

DETERMINAÇÃO DA LINHA DE COSTA NA REGIÃO DE MATINHOS (PR) ATRAVÉS DE DIFERENTES MÉTODOS

CLÁUDIA PEREIRA KRUEGER¹
JORGE ANTÔNIO CENTENO¹
EDSON APARECIDO MITSHITA¹
LUÍS AUGUSTO KOENIG VEIGA¹
CARLOS A ZOCOLOTTI FILHO²
JUILSON JOSÉ JUBANSKI²
MÁRCIO JOSÉ URAKAWA²

¹Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas – UFPR
Laboratório de Geodésia Espacial – LAGE

²Curso de Engenharia Cartográfica/Departamento de Geomática
Setor de Ciências da Terra – UFPR

ckrueger@cce.ufpr.br, {centeno, mitshit, kngveiga}@geoc.ufpr.br

RESUMO – Este artigo apresenta alguns resultados alcançados dentro do projeto de pesquisa intitulado “Determinação do Impacto Ambiental Decorrente da Ação Antrópica na Linha Costeira na Região de Matinhos (PR)”. Ele é um estudo integrado das conseqüências que a presença antrópica e as atividades econômicas podem ter sob uma região costeira. Como estudo de caso é adotada a cidade de Matinhos (PR), no litoral paranaense. O objetivo do estudo consiste em caracterizar a tendência erosiva da linha costeira no município de Matinhos nos últimos anos e o impacto ambiental decorrente da ocupação urbana nesta região. Este projeto de pesquisa aplica diversos destes métodos, integrando várias áreas da engenharia, visando oferecer condições de fortalecimento e consolidação dos levantamentos geodésicos na área marítima de uma região ainda deficiente e não explorada em termos nacionais. Os métodos empregados na determinação da linha de costa compreendida entre o Morro de Matinhos a 5 Km para o Norte foram: monorestituição digital de aerofotos, levantamentos topográfico e geodésico e análise de imagem do satélite IKONOS II. Cada um destes métodos apresentou vantagens e desvantagens, as quais serão apresentadas neste artigo. As linhas geradas por cada um deles estão representadas em uma única figura. Analisa-se ainda os resultados e as precisões alcançadas.

ABSTRACT – This paper reports the results of the research project entitled "Assesment of the Environmental Impact due to human occupation in the Coastlines of the Matinhos area (PR)". It is an integrated study of the consequences that the human presence and economic activities can have on coastal areas. As study case the city of Mathinos, in Brazil, was chosen. The aim of the study is to detect the variation of the coastlines in the district of Matinhos in the last years and the environmental impact due to the urban occupation in this area. This research project applies several surveying methods, such as digital monocular restitution of aerial photographs, topographical and geodesic surveys and analysis of IKONOS II multispectral images. Each one of these methods presented advantages and disadvantages, which are discussed in the article. The lines generated by each one of them are represented in an illustration. The results and the reached accuracies are also analyzed.

1 INTRODUÇÃO

Visando pesquisar as conseqüências que a presença antrópica e as atividades econômicas podem ter sob uma região costeira desenvolveu-se um projeto de pesquisa intitulado “Determinação do Impacto Ambiental Decorrente da Ação Antrópica na Linha Costeira na Região de Matinhos (PR)” que apresenta uma integração entre várias áreas da engenharia (geodésia, fotogrametria, sensoriamento remoto e geologia) envolvidas no

monitoramento ambiental. Como estudo de caso é adotada a cidade de Matinhos (PR), no litoral paranaense. O objetivo do estudo consiste em caracterizar a tendência erosiva da linha costeira no município de Matinhos nos últimos anos e o impacto ambiental decorrente da ocupação urbana nesta região. Como toda análise deve-se basear em dados confiáveis e atuais, o projeto visa também o fortalecimento dos levantamentos geodésicos e disponibilizar informações atualizadas da região, através de informações georeferenciadas de qualidade que sirvam de base para o gerenciamento do ecossistema costeiro.

Este artigo apresenta alguns resultados alcançados dentro deste projeto de pesquisa quanto a determinação da linha de costa na região de Matinhos (PR) através de diversos métodos.

Define-se linha de costa como sendo o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar onde não há efetiva ação marinha no alcance máximo das ondas, concretizando-se pela presença de falésias, no limite entre a vegetação e a praia, ou nos costões rochosos, ou por qualquer outra feição que marque o início da área continental. A percepção de que localmente esta linha não é estável, podendo erodir ou progradar, é uma decorrência clara e direta do aumento da ocupação da zona costeira. Diversos métodos podem ser empregados na determinação destas linhas de costa, como: por fotografias aéreas, por fotografias terrestres tiradas de um mesmo ponto de observação, por levantamentos convencionais com teodolitos ou estações totais; por imagens de satélites e com o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O litoral paranaense têm uma área de aproximadamente 6.600 km², situa-se entre as latitudes 25° e 26° Sul e entre as longitudes 48° e 49° Oeste de Greenwich, encontrando-se ao sul do Brasil. Os limites estaduais são, respectivamente com o estado de São Paulo ao norte, na foz do rio Ararapira e com o estado de Santa Catarina ao sul na foz do rio Saí-Guaçu. Na figura 1, observa-se as principais cidades da região litorânea sendo elas: Paranaguá, Morretes, Antonina, Guaraqueçaba, Praia de Leste, Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba. Indica-se nesta figura a área em estudo, a cidade de Matinhos (PR).

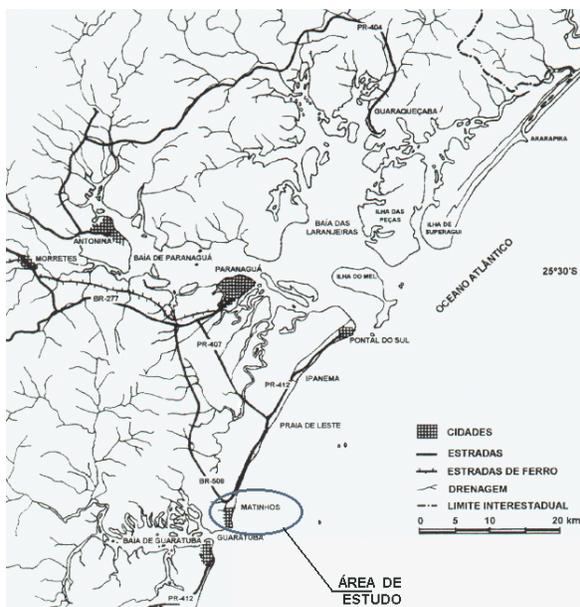


Figura 1 – Mapa do Litoral do estado do Paraná e a localização da área em estudo.

Parte da área em estudo pode ser observada na figura 2. Nela percebe-se a região próxima ao Morro de Matinhos



A partir de 1940, o cenário de Matinhos passou por alterações bruscas, os pescadores existentes na região passam a dividir espaço com os paranaenses que possuem casas de veraneio havendo uma ocupação indiscriminada da faixa à beira-mar, a qual trouxe inúmeras conseqüências, como a violenta ressaca de maio de 2001. Ela destruiu edificações, calçamentos e grande parte da avenida beira-mar (figura 3), deixou também diversas famílias desabrigadas.



Figura 3 – Destrução com a ressaca de maio de 2001.

3 MÉTODOS EMPREGADOS

Os métodos empregados na determinação da linha de costa compreendida entre o Morro de Matinhos a 5 Km para o Norte foram: monorestituição digital de aerofotos, levantamentos topográfico e geodésico e análise de imagem do satélite IKONOS II.

3.1 Monorestituição digital de aerofotos

Ela é definida como um procedimento fotogramétrico que possibilita a obtenção de mapeamento planimétrico digital a partir da digitalização monoscópica de entidades numa aerofoto. Esta técnica está no domínio puramente analítico, verifica-se de uma maneira geral, que se trata da aplicação de um conjunto de transformações de coordenadas entre os espaços da

imagem e da superfície do modelo de referência e da superfície de projeção. As etapas fundamentais de trabalho, envolvidas no processo de Monorestituição Digital de aerofotos em formato *raster*, são apresentadas em MITSHITA (1997). Dentre estas etapas pode-se citar: preparação das aerofotos; orientação interior da aerofoto, orientação espacial aproximada da aerofoto digital; orientação espacial exata da aerofoto digital; obtenção das informações altimétricas da região a ser monorestituída; digitalização das entidades gráficas de interesse; transformações entre referenciais do espaço imagem, objeto e sistemas de projeção e a edição gráfica.

Empregou-se aerofotos digitais do ano de 1997 e o sistema de computação gráfica *MicroStation PC* que disponibilizou as ferramentas de “software”, necessárias ao gerenciamento das imagens digitais, como também para a criação e gerenciamento do arquivo gráfico vetorial das entidades gráficas, criadas a partir da digitalização da aerofoto digital na própria tela do vídeo.

A monorestituição digital de parte da área em estudo e da linha de costa pode ser observada na figura 5.

3.2 Levantamento topográfico

Este é um método clássico de levantamento, cujo resultado permite um controle da qualidade dos demais métodos empregados nesta determinação.

Em outubro de 2001, realizou-se uma poligonal enquadrada com o auxílio de uma estação total modelo TC403L (*Leica*) com um comprimento igual a 1.159,35 m. As coordenadas geodésicas dos marcos de apoio desta poligonal foram determinadas com o GPS empregando-se um posicionamento relativo estático. Neste levantamento codificou-se: linha de costa, meio-fio e estação. Ele teve uma duração de 4 horas e 35 minutos. Empregou-se para o processamento dos dados o programa topográfico POSIÇÃO. O erro de fechamento linear desta poligonal foi de 0,3694 m.

Na figura 5 está representada parte da linha de costa determinada com este método de levantamento.

3.3 Levantamento geodésico

Dentre os levantamentos geodésicos existentes empregou-se o Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System - GPS*), ao qual usuários de diversas áreas têm recorrido, principalmente em virtude da sua disponibilidade contínua, fácil aplicação e independência em relação às condições meteorológicas. Desde 1996, ele têm sido empregado no levantamento e na detecção da variação de algumas linhas de costa no litoral paranaense, sujeitas a progradação e ao recuo (KRUEGER et al., 1996).

Foi realizado um posicionamento relativo com a técnica cinemática contínua em julho de 2001. Nele empregou-se receptores Ashtech Z-XII, com uma taxa de gravação dos dados igual a 3 segundos e um ângulo de elevação de 10 graus. Os dados foram pós-processados com o programa GPS comercial PRISM (*Ashtech*), analisando-se a precisão obtida com estes resultados. A

estação base foi instalada num marco localizado na pedra de Matinhos no litoral paranaense (MATI), cujas coordenadas geodésicas foram determinadas a partir de posicionamentos relativos estáticos tendo-se como estação base, neste caso, um dos marcos pertencentes a rede geodésica local do litoral paranaense (Marco 049V) (KRUEGER et al., 1999). A estação móvel caracterizou-se por uma pessoa percorrendo a linha de costa a pé, a qual apresentou um comprimento de 1.594,36 m.

Na figura 4 pode-se observar a estação móvel (MOBI) percorrendo a linha de costa empregando um posicionamento relativo cinemático contínuo.

Parte da linha de costa determinada com este método pode ser observada na figura 5.



Figura 4 – Estação Móvel na determinação da linha de costa com o GPS

3.4 Análise de imagem do satélite IKONOS II.

Do ponto de vista do monitoramento do espaço, grandes avanços foram alcançados nos últimos anos, como por exemplo no campo do sensoriamento remoto e processamento digital. Estas novas tecnologias possibilitam uma descrição panorâmica de uma extensa região, que deve ser apoiada por uma base de dados geodésicos de qualidade, de maneira a permitir o trabalho cooperativo entre as áreas envolvidas na gestão ambiental para a geração de informações úteis à preservação do meio ambiente.

A imagem empregada nesta pesquisa foi uma imagem multiespectral em composição falsa-cor (imagem IKONOS II); ela é o resultado da fusão das bandas multiespectrais com a pancromática, do que resulta uma resolução espacial de 1 metro. Em comparação à resolução dos sensores dos sistemas Landsat ou Spot, que varia entre 10 a 30 metros, as imagens do IKONOS apresentam um maior grau de detalhe, tornando viável a identificação de construções e a malha viária em áreas urbanas, o que não era possível com os sistemas até recentemente disponíveis. Este avanço também deve ser acompanhado pela adequação das técnicas de classificação e processamento de imagens, visto que a natureza da informação presente nos dados do IKONOS é diferente daquela contida nas imagens com maior resolução. Aspectos que eram desconsiderados ao utilizar imagens de resolução mais grosseira, como a textura das

regiões ou o tamanho de alguns objetos, passam agora a serem relevantes no processo de classificação e interpretação.

As etapas e as atividades desenvolvidas na determinação desta linha de costa foram: a correção geométrica da imagem com base em coordenadas medidas em campo; a digitalização da linha de costa; o processamento dos dados para cálculo de feições espaciais e a verificação da qualidade dos resultados.

Na figura 5 está representada parte da linha de costa determinada com a análise da imagem do satélite IKONOS II.

4 SOBREPOSIÇÃO DAS LINHAS DE COSTA

Com o emprego dos diferentes métodos (seção 3) determinou-se a linha de costa da região de Matinhos (PR), gerando-se um mapa. Na figura 5, observa-se um trecho deste mapa. Nela percebe-se a linha de costa gerada pelo levantamento geodésico (GPS), pelo levantamento topográfico, pela monorestituição digital de e pela análise de imagem do satélite IKONOS II. Observa-se claramente que houve uma erosão significativa desta linha de costa quando se compara a linha de costa obtida pela monorestituição digital (aerofotos de 1997) com as obtidas pelos demais métodos. É claro que este fato ocorre em face da diferença de quatro anos entre as épocas de observação, intervalo este em que houveram ressacas na área em estudo conduzindo a erosões na linha de costa (seção 2).

5 PRECISÕES E RESULTADOS

A técnica de monorestituição digital apresenta uma grande vantagem quanto a facilidades de operacionalização do processo, pois não há necessidade de acuidade de visão estereoscópica. A acuidade estereoscópica exige que a restituição estereofotogramétrica seja realizada somente por técnico fotogrametrista altamente qualificado. Contudo, apresenta como desvantagem a necessidade de aerofotos atualizadas da região em estudo e a existência de informações altimétricas desta região.

O levantamento topográfico têm como vantagem a precisão alcançada e como desvantagem um menor rendimento se comparado com o levantamento geodésico utilizando o GPS.

Para o método de levantamento geodésico com o emprego do GPS pode-se citar como vantagens um maior rendimento e boa precisão para o monitoramento de áreas sujeitas a significativas erosões e progradações. Como desvantagem pode-se citar o seu emprego em áreas com maior número de obstáculos, as quais prejudicam a recepção dos sinais dos satélites GPS. Verificou-se que os desvios padrão elevados referiam-se aos oito minutos iniciais deste posicionamento. Neste período ocorria a busca na fixação das ambigüidades, ou seja na determinação dos seus inteiros.

A determinação da linha de costa com a análise da imagem do satélite IKONOS II apresenta por sua vez

como vantagem a minimização dos levantamentos de campo e como principal desvantagem a dificuldade na interpretação visual para áreas sujeitas a recentes ressacas. Na figura 06 percebe-se os asfaltos destruídos e areia sobre a parte não destruída. Parte destes vestígios são vistos na imagem IKONOS II adquirida prejudicando a análise visual na determinação da linha de costa..



Figura 6 – Destruição prejudicando a interpretação visual da imagem IKONOS II adquirida

De todos os métodos apresentados e empregados na determinação da linha de costa de Matinhos constatou-se que o levantamento topográfico e o levantamento geodésico apresentaram ótimos resultados.

Mediante uma análise entre as linhas de costa determinadas pelo levantamento geodésico (seção 3.3) e pela análise da imagem IKONOS II (seção 3.4), tomando-se como referência a linha de costa determinada pelo levantamento topográfico (seção 3.2), calculou-se os desvios médio observados para cada um dos seis trechos que compõem esta linha de costa (tabela 1). Na tabela 1, observa-se ainda a situação do trecho levantado, bem como as dificuldades encontradas quando da determinação desta linha pela imagem IKONOS II.

Tabela 1 – Análise da linha de costa obtida pela imagem IKONOS II e pelo levantamento geodésico com relação a obtida pelo levantamento topográfico.

Situação	Desvio Médio (m) IKONOS II	Desvio Médio (m) GPS	Dificuldades/Observações
Asfalto bom, com calçada e vegetação	0,70	0,19	Interpretação visual, devido a presença de areia no calçamento
Asfalto e areia	0,84	0,23	Diferença de cota no asfalto devido ao seu desmoronamento.
Asfalto demolido, com a presença de areia	1,51	0,44	Diferença de cota no asfalto devido ao desmoronamento e a grande quantidade de areia
Asfalto demolido, com a presença de pedras	1,60	0,83	Interpretação visual devido a presença de rochas misturadas com a areia e com o asfalto
Presença de areia e calçada	1,30	2,12	Interpretação visual devido a grande quantidade de areia encobrindo o asfalto.
Com asfalto e pedras	0,99	0,44	Interpretação visual devido a grande quantidade de areia encobrindo o asfalto.

O erro médio obtido com a determinação da linha de costa com a análise da imagem IKONOS II foi igual a 1,27 m e pelo levantamento geodésico (GPS) foi igual a 1,02 m.

Outra consideração importante a ser feita com relação aos métodos empregados nesta determinação diz respeito aos custos. Verificou-se que para um levanta-

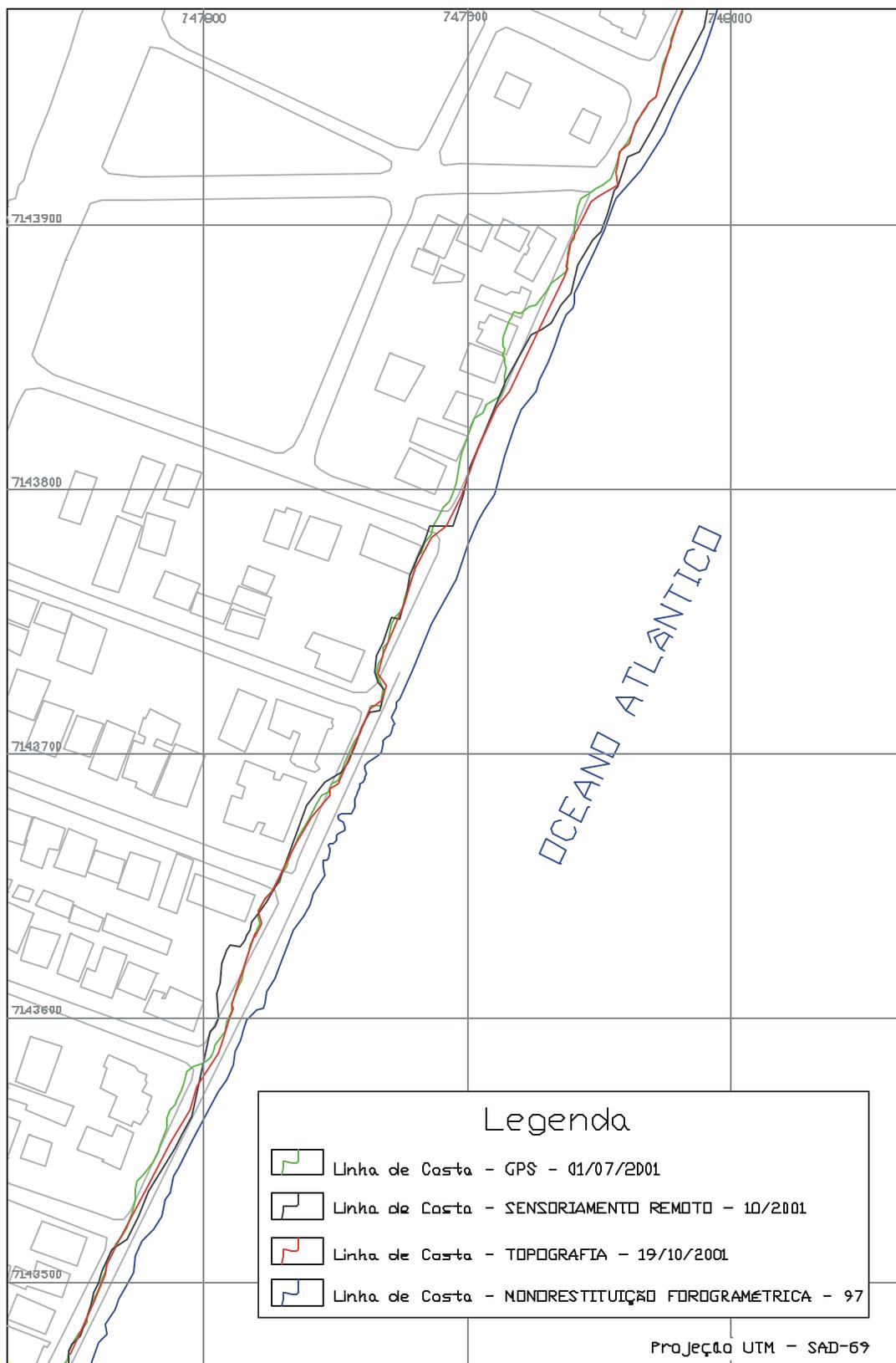


Figura 5 – Sobreposição das linhas de costa

mento topográfico o custo diário foi de aproximadamente 850,00 reais, para um levantamento geodésico estimou-se um custo diário de aproximadamente 1.125,00 reais e pela análise da imagem IKONOS II, considerando-se a aquisição da imagem, o custo diário foi de aproximadamente 14.100,00 reais. Cabe ressaltar que o tempo despendido na determinação desta linha de costa foi de 5 horas e 05 minutos; de 2 horas e 21 minutos e de 1 hora e 10 minutos, respectivamente.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a correção geométrica da imagem as distorções geométricas presentes nesta imagem, decorrentes do processo de aquisição dos dados pelo conjunto sensor/plataforma, são minimizadas.

De uma forma geral verificou-se que as maiores distâncias entre as linhas de costas determinadas pelo levantamento topográfico, e pela análise da imagem

IKONOS II ocorreram na área mais atingida pela erosão. Em face da presença de areia e do asfalto demolido houve uma grande dificuldade em se interpretar os limites entre as feições.

Embora o GPS seja preciso e prático, nem sempre é possível percorrer exatamente a linha de costa, devido aos obstáculos que se apresentam contribuindo também para as perdas do sinal GPS.

A determinação e o monitoramento de linhas de costa requer uma definição precisa e constante ao longo do tempo quanto ao conceito adotado para linha de costa. Estes levantamentos devem, preferencialmente, ser realizados pela mesma equipe ao longo das épocas de observação, evitando desta forma o caminhar em uma falsa linha de costa gerando análises errôneas quanto a erosão e a progradação da linha de costa em estudo.

Verificou-se que o levantamento geodésico apresentou um menor custo para a determinação desta linha de costa seguido do levantamento topográfico. Em termos de precisão pode-se dizer que para esta área sujeita a significativo processo erosivo o primeiro método é satisfatório.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem aos alunos Maria Madalena Santos da Silva Sklarski e Alessandro Acioli da Silva, do curso de engenharia cartográfica da UFPR, pela colaboração nos levantamentos topográficos.

Agradecemos também ao apoio financeiro da Fundação Araucária a este projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRUEGER, C. P. **Investigações sobre Aplicações de Alta Precisão do GPS no Âmbito Marinho**. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências

Geodésicas UFPR, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora, Curitiba, 1996.

KRUEGER, C. P; SOARES, C.R.; et al.. **Levantamento com GPS da Linha de Costa na Área Erosiva da Ponta do Poço (PR)**, 2º COBRAC, Florianópolis, SC, 1996.

KRUEGER, C. P; SOARES, C.R. **Rede Geodésica – Litoral Paranaense**. Relatório Técnico 06/99, convênio APPA/CEM/UFPR. Pontal do Paraná, Julho de 1999.

MITSHITA, E. A **Monorestituição Digital de Aerofotos, Associada com Sistema de Computação Gráfica C.AD., para Fins de Mapeamento na Área Florestal**. Tese de doutoramento apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal UFPR, Curitiba, 1997.