial e temporal ocorrido na linha de costa, assim como, outras feições litorâneas contempladas na área de estudo obtêm-se através da análise de fotografias aéreas atuais e pretéritas, e também utilizando técnica de Sensoriamento Remoto, que compartilhadas possibilitarão um melhor conhecimento dos parâmetros responsáveis pelos processos de erosão ou acumulação. Além disso, estas informações proporcionarão dados precisos e indispensáveis para o cálculo do deslocamento de linha de costa. As fotografias aéreas possuem uma projeção central e recomenda-se que antes de serem comparadas devem ser corrigidas para projeção ortogonal; utilizando Sistema de Geoinformação. Entrevistas com moradores antigos da região e monitoramento através de sobrevôos geram também informações relevantes.

Posteriormente, estas informações serão agregadas, sendo elaborado um mapa de posicionamento da linha de costa. Para posicionar aspectos relevantes prepara-se também um mapa planimétrico detalhado. Na elaboração automática dos mapas pode-se

usar programas tipo CAD, como MaxCAD, AutoCAD, Microstation, entre outros, e para saída dos dados *plotter*.

- Morfodinâmica Praial

Essa etapa consta-se da implantação e do monitoramento de perfis de praia, pois a morfologia praial está continuamente sendo modificada para se adequar às condições hidrodinâmicas que se alteram continuamente. Estes perfis são elaborados através da técnica de nivelamento geométrico, que determina as alturas dos pontos (pré-selecionados no terreno) em relação a uma Referência de Nível - RN, através de visadas horizontais, utilizando nível e mira.

Nesta fase do estudo defini-se a morfologia do perfil praial, verificando a resposta natural do mesmo à dinâmica das ondas e possibilitando o balanço sedimentar, materializado pela taxa de erosão e acreção.

Moura (2000) mencionou que os perfis devem ser levantados mensalmente levando em consideração os seguintes critérios:

- o nivelamento deve partir de uma RN do IBGE;
- os levantamentos devem ser realizados desde a pós-praia até um metro de lâmina d'água; e
- as estações selecionadas devem representar as inflexões do terreno.

- Sedimentos de Praia

No sentido de conhecer a distribuição textural dos sedimentos e suas relações com a declividade da praia e seu nível energético necessita-se coletar ao longo dos perfis de praia, uma ou mais amostras de sedimentos superficiais para setores de pós-praia, estirâncio e antepraia. Em metodologias clássicas as amostras coletadas são submetidas a estudos texturais e granulométricos em laboratórios especializados (Moura, 2000) .

2.5.2 – Levantamento Hidrodinâmico

O ambiente costeiro possui uma circulação complexa resultante da ação dos ventos, das marés, das ondas, das descargas fluviais e da interação desses fatores com o relevo do fundo. A circulação depende não só do transporte e do padrão de distribuição dos sedimentos, assim como de organismos e poluentes. Recomenda-se que, estes

parâmetros sejam medidos mensalmente, por ocasião da baixa-mar e preamar de sizígia, em pontos da costa previamente escolhidos.

Na zona de arrebentação são determinados o ângulo de incidência da onda, a altura significativa, o período, o tipo de arrebentação, a largura das zonas de arrebentação e espraiamento e a declividade da zona de estirâncio; a direção e velocidade da corrente litorânea, através de medições do deslocamento de corpos de deriva. Fora da zona deverão ser utilizados correntômetro/ondógrafo/maregráfo (Moura, 2000). Os dados resultantes são empregados na determinação do padrão de circulação líquida, e ainda, como subsídios para os estudos de sedimentológicos desta praia.

2.5.3 – Levantamento Batimétrico

A finalidade do levantamento batimétrico é mostrar, com precisão, a configuração superficial do fundo do mar, através de realização de perfis perpendiculares a linha de costa na plataforma continental interna adjacente, com equidistância aproximada de 100 metros, atingindo a isóbada de 10 metros, formando uma malha quadrática.

As sondagens ecobatimétricas poderão ser posicionadas com DGPS.

2.5.4 – Levantamento com Sonar de Varredura Lateral

Este tipo de levantamento utiliza emissão de ondas sonoras para estudar o fundo marinho. O sonar consiste basicamente de um peixe, que é tracionado pelo barco através de um cabo, ligado a um equipamento registrador. A resolução e o conteúdo de informações conseguidas produz uma visão da forma e da textura da superfície do fundo marinho. Os registros obtidos corresponderão a uma carta em vista plana do fundo marinho.

As cartas são analisadas, considerando a intensidade e a forma dos ecos registrados, de maneira a diferenciar os vários materiais do fundo (recifes, lama, bancos de areia, afloramento rochoso, algas calcárias, entre outros). Estudos são conduzidos paralelamente a realização das amostras pontuais dos sedimentos, possibilitando uma validação da interpretação dos registros (Moura, 2000).

2.5.5 – Levantamento Sísmico Monocanal

Este é considerado um excelente método de prospecção geofísica em plataformas raso. Utiliza o princípio de contraste de impedância acústica (velocidade x densidade do meio) entre os diferentes meios físicos.

O método permite determinar um registro sísmico analógico em tempo, onde pode ser visualizado, com grande precisão o relevo do fundo do mar, a coluna d'água, a espessura dos estratos sedimentares pouco consolidados ou consolidados (Moura, 2000).

O tipo de levantamento é utilizado em áreas onde a batimetria constata a presença de anomalias positivas de relevo e objetivas quantificar o seu volume e definir a profundidade limite de lavra. O levantamento emprega o posicionamento DGPS.

2.6 – O Litoral de Olinda – Ação do Mar e Intervenção do Homem

A área de estudo que esta pesquisa aborda, compreende o Setor 4 do MLO, na Figura 43, correspondendo do espigão de Olinda da praia de Casa Caiada até a foz do rio Doce, com uma extensão de 4km, exhibe uma linha de costa sinuosa, praia arenosas baixa, protegida por sete quebra-mares semisubmersos, distantes da praia, além de muros de concreto e de alvenaria, de curtos enrocamentos, alternando com pequenos trechos de praia natural, o setor pode ser classificado como de média vulnerabilidade (CPRH, 2000). Segundo MLO a vulnerabilidade deste trecho é média, significando que a praia apresenta uma frágil estabilidade ou ligeira tendência erosiva, com setores de pós-praia e estirâncio pouco desenvolvidos, e a presença de obras de fixação.

No setor encontram-se pontos de lançamento de esgotos, além disto possui uma laguna entre a praia e a linha dos quebra-mares. O mapa batimétrico, ilustrado na Figura 44, revela a existência de um canal central, com profundidade máxima de 3,0 metros (em relação ao zero hidrográfico), do espigão de Casa Caiada até próximo ao Olinda Praia Clube, diminuindo em direção ao norte, quando aflora o substrato rochoso formado por algas calcárias, atualmente recobertas por lama. No banco de lama do terceiro quebra-mar, o mais próximo da praia, a espessura de lama é superior a um metro (CPRH, 2000).

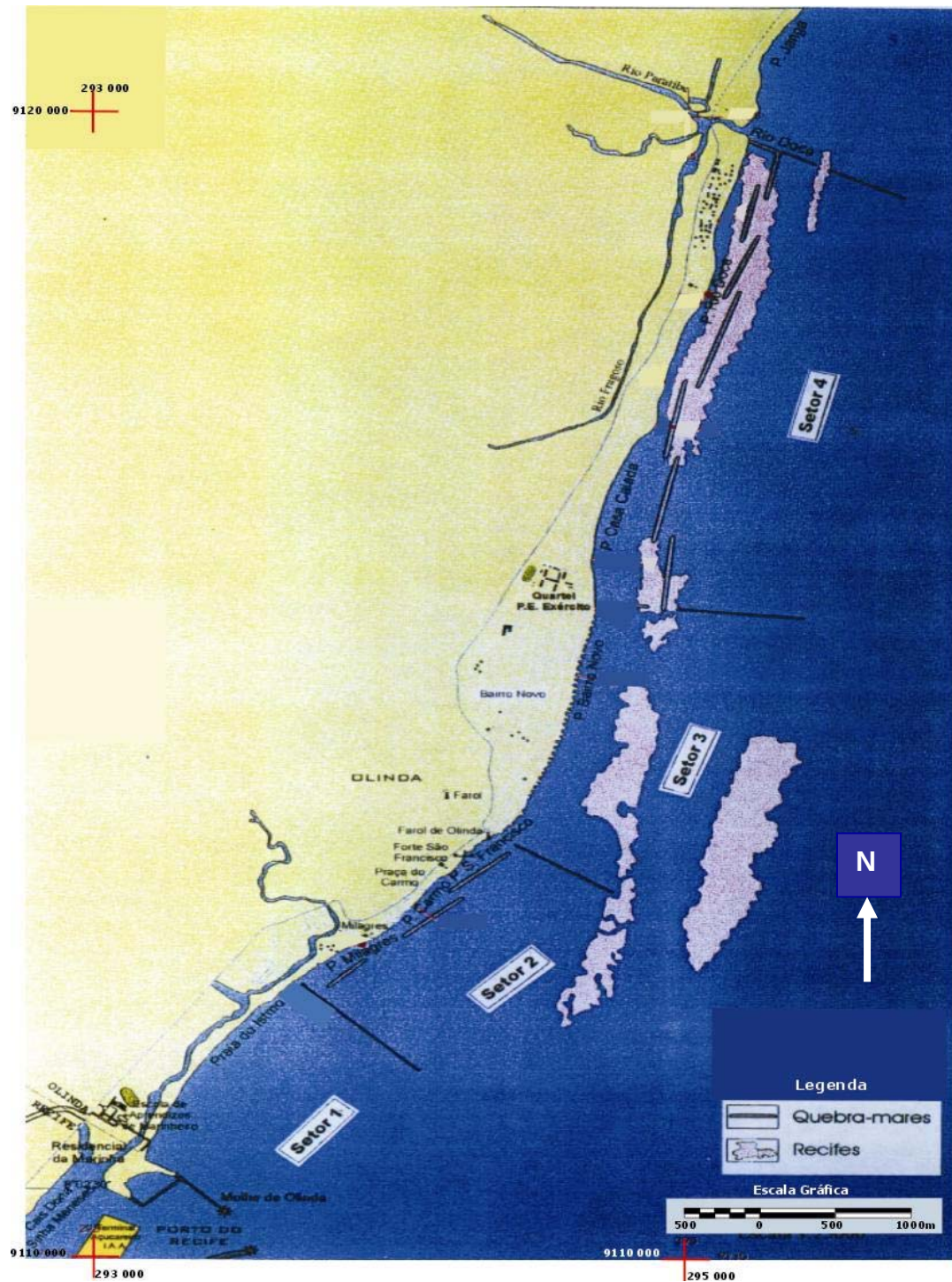


Figura 43 – Mapa dos Setores de Olinda
Fonte: CPRH (2000)

Os problemas decorrentes da erosão no litoral de Olinda não são recentes. Na década de 50 foram realizadas várias intervenções através de medidas emergenciais e descontínuas.

Em 2000 a Companhia Pernambucana do Meio Ambiente - CPRH elaborou um termo de referência, com o objetivo de conhecer as condições ambientais da área, permitindo assim a indicação das intervenções mais adequadas tanto para a recuperação como para manutenção das obras existentes. O diagnóstico indica quais as novas obras de proteção e regenerações devem ser executadas no litoral de modo que seja mantida a estabilidade do litoral. O estudo norteou o Plano de Monitoramento do Litoral do município de Olinda.

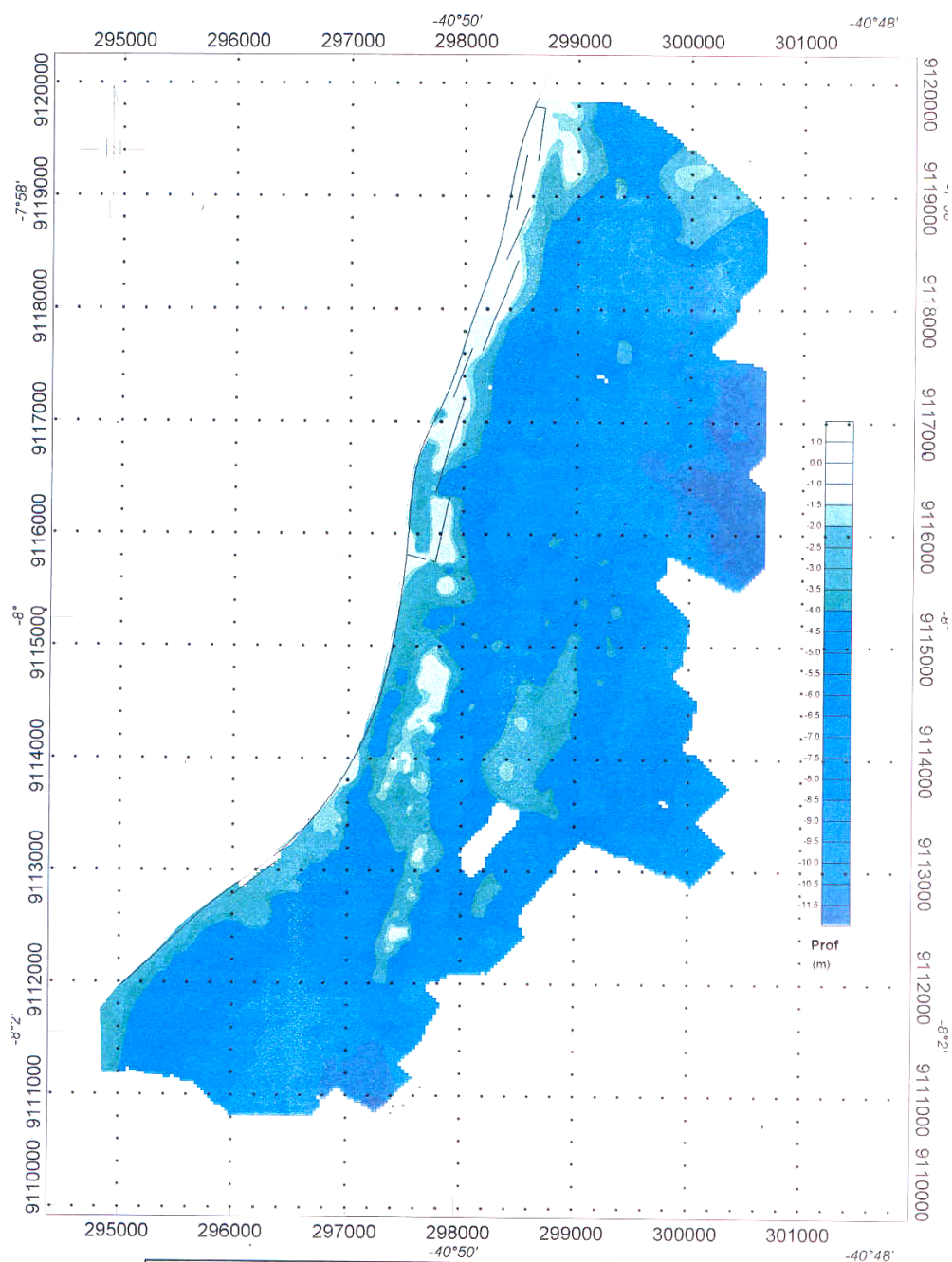


Figura 44 – Mapa Batimétrico do Litoral de Olinda

Fonte: CPRH, 2000.

Nesta mesma época a Prefeitura de Olinda elaborou um Plano de Ações para Revitalização das Praias de Olinda, que visava a consolidação das obras existentes, a melhoria das qualidades das praias, o controle do avanço do mar e a revitalização da orla marítima, constituindo-se no primeiro passo de gestão costeira integrada.

O planejamento urbano isoladamente não resolve os problemas da erosão, da poluição ou da pressão imobiliária, mas combinado com estudos costeiros integrados pode contribuir para reduzir o impacto desses problemas (CPRH, 2000).

2.6.1 – Morfologia Praia de Olinda

Os modelos de morfologia costeira resultam da ação de agentes dinâmicos diversos, entre os quais destacam-se as ondas e as correntes, o vento e a maré, que atuam em diferentes escalas temporal e espacial.

A erosão costeira deve ser entendida como um processo natural ou induzido pelo homem. O processo torna-se um problema quando interage com qualquer componente do sistema costeiro e modifica usos e recursos do mesmo (CPRH, 2000).

As praias arenosas geralmente perdem areia no período de ondas de alta energia e engordam em épocas de ondas de fraca energia, demonstrando com a grande mobilidade as condições hidrodinâmicas que essas praias se ajustam. O clima de onda e a granulometria dos sedimentos são os fatores determinantes da declividade das praias.

Conforme estudo CPRH (2000) dois fatores definem a intensidade da erosão vertical do perfil das praias, a altura e esbeltez da onda e a configuração do perfil antes da resseca, estas informações são imprescindíveis para execução de projetos de revitalização de orla, como por exemplo, engordamento de praia.

No estudo do monitoramento do litoral de Olinda foram efetuados levantamentos morfodinâmico e hidrodinâmico durante o período de fevereiro a outubro de 1999, em cinco perfis ao longo do litoral olindense. A construção de obras para contenção do avanço do mar, ao longo do litoral de Olinda, provocou a interrupção do fluxo de sedimento em alguns trechos e a perda de areia das praias entre outros, tendo como resultado o agravamento do processo erosivo.

2.6.2 – Vulnerabilidade

A avaliação da vulnerabilidade possibilita identificar os riscos e determinar ações prioritárias de cenários futuros. No estudo do Monitoramento do Litoral de Olinda (MLO) a vulnerabilidade foi definida como sendo a probabilidade de uma determinada área sofrer danos devido à ação de agentes naturais ou antrópicos. O grau foi determinado em função da erosão, materializada pelo recuo da linha de costa, da estabilidade e das características de praia e do tipo de intervenção humana, resultando na classificação da praia em setores, constituído-se de instrumento importante para o ordenamento da costa.

2.6.3 – Movimentação Costeira

Segundo o estudo do Monitoramento do Litoral de Olinda (CPRH, 2000) as mudanças no istmo foram inicialmente provocadas pela obras de ampliação do Porto do Recife. As obras causaram grandes impactos sobre o sistema costeiros ao Norte da cidade do Recife. Inicialmente, a visão das intervenções foi no sentido de proteger o Porto do Recife de ações causadas pelas ondas, tendo sido prolongado o quebra-mar natural, foram construídos os recifes paralelos à costa, que atingiram 4km de comprimento; o molhe de Olinda com 800m e o quebra-mar do Branco Inglês com 1.150m de extensão.

A posição da linha de costa de Olinda, entre 1915 e 1950, experimentou um significativo recuo de aproximadamente 80 metros, o que resultou um intenso processo erosivo, tem se instalado se instalou, principalmente nas praias dos Milagres, do Carmo e de São Francisco, como pode ser observado na Figura 45.



Figura 45 – Mapa ilustrando a Posição da Linha de Costa em 1915 e 1950.

Fonte: BRASIL, (1985)

A Fotografia 1, mostra uma casa atingida pelo mar , na praia dos Milagres, que serve de testemunho do avanço do mar no início do século passado.



Fotografia 1 - Vista da Praia dos Milagres em 1950

Fonte: Sr.José Maria, 1950.

O Ministério da Marinha solicitou em 1953, ao *Laboratoire Dauphinois d'hydraulique Neyrpic* (Grenoble, França) uma proposta para o estudo da viabilidade cujo objetivo era a construção da Base Naval do Recife.

O agravamento da erosão costeira nas praias que compreende o trecho entre o Molhe de Olinda e o Farol de Olinda fez com que o Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais (DNPRC) aprovasse a ampliação da proposta formulada pelos franceses (CPRH, 2000), incluindo um novo estudo de proteção das praias, que foi iniciado em 1954 e as obras começou em 1958. O Projeto indicou a construção de dois longos quebra-mares semi-submerso, em frente às praias dos Milagres, do Carmo e de São Francisco, associados a seis espigões curtos, formados por pedras soltas, sendo três ao Norte e três ao Sul do trecho protegido pelos quebra-mares. As intervenções foram concluídas parcialmente em 1962, pois os três espigões ao Sul não foram construídos.

Antes da conclusão das obras foi observado que o mar continuava avançando na parte Norte do litoral. Nesta ocasião, no intuito de conter a erosão, foi recomendada a construção de mais trinta e cinco espigões curtos, espaçados cerca de 50 metros, ligados

por uma muralha aderente de pedras soltas, entre as praias de São Francisco e Bairro Novo. A construção dos trinta e cinco espigões não constava do estudo que os franceses do *Neyrpic* haviam formulado.

As obras executadas garantiram proteção da orla, entretanto não houve preocupação com a regeneração das praias. A medida em que a cidade se expandia em direção ao norte, o problema da erosão mostrava-se incontido tornando-se mais grave (CPRH, 2000).

Os processos erosivos continuaram destruindo as praias ao Norte do espigão de número 38 de maneira preocupante. Diante deste fato, a Empresa de Obras Públicas do Estado (EMOPER), solicitou ao Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), a elaboração de novos estudos com a elaboração dos projetos necessários à proteção do litoral no trecho entre o Quartel da Polícia Especial do Exército e a foz do rio Doce. O resultado motivou a construção de sete quebra-mares paralelos à costa, entre os anos de 1977 e 1985, com eventual engordamento artificial das praias, sendo finalizado com a execução do guia corrente na foz do rio Doce.

Para assegurar uma proteção eficaz ao istmo, ilha do Maruim e áreas adjacentes, o INPH propôs a construção de uma nova muralha aderente de concreto ciclópico, com 1300 metros de extensão.

Durante as últimas décadas várias intervenções foram realizadas, no sentido de manter e recuperar as estruturas existentes, enquanto outros projetos, não foram executados devido ao elevado custo e a escassez de recursos (CPRH, 2000).

2.6.4 – Estudos para Revitalização da Orla

Na última década do século passado, a prefeitura de Olinda em conjunto com a Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos - CPRH e o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE vem direcionando esforços no sentido de revitalização da orla no município.

Em 1994 a UFPE em parceria com a CPRH elaborou o Diagnóstico Ambiental do Município de Olinda. O estudo mapeou e analisou as áreas de interesse ambiental. Desta forma, apresentou vários aspectos que podem ser aplicados na administração de um desenvolvimento sustentável no município, complementando as ações estabelecidas pelo Plano Diretor. O Diagnóstico apresenta-se como um instrumento de organização espacial para o município de Olinda, observando a preservação ambiental, o que permitiu identificar ações para minimizar os impactos ambientais negativos. Além disso, tem servido como instrumento de apoio ao planejamento das atividades dos órgãos ambientais estaduais e municipais, pois introduziu a problemática do meio ambiente e da qualidade de vida da população no processo político de ordenamento do território.

A estratégia seguinte foi elaborar o estudo: Monitoramento do Litoral de Olinda (MLO). A execução foi da equipe do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, UFPE, cuja direção seguiu o termo de referência elaborado pela Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. O estudo permitiu um melhor conhecimento das condições ambientais do litoral de Olinda, além de indicar as intervenções mais adequadas para recuperar e manter as estruturas existentes. A vulnerabilidade e os riscos da costa foram avaliados, sendo recomendado à realização de novas obras de proteção e a regeneração de praias, com o objetivo de garantir a estabilidade do litoral (CPRH, 2000).

Com base nas recomendações, formuladas pelo estudo, a Prefeitura que não possuía um plano de gestão integrada, elaborou um documento intitulado "**Ações para revitalização das praias de Olinda**", constituindo-se no primeiro passo para um plano de gestão integrada do Município. O plano possui três ações básicas: a consolidação das obras existentes, o controle do avanço do mar e por último melhorar a qualidade das praias com a revitalização da orla.

- Projetos e Intervenções na Orla

As obras realizadas em 1950, ano que marcou o início das intervenções em Olinda, com o tempo perderam sua eficiência de proteção. Na época em que foram implementadas as primeiras intervenções na praia não existia a visão de desenvolvimento sustentável onde deve ser mantida a qualidade de vida da população. O conceito na década de 50 era proteger o patrimônio do avanço do mar, resumia - se em obras de proteção do litoral, sem recuperação da praia.

O tempo provoca em todas as obras de engenharia um desgaste natural, que demanda de restauração. Nas intervenções do homem em áreas costeiras, o efeito de degradação se agrava com mais frequência, pois são as zonas mais movimentadas e dinâmicas do planeta.

As praias contempladas no plano de ação, assim como o tipo de intervenção e o estágio atual são abordadas nesta fase da pesquisa.

- Praia do Fortim

Aumento da cota de coroamento do quebra-mar semi-submerso, para melhorar sua eficiência. Com o tempo as estruturas desses quebra-mares cederam devido à retirada de areia pelas ondas do mar, perdendo com o tempo a eficiência inicial. Esta etapa já foi realizada.

- Praia do Bairro Novo

Em alguns pontos o enrocamento está perdendo sua efetividade e o calçadão de Bairro Novo estava afundando, para conter o processo foram realizados reforços no enrocamento aderente e espigões. Etapa concluída.

- Praia de Casa Caiada

Aumento da cota de coroamento de quebra-mar semi-submerso. O mesmo processo da praia do Fortim foi identificado na praia de Casa Caiada, principalmente nos trechos entre o Quartel do Exército e o Colégio Atual. A etapa foi parcialmente executada, os resultados não foram satisfatórios. Também foram efetuadas construções de muro de concreto para proteção de pontos isolados. Ação executada em alguns pontos isoladamente.

- Praia de Rio Doce

A construção de muro de alvenaria com pedra para proteção de pontos isolados foi executada. A construção do guia-corrente do Rio Doce foi executada. A recuperação das calçadas da praia dos Milagres até o antigo Hotel Quatro Rodas, parcialmente executada.

- Recuperação e Revitalização da Orla

Em alguns pontos do litoral de Olinda, o mar está avançando provocando erosão. As ações sugeridas pelo MLO e implantadas, no que se refere à área definida como

projeto piloto, praia dos Milagres (Fotografia 2), foram concluídas. A Fotografia 3 ilustra uma simulação da faixa de praia proposta pelo MLO . Entretanto, esta praia em 1940 durante uma ressaca pode ser observada na Fotografia 4.



Fotografia 2 – Istmo e da praia dos Milagres (revitalizado), a seta indica o local da ressaca da mostrada Fotografia 4.

Fonte: MLO (2000).



Fotografia 3 – Representação do mesmo trecho da Fotografia 2, com a simulação da recuperação da faixa de praia através de engordamento.

Fonte: MLO (2000).



Fotografia 4 – Ressaca na Praia dos Milagres em 1940.

Fonte: José Maria (1940).

A praia dos Milagres que no passado atraía os banhistas de Recife, deixou de existir como praia nas últimas décadas. O plano piloto foi concluído no final do ano 2000, entregando a sociedade um trecho da orla recuperado. Para tanto, foi aplicada a técnica de engordamento da praia (Fotografia 3), que resumidamente consiste na colocação de areia sobre as pedras e na construção de quebra-mar semi-submerso. Este trecho era o último ponto de agressão acentuada do litoral olindense, com erosão visível. Em alguns pontos do litoral de Olinda o mar está avançado, provocando erosão. As ações sugeridas pelo MLO e implantadas no que se refere à área definida como projeto piloto, praia dos Milagres foram totalmente concluídas.

As ações previstas como a eliminação dos lançamentos de esgoto ao longo da orla e a limpeza da lama no fundo da praia de Rio Doce com a substituição por areia, por problemas diversos, não foram executadas.

- Regeneração da Praia de Bairro Novo

O trabalho seria direcionado para o engordamento da faixa de praia com drenagem de areia. Na etapa seguinte haveria a retirada parcial dos espigões e engordamento aderente, porém essa parte do projeto não foi executada.

- Projeto da Ilha do Maruim

A etapa de implantação da Av. Beira Mar no trecho da ilha do Maruim e modificação do partido urbanístico da ilha do Maruim, embora previstas não foram executadas.

- Revitalização da Orla Marítima de Olinda

O projeto previa o alargamento da Av. Marcos Freire e a implantação do binário com a Av. Getúlio Vargas, assim como as ações formuladas nos itens anteriores, não foram executadas.

2.6.5 – Deslocamento da Linha de Costa de Olinda

A linha de costa das praias de Casa Caiada e Rio Doce apresenta três pequenas enseadas, correspondendo a porção da planície costeira, representada por uma estreita faixa de praia. Os sinais de recuo da linha de costa em Olinda nos últimos cinquenta anos são evidentes (Fotografia 5).



Fotografia 5 - Ruínas de Antigas Residências – praia do Carmo

Fonte: MLO (2000)

O cálculo da evolução da costa, assim como definição de taxas de erosão e sedimentação e o grau de vulnerabilidade, necessitam da comparação de documentos cartográficos de épocas diferentes.

Segundo MLO (CPRH, 2000), quase todo litoral olindense encontra-se estabilizado pelas obras de engenharia rígidas (enrocamento, quebra-mares e espigões), direcionadas no sentido da contenção do avanço do mar. A exceção esta na praia do Istmo, que se encontra em estado natural.

2.6.6 - Causa da Erosão de Olinda

De acordo MLO (CPRH, 2000) o avanço do mar que provocou graves danos ambientais na zona costeira do município de Olinda que podem ter sido causados pela combinação de vários eventos, particularmente, a redução do fornecimento de sedimentos às praias, a presença de linhas de recifes paralelos à costa, que associadas ao grande desenvolvimento de algas calcárias, dificultam o transporte de areia da plataforma interna para a praia e, finalmente, as numerosas intervenções realizadas para melhoramento e a ampliação do Porto do Recife, e o próprio sistema de proteção das praias, que modifica o padrão de circulação de sedimentos na área.

2.6.7 – Proteção Contra Riscos Costeiros

De uma maneira geral, as obras de contenção têm como finalidade a recompor as praias, compensando o desequilíbrio do litoral, provocado pela erosão natural ou devido a intervenções humanas, como criação de praias artificiais destinadas ao lazer e à proteção do patrimônio situado na orla (CPRH, 2000).

Segundo MLO (CPRH, 2000, p.41) a tendência mundial de um recuo generalizado na linha de costa, deve-se assegurar um certo grau de proteção contra os riscos costeiros em litorais com vocação turística como é caso do município de Olinda (CPRH, 2000). Para que a proteção da praia contra os riscos costeiros aconteça, no primeiro momento deve-se escolher o tipo de proteção vários existentes, que pode ser usado individualmente ou de forma associada, porém é imprescindível um estudo preliminar da morfologia, da batimetria da praia submersa, do clima de onda e das características dos sedimentos e do modelo de transporte.

As intervenções no litoral olindense foram realizadas sem uma visão de gestão integrada. O reflexo imediato da falta de planejamento agiu diretamente na alteração do equilíbrio costeiro, agravando os problemas de erosão, de poluição e de urbanização desordenada. Em decorrência houve a destruição de praias e o aparecimento de um sistema de proteção de obras rígidas (quebra-mares, enrocamento, espigões e muros verticais), que fixaram o litoral, impedindo o recuo da linha de praia, mas quase mostraram ineficientes na recuperação das praias (CPRH, 2000).

Os vários tipos de proteção e os riscos costeiros da orla de Olinda estão relacionados no Quadro 8.

Quadro 8 – Mostra os Principais Tipos de Riscos e de Proteção das Praias de Olinda

PRAIAS	RISCOS			TIPOS DE PROTEÇÃO				
	Erosão	Poluição	Urbanização desordenada	Espigão	Enrocamento	Quebra-mar	Muro	Engordamento
Ístmo		X					X	
Milagres	X	X			X	X		
Carmo	X	X			X	X		
S. Francisco	X	X		X	X	X		
Bairro Novo	X	X		X	X			
Casa Caiada	X	X	X	X	X	X	X	X
Rio Doce	X	X	X	X	X	X	X	

Fonte: MLO (CPRH, 2000, p.46).

Capítulo 3

Área de Estudo: O Município de Olinda

3. Município de Olinda

Olinda é um dos municípios da Região Metropolitana do Recife - RMR, no estado de Pernambuco (Figura 46), localizado na parte oriental do Nordeste brasileiro. Criado pelo alvará datado de 30 de maio de 1815, sendo, porém extinta em 1833. Restaurou-a, todavia, a Lei providencial nº. 92, de 13 de maio de 1862, sendo a capital de Pernambuco até 1827.

O município está compreendido entre os paralelos 7° 57' 30" e 8° 02' 30" de latitude Sul e os meridianos 39° 49' 41" e 39° 55' 00" de longitude Oeste Greenwich, conforme Figura 47, ocupando uma área , segundo o IBGE (2002), de 43, 55km². Limita-se, ao Norte com o município do Paulista, ao Leste com o Oceano Atlântico, à Oeste e ao Sul com o Recife.

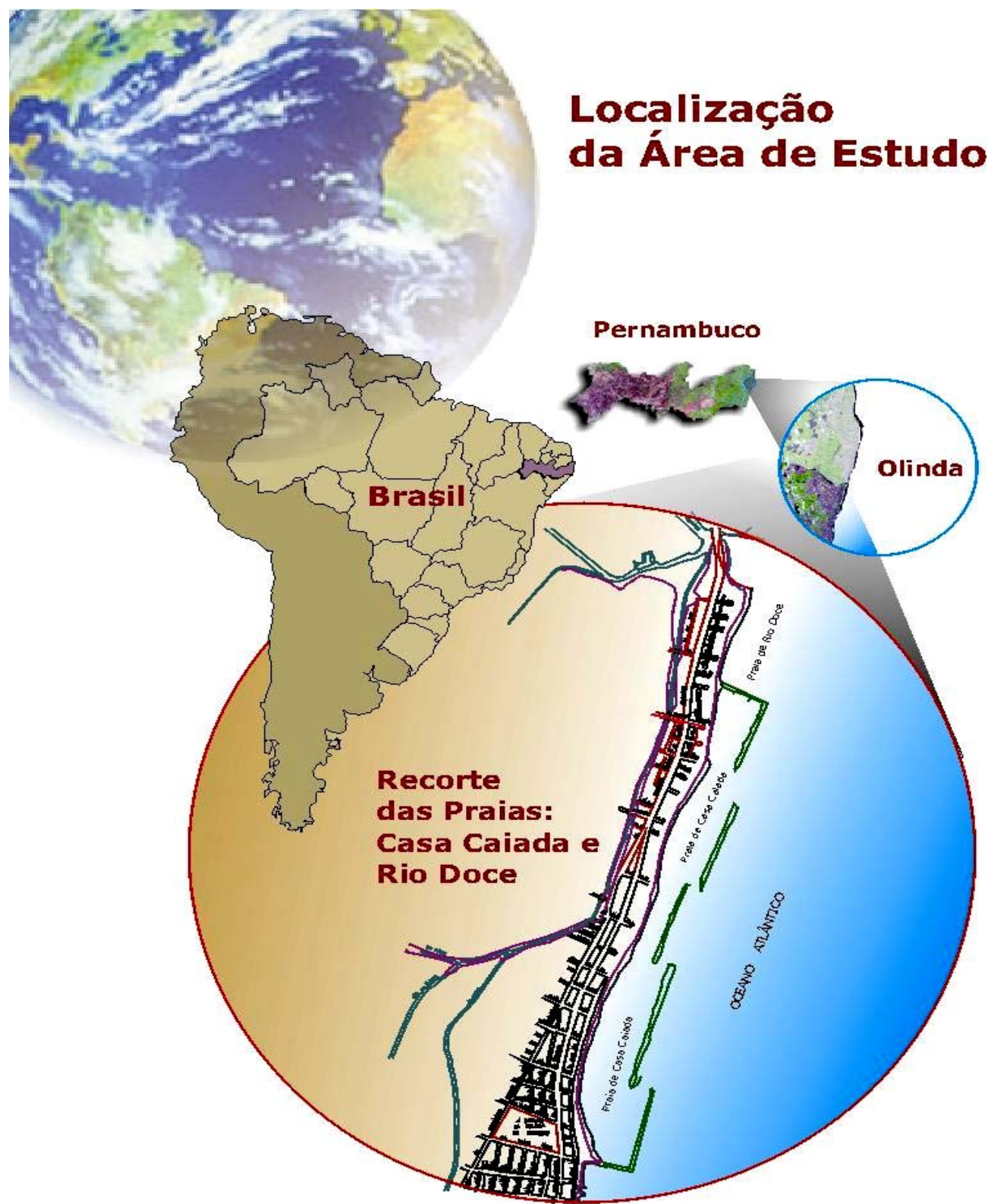


Figura 46 – Mapa de Localização da área de estudo

No mapa municipal de Olinda (Figura 47), observa-se os contornos do município, a malha urbana, a região do sítio histórico e a zona rural.

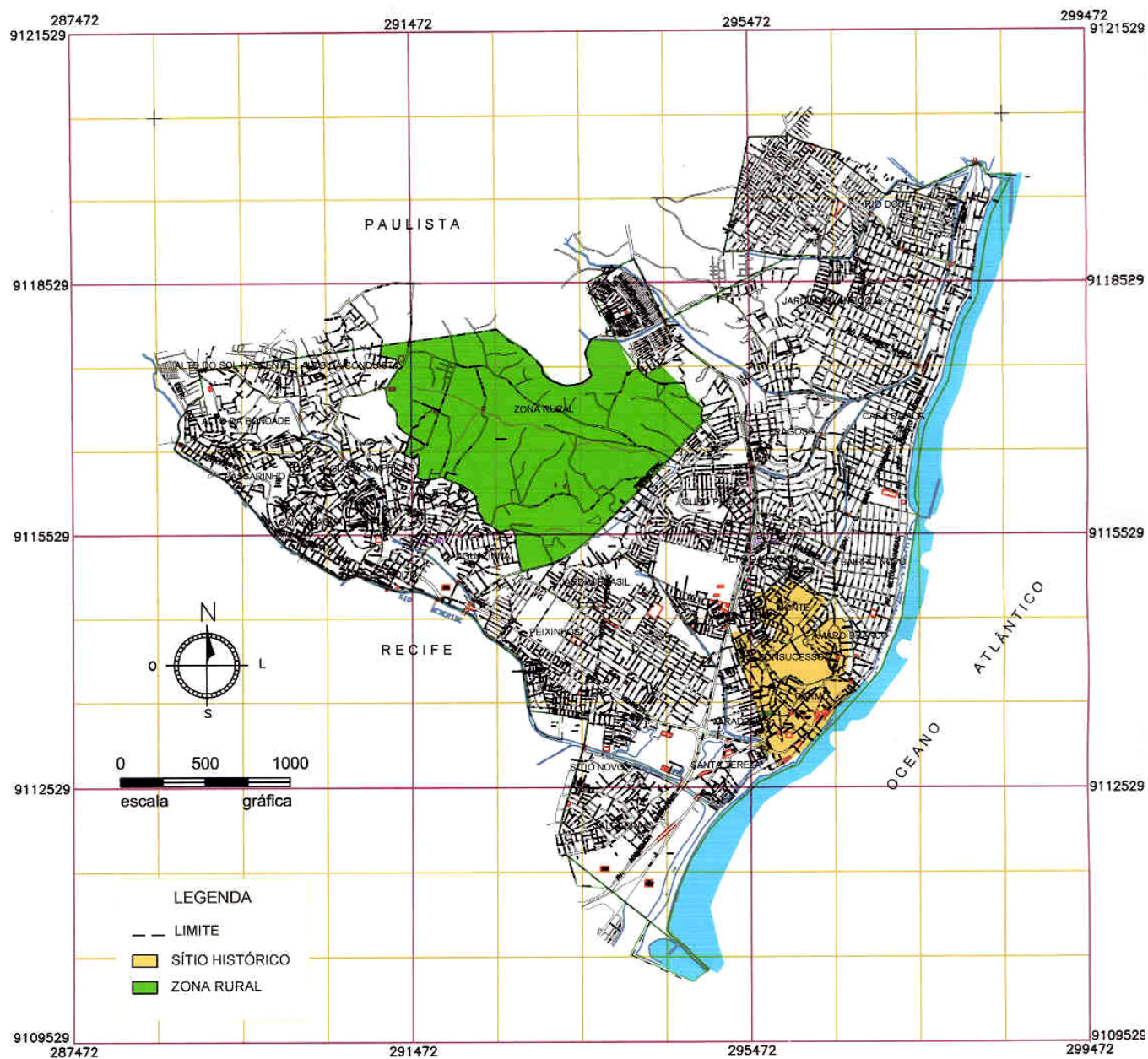


Figura 47 – Mapa do Município de Olinda

3.1 – Litoral de Olinda

O litoral olindense é formado por 10,5km de costa aberta, caracterizada por depósitos arenosos, compreendendo as praias: Istmo, Milagres, Carmo, São Francisco, Casa Caiada e Rio Doce.

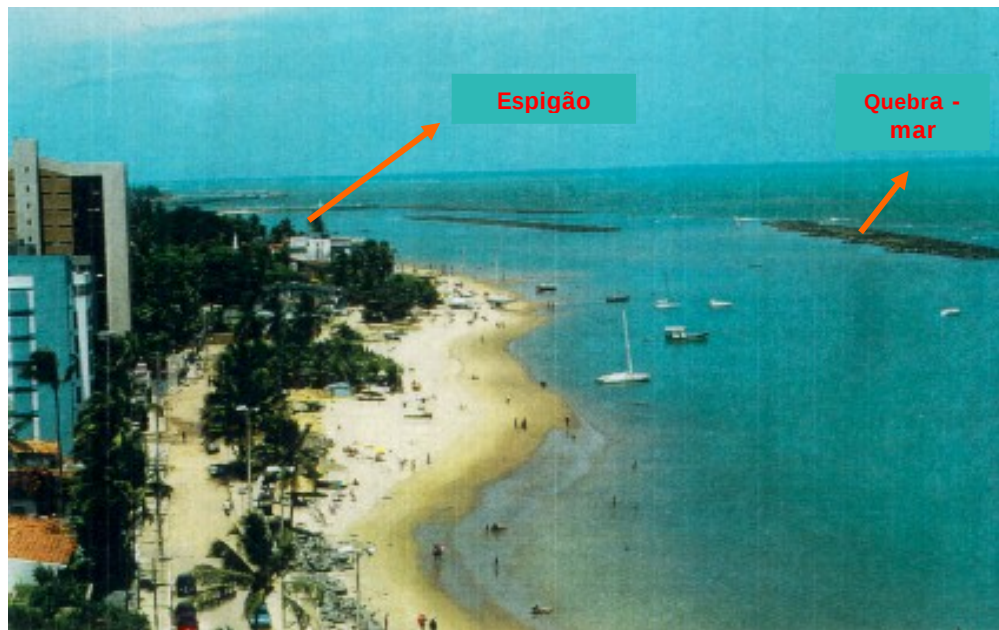
A linha costeira de Olinda é sem dúvida o maior sítio paisagístico municipal, sendo de grande importância econômica, uma vez que é na faixa litorânea esta concentrada a maior parte da população, bem como as atividades comerciais, de recreação e de turismo. O Diagnóstico Ambiental de Olinda (CPRH, 1994) definiu quatro trechos do litoral (Figura 43) que apresentam problemas ambientais distintos, como água imprópria para banho, erosão marinha, dificuldade de acesso à praia, disposição de esgoto doméstico, entre outros, são: Setor 1 – praia do Istmo até dos Milagres, Setor 2 – praias dos Milagres, do Carmo e São Francisco, Setor 3 – praias do Farol e Bairro Novo, e finalmente, Setor 4 – praias de Casa Caiada e Rio Doce.

A área de estudo abordada na pesquisa é formada pelas praias de Casa Caiada e Rio Doce, Setor 4, pois os outros trechos encontram-se estabilizados, enquanto que este ainda está experimentando erosão.

3.1.1 – Praias de Casa Caiada e Rio Doce

O trecho entre a Rua Dr. Manoel R. Lima até a foz do Rio Paratibe possui uma extensão de aproximadamente 4km. Apresenta praias de areia que em alguns locais são completamente imersos pelas águas durante a preamar.

Em espaço costeiro do estudo constatou-se a presença de obras de proteção ao litoral, sendo sete quebra-mares afastado da costa e dois espigões implantados perpendicularmente ao litoral. A Fotografia 6 mostra uma vista da praia de Casa Caiada. A área apresentada é muito utilizada para banho, prática de futebol e esportes de contato (*wind-surf*, natação, vela, remo, entre outros), bem como para pesca e captura de moluscos.



Fotografia 6 – Vista da Praia de Casa Caiada

Segundo o Diagnóstico Ambiental de Olinda (CPRH, 1994) as principais causas e problemas ambientais das praias de Casa Caiada e Rio Doce são decorrentes:

- de construção de obras de proteção ao litoral
 - o acúmulo de areia junto aos diques;
 - o formação de lagoa de água estagnada, com risco de poluição das águas;
 - o prejuízo à navegação (assoreamento do canal); e
 - o alargamento ou aparecimento de praia no setor tratado com espigões com agravamento do fenômeno de erosão marinha no lado privado de sedimentos;
- de disposição de resíduos sólidos;
- de lançamento de águas pluviais na praia;
- de disposição de esgotos domésticos;
- de ocupação de faixa de areia por barracas distribuídas de forma desordenadas, além do aspecto indesejável, atentando contra a estética e a paisagem;
- da formação de canais entre os sedimentos depositados junto aos diques e à praia, constituindo-se perigo para os banhistas entre outros.
- da modificação na textura e coloração da areia da praia.
- da ocupação da faixa de praia por embarcações de lazer, dificultando a utilização da mesma pelos banhistas;

- da presença de animais na praia; e
- da falta de periodicidade do sistema de limpeza pública, entre outros.

3.2 – Aspectos Físico-Ambiental

3.2.1 – Clima

Segundo a classificação geral de Köppen (SUDENE, 1974), possui clima do tipo As', ou seja, quente e úmido, com chuvas de outono e inverno, distribuídas de março a agosto, com temperatura mínima de 18° C.

3.2.2 - Hidrografia

A rede de drenagem do município é parte integrante das Bacias dos rios Beberibe e Paratibe. O rio Paratibe percorre uma extensão de 16km, a bacia corresponde a uma área de 118,54km² dos quais 18,6%, cerca de 22,08 km² estão inseridos em Olinda. Vale ressaltar, que suas nascentes localizam-se nos municípios do Recife, Paulista e São Lourenço da Mata. Dentre os principais afluentes estão o rio Fragoso, canal do Matadouro (canal Ouro Preto) e canal do Rio Morto (canal Bultrins/Fragoso), possuindo os dois primeiros nascentes na zona rural de Olinda.

O rio Beberibe percorre uma extensão de aproximadamente 31km, e nasce no município de Camaragibe. Sua bacia de drenagem possui aproximadamente 78,71km² dos quais 17,8%, cerca de 14km² estão no município de Olinda. Os principais afluentes da margem direita são: Vasco da Gama ou Arruda e o rio Morno, que é o maior afluente do córrego dos Macacos e os da margem esquerda são: riacho do Abacaxi (canal Lava Tripas) e canal da Malária.

3.2.3 – Vegetação

Segundo o ponto de vista fitogeográfico, o município de Olinda está situado dentro da Zona da Mata. A cobertura vegetal original era constituída pela Mata Atlântica, do tipo

Ombrófila Densa, e seus ecossistemas associados (manguezais e restingas). A Mata Atlântica é uma formação vegetal exuberante, apresentando três estratos, o arbóreo, o arbustivo e o herbáceo. As espécies mais representativas desta formação estão inseridas no estrato arbóreo, podendo alcançar 25-30m de altura, destacando-se: *Copaifera Nítida* (pau-d'óleo), *Hymenaera sp* (jatobá), *swartzia sp* (jacarandá, banha de galinha), *caesalpina echinata* (pau-brasil), *Cariniana legalis* (jequitibá branco, jequitibá) *Schinus sp* (Aroeira).

Entre as praias e os morros da Formação Barreira encontra-se a vegetação de restinga, a qual ocupa solos arenosos profundos. As árvores têm, geralmente, copa longa e irregular, não muito elevado. Entre as principais espécies, destacam-se: *Anacardium occidentales* (cajueiro), *Schinus terebintefolios* (Arauna da praia), *Manikana salzmanni* (maçaranduba), *Tabebuia roscoalba* (pau d'arco).

Quanto aos manguezais, apresentam pouca variedade de árvores, porém grande número de indivíduos por espécie, predominando a *Rhizophora magle* (mangue-vermelho), *Avicenia shaweriana* (mangue siriuba), *Laguncularia racenosa* (mangue-branco).

Infelizmente, as formações primitivas encontram-se totalmente descaracterizadas pela ação antrópica, restando com testemunhas apenas a Mata do Passarinho, a Mata do 7º. Regimento Militar de Olinda do Exército - 7º RO, manchas localizadas de vegetação de mangue (área estuarina dos rios Paratibe e Beberibe), e alguns resquícios de vegetação de restinga na zona rural.

3.2.4 – Geologia

O mapeamento geológico da região costeira pernambucana, na escala 1:100.000, elaborada pelo Laboratório de Geologia Marinha – LGM da UFPE, apontou em todo litoral do Estado a existência de cordões arenosos marinhos, o mais antigos datados de 120 mil anos do período pleistoceno, e os mais recentes datam de 5.200 anos do período holoceno.

No Mapa Geológico de Olinda, Figura 48, observar-se o terraço arenoso do pleistoceno que está localizado até um quilômetro e meio da costa. O terraço do holoceno ocorre em toda faixa litorânea onde existe uma intensa ocupação humana.

As ações antrópicas sem planejamento adequado contribuem, cada vez mais, para degradação do meio ambiente. Manso (1999) destaca que, um dos motivos do avanço do mar no litoral pernambucano é a urbanização desordenada da costa, poluição ambiental, entre outros. As construções constituem ameaça, pois impermeabiliza os estoques de areia, interferindo no equilíbrio de praia. Aliados aos fenômenos antrópicos existem os fenômenos naturais, como as mudanças climáticas (variações de temperatura da terra, e os ciclos glaciais e interglaciais).

Olinda está geologicamente localizado na Faixa Sedimentar Cretácica-Paleocênica, a qual é caracterizada por apresentar, ao Norte e ao Sul do Recife, comportamento diferente tanto no sentido litológico (tipo de rochas), como no cronológico (idade). Levando assim, aos estudiosos da área a subdividir esta faixa em dois domínios distintos, de acordo com os conceitos atuais, a Faixa Vulcano – Sedimentar Sul de Pernambuco e a Faixa Sedimentar Norte de Pernambuco¹.

3.2.5 – Saneamento

O modelo de saneamento implementado no município ocorreu como em outros municípios brasileiros, dando prioridade ao sistema de abastecimento d'água, e relegando os demais componentes. O retrato desse triste quadro reflete-se nos resultados da Pesquisa de Saneamento Básico de Pernambuco (IBGE, 2000). Segundo a pesquisa dos 185 municípios pernambucanos, 167 possuem serviço de abastecimento de água e, apenas, 47 esgotamento sanitário. Olinda está em terceiro lugar no Estado servido com sistema de rede geral de coleta de esgotos, sendo atendidos 102.430 habitantes, o que corresponde a 27,84% da população.

¹ O sistema de falhamento do lineamento Pernambuco constitui um referencial para diferenciação em superfície, das Faixas supracitadas.

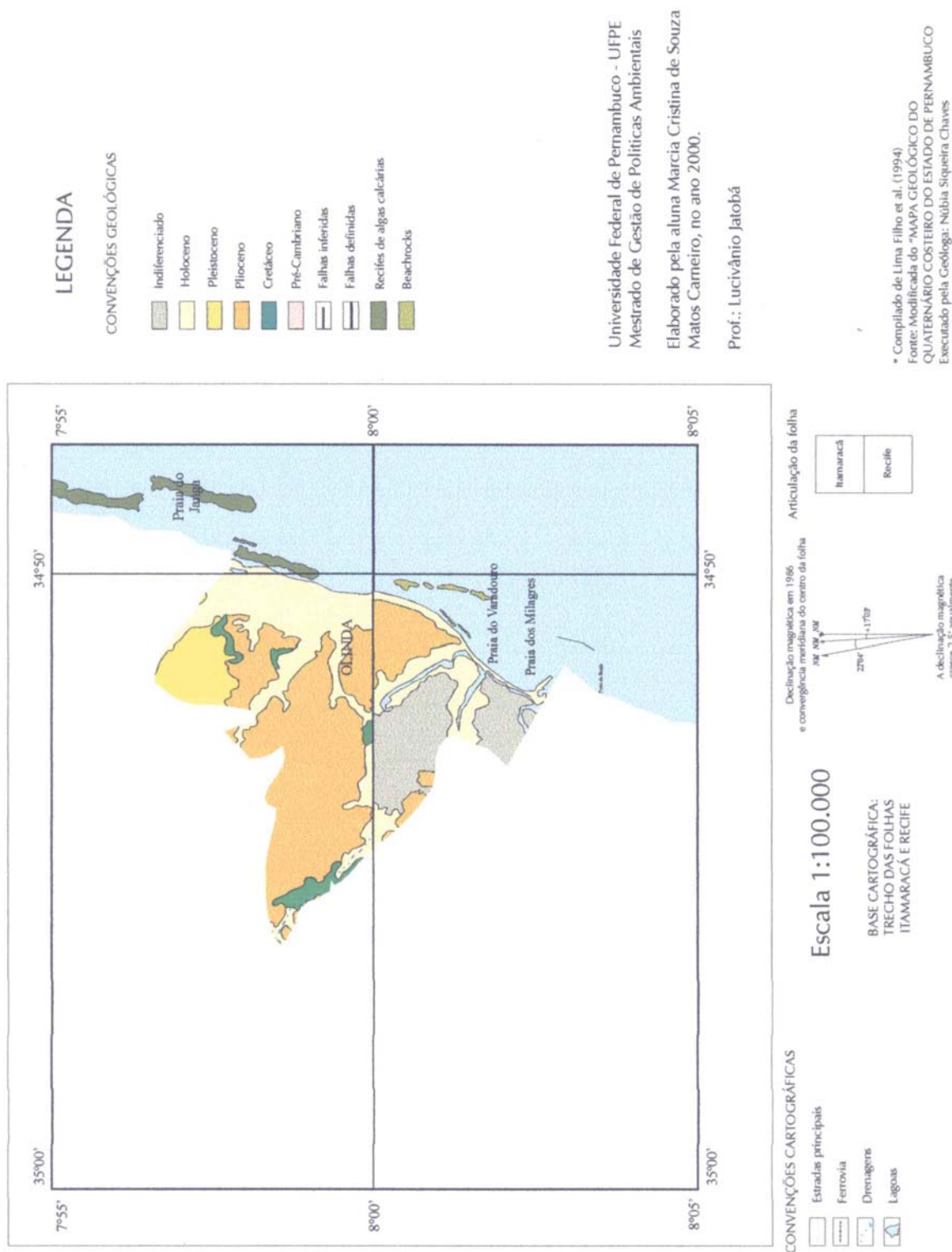


Figura 48 – Mapa geológico

a) Abastecimento D'água

No município o sistema de abastecimento d'água em operação é diversificado, com capacitações em poço profundo (aqüífero Beberibe), represa Botafogo² e captação em poço raso no meio urbano, além de capacitação em poços rasos ou a fio d'água, no meio rural.

O serviço pode ser considerado bom, tendo em vista que a população atendida com rede de distribuição corresponde de 95%³. Entretanto, foram observados alguns problemas no Diagnóstico Ambiental de Olinda, no que se refere a este tema, tais como, dificuldades na operação e na manutenção dos poços profundos; perda d'água devido às altas pressões em pontos baixos, em locais com topografia acidentada; insuficiência na captação⁴; baixa pressão em alguns trechos da rede antiga, quer pela formação de incrustações ou pelo sucionamento da mesma, isto devido à erosão no sistema viário decorrentes de tráfego de veículos em vias não pavimentadas; dificuldades na implantação das instalações complementares projetadas⁵; perda d'água por falta de manutenção em áreas onde se localizam populações de baixa renda, entre outros.

Projetos foram formulados no sentido de melhorar o sistema de abastecimento d'água da Cidade, pela redução das perdas na rede de distribuição.

b) Esgotos Sanitários

O serviço abrange 27,84 % da população. Os bairros de Varadouro, Carmo e Guadalupe, que fazem parte do Sítio Histórico estão providos, em alguns trechos, com sistema de esgotos sanitário – de concepção mista convencional e condominial, estando em operação. Este subsistema tem como unidade de tratamento a ETE – Peixinhos, sendo a disposição final dos efluentes o rio Beberibe.

² O Sistema Botafogo contribui com uma vazão de 1,20m³/s. A água recebe tratamento convencional. (Fonte: Diagnóstico Ambiental de Olinda)

³ Em termos de demanda atendida o percentual é de 86%. O sistema de produção fornece 88.982m³/d. (Fonte: Diagnóstico Ambiental de Olinda, 1994)

⁴ Estimativas da COMPESA indicam que a demanda atual (incluindo 30% de perdas) é de ordem de 103.429m³/d; enquanto o sistema de produção fornece 88.925 m³/d, sendo 68.828m³/d por captação superficial e 26.194m³/d proveniente do Aqüífero Beberibe Inferior. A situação é agravada em épocas de invernos menos chuvosos, o que obriga ao racionamento d'água. (Fonte: Diagnóstico Ambiental de Olinda)

⁵ As partes construtivas do Sistema de Reserva não foram executadas atendendo as etapas de projeto de modo que não acompanharam a expansão da rede de distribuição. (Diagnóstico Ambiental de Olinda, 1994)

Com relação à falta de fiscalização e à avaliação das condições de operação e manutenção da ETE – Peixinhos, constatou-se através da Rede de Monitoramento de Quantidade das Águas mantida pela CPRH, que o rio Beberibe, entre outros, recebe parcela significativa de carga orgânica de origem doméstica.

A área da Praia (Bairro Novo, Casa Caiada, Jardim Atlântico, Jardim Fragoso, Rio Doce, Vila COHAB – Rio Doce, entre outras) possui esgotamento sanitário⁶, tendo como unidade de tratamento a ETE – Janga, sendo os efluentes lançados no rio Timbó.

Com relação às condições de manutenção e operação da Estação de Tratamento de Efluentes Janga, são válidas as mesmas considerações formuladas para a ETE – Peixinhos.

Além disso, outro aspecto observado foi à ligação clandestina de esgotos à galeria de águas pluviais, mesmo em área servida com sistema público de esgoto, o que traduz conseqüências ambientais para o sistema fluvial e marítimo.

Os esgotos são, em sua maioria, dispostos de forma inadequada, com lançamento através de galerias ou dispostos diretamente no sistema fluvial nos bairros (Peixinhos, Santa Tereza, Umuarama, Caixa D'água, Passarinho, Alto do Sol Nascente, alto Nova Olinda, Águas Compridas, Alto da Conquista, Alto da Bondade, Beberibe). Porém, em alguns trechos, verifica-se a existência de sistemas individuais que foram projetados de maneira incompatível com as normas padronizadas pela ABNT, bem como, outros, que embora atendendo às recomendações técnicas, não recebem, a devida manutenção.

O sistema de esgoto sanitário de Olinda ainda está longe dos padrões desejáveis, tanto do ponto de vista ambiental como sanitário. Assim sendo, e considerando os aspectos da dinâmica populacional, deve-se buscar alternativas no sentido de reverter a atual situação e minimizar os impactos sobre o meio ambiente.

c) Drenagem Urbana

Olinda está inserida em parte das bacias hidrográficas dos rios Beberibe e Paratibe. Apresenta como elementos de macrodrenagem o rio Beberibe e afluentes (canal Lava – Tripas e canal da Malária) e, na área do rio Paratibe, os afluentes pela margem direita são o rio e canal Frágoso e na margem direita o canal de Ouro Preto, canal dos Bultrins e canal das Tintas. Considera-se, também, como elementos de macrodrenagem as lagoas do Jardim Brasil e outras. Os canais somam cerca de 31,7km, sendo apenas 9% (nove por cento) com trecho revestido.

O sistema de drenagem inicial, microdrenagem, é, em geral, do tipo convencional, pavimento de vias, guias, sarjetas, boca-de-lobo e galerias, sendo verificada ainda, em diversos bairros, a existência de canais de pequenas dimensões, ou seja, canaletas a céu-aberto. A área do sistema de microdrenagem é reduzida, se comparada às necessidades atuais do Município, em termos de saneamento.

Os principais problemas são o processo de ocupação do solo, a exemplo do que ocorre em outras cidades brasileiras, não é respeitada a conformação topográfica. A grande concentração populacional levou à ocupação desordenada do solo, principalmente, em áreas baixas, como, estuários, manguezais, corpos d'água e áreas marginais, além dos terrenos em encostas, entre outros, acarretando em consequências graves que assolam a população⁷, no que se refere a inundações e deslizamentos de encostas.

d) Resíduos Sólidos

A abordagem deste tema está relacionada à destinação final de lixo, fato que se constitui em problema para o meio ambiente. É precária a gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Olinda, quando grande quantidade do lixo produzido, correspondendo a cerca de 270 t/d, é lançada em depósitos localizados a céu aberto, como o lixão às margens da II Perimetral Metropolitana em Aguazinha⁸. Uma parcela restante é

⁶ A COMPESA concluiu, recentemente, as obras do interceptador Olinda, o que permitirá o atendimento do subsistema que atende a zona marítima. Entretanto, a rede não se encontra ainda totalmente em correção.

⁷ A ocupação de áreas alagadas, sem prévio conhecimento dos mecanismos de formação das mesmas, resulta em prejuízos ecológicos devido ao desequilíbrio no meio ambiente.

⁸ Acrescente-se a este, o volume de lixo de origem hospitalar, bem como os provenientes do cemitério, os quais não recebem qualquer tratamento prévio, tendo, portanto, como destinação final este vazadouro.

destinada a composteiras artesanais, como a de Peixinhos com capacidade para 2t/d; a de Bonsucesso com capacidade 10t/d e da Ilha de Santana com capacidade 10t/d. A unidade de compostagem da Ilha de Santana apresenta problemas relacionados à localização e à operação, tendo, inclusive, a CPRH recomendado a sua desativação. Integradas as estas composteiras funciona a Oficina de Papel Reciclado. Outra parte dos resíduos tem destinação diversa, como o lançamento em cursos d'água, nos terrenos baldios, nas vias públicas, entre outros locais impróprios.

No que se refere ao lixão, salienta-se que esta forma de destinação final de resíduos sólidos é uma prática condenável do ponto de vista sanitário e ambiental, uma vez que, entre outros aspectos, constitui-se em um habitat ideal para a proliferação de vetores, como moscas, mosquitos, baratas, roedores, urubus, animais vadios, e entre outros, que são transmissores de várias doenças.

Não parece ser a solução adequada, a utilização futura da área como aterro sanitário, já que a mesma não atende aos demais condicionantes ambientais⁹.

Um aspecto importante observado no vazadouro de Aguazinha é a atividade social de catação. Neste lixão vive, em condições sub-humanas, um contingente populacional, marginalizado pela sociedade, executando a prática de procurar no lixo materiais recicláveis, totalmente expostos ao perigo de contaminação e outros problemas.

3.3 - Aspectos Sócio-Econômicos

3.3.1 – Características Demográficas

Segundo os resultados do Censo Demográfico 2000, a população Olindense atingiu em agosto de 2000 um total de 368.666 habitantes. Um crescimento populacional de 7,2% em relação 1991, correspondendo a 4,7% da população do estado de Pernambuco.

⁹ O modelo de caracterização dos locais possível de serem destinados aos aterros possa como critérios características ambientais, zoneamento urbano, acesso, vizinhanças, localização de jazidas para material de cobertura. A implantação do Projeto da Unidade de Reciclagem e Compostagem de Lixo, em Aguazinha, proposta pela PMO (1988), é uma alternativa que merece ser reavaliada.

Na Tabela 6 assim como o Gráfico 3 mostram a série de censos referente ao município de Olinda. A população vem experimentando sucessivos aumentos em seu contingente, em todo o período, desde o primeiro Censo em 1949 até o Censo 2000. O crescimento global de 90,2% (cerca de dez vezes) em sessenta anos, ou seja, a taxa média de 3,92% ao ano.

No contexto pernambucano, Olinda apresenta um alto grau de urbanização, possuindo a mais alta taxa de densidade demográfica do Estado, é uma das maiores do Brasil, 9.011 hab/km².

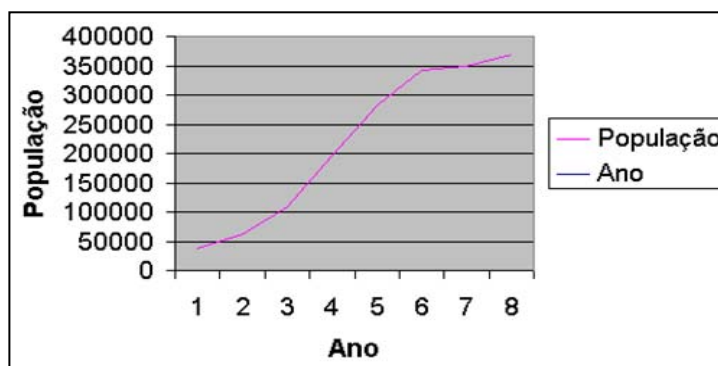
A população urbana é de 360.554 habitantes, apenas 5% vivem na zona rural, o que confirma a tendência brasileira, que iniciou na década de 1960, quando o efetivo urbano ultrapassou o rural.

Tabela 6 – Evolução Populacional do Município de Olinda

Ano	1940 (1)	1950 (2)	1960 (3)	1970 (4)	1980 (5)	1991 (6)	1996 (7)	2000 (8)
População	36.712	62.435	109.953	196.342	282.203	341.394	349.380	368.666

Fonte: IBGE/CENSOS

Gráfico 3 – Evolução Populacional de Olinda



De acordo com estudos realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, em 1991, o IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, sintetizado pelos

índices de longevidade, renda e educação da população, Olinda ocupa no “*ranking*” estadual o segundo lugar, sendo superado apenas pelo Recife.

3.3.2 – Atividades Econômicas

O município de Olinda está situado em espaço estratégico para o mercado global, tanto por sua localização privilegiada, mais próxima aos grandes blocos econômicos comerciais, como o Acordo de Livre Comércio da América do Norte (*NAFTA*) e a União Européia (EU), quanto pela sua centralização em relação aos principais núcleos nordestinos, Salvador e Fortaleza, possibilitando, assim, a expansão e modernização do seu comércio.

Nos últimos anos, o setor terciário apresentou um grande dinamismo, em atividades modernas do setor de serviços, como as relacionadas à prestação de serviço médico, à informática, à consultoria, ao *marketing*, à propaganda e aos seguros. O município possui ainda, diversas faculdades, que possibilitando a formação de profissionais.

Porém, ressalta-se que, a maior sustentabilidade de sua economia está no turismo, sua maior vocação, devido ao seu rico patrimônio histórico, cultural e paisagístico, oferecendo grandes atrativos para os turistas e para a população local. Mapeando, assim, um território de oportunidade voltado para boas expectativas de expansão.

Neste contexto, ressalta-se a necessidade da manutenção do Patrimônio cultural e ambiental e a implantação de obras que vislumbrem a revitalização da orla marítima, ampliando assim possibilidades de lazer e trabalho para população municipal e visitantes.

Capítulo 4

Monitoramento da Linha de Costa empregando Tecnologias da Geoinformação no recorte costeiro entre as praias de Casa Caiada e Rio Doce

4. Metodologia da Pesquisa

Diferentes documentos cartográficos e vários métodos levantamento de dados espaciais podem ser adotados para a determinação da linha de costa. Os documentos mais usuais são fotografias aéreas, imagens de satélites, mapas e ortofotocartas. Em levantamentos são utilizados teodolitos, níveis de precisão, estação total e GPS.

A metodologia utilizada nesta pesquisa, esquema apresentado na Figura 49, fundamentou-se na aplicação do Sistema de Informações Geográfica aliada a tecnologia GPS no estudo da erosão costeira. A área de validação do estudo foi um recorte das praias de Casa Caiada e de Rio Doce, em Olinda, tendo sido geradas séries temporais dos anos de 1942, 1974, 1984, 1999 e 2000/2001. Os planos de informação linha de costa, obras de contenção e malha urbana foram sobrepostos no SIG, visando monitorar e acompanhar a evolução na linha de costa, assim como, alterações relevantes na paisagem.

Os equipamentos clássicos de levantamento como, por exemplo, teodolitos, níveis de precisão, proporcionam excelentes resultados, contudo apresentam limitações em relação ao tempo de execução do trabalho e às condições atmosféricas. O Sistema de Posicionamento Global – GPS possui disponibilidade contínua, é de fácil aplicação, independe das condições atmosféricas e pode fornecer alta precisão, o que estimulou usuários das diversas áreas em sua aplicação. No Brasil, desde 1996, têm-se empregado o GPS, com sucesso, na detecção da variação linhas de costa sujeitas a progradação e recuo, obtendo-se maiores informações, diante da necessidade de manter um cadastro atualizado destas ocorrências.

Com relação aos documentos cartográficos, para o estudo foram digitalizadas as ortofotocartas na escala 1:10.000 e 1:2.000 e outros mapas pretéritos relevantes, enquanto que, o levantamento de campo foi realizado com o equipamento GPS, por meio de caminhamento na linha de costa. A posição da atual foi comparada com a definida nos mapas de diferentes datas, o que permitiu determinar a variação da linha costeira olindense.

Na pesquisa foram executados levantamentos bibliográficos e entrevistas, permitindo a compreensão e a análise da dinâmica praial. O estudo da ocupação urbana foi fundamental na avaliação do deslocamento da linha de costa e da interferência antrópica neste processo.

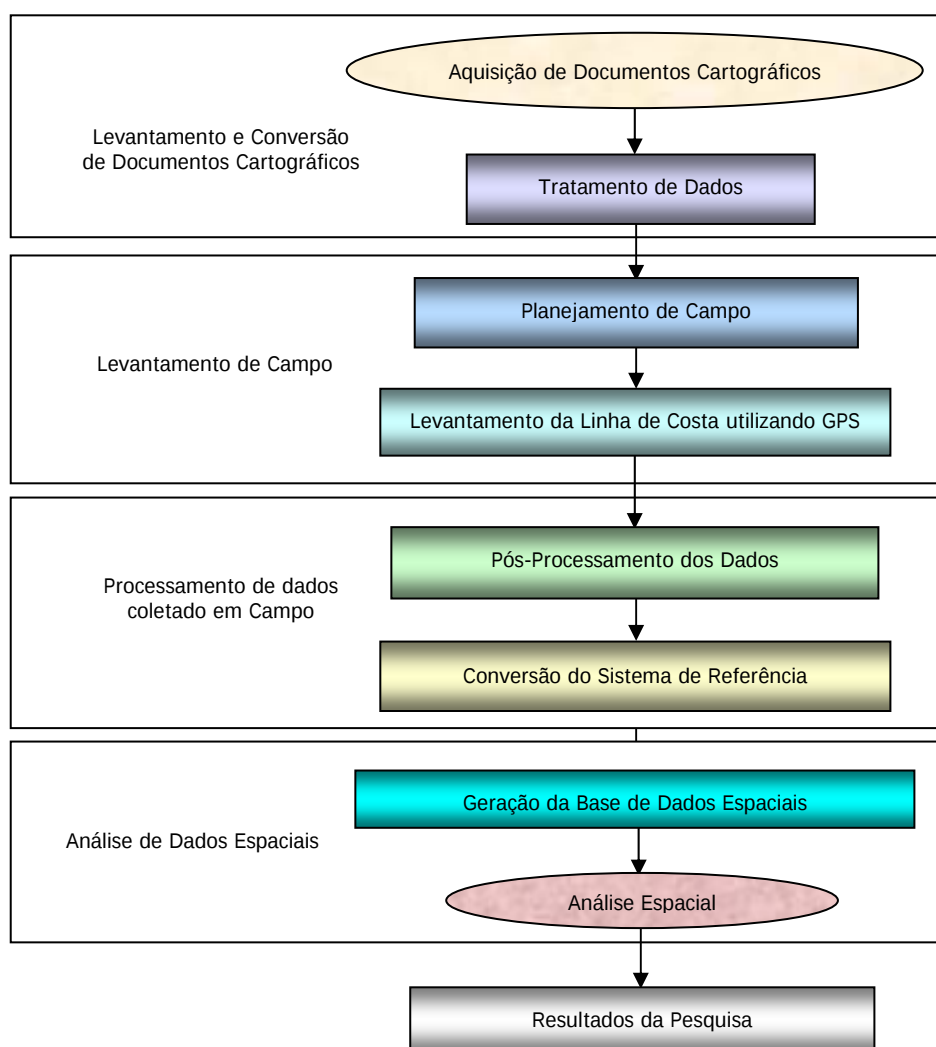


Figura 49 – Esquema da Metodologia da Pesquisa

4.1 – Equipamentos e Programas

4.1.1 – Equipamentos

- Microcomputador
- Impressora
- *Plotter*
- Receptores de GPS Ashtech ZXII, com respectivas antenas
- Receptor GPS TRIMBLE 4000ssi
- *Notebook*
- Rádio Philips (RFM96 – rádio Modem), com suas respectivas antenas
- Rádios Microcom HDR2000
- Rádio PRM 8010RA
- Receptores de rádio 2ASX
- Bússolas
- Trenas
- Baterias
- Carregadores de bateria
- Adaptadores, extensões, multímetro e acessórios diversos.
- Cabos de transferência de dados, para Fonte de Energia, entre outros

4.1.2 – Programas

- **Microstation** - Programa tipo CAD (*Computer Aided Designer*), que fornece ferramentas necessárias a digitalização mapas, plantas, desenhos entre outros através da mesa digitalizadora ou da tela.
- **ArcView** – Programa SIG (Sistema de Informações Geográficas), que permite geração de mapas, conexão com banco de dados, disponibilidade de uma linguagem de programação, entre outros.
- **PRISM** (*Ashetech Precision GPS Surveying Software*) é um programa comercial que permite a preparação do processamento e o ajustamento dos dados coletados, bem como processar os dados obtidos em levantamentos cinemáticos ou pseudocinemático.
- **GPSurvey** – Programa que possibilita o pós-processamento dos levantamentos GPS, do fabricante TRIMBLE.

- **GEONAP** (*GEOdetic Positioning*) trata-se de um programa GPS de processamento que inicialmente desenvolvido no *Inatitut fur Erdmessung, Hannover*, Alemanha. O programa permite o processamento de dados obtidos de um levantamento estático, estático rápido, cinemático ou pseudocinemático, bem como utilização de diferentes tipos de receptores, empregando observações GPS não-diferenciadas.
- **SURFER** - Programa que disponibiliza ferramentas necessárias para geração de curvas de nível, visualização tridimensional, cálculo de volume, entre outros.

4.2 – Levantamento e Conversão de Documentos Cartográficos

As bases cartográficas empregadas no estudo foram cedidas pela Fundação de Desenvolvimento Municipal de Pernambuco – FIDEM.

4.2.1 – Aquisição de Dados Espaciais

Os documentos cartográficos empregados são os listados a seguir:

- nove ortofotocartas (1974) em meio analógico, na escala 1:2.000, conforme articulação ilustrada na Figura 50;
- ortofotocarta (1984) analógica na 1:10.000 (Folha no arquivo 91–55, na escala 1:30 000, ano do recobrimento aerofotogramétrico 1984);
- quinze plantas topográficas cadastrais (1997) , na escala de 1:1000, em mídia magnética, no formato compatível com o programa utilizado no estudo; e
- mapa de Paulista na escala 1:25 000, ano 1943 .

No que se refere às fotografias aéreas, foram disponibilizados pela FIDEM os seguintes recobrimentos aerofotogramétricos da Região Metropolitana do Recife:

- 1974, escala 1:6.000, pancromáticas, formato 23x23cm, faixa 31 (fotografias de 14302 a 14306), faixa 32 (fotografias de 2298 a 2302), faixa 33 (fotografias de 14938 a 14942), faixa 34 (fotografias de 12289 a 12293) e faixa 35 (fotografias de 11864 a 11868) empresa responsável: PROSPEC S.A.; e

- 1996, escala 1:6.000, pancromáticas, formato 23x23cm, faixa 14 (fotografias de 57 a 59), faixa 15 (fotografias de 67 a 69), faixa 16 (fotografias de 63 a 65), faixa 17 (fotografias de 66 a 68), faixa 110 (fotografias de 001, 003 a 005), e faixa 111 (fotografias de 001, 003 a 005), empresa responsável: PROSPEC S.A.

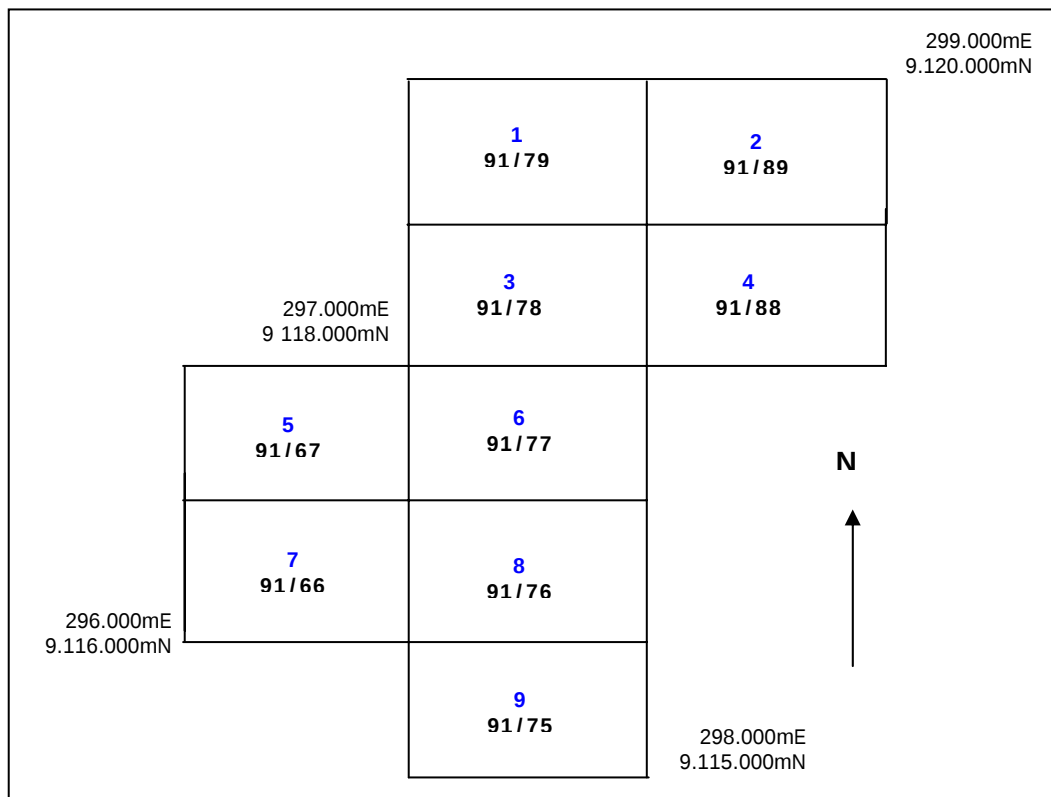


Figura 50 – Articulação das Ortofotocartas na Escala 1: 2.000

4.2.2 – Tratamento dos Dados Espaciais

4.2.2.1 – Digitalização

Considerando que a base cartográfica não estava disponível em mídia magnética, foi necessária realizar a conversão de documentos cartográficos para o meio digital, na estrutura de representação vetorial. As ortofotocartas foram digitalizadas no programa do tipo CAD, Microstation.

Para formar os planos de informação foram digitalizados os seguintes níveis: quadras, toponímia, sistema viário, pontos cotados, hidrografia, limite municipal, limite entre bairros,

vazios urbanos, pontos notáveis, como: igreja, quartel, entre outros; espigões aderentes, arrecifes e finalmente a linha de costa.

4.2.2.2 – Edição dos Documentos Cartográficos

A junção dos documentos cartográficos foi executada no programa ArcView, como pode ser observado na Figura 51.

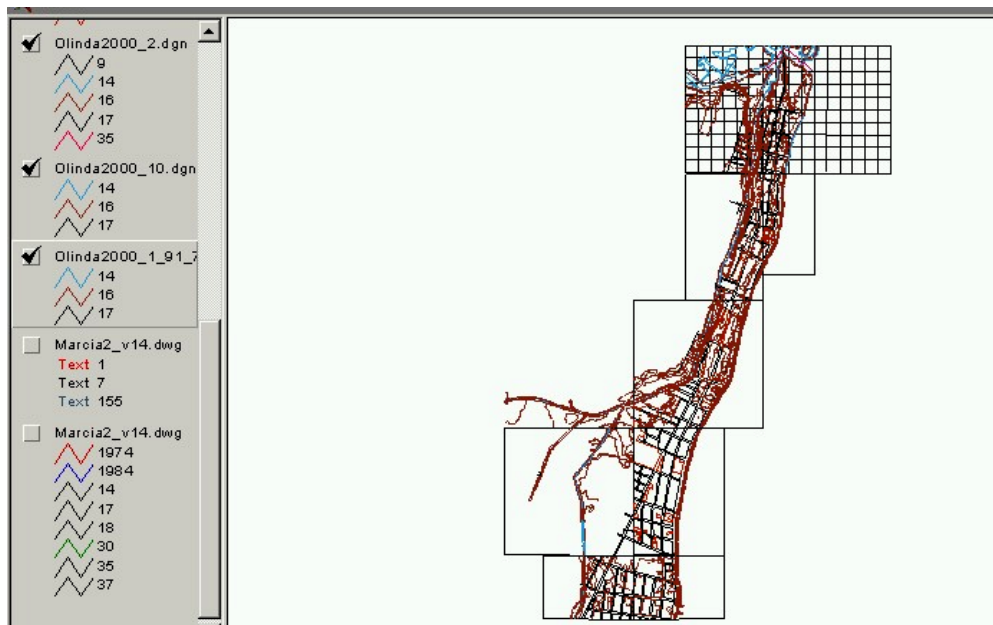


Figura 51 – Junção dos Dados Gráficos

Na edição foi executada a junção dos arquivos digitalizados, após a transformação do Datum e do sistema de coordenadas. Em seguida foram importados os arquivos produzidos pelo levantamento de campo. Adotou-se como cota zero a linha de costa das ortofotocartas digitalizadas 1974 e 1984.

4.3 – Levantamento de Campo

4.3.1 – Planejamento de Campo

O planejamento de campo é fundamental nos levantamentos geodésico com GPS, para determinar os horários com o maior número de satélites no horizonte, assim como definir locais das estações de referência evitando problemas como a obstrução do sinal. No

levantamento em tempo real, os dados das correções são transmitidos via rádio para os pontos móveis. As estações foram escolhidas após o reconhecimento de campo, quando foram verificados critérios, como, localização, acesso, estado das instalações, entre outros.

Aliado as ações mencionadas, neste estudo foi necessário também verificar o horário de maré baixa, para facilitar o levantamento da linha de costa.

4.3.2 – Rede Local

A rede implantada na RMR, em 2000, é composta de quatro estações de referência locais. A localização das estações encontram-se destacadas na Figura 52.

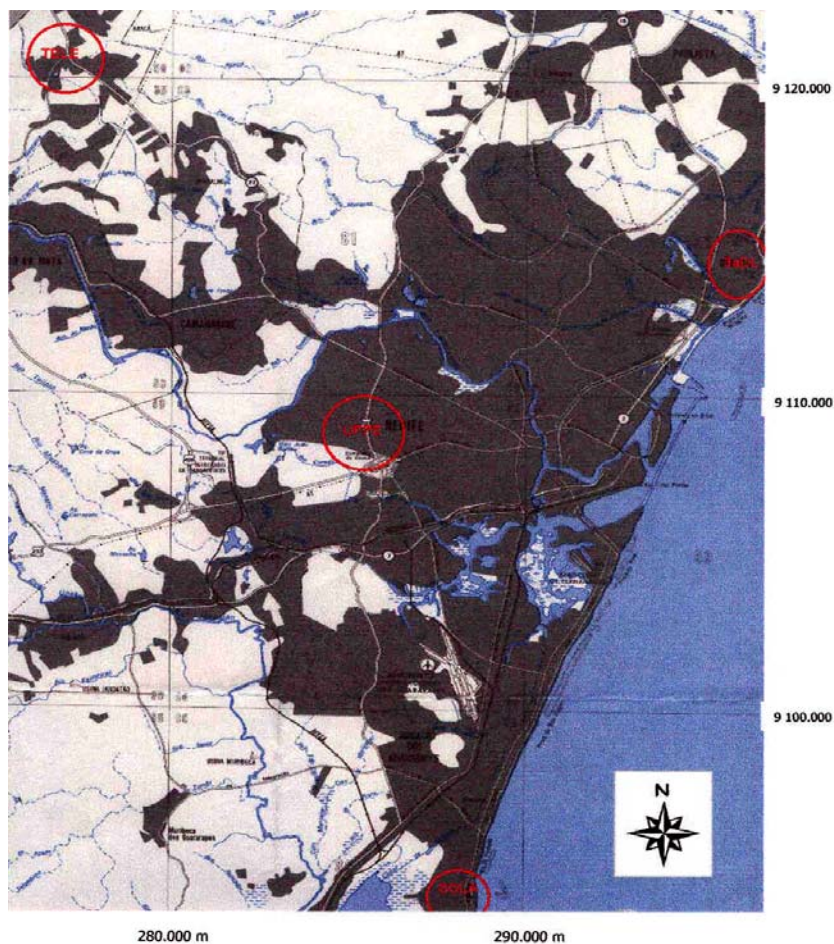


Figura 52 – Localização das Estações de Referência na RMR

Fonte: FIDEM (2000)

As estações foram instaladas na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em Recife; na 3^a. Divisão de Levantamentos do Exército (3^aDL), em Olinda; na Telebrás (TELE); em Camaragibe; e no Edifício Solar de Camaragybe (SOLA), em Jaboatão dos Guararapes, como pode ser observado na Figura 52.

Na Figura 53, observa-se o esquema das estações com a distância aproximada das estações TELE, SOLA e 3^aDL em relação a UFPE. Um dos objetivos da rede foi contribuir para a densificação de pontos de referência, conectados a RBMC.

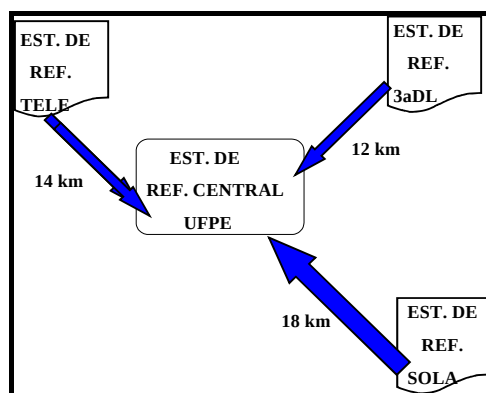


Figura 53 – Esquema das Estações de Referência

Fonte: KRUEGER (2001)

No que se refere à Figura 54, ilustra o esquema de funcionamento das estações de referência na SOLA, TELE e 3^a.DL. Estas estações geram correções, através do programa GNREF/GNRT, que são enviadas por um enlace para a estação de referência principal (UFPE).

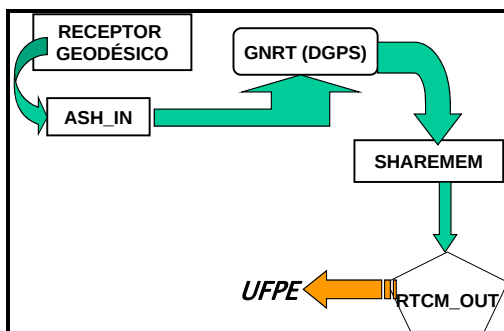


Figura 54 – Esquema das Estações de Referência SOLA, TELE e 3^a. DL

Fonte: KRUEGER (2001)

O esquema para a estação de referência UFPE pode ser observado na Figura 55. A estação UFPE recebe as correções geradas pelas demais estações de referência (SOLA, TELE e 3^aDL), e juntamente com o módulo GNNET, gera correções a serem enviadas para a estação móvel (MOBI). Nesta estação é calculado o parâmetro de correção de superfície (FKP), resolvendo as ambigüidades e modelando os erros na área do levantamento.

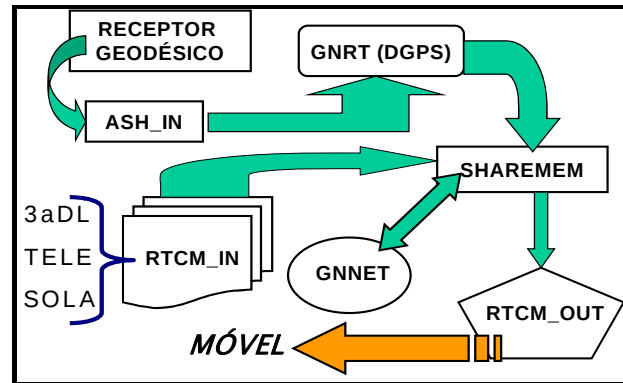


Figura 55 – Esquema das Estações de Referência UFPE

Fonte: KRUEGER (2001)

A estação móvel (MOBI), cujo esquema está ilustrado na Figura 56, recebe as correções da estação de referência UFPE, juntamente com o módulo GNNET, depois calcula as coordenadas em tempo real e as armazena em um arquivo de saída denominado NAV-OUT, com a possibilidade de escolher o melhor formato dos dados.

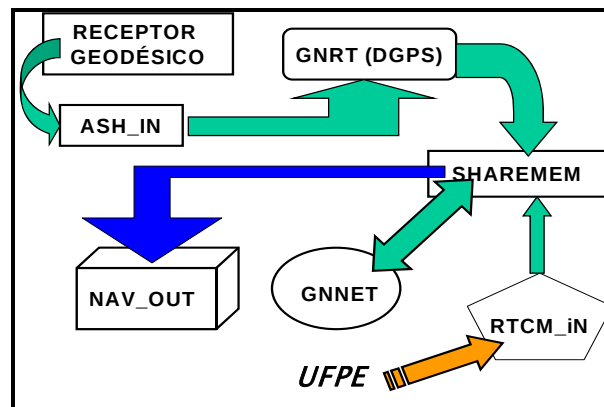


Figura 56 – Esquema da Estação Móvel (MOBI)

Fonte: KRUEGER (2001)

Nesta etapa da pesquisa foi realizado o enlace entre as estações utilizando 4 (quatro) pares de rádios, sendo 2 (dois) *Pacific Crest*, operando com uma potência de 35W e 2W, na faixa de UHF em FM; 1 (um) *Sateline* de 70cm e 1 (um) *Phillips*. A comunicação foi entre estações de referência (TELE, SOLA e 3ªDL) com a estação UFPE, testadas individualmente. Contudo, quando todas as estações de referência foram interligadas pelo enlace simultaneamente, houve problema na comunicação. A única estação que transmitiu as correções continuamente foi a estação SOLA. Na estação TELE apresentou problemas constantes com queda de energia, e na 3ªDL foram verificadas constantes quedas da transmissão de 35W para 2W. Desta maneira, constaram-se falhas tanto na recepção quanto na transmissão nas correções, prejudicando o desenvolvimento da rede de referência local.

As falhas não permitiram que a investigação fosse totalmente conluída, logo deverão ser implementadas novas pesquisas e estudos no que concerne a comunicação, visando obter o posicionamento preciso, em tempo real, a partir de uma rede de estações de referência.

As instalações da estação de referência na 3ª.DL é ilustrada na Fotografia 7, onde podem ser observados os equipamentos instalados (receptor geodésico Trimble 4000SSI, Rádio *Pacif Crest* de 35 W e microcomputador). Na estação estava em operação o programa GNREF/GNRT-K.



Fotografia 7 – Instalações da Estação 3ª. DL
Fonte: KRUEGER (2001)

As antenas de transmissão de correções geradas na estação 3^a.DL para a estação de referência central (UFPE) e a antena GPS encontram-se ilustradas nas fotografias 8 e 9, respectivamente.

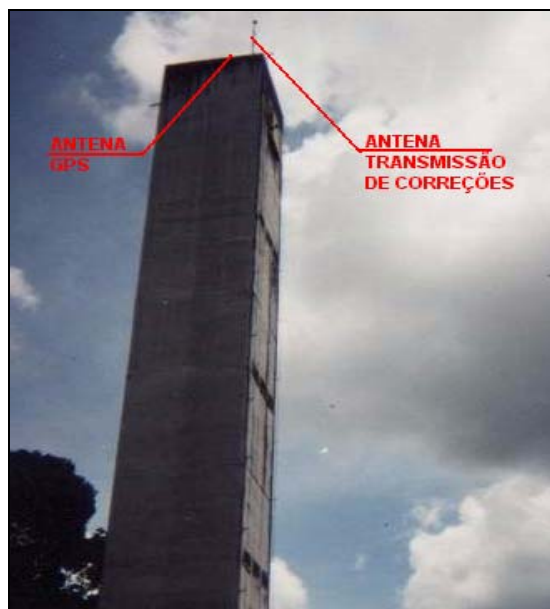


Fotografia 8 – Antena de Transmissão
Fonte: KRUEGER (2001)



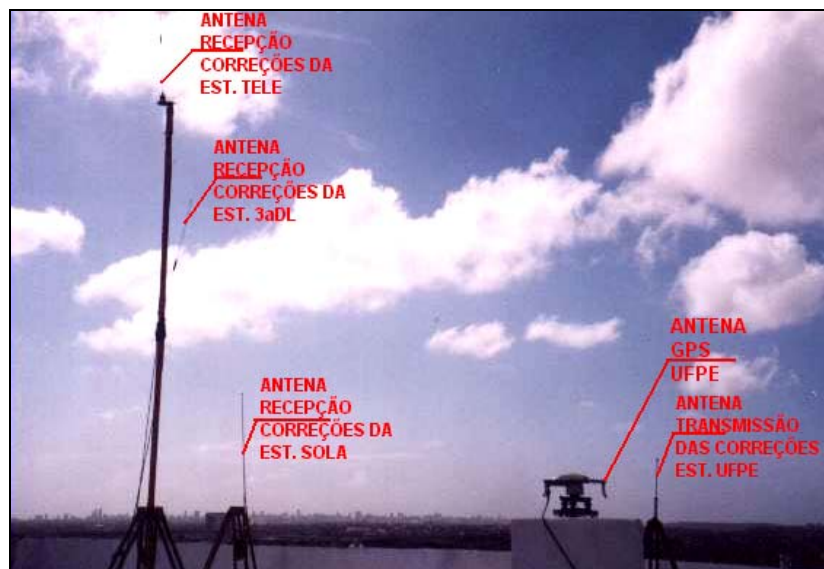
Fotografia 9 – Antena GPS na 3^aDL
Fonte: KRUEGER (2001)

Na Fotografia 10, é a estação de referência TELE com as antenas GPS e de transmissão das correções diferenciais para a estação de referência central (UFPE).



Fotografia 10 – Estação TELE
Fonte: KRUEGER (2001)

A estação de referência central (UFPE) com as antenas do sistema de comunicação (de recepção e de transmissão das correções diferenciais) das estações TELE, SOLA, 3^aDL e UFPE e a antena GPS (UFPE) pode ser observada na Fotografia 11.



Fotografia 11 – Estação UFPE

Fonte: KRUEGER (2001)

Na Fotografia 12, observa-se as instalações internas da estação da UFPE com os equipamentos instalados (Receptor GPS Ashtech Z-XII e rádios de transmissão e recepção das correções diferenciais) e o computador MASTER com o programa GNNET/GNRT-K.



Fotografia 12 – Instalações da Estação UFPE

Fonte: KRUEGER (2001)

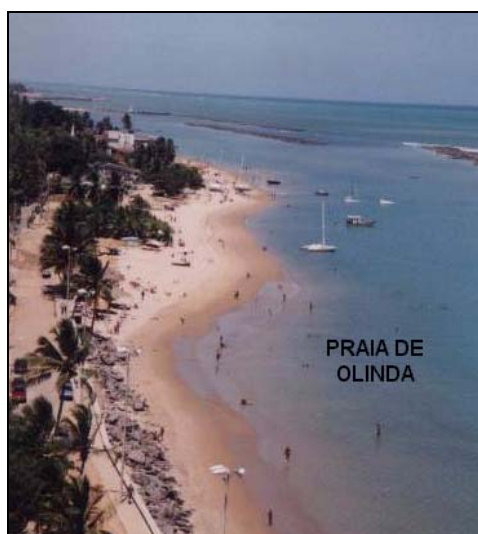
Os levantamentos efetuados empregando a tecnologia de Geodésia por Satélite realizados na pesquisa, resumidamente, foram:

- a determinação precisa das coordenadas das estações de referências envolvidas nesta missão;
- a implantação de uma estação de referência em Olinda, no edifício Estação Olinda, visando atender o levantamento de um trecho da linha de costa, em tempo real; e
- o levantamento de uma parte da linha de costa de Olinda.

As soluções obtidas pela rede de estações de referência foi pós-processada. Salienta-se que, os levantamentos cinemáticos contínuos apresentam arquivos com um grande volume de dados a serem trabalhados. Na seqüência são apresentados os resultados e as análises de parte dos dados coletados e pós-processados nos levantamentos realizados pela pesquisa, no estado de Pernambuco.

4.3.2.1 – Implantação da Estação de Referência em Olinda

No sentido de realizar o levantamento de parte da linha de costa de Olinda (Fotografia 13), sujeita a modificações sedimentares, em tempo real, fez-se necessária a escolha e implantação de uma nova estação de referência.



Fotografia 13 – Praia de Olinda

Na definição do local da estação procurou-se uma construção alta e livre de obstruções para a transmissão das correções à estação móvel, apesar de existirem pontos

geodésicos implantados, todos que foram verificados não possuíam as condições requeridas. O local escolhido para implantação foi o edifício Estação Olinda (EOLI), localizado a beira mar, na Av. Ministro Marcos Freire, número 3697, Casa Caiada, permitindo a visibilidade da área a ser levantada.

Na estação EOLI foi instalados uma antena geodésica ligada a um receptor Ashtech Z-XII e, a estação base UFPE foi empregada como base do levantamento realizado no dia GPS 323 (18/11/2000) e semana GPS 1008. As coordenadas geodésicas foram obtidas e encontram-se indicadas na Tabela 7. No processamento foi empregado o programa GPS científico GEONAP-K.

Tabela 7 – Coordenadas Geodésicas da Estação de Referência EOLI

COORDENADAS GEODÉSICAS	ϕ (latitude)	= - 07° 58' 48,87338"
	λ (longitude)	= - 34° 50' 06,53281"
	ALTITUDE ELIP. (m)	= 55,0883

4.3.2.2 – Levantamento da Linha de Costa de Olinda

A linha de costa de Olinda (Fotografia 13) foi levantada em tempo real, a partir da estação instalada no Edifício Olinda. Na Fotografia 14, observa-se os equipamentos instalados nas dependências deste edifício, 1 receptor geodésico Trimble 4000SSI, 1 rádio *Pacific Crest* de 35W para a transmissão das correções diferenciais à estação móvel e o computador com o programa GNREF/GNRT-K. O levantamento foi realizado no dia GPS 325 (20/11/2000).



Fotografia 14 – Estação de Referência (EOLI)
Fonte: KRUEGER(2001)

A estação móvel é caracterizada por um veículo (carroça) percorreu a linha de costa, contendo o receptor GPS; o rádio *Pacific Crest* de 2W; as antenas: do GPS e de recepção das correções diferenciais, que são enviadas pela estação EOLI; um computador e as baterias.

No decorrer do trabalho foram enfrentadas dificuldades, quando percorrendo a linha de costa, que é representada pela linha formada em alguns trechos da praia pelo limite das obras de contenção e na parte onde existe praia natural foi utilizada a linha entre a separação da vegetação e a linha de preamar.

O veículo ao se deslocar na areia fofa gerava solavancos, que repercutiam em problemas no computador, que travava, impossibilitando o perfeito funcionamento do programa. Desta forma, foi impossível concluir o levantamento em tempo real, apesar da transmissão e recepção das correções diferenciais. Na Fotografia 15, pode ser observado o veículo empregado no levantamento com os equipamentos devidamente instalados.



Fotografia 15 – Estação Móvel no Levantamento da Linha de Costa de Olinda

Fonte: KRUEGER (2001)

Os problemas no levantamento fizeram com que o veículo fosse abandonado e a linha costa foi outra vez levantada, agora para a obtenção dos resultados em pós-processamento dos dados. O novo levantamento foi realizado no dia GPS 327 (22/11/2000). O método empregado no levantamento foi cinemático contínuo.

A linha de costa foi percorrida, permanecendo cerca de 5 minutos no ponto inicial da trajetória. Procurou-se manter a sintonia de pelo menos 4 satélites, utilizando dados de dupla frequência e a combinação dos códigos com a portadora. Este fatores são necessários quando se deseja recuperar os *cycles slips* no método cinemático.

4.4 – Processamento dos Dados da Rede

Os dados levantados para a rede foram processados por dois programas diferentes, um científico, GEONAP, e o outro comercial, GPSurvey. Inicialmente, foi realizado o processamento para as estações de referência que compõem, dados obtidos pelo método estático e, posteriormente, para os dados cinemáticos da linha de costa.

4.4.1 – Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GEONAP-K

As estações de referência estabelecidas na RMR indicadas na Figura 51 armazenaram os dados brutos GPS, em computadores, através do emprego do programa GNREF/GNRT com o auxílio do módulo Ash_in (figuras 54 e 55). No Quadro 9 observa-se os dias GPS rastreados por estações durante o desenvolvimento da pesquisa, onde notar que nem todas as estações operaram ininterruptamente durante os 18 dias, como mencionado.

Quadro 9 – Dia GPS Rastreado em cada Estação de Referência da Rede Local

DIA GPS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	TELE	SOLA	3ª.DL
314				
315				
316				
317				
318				
319				
320				
321				
322				
323				
324				
325				
326				
327				
328				
329				
330				
331				
332				

No que se refere ao Quadro 10, indica-se os equipamentos empregados em cada uma das estações de referência, enumerando-se os tipos de antenas e dos receptores GPS utilizados.

Quadro 10 – Equipamentos empregados em cada Estação de Referência da Rede Local

EQUIPAMENTOS GPS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	TELE	SOLA	3 ^a .DL
RECEPTOR	Ashtech Z-XII	Ashtech Z-XII	Ashtech Z-XII	Trimble 4000 SSI (do dia 314 a 325) Ashtech Z-XII (do dia 326 a 329)
ANTENA	A700.228	A700.700	A700.228	(do dia 314 a 325) A700.700 (do dia 326 a 329)

As alturas das antenas medidas e reduzidas ao ARP para cada uma das estações da rede local estão indicadas na Quadro 11.

Quadro 11 – Altura da Antena ao ARP para cada Estação de Referência da Rede Local

EQUIPAMENTOS GPS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	TELE	SOLA	3 ^a .DL
ALTURA DA ANTENA AO ARP	0,053	0,119	1,272	0,320 (do dia 314 a 325) 0,15 (do dia 326 a 329)

Os dados brutos destas estações foram processados com os dados coletados pela estação de rastreamento contínuo RECF (Recife) da RBMC. As coordenadas finais das estações RBMC têm precisão da ordem de ± 5 mm, configurando-se como uma das redes mais precisas do mundo.

A estação RECF localiza-se no Campus da UFPE (no prédio da Biblioteca Central), onde opera um receptor geodésico Trimble 4000SSI com uma antena Dorne Margolin T. As suas coordenadas geodésicas oficiais e as coordenadas geocêntricas estão indicadas na Quadro 12.

Quadro 12 – Coordenadas Geodésicas e Geocêntricas da Estação RECF (RBMC)

COORDENADAS GEODÉSICAS	ϕ	= -08° 03' 03.39779"
	λ	= -34° 57' 05.46257"
	ALTITUDE ELIP. (m)	= 23,7043
COORDENADAS GEOCÊNTRICAS	X (m)	= 5176593,4363
	Y (m)	= - 3618163,1488
	Z (m)	= - 887362,8464

Fonte: KRUEGER (2001)

Na Tabela 8 observa-se as coordenadas geodésicas obtidas com o pós-processamento e o ajustamento dos dados e as coordenadas geocêntricas precisas estão indicadas na Tabela 9. No pós-processamento aplicou-se as efemérides precisas obtidas junto ao IGS, que foram empregadas no programa GPS Científico GEONAP-K.

Tabela 8 – Coordenadas Geodésicas das Estações de Referência da Rede Local

COORD. GEODÉSICAS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	TELE	SOLA	3^aDL
ϕ	- 08° 03' 10,9024"	- 07° 57' 07,5503"	- 08° 12' 31,2996"	- 08° 00' 15,1430"
λ	- 34° 57' 16,9376"	- 35° 01' 39,2630"	- 34° 55' 06,1334"	- 34° 51' 36,2818"
ALTITUDE ELIP. (m)	49,053	155,969	55,010	36,310

Tabela 9 – Coordenadas Geocêntricas das Estações de Referência da Rede Local

COORD. GEOCÊNTRICAS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	TELE	SOLA	3^aDL
X (m)	5176389,1383	5173135,8985	5176684,2302	5182966,2222
Y (m)	-3618449,7799	-3625982,1126	-3613775,0784	-3610319,4125
Z (m)	-887592,8431	-876556,2456	-904639,2797	-882244,4072

Na Figura 57, ilustra-se a configuração da rede de estações de referência local, composta das estações TELE, SOLA, UFPE e 3^a.DL. A rede local está representada com a estação da RBMC (RECF).

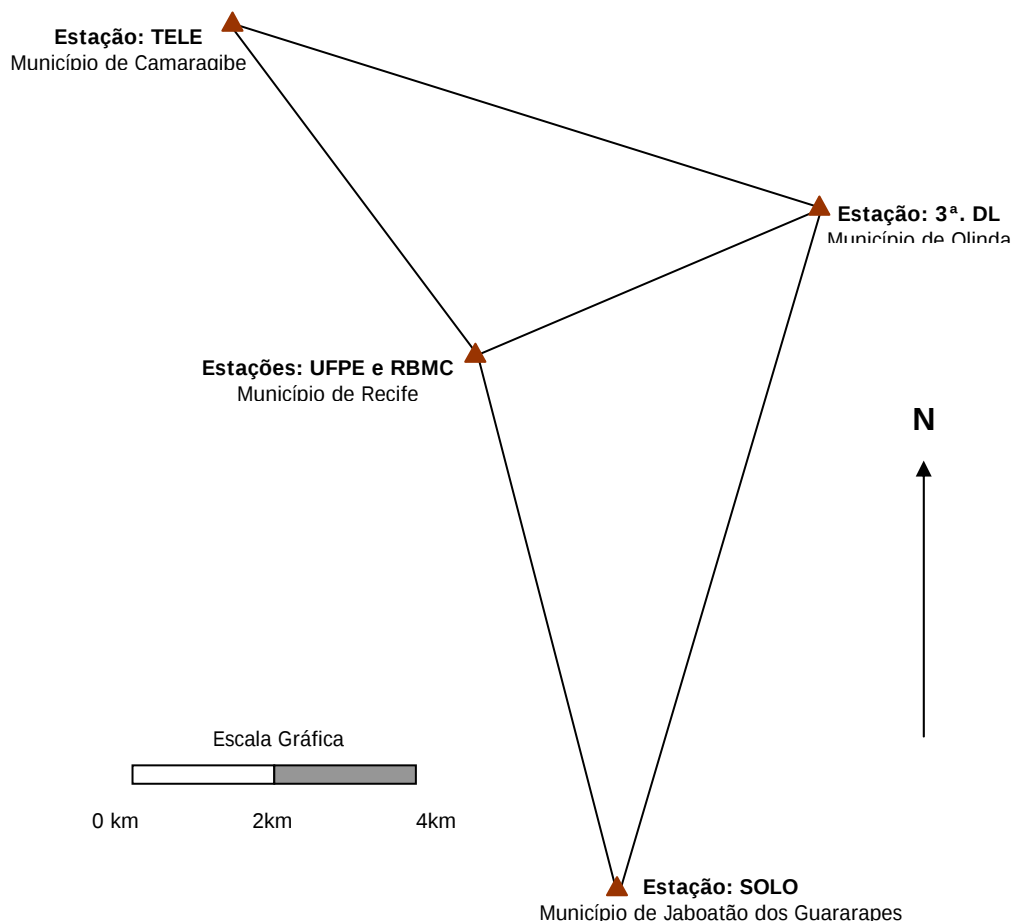


Figura 57 – Rede de Referência Local

4.4.2 – Determinação das Coordenadas utilizando o Programa GPSurvey

O processamento dos dados GPS de dois dias distintos e o ajustamento da rede de referência foram realizados com o programa comercial do fabricante de receptores TRIMBLE, denominado GPSurvey. Como resultado do ajustamento foram obtidas as coordenadas para todas as estações da rede, excluindo apenas as coordenadas da estação UFPE que foi fixada, no intuito evitar erros.

No ajustamento da rede referente ao dia Juliano 323, foram utilizadas 4 estações cpm 24 horas de observação cada uma. A Tabela 10 ilustra as coordenadas (latitude, longitude e altura) obtidas, assim como, suas precisões. No ajustamento da rede referente ao dia Juliano 326, foram contempladas 5 estações, sendo 4 (RECF, SOLA, TELE, UFPE) com 24 horas de observação, e uma, 3^a.DL, com apenas 2 horas. A Tabela 11 mostra as coordenadas calculadas para este dia.

Tabela 10 – Coordenadas (WGS 84) e suas Precisões Referente ao Ajustamento da Rede do Dia 323

COORDENADAS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA			
	UFPE	RECF	SOLA	3 ^a DL
ϕ (LATITUDE)	-08° 03' 10,902360"	-08° 03' 03,474902"	-08° 12' 31,405839"	-08° 00' 15,144168"
λ (LONGITUDE)	-34° 57' 16,937630"	-34° 57' 39,442612"	-34° 55' 06,235710"	-34° 51' 36,282103"
ALTURA (m)	49,0530	19,9640	49,3685	35,9584
PRECISÃO (m)	FIXO	Lat. = 0,0025	Lat. = 0,0033	Lat. = 0,0029
	FIXO	Long. = 0,0025	Long. = 0,0036	Long. = 0,0031
	FIXO	Alt. = 0,0039	Alt. = 0,0129	Alt. = 0,0082

Na análise do ajustamento, observa-se que o desvio padrão médio para as coordenadas horizontais ficou na ordem do milímetro, a coordenada vertical no centímetro, atendendo a precisão requerida para este tipo de rede. A estação de referência 3^a.DL ficou com o pior desempenho, em consequência do número menor de observações gravadas.

Tabela 11 – Coordenadas (WGS 84) e sua Precisões Referente ao Ajustamento da Rede do Dia 326

COORDENADAS	ESTAÇÕES DE REFERÊNCIA				
	UFPE	RECF	SOLA	3 ^a DL	TELE
ϕ (LATITUDE)	-08° 03' 10,90236"	-08° 03' 03,47488"	-08° 12' 31,40583"	-08° 00' 15,14449"	-07° 57' 07,6582"
λ (LONGITUDE)	-34° 57' 16,93763"	-34° 57' 39,44248"	-34° 55' 06,23568"	-34° 51' 36,28248"	-35° 01' 39,363"
ALTURA (m)	49,0530	19,9645	49,3621	35,9217	150,7265
PRECISÃO (m)	FIXO	Lat. = 0,0034	Lat. = 0,0038	Lat. = 0,0085	Lat. = 0,0036
	FIXO	Long. = 0,0035	Long. = 0,0040	Long. = 0,0093	Long. = 0,0041
	FIXO	Alt. = 0,0121	Alt. = 0,0180	Alt. = 0,0601	Alt. = 0,0186

No estudo e nas análises com relação a qualidade de coordenadas obtidas com a variação da distância foi implantada mais duas estações de referência: FORT (localizada no Forte Orange, na Ilha de Itamaracá) e EOLI. Nesta investigação foram determinados diferentes comprimentos da linha, e observada a variação da mesma, com relação a distância. Para tanto, foram implantadas e calculadas as coordenadas dos pontos EOLI e FORT para cada linha com os outras estações da rede, onde os valores encontrados estão relacionados na Tabela 10 do dia Juliano 323.

Entretanto, para determinar as coordenadas das estações EOLI e FORT, com o já referido programa, foram realizados os cálculos e ajustamento incluindo os mesmos na rede, nos dias citados, obtendo-se os resultados ilustrados na Tabela 12.

Tabela 12 – Coordenadas das Estações EOLI e FORT utilizando o Programa GPSurvey

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTURA(m)
FORT	-07° 48' 39,050390"	-34° 50' 18,331017"	2,0383
EOLI	-07° 58' 48,873653"	-34° 50' 06,53263"	53,4118

Na análise da variação das coordenadas de um ponto com a variação da distância em relação ao ponto de referência, foram calculadas as coordenadas da estação EOLI em relação as demais estações da rede e observa-se a variação das mesmas em relação as coordenadas da Tabela 13.

Tabela 13 – Coordenadas das Estações EOLI e FORT em Relação as Estações de Referência

LINHA	DISTÂNCIA(m)	LATITUDE	LONGITUDE	ALTURA (m)
3DL - EOLI	3818,11	-07° 58' 48,8741"	-34° 50' 06,5334"	53,4902
RECFL - EOLI	15.024,34	-07° 58' 48,8734"	-34° 50' 06,5333"	53,3200
UFPE - EOLI	15.443,65	-07° 58' 48,8734"	-34° 50' 06,5328"	52,0339
SOLA- EOLI	26.883,54	-07° 58' 48,8734"	-34° 50' 06,5328"	53,4091
RECFL - FORT	29.337,64	-07° 48' 39,0498"	-34° 50' 18,3314"	2,0339
SOLA - FORT	44.877,94	-07° 48' 39,0512"	-34° 50' 18,3357"	2,1117
TELE - FORT	26.064,02	-07° 48' 39,0520"	-34° 50' 18,3281"	2,0007
UFPE - FORT	29.694,64	-07° 48' 39,0498"	-34° 50' 18,3314"	2,0406

Os resultados apresentados na Tabela 14 demonstram que com o aumento da distância entre as estações, a variação das coordenadas foi maior. Observa-se, também, que a linha cuja distância era de 4km que deveria ter menor variação, todavia este fato não ocorreu devido ao cálculo ter sido efetuado com apenas duas horas de observação, enquanto as demais estações foram calculadas com observações durante 24 horas.

Diante dos resultados obtidos conclui-se que, quando a precisão requerida é da ordem de poucos centímetros, é necessária a utilização de uma rede de referência para modelagem de erros que afetam as observações e o resultado da modelagem, em forma de correções deve ser enviado à estação móvel por algum meio de comunicação disponível (satélite, rádio, telefone celular, entre outros). Desta forma, a estação móvel pode corrigir os dados GPS em tempo real e disponibilizar com uma precisão na ordem do centímetro. Com as análises dos resultados recomenda-se que, a estação móvel não deva distar da estação central em mais de 30km, para que as correções calculadas sejam representativas na região.

Tabela 14 – Diferenças obtidas com a Estação EOLI e FORT com as 5 Linhas

Distância (km)	$\Delta\phi$ (cm)	$\Delta\lambda$ (cm)	Δh (m)
4*	1,51	0,56	7,84
15*	0,68	0,89	9,18
27*	0,70	1,34	0,27
30**	1,74	1,17	0,44
45**	2,41	14,35	7,34

* o estudo foi referente a estação EOLI

** o estudo foi referente a estação FORT

4.4.3 – Processamento dos Dados da Linha de Costa

Os dados levantados empregando o método cinemático para determinação da linha de costa foram processados pelo programa GPSurvey, tendo como base os dados obtidos através o pós-processamento da estação de referência EOLI.

A Figura 58 ilustra a tela do programa com as coordenadas da estação base.

Figura 58 – Coordenadas da Estação Olinda

Na Figura 59, ilustra a primeira tela do arquivo RINEX, que contém todos os dados rastreados dos satélites GPS, que foram utilizados no pós-processamento.

```

2 OBSERVATION DATA
GN-RINEX 1.0 UFPE 22-NOV-00 20:20 RINEX VERSION / TYPE
measurements on olinda beach PGM / RUN BY / DATE
pred pred COMMENT
Marcia UFPE MARKER NAME
0 Ashtech Z-XII 30 OBSERVER / AGENCY
0 XII REC # / TYPE / VERS
5184870.2124 -3608293.6947 -879627.2342 ANT # / TYPE
1.5480 0.0000 0.0000 APPROX POSITION XYZ
7 C1 L1 D1 P2 L2 S1 S2 ANTENNA: DELTA H/E/N
1 WAVELENGTH FACT L1/2
1 # / TYPES OF OBSERV
0 11 22 20 20 18.000000 GPS INTERVAL
TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER

00 11 22 20 20 18.000000 0 10G15G25G 3G22G 1G31G29G28G11G20
21670965.490 735369.13516 -1648.888 21670981.090 564945.18316
48.000 46.000
20448133.038 -132254.59018 97.309 20448144.748 -100784.05119
74.000 111.000
22853569.034 854897.45116 -1747.039 22853585.700 656202.85815
36.000 24.000
23533540.041 -642831.32415 1340.323 23533556.822 -494660.88715
28.000 18.000
24236914.889 -155529.24811 1983.421
22616597.327 103551.29116 -311.310 22616614.047 145629.73016
49.000 36.000
23968593.293 1153079.09115 -2342.468 23968604.262 885571.66913
19.000 9.000
24965571.145 -712069.73715 1522.555 24965589.306 -548016.52612
21.000 6.000
22491194.588 -1541374.34816 3076.930 22491209.087 -1185981.17215
46.000 29.000
25883821.587 -432524.16614 1703.054
15.000

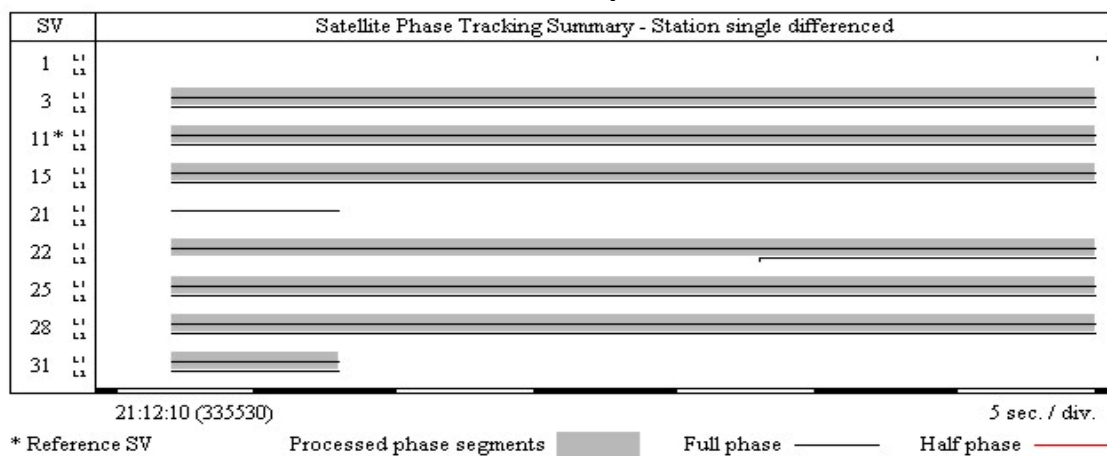
00 11 22 20 20 19.000000 0 10G15G25G 3G22G 1G31G29G28G11G20
21671279.019 737018.181 6 -1649.164 21671295.039 566230.147 6
48.000 44.000
20448114.606 -132351.672 8 96.912 20448126.070 -100859.698 9
74.000 111.000

```

Figura 59 – Arquivo RINEX

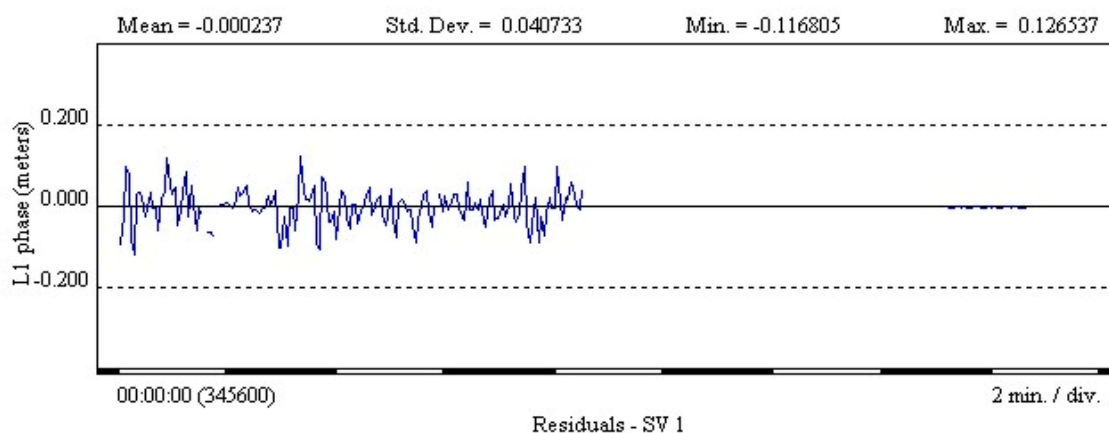
No Gráfico 4 observa-se que não há perda de sinal durante o período de observação do levantamento da linha de costa. Na maioria do tempo, conta-se com 6 satélites e PDOP, erro de posicionamento estimado, menor 3.

Gráfico 4 – Visibilidade dos Satélites e Informações sobre as Perdas de Ciclos e o PDOP



As diferenças dos resíduos do Satélite 1, utilizando a portadora L1, encontra-se entre mais ou menos 20cm como podem ser observadas no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Diferenças e Resíduos



Na Figura 60 apresenta-se o resultado do pós-processamento, que corresponde ao traçado da linha de costa levantada.

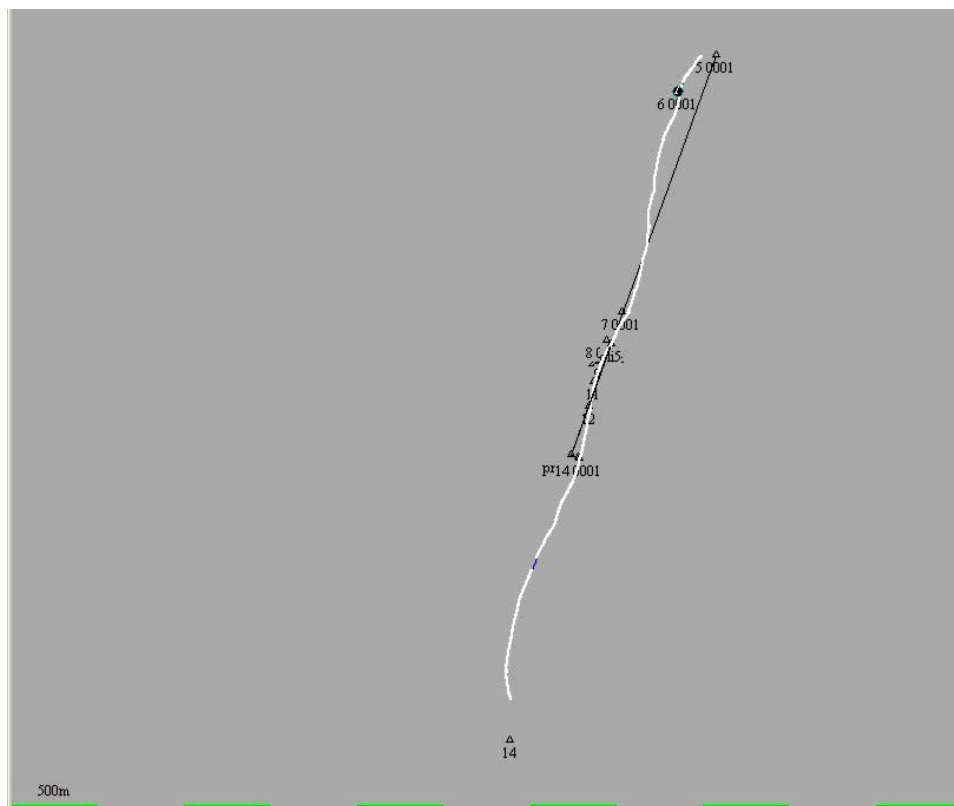


Figura 60 – Linha de Costa determinada em Campo

4.5 – Análise dos Dados Espaciais

4.5.1 – Comparação do Mapa de 1943 e Fotografias Aéreas

Em 1950, na maioria dos municípios do litoral Pernambucano, predominava em números absolutos a população rural. Nas décadas de 60 e 70, no estado de Pernambuco, ocorreu um acelerado processo de ocupação urbana, uma verdadeira explosão imobiliária. Nesta época, mais de 50% da área de beira-mar foi destinada à implantação de loteamentos para moradia, veraneio, entre outras (FIDEM, 1987b). Esse fato tem sua continuidade até os dias atuais sem que haja uma legislação mais restritiva e específica, que possa conter os abusos existentes.

Para elaborar esta análise foram utilizadas fotografias aéreas disponibilizadas pela FIDEM. O foco relevante nesta etapa foi identificação dos elementos que estão associados

nas imagens ao ambiente urbano, através de técnicas de fotointerpretação. As fotografias foram interpretadas visualmente, tendo sido demarcados os espaços ocupados pelo homem.

Uma outra fonte empregada como base, foi o mapa de Olinda de 1943, que apesar de ter sido gerado na escala 1:50.000, permitiu a associação com o tema definido na fotointerpretação, uma vez que apresentava os contornos de vegetação e da hidrografia.

4.5.1.1 – Primeiras Quadras da Praia de Casa Caiada e Rio Doce

Com o objetivo de identificar o processo de expansão urbana nas duas primeiras quadras das praias de Casa Caiada e Rio Doce, utilizou-se do monitoramento cartográfico para facilitar a integração dos dados e a visualização dos resultados.

A análise foi elaborada considerando os seguintes tópicos: evolução da população e urbanização. Desta forma, teve como resultado uma retrospectiva do processo de urbanização que foi validado através de pesquisas dos censos demográficos, que aborda a questão da evolução da população.

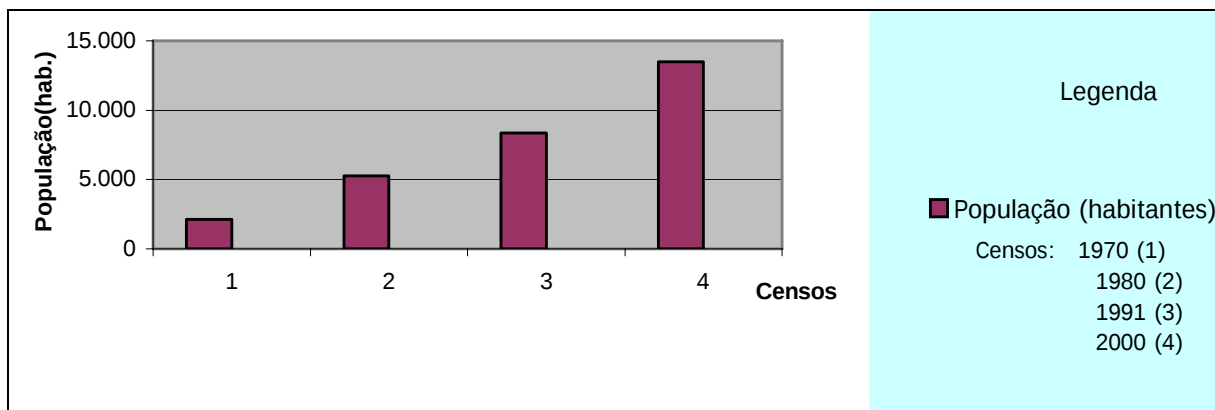
O estudo constatou que, em um período de 30 anos, considerando a série dos censos demográficos de 1970 até 2000, a população vem experimentando aumento em seu contingente em mais de seis vezes. O ritmo de crescimento acelerado, no recorte costeiro pesquisado, indica, de forma visível, que existe um impacto ambiental.

Tabela 15 – População das Duas Primeiras Quadras das Praias de Casa Caiada e Rio Doce

Censos	População (habitantes)
1970 (1)	2.120
1980 (2)	5.261
1991 (3)	8.338
2000 (4)	13.494

Fonte: IBGE, CENSOS

Gráfico 6 – Evolução da População nas Duas Primeiras Quadras



4.5.2 – Monitoramento Cartográfico

No monitoramento cartográfico foram analisados documentos dos 1943, 1974, 1984, 1996 e 2000. A periodização adotada tentou enfatizar os momentos de transformação estruturais, ou seja, as mudanças na ordem social, política e econômica do país que refletiram no espaço do litoral. A análise temporal, apresentada na Figura 61, conjuga a interpretação do mapa de 1943, com as fotografias aéreas dos anos de 1974 e 1996.

O objetivo foi identificar a dinâmica da linha de costa e ocupação antrópica, bem como delinear as implicações no processo de ocupação do recorte costeiro das praias de Casa Caiada e Rio Doce. As seguintes considerações são relevantes a pesquisa:

- No mapa de 1943 (Figura 61) observa-se toda paisagem da região era coberta por coqueirais, enquanto que nas fotografias aéreas de 1974 e 1996 existe uma imensa alteração na paisagem, configurada por uma intensa ocupação antrópica atual. Nas fotografias 16 e 17, pode-se observar com mais detalhe o processo de ocupação antrópica. Os itens 1, 2 e 3 assinalados nas fotografias destacam alterações na região da desembocadura rio Paratibe.
- Outro aspecto observado na desembocadura Rio Paratibe (Doce), foi que no intervalo de 21 anos o local sofreu significativas intervenções, como estão destacadas nas fotografias 16 e 17. Em face da necessidade de conter a erosão, e disciplinar as

margens do rio foram construídos de dois espigões paralelos, item 3 assinalado, denominados, também, guia corrente (obra de disciplinamento da foz do rio).

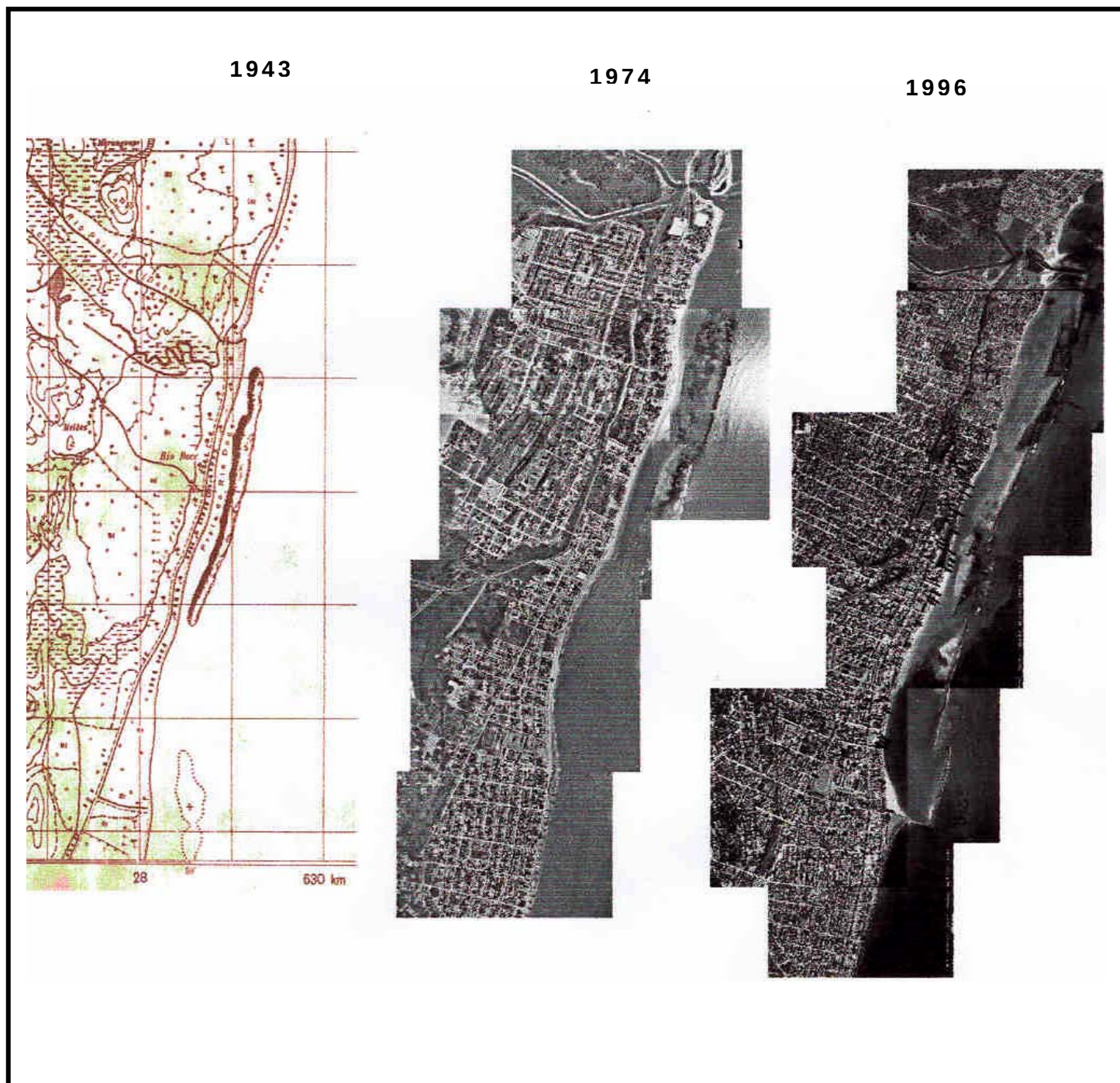
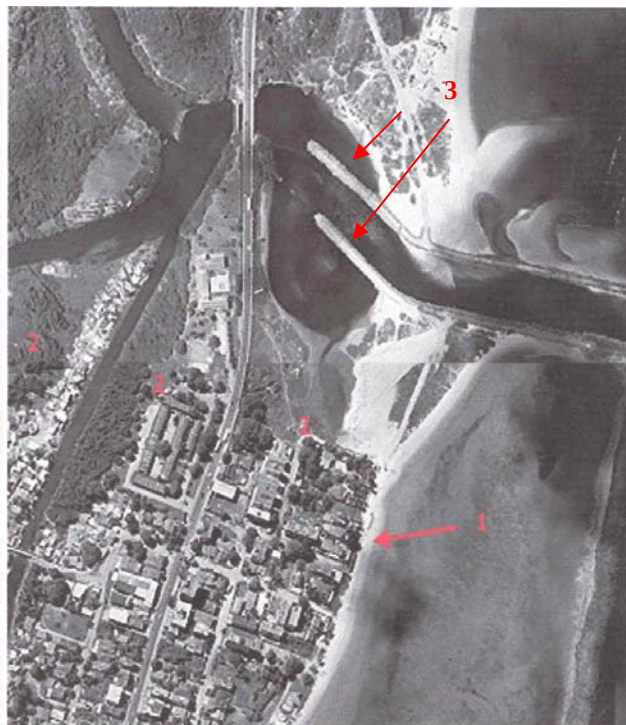


Figura 61 – Análise Temporal do Mapa 1943 e das Fotografias Aéreas 1974 e 1996



Fotografia 16 – Fotografia Aérea de 1974

Fonte: FIDEM (2000)



Fotografia 17 – Fotografia Aérea de 1996

Fonte: FIDEM (2000)

- A faixa de praia também foi alterada, onde em 1943 não era percebida a ocupação humana, em 1974 pode-se observar o processo de expansão urbana sendo instalado, através da retirada da vegetação, do traçado do sistema viário, de algumas edificações e do início de novas construções, finalmente, em 1996 a mesma região entra-se completamente urbanizada.
- Na Figura 62 observa-se que, o curso natural do rio Paratibe foi alterado, tendo sido canalizado o que representa uma grande na paisagem natural. A análise comparativa temporal do mapa de 1943 e das fotografias aéreas 1974 e 1996, mostra, nitidamente, este fato.

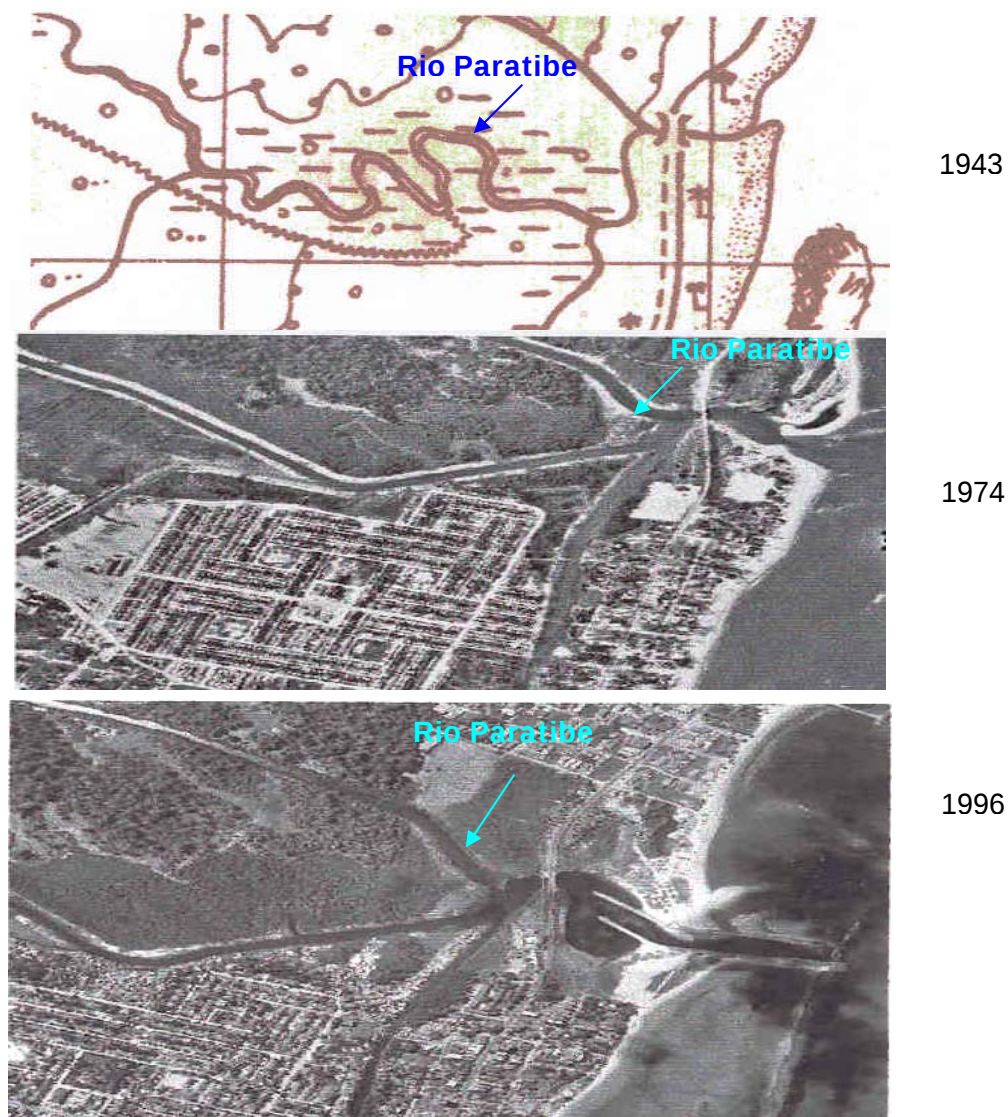


Figura 62 – Alteração na Paisagem Natural

4.5.2 – Geração da Base de Dados Espaciais

4.5.2.1 – Análises Espaciais no Sistema de Geoinformação – SIG

As etapas executadas no programa ArcView foram as seguintes:

- Importação dos arquivos .DGN do Microstation, contendo linhas e toponímia;
- conversão dos arquivos .DGN em .SHP, formato do arquivo gráfico do Programa;
- identificação das curvas de nível, com a inclusão das respectivas cotas;
- seleção do plano de informação de curva de nível, para gerar o MDT;
- cruzamento dos dados espaciais; e

- geração do mapa temático.

O cruzamento dos arquivos contendo as linhas de costa dos anos de 1974, 1984 e 2000, no programa ArcView, resultou na elaboração do Mapa de Evolução da Linha de Costa das praias de Casa Caiada e Rio Doce, cujo *layout* foi gerado para impressão conforme pode ser observado na Figura 63.

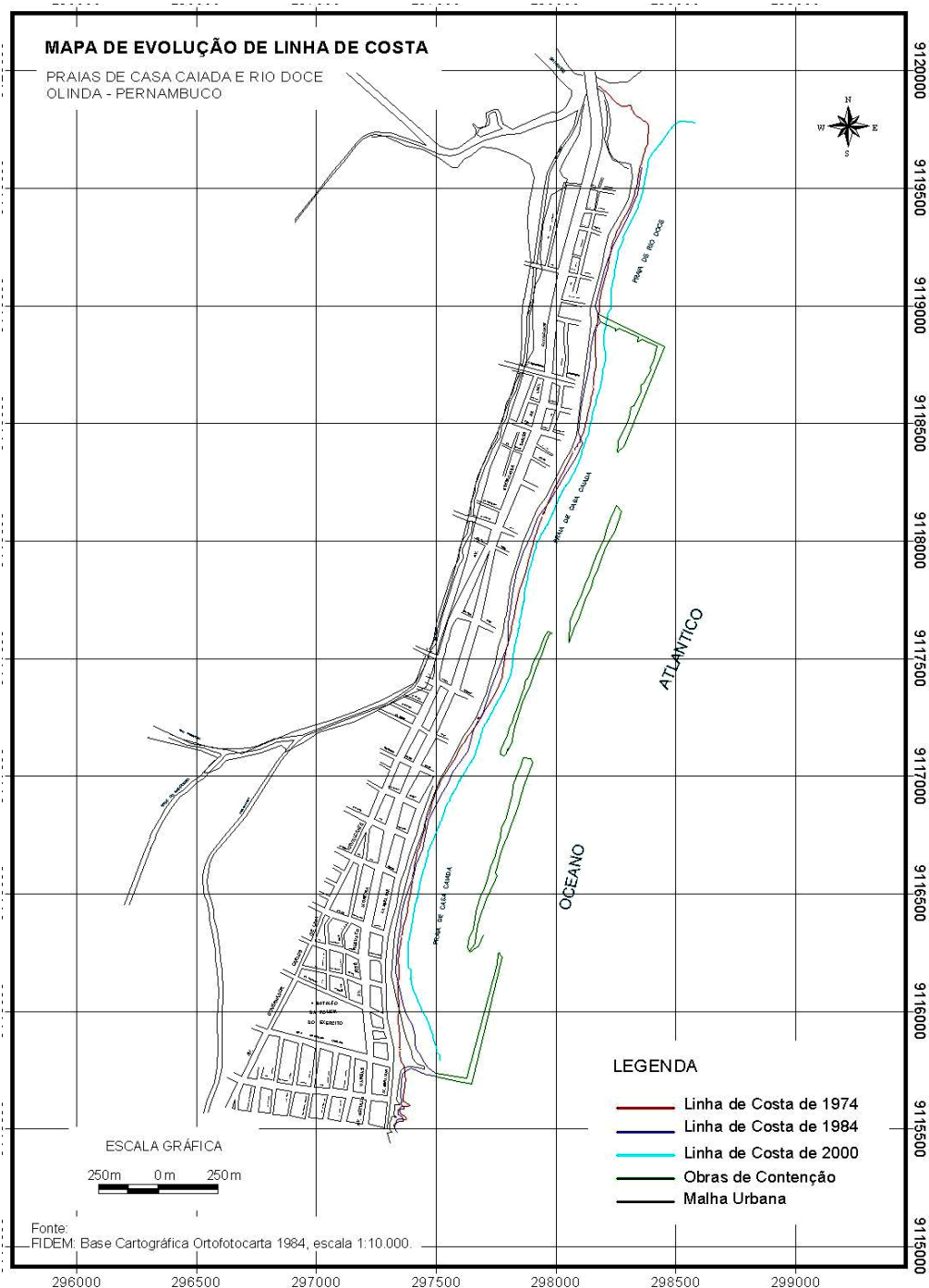


Figura 63 – Mapa da Evolução da Linha de Costa

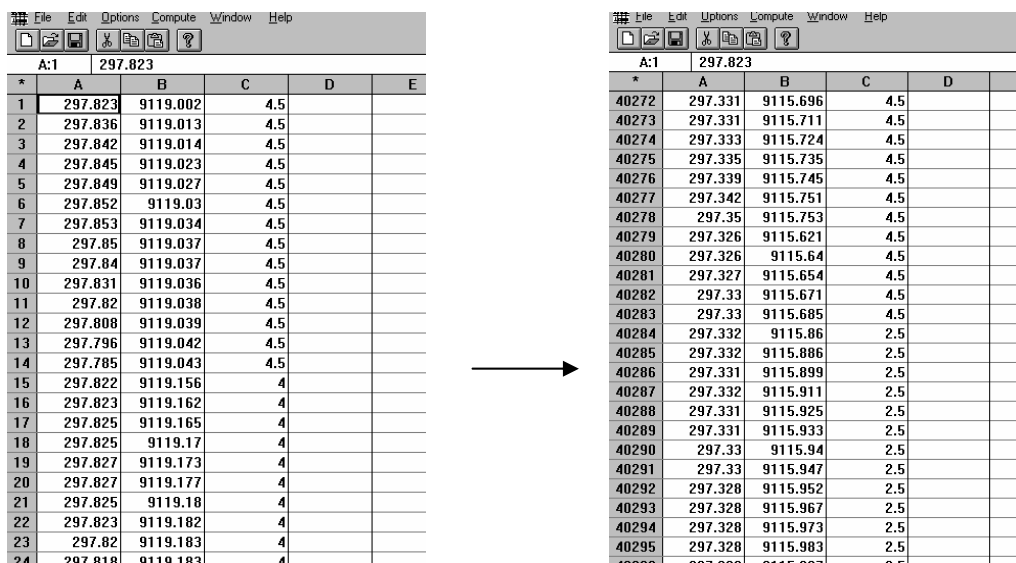
4.5.2.1 – Análises Espaciais no Modelo Digital de Terreno – MDT

No processo de geração MDT e de visualização dos resultados, empregou-se o programa Surfer, que possui diversos interpoladores, tendo sido empregado na pesquisa o Inverso do Quadrado da Distância. O método usado é a média ponderada, podendo ser exata ou suavizada em relação à concordância com os pontos originais levantados e, ainda, pode ser acrescentado o fato que durante a interpolação os dados observados são ponderados para que a influência de um ponto não interfira em outros da grade regular.

A interpolação depende da quantidade de dados coletados, bem como de sua distribuição espacial. Portanto, no caso da área de estudo com uma pequena quantidade de pontos, recomenda-se buscar uma distribuição espacial uniforme dos pontos, para que sejam obtidos resultados confiáveis.

As etapas executadas no programa Surfer foram as seguintes:

- Importação da base de dados gráficos, planilha contendo linhas e colunas, totalizando 40.297 pontos, com suas respectivas coordenadas (X,Y,Z) , gerada no ArcView;
- exportação das coordenadas dos 40.297 pontos automaticamente, conforme Figura 64, que ilustra a primeira e última tela gerada; e



	A	B	C	D	E
1	297.823	9119.002	4.5		
2	297.836	9119.013	4.5		
3	297.842	9119.014	4.5		
4	297.845	9119.023	4.5		
5	297.849	9119.027	4.5		
6	297.852	9119.03	4.5		
7	297.853	9119.034	4.5		
8	297.85	9119.037	4.5		
9	297.84	9119.037	4.5		
10	297.831	9119.036	4.5		
11	297.82	9119.038	4.5		
12	297.808	9119.039	4.5		
13	297.796	9119.042	4.5		
14	297.785	9119.043	4.5		
15	297.822	9119.156	4		
16	297.823	9119.162	4		
17	297.825	9119.165	4		
18	297.825	9119.17	4		
19	297.827	9119.173	4		
20	297.827	9119.177	4		
21	297.825	9119.18	4		
22	297.823	9119.182	4		
23	297.82	9119.183	4		
24	297.818	9119.183	4		

	A	B	C	D	E
40272	297.331	9115.696	4.5		
40273	297.331	9115.711	4.5		
40274	297.333	9115.724	4.5		
40275	297.335	9115.735	4.5		
40276	297.339	9115.745	4.5		
40277	297.342	9115.751	4.5		
40278	297.35	9115.753	4.5		
40279	297.326	9115.621	4.5		
40280	297.326	9115.64	4.5		
40281	297.327	9115.654	4.5		
40282	297.33	9115.671	4.5		
40283	297.33	9115.685	4.5		
40284	297.332	9115.86	2.5		
40285	297.332	9115.886	2.5		
40286	297.331	9115.899	2.5		
40287	297.332	9115.911	2.5		
40288	297.331	9115.925	2.5		
40289	297.331	9115.933	2.5		
40290	297.33	9115.94	2.5		
40291	297.33	9115.947	2.5		
40292	297.328	9115.952	2.5		
40293	297.328	9115.967	2.5		
40294	297.328	9115.973	2.5		
40295	297.328	9115.983	2.5		

Figura 64 – Exportação dos Dados

- criação do GRID; e

A criação do GRID, ligando a base de dados gráfica e a identificação do interpolador empregado, encontra-se ilustrada na Figura 65.

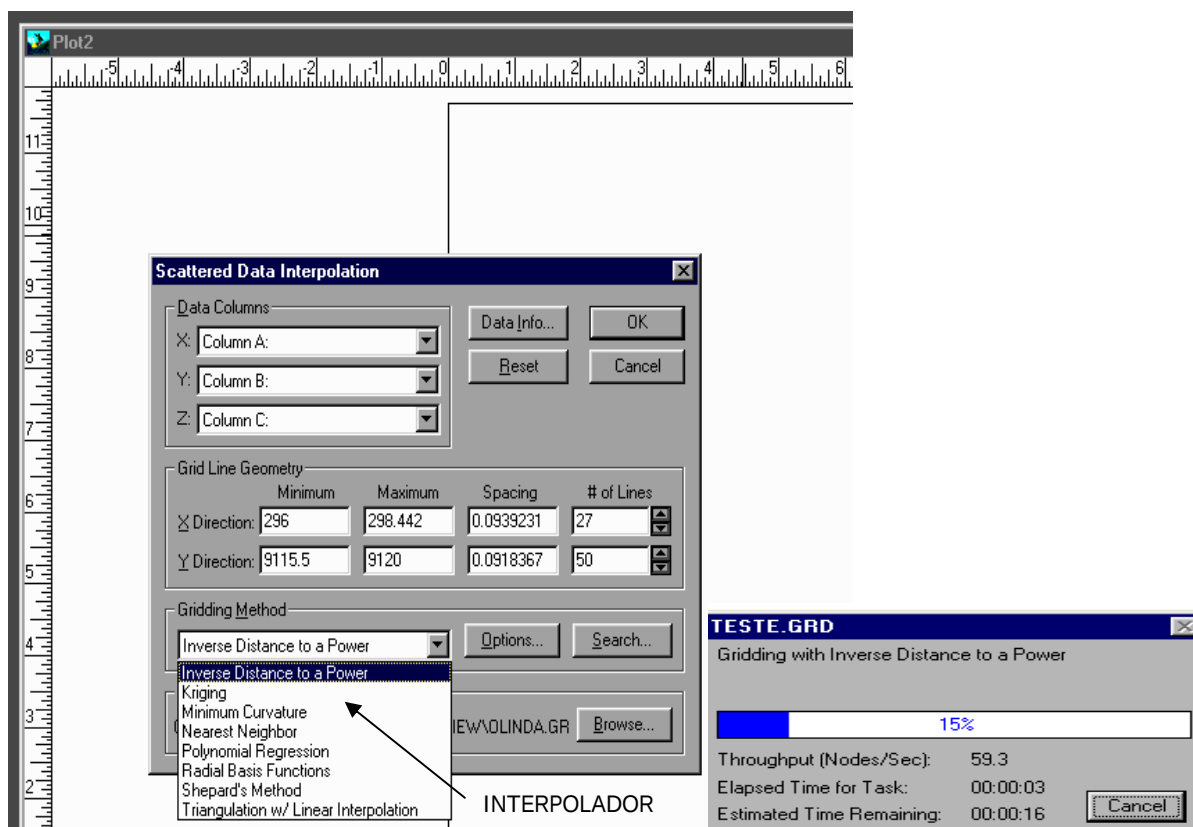


Figura 65 – Processando os Dados

- produção de saída em curvas de nível

Nesta etapa são atribuídos pesos diferentes para a matriz, tornando o GRID suavizado (Figura 66) e, posteriormente, são gerados mapas de contorno conforme Figura 67.

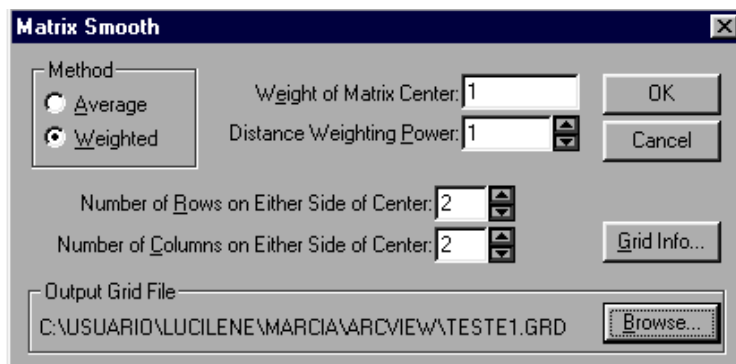


Figura 66 – Gerando Grid Suavizado para o Mapa de Contorno.

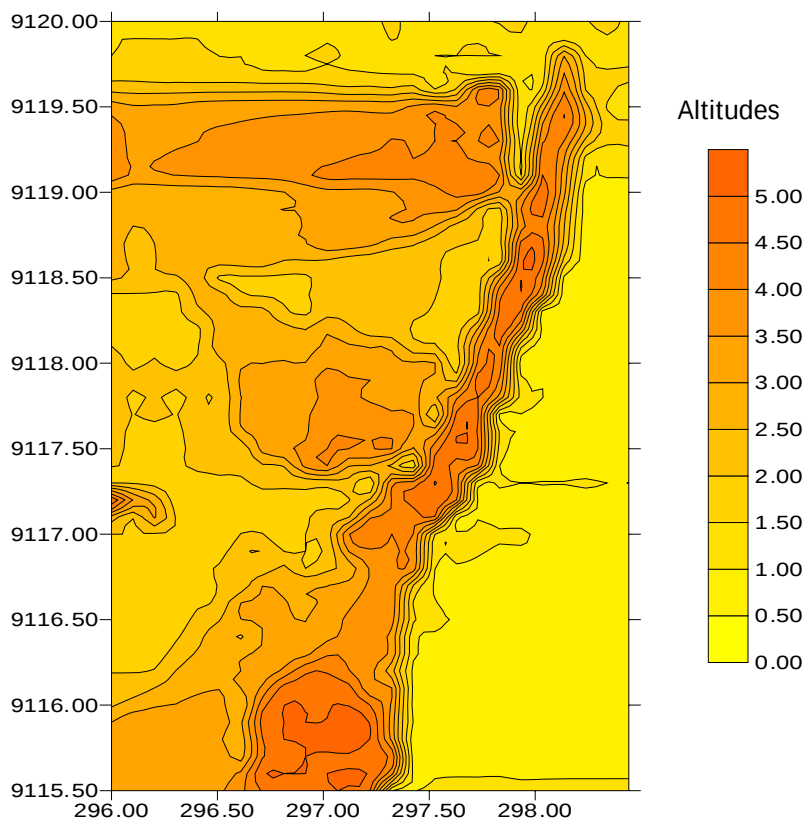


Figura 67 – Mapa de Contorno com Curvas de Nível

- produção de visualização em 3D.

Como conclusão foram geradas visualizações tridimensionais da área de pesquisa, figuras 68 e 69, em diferentes pontos de vista.

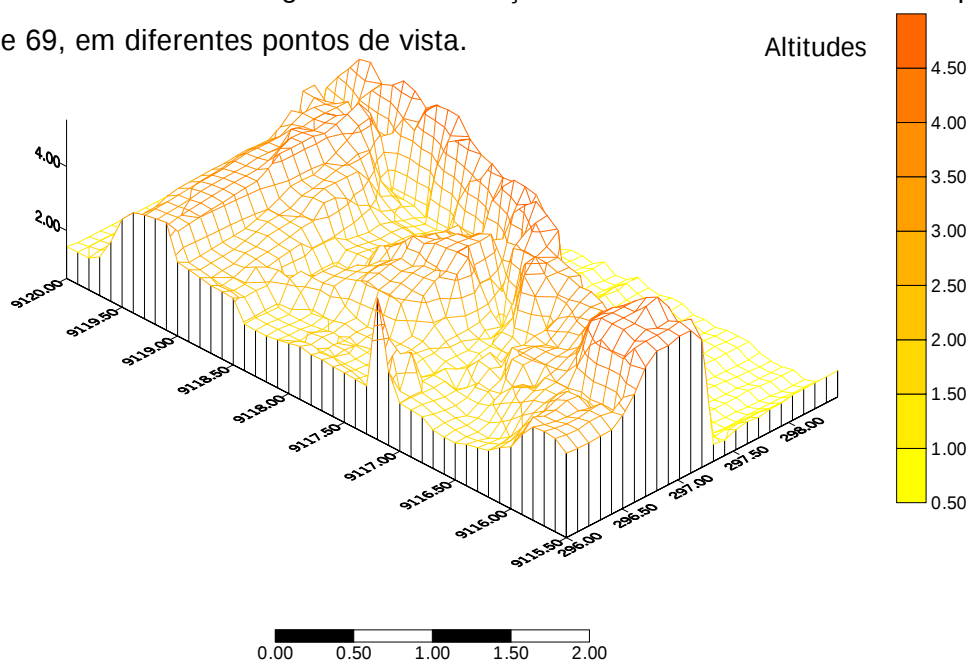


Figura 68 – Visualização em 3D do Continente para o Oceano

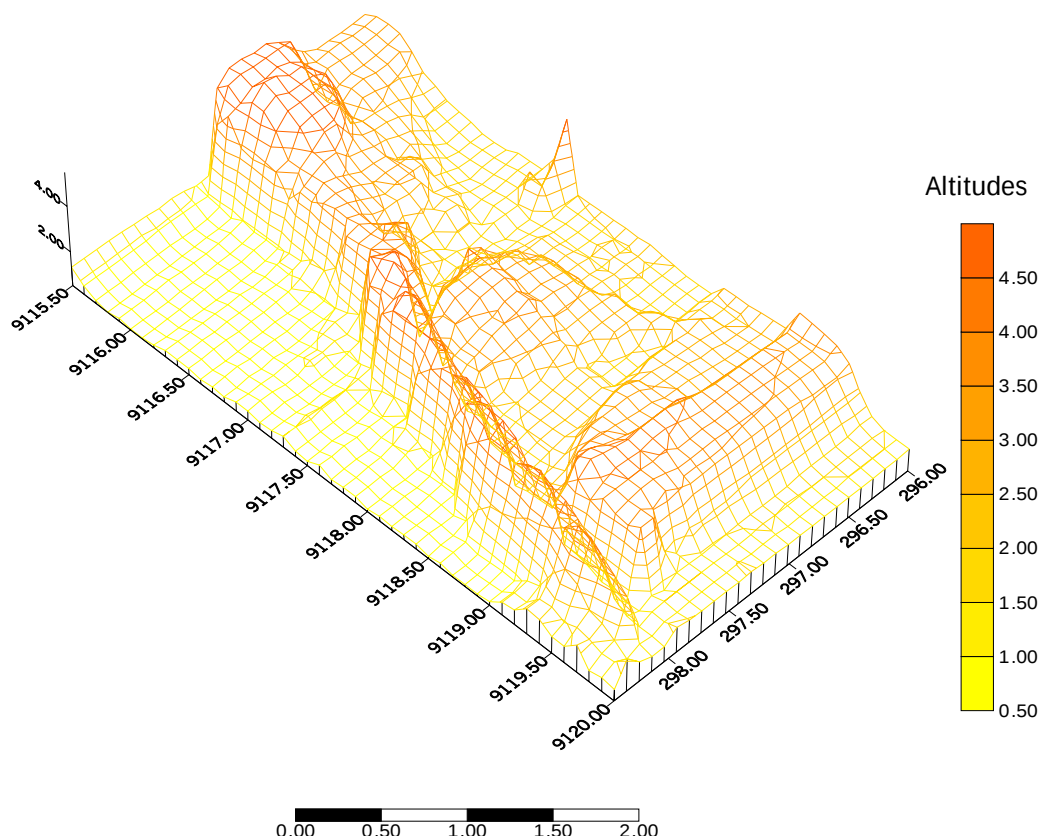


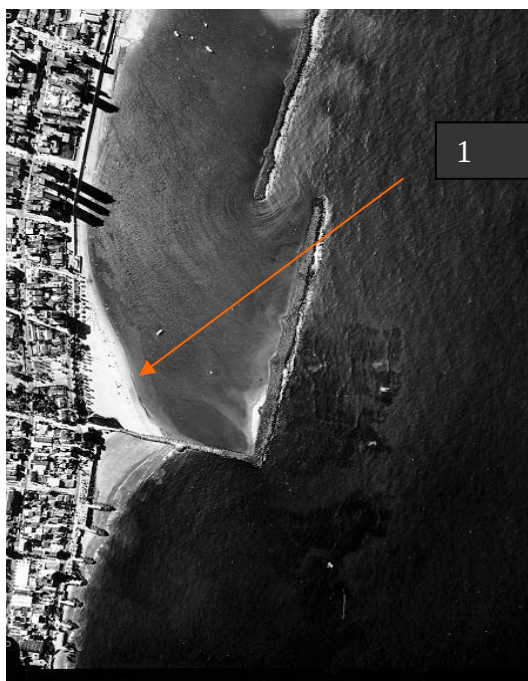
Figura 69 – Visualização em 3D a partir do Oceano

4.6 – Estudo da Tendência do Deslocamento da Linha de Costa

No estudo da tendência do deslocamento da linha de costa, conclui-se que nas praias de Casa Caiada e Rio Doce, em Olinda, existe a ocorrência de progradação artificial, resultante das intervenções humanas, tais como:

- Inicialmente foram construídos os sete quebra mares ao longo das praias;
- o espigão em frente ao Quartel do Exército faz com que ocorra a retenção de areia, formando assim uma praia ampla, Fotografia 18, assinalada pelo item 1;
- construção de um muro vertical de aproximadamente 460 metros, na frente do Ed. Karla Dias até o Colégio Atual (conforme Fotografia 19). Associada a esta construção houve um processo artificial de engordamento, porém a refração das ondas neste local provocou um deslocamento desta areia para sul e, outra parte,

- para norte. Resultando uma progradação até a rua ao lado do antigo Hotel Quatro Rodas, onde já é visível a existência de vegetação, (ilustrado na Fotografia 20); e
- do antigo Hotel Quatro Rodas em direção ao Norte, existem outro muro vertical, para melhorar sua eficiência foi reforçado com blocos rochosos (Fotografia 21). Em seguida, ainda na direção Norte, não há muro de proteção até a igreja de Santana, porém a área encontra-se ocupada por barracas (Fotografia 22).



Fotografia 18 – Praia de Casa Caiada, na frente do Quartel do Exército.

Fonte: FIDEM (1996)



Fotografia 19 – Muro de concreto, Praia de Casa Caiada Olinda (2000).





Fotografia 20 – Muro de Pedra próximo ao antigo Hotel Quatro Rodas.



Fotografia 21 – Praia de Rio Doce



Fotografia 22 – Barracas localizadas próximas à igreja de Santana

- Depois da igreja de Santana, encontra-se outro muro, cuja extremidade Norte está sofrendo processo de erosão decorrente da difração da onda, conforme pode ser observado nas fotografias 23 e 24. A partir deste ponto, existe uma praia

natural até a guia corrente ou espigões paralelos, terminando na estátua de Iemanjá, como ilustra a Fotografia 25, 26 e 27.



Fotografia 23 – Muro de Blocos de Pedras



Fotografia 24 – Muro de Blocos de Pedra,
na praia de Rio Doce



Fotografia 25, 26 e 27 – Vista do Final da praia de Rio Doce

Conclusão

A corrida pelo desenvolvimento aliada as necessidades de uma população que cresce em número e pobreza, tem justificado a exploração selvagem dos recursos costeiros, gerando sérias conseqüências ao meio ambiente.

Entretanto, o desenvolvimento sustentável deverá contar com políticas públicas atentas aos impactos causados pela acelerada expansão urbana e direcionados, não apenas no ponto de vista ambiental e natural, mas sob a ótica da equidade social, sendo este é o desafio maior.

O problema da erosão resulta em conflito entre o processo natural e as atividades humanas; as soluções dos problemas dependem das questões do uso do solo nas proximidades. Os atuais processos de estabilização da linha de costa através da construção de obra de contenção têm se apresentado deficiente no controle e, normalmente, não permite o uso recreativo da praia.

O projeto de requalificação das praias, ou seja, o engordamento das praias, quando executado torna-se o local uma fonte de bem-estar que dá suporte a qualidade de vida, por permitir a mudança que permitem beleza cênica e oportunidades de recreação.

Os benefícios identificados no projeto de revitalização das praias de Olinda, seriam: melhoria dos indicadores de desenvolvimento sustentável do Município, ou seja, melhoria dos indicadores de desempenho ambiental, dos indicadores de desempenho operacional, e dos indicadores de condições ambientais. Mais especificamente, o aumento da geração de empregos, a melhoria nos índices de atividade econômica municipal, o aumento de oportunidades para recreação, a recuperação da praia, a ampliação do potencial turístico, a

recuperação e a manutenção das obras existentes, a melhoria de qualidade de vida da população, a melhoria nos índices de balneabilidade, entre outros.

O objetivo de gerar uma base de dados espaciais para o monitoramento da erosão costeira do município de Olinda utilizando as Tecnologias da Geoinformação, com hipótese, foi confirmada. Uma vez que, a Cartografia forneceu os dados espaciais pretéritos para o monitoramento, a Geodésia por Satélite permitiu que fosse determinada a posição da linha de costa na situação atual. Os dados espaciais reunidos em uma base de dados espaciais aplicados aos Sistemas de Geoinformação – SIG e ao Modelo Digital de Terreno, tornou possível detectar a tendência da erosão costeira.

Os métodos apresentados no mapeamento de linha de costa devem se tornar um processo contínuo de construção, acompanhando o desenvolvimento científico e tecnológico da Engenharia Cartográfica, objetivando a promoção de metodologias mais precisas para determinar taxas de erosão ou progradação, diminuindo o potencial de erros.

Nesta pesquisa foram empregadas desde fotografias aéreas não corrigidas a ortofotocartas e plantas topográficas digitais e o uso do GPS, do SIG e do MDT. Com o avanço na Eletrônica e nas Ciências da Computação deverá ocorrer a diminuição de custos dos equipamentos e programas computacionais, tornando mais desafiador a cada dia a definição do método a ser empregado no mapeamento. Entretanto, observa-se que os seguintes parâmetros devem balizar a decisão: precisão requerida, tempo necessário, investimento financeiro e aplicação.

O GPS disponibiliza medidas práticas e precisas, entretanto, nem sempre é possível percorrer a linha de costa, principalmente em áreas urbanas, devido aos obstáculos, do tipo prédios altos, coqueirais, píer, entre outros; que existem neste ambiente e contribuem, entre outros fatores, para perdas de sinal.

O Sistema de Geoinformação através da construção de planos de informações possibilita a compreensão do deslocamento da linha de costa. Um fator importante deve ser destacado, a manutenção da base de dados espaciais. O litoral é uma área muito dinâmica, o SIG deve ser alimentado com novos dados que permitiram, não apenas novas análises com

relação à erosão, mas análises e simulações em projetos e ações de planejamento. A utilização de GPS, aliado ao SIG no estudo do monitoramento da linha de costa, em áreas urbanas, permite avaliar com precisão a evolução da costa, tanto a nível espacial como temporal. Consolidando-se como metodologia imprescindível ao planejamento ambiental.

A experiência de conjugar documentos cartográficos pretéritos com levantamento GPS de precisão geodésica, em escalas locais, ainda não tinha sido utilizada para este fim, sendo comprovada a utilização desta tecnologia como um excelente instrumento para detectar a tendência da linha de costa, devendo ser empregado para fornecer dados científicos para subsidiar planos de gestão costeira.

A Gestão Integrada da Zona Costeira é uma necessidade mundial, pois como foi constatado neste estudo mais da metade da população mundial vive nessas áreas. O aumento da população costeira ou sazonal pesa muito sobre o meio ambiente marinho e seus recursos (estuários, mangues, pântanos e marismas entre outros).

O estudo revelou alterações significativas na linha de costa, já que se adota como base cartográfica as ortofotocartas digitalizadas de 1984. Para concluir, destaca-se que, analisando o Mapa de Evolução de Linha de Costa a progradação artificial, nos últimos 30 anos, neste trecho do litoral, medida foi de aproximadamente 50 metros, com uma taxa média anual 1,6 metros ao ano, com exceções pontuais. Entretanto, na praia de Casa Caiada, em frente ao Quartel do Exército, ocorreu a criação uma praia artificial de 280 metros de largura. A linha de costa levantada em 2000, utilizando GPS, foi em parte os limites das obras de contenção e na área onde ainda existe uma praia natural adotou-se a média entre a linha de preamar máxima e a vegetação, pois a praia está localizada numa área urbana, densamente ocupada, conseqüentemente há bastante pisoteamento da vegetação.

Recomendações:

- A Cartografia está acompanhando o desenvolvimento tecnológico, necessita de pesquisas e estudos para definição de novas especificações para mapeamento digital, bem como, qualificação de mão de obra.

- Implantação de uma política de conservação da faixa de praia, promovendo limitações legais de uso e ocupação do solo, que deverá induzir a preservação das características naturais, e não favorecer a instalação de obras ou estruturas que venham a comprometer cada vez mais o equilíbrio das praias.
- Deve-se ter cuidado com a precisão dos dados de entrada e os procedimentos para o tratamento dos dados espaciais, que estão diretamente ligados ao produto final do Modelo Digital do Terreno.
- Implementar levantamento anual da linha de costa utilizando a Tecnologia GPS.
- Implementar estudos em longo prazo das condicionantes hidrodinâmicas da costa. A falta destas informações tem gerado tentativas frustradas de contenção dos problemas de erosão existentes. Em muitos casos, as obras executadas têm sido responsáveis pelo surgimento de novas áreas de erosão a jusante da deriva.
- O poder público deve direcionar esforços no sentido elaborar novos instrumentos reguladores e práticas administrativas direcionadas visando compatibilizar crescimento econômico, preservação ambiental e desenvolvimento social.
- Estabelecimento de consórcios municipais, no sentido de articular políticas de gerenciamento integrado, que definam planos de gestão costeira, delineiem possibilidades do uso do ambiente costeiro e definam ações que evitem a degradação ambiental.
- Os municípios promovam consórcios e convênios de cooperação técnica-científica ligadas a questão ambiental costeira, com representante de todos os atores sociais.
- Promover oficinas de educação ambiental com a comunidade local

Continuação da Pesquisa:

O estudo gerou uma base de dados espaciais e temporais, que possibilita o desenvolvimento de aplicação do Sistema de Geoinformação para:

- Acompanhar e estudar a evolução da mancha urbana;
- Avaliar do crescimento populacional;
- Monitorar anualmente a linha de costa utilizando tecnologia GPS; e
- Analisar uso de redes locais nas áreas urbanas.

Referência Bibliográfica

ALBUQUERQUE, Claudia R. S.. *Turismo no Espaço Rural da Microrregião de Garanhuns: potencialidades e vulnerabilidades*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. PROSPESC. Recife: 2002

ALMEIDA, F. F.M. *Geologia e petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. Rio de Janeiro: 1955, DNPM/DGM-Divisão Geologia e Mineralogia. 181p.(Monografia XIII).

ALMEIRA, E.G.; Campos, C. R.; Cezar, Ernaldo Bannwart e at all. "*Sistema de Informações para apoio à Pesca*". Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre: 2001.

AMARAL, R.F; LIMA, A.T.O.; ASSIS,H.M.B. & MANSO,V.A.V., 1990. *Estudo do comportamento atual da linha de costa entre as desembocaduras do rio Timbó e do canal de Santa Cruz - Paulista (PE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Natal: 1990, Anais SBG. V.2.

ANDRADE, Manuel Correia de Oliveira. *Atlas Escolar de Pernambuco*. João Pessoa: GRAFSET, 1999. 112p.

ANGULO, R. J. *Geologia da planície costeira do estado do Paraná*. Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da USP. São Paulo: 1992. 334 e 335p.

ANGULO, R. *Variação na configuração da linha de costa no Estado do Paraná nas últimas quatro décadas*. Boletim Paranaense de Geociências, nº 41. Curitiba: 1993. p. 51-70 .

ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito Ambiental*. 2. ed., Rio: Lumen Juris, 1998.

ARAÚJO, Tânia Bacelar de. *A Experiência Recente de Planejamento Regional do Estado do Paraná – Os casos das Regiões do Oeste e do Setentrão Paranaense*. In: *Ensaio Sobre o Desenvolvimento Brasileiro*; Heranças e Urgências. Rio de Janeiro: Ed. Revan, Fase, 2000. p. 65-108.

ARAÚJO, Tânia Bacelar de. *Nordeste, Nordeste: Que Nordeste?* In: *Ensaio Sobre o Desenvolvimento Brasileiro*; Heranças e Urgências. Rio de Janeiro: Ed. Revan, Fase, 2000. p. 165-196.

BEADLES,J.T. Types od GPS receivers. 1997. disponível em <http://www.auslig.gov.au/geodesy/gps/gpsovrvw.htm>. [Capturado em 12 de dez de 2002]

BERNSTEIN, Ralph. "*Image Geometry and Retification*". *Manual Remote Sensing*". Vol.II, USA, (1982). P. 843-986.

BURROUGH, P. A. *Principles of Geographil Information Systems for Land resources Assessment*. Oxford University Press, 1986. 315p.

BURROUGH,PA; MCDONNELL, RA. *Principles of Geographical Information Systems – Spatial Information Systems and Geostatistic*. Claredon Press: 1998. 327p.

BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. e VIANA, R. "*Contribuição ao estudo dos sedimentos de praias recentes III - caracteres texturais das praias e terraços da região litorânea paulista*". Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geografia Física. Curitiba: 1966.

BLANC, Javier Pineda. *El Sistema Costero: Comentarios Generales. Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros*. Espanha: 1990.

BRASIL. LEI FEDERAL 6938/81, DECRETOS FEDERAIS 9.760/46, 99.274/90 E 750/93 - Que dispõe sobre intervenções e empreendimentos na Zona Costeira e Aterro e Desmatamento de Manguezal.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Detalhamento Metodológico do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima*. Brasília: 2000.

BRASIL. Empresa de Portos do Brasil S. A. - PORTOBRAS. Instituto de Pesquisas Hidroviárias – INPH. *Projeto de Proteção das Praias de Olinda, Pernambuco*. Brasília: 1985.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Avaliação. *Plano Plurianual 2000-2003*: Mensagem ao Congresso Nacional. Brasília: 1999. 2170p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral, Governo do Estado de Pernambuco. *Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife*. Recife: 1995.

BRASIL. Empresa de Portos do Brasil S. A. - PORTOBRÁS. *Relatório do Projeto de Proteção das Praias de Olinda*, em Pernambuco. Brasília: 1985.

BRASIL, Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil, DF: Senado, 1988.

BROWN,J.;COLLING, A; PARK, D.; *et al* ."*Waves, tides and shallow-water processes*". Oxford: Pergamon Press- Open University, 1991.

BRITO, M.F.L. *Mapeamento faciológico da Formação Cabo numa área piloto a sul do Recife*. Recife: 1992. 60f.(Relatório de Graduação. Deptº de Geologia-UFPE).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Detalhamento Metodológico do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima*. Brasília: 2000.

BRASIL. LEI 7.661, de 16 de Maio de 1988 - Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras Providências.

BRAGA, R.A.P., MOURA FILHO, H. & DUARTE, M.T. *Impactos Ambientais sobre a estrutura do manguezal de Suape* (PE). Recife, Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Geral - UFPE. Projeto: Avaliação de Impactos Ambientais em Zonas Estuarinas de Pernambuco.- Avaliação de Impactos Ambientais na Zona Estuarina de Suape. Relatório nº1. Recife: 1989. p.32-42.

BRAGA, R.A.P., PACHECO, M.A. & LINS, M.V.B. *Impactos ambientais sobre populações de caranguejo-uça (Ucides cordatus) e guaiamum (Cardisoma ganhumi) na zona estuarina de Suape (PE)*. Recife, Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Geral - UFPE. Projeto: *Avaliação de Impactos Ambientais em Zonas Estuarinas de Pernambuco.- Avaliação de Impactos Ambientais na Zona Esturina de Suape. Relatório nº1*. Recife: 1989.p. 63-80.

BRAGA, R.A.P., SILVA, A.L. & TOMPSON, M.M. *Impactos Ambientais sobre as condições físico-químicas do Complexo Estuarino de Suape (PE)*. Recife, Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Geral - UFPE. Projeto: *Avaliação de Impactos Ambientais em Zonas Estuarinas de Pernambuco.- Avaliação de Impactos Ambientais na Zona Esturina de Suape*. Recife: 1989. Relatório nº1 p.14-31.

BURITY, Edilce F. *A Carta Cadastral Urbana - uma seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro: 1999.

CANEPARO, S. C. *Manguezais de Paranaguá Uma Análise da Dinâmica Espacial da Ocupação Antrópica – 1952-1996*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 1999. (Tese de doutorado).

CAMPOS, I. °; SILVA, I. O estado da arte da Modelagem Digital de terrenos e suas principais aplicações na engenharia. XVI Congresso Brasileiro de Cartografia. In artigo. Rio de janeiro: 1993.

CARNEIRO, Marcia C. S. M. ; ROMÃO, Verônica M. C.; SÁ, Lucilene A. C. M. de. *A Cartografia no Apoio à Gestão Costeira*. XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais (CD). Porto Alegre: 2001.

CINTRA, J. P; NERO, M. A. *O uso da RBMC como Alternativa de Produtividade em Trabalhos de Campo*. XX Congresso brasileiro de Cartografia. Porto Alegre: 2000.

COBRA, R.Q. *Geologia da região do Cabo de Santo Agostinho*. Belo Horizonte: 1960. 70 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia/UFMG.

CINTRA, J. P. *Modelo Digital do terreno*. Congresso de Geoprocessamento. São Paulo: 1990.

COASTAL & ESTUARINE GEOLOGY PROGRAM. *Shoreline Changes Project*. <http://www.mgs.md.gov/coastal/shoreline.html>. [capturado em 1 de março de 2001].

Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e Administração dos Recursos Hídricos - CPRH. *Diagnóstico Ambiental do Município de Olinda*. Olinda-PE. Recife: 1994. 145p.

COCAR. *Cartografia e Aerolevantamento – Legislação*. N o 01. Brasília: IBGE. 1981. 136 p.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro: 1995. p.46.

COSTA, R. S. e ALCANTARA FILHO, P. *Contribuição ao conhecimento dos manguezais do nordeste do Brasil*. Coleção ESAM. Recife: 1987.V.5. p.1-51 .

COSTA, Sônia M.A. *Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência*

Terrestres. 1999a. 156 p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 1999.

COSTA, Sônia M. A. *Integração da Rede Geodésica Brasileira no SIRGAS: Resultados Preliminares*. XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais (CD). Porto Alegre: 2001.

COUTINHO, Paulo da Nóbrega *et al.* *Monitoramento do Litoral de Olinda*. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2000.

CUMMISKEY, Jean. *The Cape Cod Land Bank: the use of a land acquisition strategy to reserve a Massachusetts coastal region*. Ocean & Coastal Management 44. University of Massachusetts Boston, USA: ELSEVIER, 2001. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002]

DANIEL, Heather. *Replenishment versus retreat: the cost of maintaining Delaware's beaches*. Ocean & Coastal Management. Delaware: ELSEVIER, 2001. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman>. [capturado em 06 de janeiro. 2002]

DAVIS, R. A. Beach and nearshore zone. In: Davis, R.A.(editor). *Coastal sedimentary environments*. New York: Springer-Verlag, 1978.

DYER, Bernard; MILLARD, Keiran. *A generic framework for value management of environment data in the context of integrated coastal zone management*. Ocean & Coastal Management 5. London: ELSEVIER, 2002. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman>. [capturado em 09 de janeiro. 2002]

DIA, Jon C. *Zoning - lessons from the Great Barrier Reef Marine Park*. Ocean & Coastal Management 45. Austrália: ELSEVIER, 2002. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002]

DiBiasi, d. *et al.* "Animation and the role of map design in scientific visualization". Cartography and Geographic Information Systems, vol. 19. 1992.

DOMINGUES J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. & MARTIN, L. 1983. *O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)*. Rev. Bras. Geociênc. Rio de Janeiro: 1983.p. 98-105.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; LEÃO, Z.M.S.N.; AZEVEDO, A.E.G. (1990) *Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco*. Rev. Bras. Geociências. Recife: 1990. V.20, p.208-215.

DUARTE, Robson X. *Características do Ambiente Praia : Morfologia, Sedimentologia e aspectos Hidrodinâmicos*. Centro de Tecnologia e Geociências. Mestrado de Sedimentologia. UFPE. Recife: 1997.

EMBRAPA. *Monitoramento por Satélite*. <http://www.cdbrazil.cnpem.embrapa.br/pe/index.htm> [capturado em 09 de janeiro. 2002]

FERRARI, José Antônio; FRACCAROLI, Maria José *et al.* *Uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Gerenciamento de Áreas Contaminadas*, Instituto de Geologia – S. M. A. São Paulo: 1999.

FERREIRA, F. E. *Análise da rede Viária, utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto*,

visando o planejamento da rede de transporte urbano por ônibus: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado UESC Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis, Santa Catarina: 1992.

FORTES Luís P. S.; GODY, R. Z. *Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema de Posicionamento Global - GPS.* Anais do XV Congresso brasileiro de Cartografia, vol.3, São Paulo: 1991. p.677-682.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM. *Plano Diretor da Região Metropolitana do Recife*; Metrôpole 2010. Recife, 1998. 133p.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM. Programa Governo nos Municípios. *Plano de Ação Regional 2000-2003.* Companhia Editora de Pernambuco. Recife, 2000.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM. *Sistema Gestor Metropolitano.* Recife: 2000.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – FIDEM. *Região Metropolitana do Recife - Proteção das Áreas Estuarinas Parques. Série de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.* Recife: 1987 a .40p.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM. *Região Metropolitana do Recife - Reservas Ecológicas. Série de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.* Recife: 1987 c. 108p.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM, *Região Metropolitana do Recife - Proteção da Orla Marítima. Série de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.* Recife: 1987 d. 42p.

Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife - FIDEM. *Região Metropolitana do Recife - Proteção dos Mananciais. Série de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.* Recife: 1987 e. 188p.

Geographic Information Science Center. <http://www.rain.org/gis/catal-hyuk-map.html> (acesso em 17 de fevereiro de 2003).

GEOMAP REFERENZ HANDBUCH. GEOSPACE. Gesellschaft für Satellitengestützte Geodätische und Navigations-Technologien mbH, Germany: 1992.

GNRT, GPS-Positionierung in Echtzeit. Technical Manual, GEO++ Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigations-Technologien mbH, Garbsen, Alemanha: 1996.

GOMES, Celeste L. dos S. P. Crimes Contra o Meio Ambiente. Ed. Juarez de Oliveira. São Paulo: 1999.

GORMAN, Loureiro *et al.* *Monitoring the Coastal Environment; Part IV: Mapping, Shoreline Changes, and Bathymetric Analysis.* Royal Palm Beach(Florida): 14(1), 1998. p. 61-92.

GOMES, E.; PESSOA, L. M. da C. e SILVA, L. B. *Medindo Imóveis Rurais com GPS.* Brasília: 2001.

GOMES, Edvânia T. A. *Espaço, Planejamento e Gestão de Serviços comuns Metropolitana*

– *Uma Perspectiva Geográfica sobre a Região Metropolitana do Recife*. Recife: 1989. Dissertação de Mestrado – UFPE. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento de Ciências Geográficas.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Pesquisa de Saneamento Básico de Pernambuco*. Rio de Janeiro: 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Resolução PR. nº22, de 21 de julho de 1983. Dispõe sobre as Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro. Boletim de Serviço 1602 (Suplemento). Rio de Janeiro: 1983. 11 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos* – Coletânea de Normas Vigentes. Rio de Janeiro: 1998. 74 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Manuais Técnicos de Geociências - Noções Básicas de Cartografia*. Vol 8. Rio de Janeiro: 1999. 130 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Proposta Preliminar para a adoção de um Referencial Geocêntrico no Brasil*. Rio de Janeiro. 2000a. 80 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: 2002.

IERS. *Network*. 2000. Disponível em <http://hpiers.obspm.fr>. [capturado em 02 jun. 2000]

IGEB. *GPS*. 2000. Disponível em <http://www.igeb.gov> [capturado em 10 fev. 2000]

IGS. *IGS MAP*. 2000. Disponível em <http://igscb.jpl.nasa.gov/network/map.html> [capturado em 10 mai. 2000]

INCRA. *RIBac*. 2000. Disponível em <http://www.incra.gov.br>. [capturado em 02 jun. 2000]

IPGH. *Especificaciones Topograficas*. Cidade do México: Comision de Cartografia. 1986. 785p.

JOSEPH, K. Ajith, BALCHAND, A.N. The application of coastal regulation zones in coastal management - appraisal of Indian experience. *Ocean & Coastal Management* 44. Índia: ELSEVIER, 2000. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002].

KALOGIROUA, S. *Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation*. *Ocean & Coastal Management* 45. Newcastle, Inglaterra: ELSEVIER, 2001. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002].

KELLER, E. A. *Environment Geology*. Prentice Hall. Ed 7ª ed. 1996. 560 p.

KRELL, Andreas J.. *Municípios Brasileiros e alemães na Proteção do Meio Ambiente*. In: Rev. Tribunal de Direito Público, 6/1994, 175p.

KRELL, Andreas J. . *A Posição dos municípios Brasileiros no sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA)*. In: Rev. dos Tribunais, n. 709, nov. 1994, 7p.

KRUEGER, C.P.; Soares, C.R.; Marone, et al. *Levantamento com GPS da linha de costa na*

área erosiva da Ponta do Poço (PR). In: 2º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, Anais, III-184-III-192, 1996.

KRUEGER, C.P. *Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho*. Tese de doutoramento apresentada ao CPGCG - Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 1996. 267p.

KRUEGER, C.P. *Monitoramento do Recuo e da Progradação da Linha de Costa utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS)*. In: 3º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis: 1998. Anais. 10p.

KRUEGER, C.P. e SOARES, C.R. *Rede Geodésica – Litoral Paranaense*. Relatório Técnico 06/99. Convênio APPA/CEM. FUNPAR. Julho de 1999. Pontal do Sul.

KRUEGER, C.P. *Relatório Técnico do Projeto Consolidado dos Resultados: Desenvolvimento de redes de referências locais visando aplicações do GPS de alta precisão em tempo real*. Projeto de Pesquisa para uma Cooperação entre Brasil e Alemanha CNPQ nº 910248/97 – 4 e DL BRA 0020/97 GEO. Curitiba: 2001.

LAKSHMI, AHANA; RAJAGOPALAN, R. *Socio-economic implications of coastal zone degradation and their mitigation: a case study from coastal villages in India*. . Ocean & Coastal Management 43. Índia: ELSEVIER, 2000. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002].

LANGLEY, R.B. *Basic Geodesy for GPS*. GPS World. Oregon: 1992. p.44-49.

LAWRENCE, G.R.P. *Cartographic Methods*. Londres, 1990.

LEE, Y. C.; ZHANG, G. Y. *Developments of Geographic Information Systems Technology*. Journal of Surveying Engineering, American Society of Civil Engineers, vol. 115, n.3, EUA: 1989. p.302-323.

LEICK, Alfred. *Introducing theory for GPS Surveying*. 1995. Disponível em <http://www.spatial.maine.edu/~leick/pub14.htm> [capturado em 02 dezembro de 2002]

LOCH, Carlos. *Análise de Diversos Sensores - Landsat, radar e fotografias aéreas, bem como estudo de suas potencialidades aplicadas a interpretação Geológica*. Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação para obtenção do grau de Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 1982.

MABERSOONE, Jannes M. *Sedimentologia*. Ed. Universitária - UFPE. Recife: 1968.

MANSO, Valdir V., COUTINHO, Paulo N. *et al. Estudo da erosão marinha na Praia de Boa viagem – Relatório Técnico*. Convênio EMLURB/FADE/LGGM - UFPE. Recife: 1995.

MEDEIROS, Alberto Bezerra. *Compartimento Geológico-Geomorfológico e Geoambiental na Faixa costeira Sul da Região Metropolitana do Recife*. Dissertação de Mestrado, UFPE. Recife: 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL - MMA. *A Zona Costeira Brasileira - Subsídios para uma Avaliação Ambiental*. Secretaria de Coordenação de Assuntos de Meio Ambiente. Brasília: 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL – MMA. *Legislação do Ministério Público IV Direito Ambiental*. Por José Fernando Souza e Silva. Ministério

Público do estado de Pernambuco, Procuradoria Geral da Justiça, Escola Superior do Ministério Público. Brasília: 1998.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL – MMA. *Detalhamento Metodológico do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima*. Brasília: 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Gestão Dos Recursos Naturais*. Brasília: 2000.46p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL - MMA (1994). *A Zona Costeira Brasileira - Subsídios para uma Avaliação Ambiental*. MMA, Secretaria de Coordenação de Assuntos de Meio Ambiente, Brasília.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL - MMA. *AGENDA 21, O Caso do Brasil*. Brasília: 1998.

MITCHELL, Hugh C. *Coast and Geodetic Survey*, denominada "*Definitions of terms used in Geodetic and other Surveys*". Washington: 1948.

MOORE, Laura J. *Shoreline Mapping Techniques*. *Journal of coastal Reseach*. Royal Palm Beach(Florida): 2000. 111p.

MORANG, Andrews; LARSON, Robert e GORMAN, Laurel. *Monitoring the coastal Environment, Part I: Waves and currents*. *Journal of Coastal Research*-13.(1):11-133. Florida:1997.

MORTON, Robert A.. *Gulf Shoreline Movement between Sabine Pass and The Brazos River, Texas: 1974 to 1996*. Austin, Texas: 1997. The University of Texas a Austin, Bureau of Economic Geology.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo NAVSTAR GPS: descrição, fundamentos e aplicações. Presidente Prudente: UNESP. 2000. 287p.

MORAIS, J. *Processos de impactos Ambientais em zonas Costeiras*. Ver. Bras. De Geologia. Vol.9. 191-242p.1996.

MOURA, CHRISTIANNE. M. da S. *Fatores e Métodos de Proteção e controle à erosão costeira*. Mestrado em Sedimentação. Pós-Graduação em Geociências. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2000.

MUÑOZ, Héctor Raúl (org). *Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: desafios da lei das águas de 1997*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

OLINDA. LEI ORGÂNICA DO MUNICÍPIO DE OLINDA. Olinda: 1990.

OLINDA. LEI Nº 02. *Plano Diretor do Município de Olinda*. Olinda: 1988.

OLIVEIRA, Cêurio. *Dicionário Cartográfico*. IBGE. 4 a .ed. Rio de Janeiro: IBGE/CDDI. 1993b. 645 p.

OLIVEIRA, Leonardo C. *Realizações do Sistema Geodésico Brasileiro associadas ao SAD 69 - Uma proposta metodológica de transformação*. 1998. 209 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. 1998.

OTTOMAN, F. C. *.Introducción à la geología marine e littorale*. Paris, Masson1965. 259p.

PEREIRA, Kátia D. *Indicadores Técnicos para Uso da RBMC no Mapeamento*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica –Instituto Militar de Engenharia (IMI). Rio de Janeiro: 2001.197p.

PEREIRA, Kátia D. & OLIVEIRA, Leonardo C. *Altitude Ortométrica obtida por GPS – Um Indicador de Qualidade*. Salvador. In: GIS Brasil 2000 6 - O Show de Geotecnologias [CD-ROM]. Salvador: 2000.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 7.541/77 - Dispõe sobre a Preservação e Controle da Poluição Ambiental.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 8.361/80 - Dá nova redação a dispositivo da Lei Nº 7.541/77.

PERNAMBUCO. DECRETO LEI ESTADUAL Nº 7.269/81 - Regulamenta a Lei Nº 8.361/80.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 9.377/83 - Estabelece Medidas de Proteção ao Meio Ambiente.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 9.860/86 - Dispõe sobre a Proteção dos mananciais.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 9.931/86 - Dispõe sobre a proteção das áreas estuarinas.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 9.969/86 - Dispõe sobre a proteção da orla marítima.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 9.989/87 - Dispõe sobre reservas ecológicas na RMR.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 11.206/95 - Dispõe sobre o Uso do Solo na RMR.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 11.206/95 - Dispõe sobre a Política Florestal do Estado.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 11.378/96 - Dispõe sobre a Captação, Transporte, Potabilidade e Uso de Água no Estado.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 11.426/97 - Dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

PERNAMBUCO. LEI ESTADUAL Nº 11.427/97 - Dispõe sobre a Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas no Estado e dá outras providências.

PERNAMBUCO. LEIS FEDERAIS 6.766/70, 4.591/64, E 7.661/88 - Que dispõem sobre Condomínios e Uso do Solo.

PETERSON, M. P. , *"Interactive and animated cartography"*. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice Hall. 1995

PETRIE, G. *et al. Modeling in Surveying and Civil Engineering*. Curso University of Surrey Guildford, England.1987.

PILKEY, O.H. . *Coast erosion. Episodes*, vol.14, nº 1, p. 42-51,1991.

PNUD [CD-ROM] : *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*. Instituto de Pesquisa

Aplicada - IPEA, Fundação João Pinheiro - FJP - Governo de Minas Gerais, IBGE. Projeto BRA/97/007. [1997].

PRISM ASHTECH. *Manual do GPS*. 1996.

RANGEL, Ângela A, *Brasil, além das 200 milhas*. Anais (CD). XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre: 2001.

READING, H. G; Collinson, J. D. Clastic coasts. In: reading, H. G. (editor). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. 3 edição. Oxford: Blackwell Science, 1996.

REINECKH. E.e Singh, I.B.. *Depositional Sedimentary Environments*. Ed. Spriger. Nova York, 1975.

RESOLUÇÃO Nº 05. D.O Dispõe sobre as áreas territoriais dos Estados e Municípios Brasileiros segundo o quadro territorial vigente em 01/01/2001. DIÁRIO OFICIAL Nº 198 – Seção 1 - 11/10/2002 p. 48 a 65.

REVISTA FATOR GIS Nº 20. Curitiba: 1997. p. 67.

ROBBI, C. *Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento urbano*. Tese de doutorado apresentada e defendida no curso de Computação Aplicada, INPE. 2000.

Rodrigues, Marco Alexandre. *Conceitos Básicos de Sistema de Informações Geoambientais e Áreas da aplicação em Cadastro Técnico Municipal*. In: Cong. Bras. De Cartografia, XV, São Paulo, 1991. Anais. P. 542-546.

ROMÃO, Verônica M. C. *Der Beitrag Von GPS ZUR Bereistellung de Raumbezugs Fur Geoinformationssysteme in Kartographisch wenig erschlossenen Gebieten*. Universitat Hannover Alemanha: Nº 210, 1995.

ROMÃO, Verônica Maria Costa. *GPS*. Curso de Especialização em Cartografia aplicada ao Geoprocessamento – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife, 1997.

SOUZA, Marcelo José Lopes de Souza. *Urbanização e Desenvolvimento no Brasil atual*. São Paulo: Ática, 1996.

SÁ, Lucilene Antunes C. M. *Um Sistema de Informações Geográficas para o Turismo de santa Catarina*. Florianópolis. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil. Agosto, 1993.

SÁ, Lucilene A. C. Marques e Portugal, José L. *Introdução ao Geoprocessamento*. ed. UFPE. Recife: 1999.

SÁ, Lucilene Antunes C. M. *Modelagem de dados Espaciais para Sistema de Informações Geográficas - Pesquisa na Emergência Médica*. São Carlos, 2001. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SANTIAGO & CINTRA. *Estações*. 2000. Disponível em <http://www.santiagoecintra.com.br>. [capturado em 28 set. 2000].

SANTOS, Marcelo C. *Precisamos de mais um sistema de coordenadas no Brasil?* – Revista

InfoGeo. Nº10, Curitiba. p. 22-23. Novembro/ Dezembro. 1999.

SEGANTINE, Paulo. Curso de Atualização em Topografia e GPS. São Carlos: EESC/USP, 1997.164p.

SEIFFERT, W. Q.;Loch, C. . "*Gestão Territorial dos Recursos Costeiros e a Carcinocultura Marinha*" COBRAC 2002. Florianópolis: 2002.

SILVA, V. P. e Loch, c. Determinação de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental e sua Espacialização com Técnicas de Geoprocessamento. COBRAC Florianópolis, 2002.

SANTOS, Milton. Por uma Outra Globalização: do pensamento único à consciência universal. 5 ed. Rio de Janeiro: Record , 2001.

SANTOS, A. A. *Geodésia Elementar: Princípios de Posicionamento Global – GPS*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2001.

SANTOS, Milton. *Ensaio sobre a Urbanização Latino-Americana*. ed. Hucitec. São Paulo: 1982. 194p.

SEEBER, GÜNTHER. *Satellite Geodesy- Foundations, Methods and Applications*. Berlin: Walter de Gruyter. 1993. 531p.

SIGHT. Rede e Rádio Faróis. 2000. Disponível em <http://www.sightgps.com.br/serviços>. [Capturado em 8 de janeiro de 2003]

SANTIAGO & CINTRA. Estações 2000. Disponível em <http://www.santiagoecintra.com.br> [capturado em 6 de janeiro de 2003]

SILVA, G. B. *Uso de Sistema de Geoinformação no Estudo da Poluição da Praia de Bairro Novo, Olinda*. Monografia do Curso de Especialização Aplicada ao Geoprocessamento - UFPE, Recife, 2001.

SEEBER, C.R. *Exame geral de qualificação: I)processos costeiros; II)erosão marinha, III) técnicas para o monitoramento das variações da linha de costa*. UNESP, São Paulo: 1994. 147p.

SEEBER, G. *Satellite Geodesy. Foundations, Methods and Applications*. Berlin - New York: 1993.

SIANO, James A. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Ed. Ridel. São Paulo: 2000.

SUMARY OF CORAL CAY CONSERVATION'S HABITAT MAPPING DATA FROM UTILA, Hondura. *University College London* .Centre for Advanced Spatial Analysis. London: 2002.

SURGIO, K. *Dicionário de geologia marinha*. São Paulo: Tª Queiroz, 171p.1992.

SOARES, C. R. *Processos Costeiros, Erosão Marinha, Métodos de Monitoramento das Variações da Linha de Costa*. Exame de qualificação apresentado no curso de Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP, para obtenção do título de doutor. São Paulo: 1995.

SOUZA, E.C.B.; Krueger, Claudia P.. *Determinação das Variações Volumétricas Ocorridas no Istmo do Mel Utilizando o GPS*. Anais do COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: 2002.

SNOUSSIA, Maria; AOULB, Tabet. *Integrated coastal zone management programme northwest African region case*. Ocean & Coastal Management 43. França: ELSEVIER, 2000. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002].

SIANO, James A.. *Cosntituição da República Federativa do Brasil*. Ed. Rideel.São Paulo, 2000.

SILVA, Guísela B. *Uso de Sistema de Geoinformação no Estudo da Poluição da Praia de Bairro Novo, Olinda*. Monografia defendida no Curso de especialização em Cartografia aplicada ao Geoprocessamento. DECAR/UFPE. Recife: 2001.

SLUTER , Claudia Robbi . *Visualização Cartográfica: O Avanço da Cartografia Digital e Pesquisas Futuras*. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Comissão Técnica: Cartografia. Porto Alegre: 2001.

SUMAN, Daniel. *Case studies of coastal conflicts:comparative US/European experiences*. Ocean & Coastal Management. Miami: ELSEVIER,2001. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman>. [capturado em 06 de janeiro. 2002]

TEIXEIRA, José Antônio. *Considerações sobre os motivos da determinação da evapotranspiração potencial e da evapotranspiração real do município de Olinda, PE*. Revista DAE. São Paulo: V.44, n.138, p.100-211.1984.

TEUBNER J.R, F. J.. *A Utilização de SIGs para a definição de Zoneamento Ambientais Costeiros*. GIS BRASIL. In: Congresso Brasileiro para Usuários de Geoprocessamento.. Curitiba: 1994.

TOMAZELLI, Antônio M. Garcia, TOZZI, Clésio L. (1991) *Fotogrametria, Cartografia e visão computacional*. Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia, volume 2. Universidade de São Paulo, São Paulo: 1991.

UM, Bernarddyer, MILLARDB, Keiran. *A generic framework for value management of environment data in the context of integrated coastal zone management..* Ocean & Coastal Management 45. Londres: ELSEVIER, 2002. . <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002].

UNESCO. *Guide Methodologique D'Aide a la Destion Integree de la Zone Cotiere*. França: 1997.

VALLEGA, Adalberto.*Urban waterfront facing integrated management* . Ocean & Coastal Management 44. Genova, Itália: ELSEVIER, 2001. <http://www.elsevier.com/locate/ocecoaman> [capturado em 08 de janeiro. 2002]

VAN ELZAKKER, C. P. J. M. " *Thinking aloud about exploratory cartography*". Anais In: Congressos da Associação Cartográfica Internacional - ICA. Ottawa, Canadá. Anais. Ottawa : Canadian Institute of geomatics, 1999. p. 559-569.

VARELLA, Luis Eduardo Seara. *Reconhecedor de Elementos gráficos Digitalizados via scannerers*. Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro: 1992.

VEIGA, José Eli da (org). *Ciência Ambiental: primeiros mestrados*. São Paulo: ed. Annablume - FASEP, 1998.

WÜBBENA, G.. *Zur Modellierung von GPS - Beobachtungen für die hochgenaue Positionsbestimmung*. Tese Nº 168. Institut Für Erdmessung, Universität Hannover, Alemanha: 1991.

WÜBBENA, G., BAGGE, A. Präzises DGPS in Echtzeit für Vermessung und GIS-Anwendungen. *Beitrag zum DVW-Praxisseminar DGPS-Anwendungen*. Hamburg: 1995, p.01- 16.

WÜBBENA, G., BAGGE, A., SEEGER, G., BÖDER, V., HANKEMEIER, P. *Reducing Distance Dependent errors for Real-Time Precise DGPS Applications by Establishing Reference Station Networks*. ION GPS-1996, Kansas City, Missouri.