

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE ESTADO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO – SEP
INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES – IJSN

**NOTA
TÉCNICA** | **30**

Análise da Variação da Linha de Costa do Espírito Santo

Resultados Preliminares

Instituto Jones dos Santos Neves

NT - 30

Diretor-Presidente

José Edil Benedito

Diretora de Estudos e Pesquisas

Denise Pereira Barros Nascimento

Coordenador de Geoprocessamento

Pablo Medeiros Jabor

Equipe Técnica

Coordenação de Geoprocessamento

Fernando Jakes Taubner Junior

Lívia Maria Albertasse Tulli

Rodrigo Borrego Lorena

Pablo Medeiros Jabor

Rafael Justino de Jesus

Everton Patuzzo da Silva

Schirley Holz

Assessoria de Relacionamento Institucional

Editoração

Lastênio João Scopel

Maria de Fátima Pessotti de Oliveira

Bibliotecária

Andreza Ferreira Tovar

Instituto Jones dos Santos Neves

Análise da variação da linha de costa do Espírito Santo. Resultados preliminares. Vitória, ES, 2012.

21f. il. tab. (Nota técnica, 30)

1.Gerenciamento Costeiro. 2.Georeferenciamento. 3.Litoral. 4.Espírito Santo (Estado). I.Taubner Jr., Fernando J. II.Tulli, Lívia M. Albertasse. III.Lorena, Rodrigo B. IV.Jabor, Pablo M. V.Título. VI.Série.

Apresentação

O Estado do Espírito Santo possui uma extensa faixa litorânea, seus principais centros urbanos e, conseqüentemente muitas das suas atividades econômicas se desenvolvem nesta porção do território. Estudos que avaliem a posição da linha de costa e seu comportamento ao longo do tempo são importantes para muitas atividades, sejam elas de pesquisa, de engenharia e de planejamento. As variações da linha de costa podem impactar a economia e o desenvolvimento do Estado, assim, tanto projetos de engenharia quanto planos de gerenciamento costeiro devem levar em consideração informações a respeito da posição da linha de costa no presente, o seu comportamento no passado e a possibilidade de previsão para o futuro. Este estudo apresenta uma proposta metodológica de extração de linha de costa a partir de fotografias aéreas de períodos diferentes e sua variação espaço temporal, tal metodologia, pode subsidiar análises quantitativas da evolução das tendências de erosão e deposição.

Sumário

1 – Introdução.....	06
2 – Objetivos.....	09
2.1 – Objetivo geral.....	09
2.2 – Objetivos específicos.....	09
3 – Metodologia.....	09
3.1 - Aquisição de dados.....	10
3.2 – Georreferenciamento das fotografias aéreas.....	11
3.3 – Construção dos mosaicos.....	12
3.4 – Extração da linha de costa.....	13
3.5 – Análise da variação da linha de costa.....	14
4 – Resultados	14
4.1 - Extração da linha de costa.....	14
4.2 – Análise da variação da linha de costa.....	17
5 – Considerações Finais.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resultados obtidos na região de Meaípe, Guarapari, ES.	07
Figura 2 – Resultados obtidos na região de Camburi, Vitória, ES	08
Figura 3 – - Etapas de Trabalho.	10
Figura 4 – Aspecto da fotografia antes (a) e após (b) o georeferenciamento	11
Figura 5 – Aspecto da fotografia antes (a) e após (b) o processo de mosaicagem	12
Figura 6 – Delimitação de linha de costa (linha azul) segundo Crowell(1991)	13
Figura 7 – Exemplo de linhas de costa - Vitória, 1970 e 2008, sobre imagem de 2008	15
Figura 8 – Áreas do litoral que tiveram a linha de costa delimitada	16
Figura 9 – Trecho selecionado para a realização das simulações	17
Figura 10 – Aspecto dos transectos traçados pelo DSAS	18

1. INTRODUÇÃO

A orla refere-se à estreita faixa de contato da terra com o mar, na qual a ação dos processos costeiros se faz sentir de forma mais acentuada à medida que efeitos erosivos ou deposicionais podem alterar sensivelmente a configuração da linha de costa. Nesta faixa a degradação ambiental por destruição da vegetação e construção de edificações se torna extremamente evidente, através da modificação da estética da paisagem e até mesmo intervenção no processo de transporte de sedimentos (eólico ou marinho), conseqüentemente provocando desequilíbrios no balanço sedimentar e na estabilidade da linha de costa (MUEHE, 2001).

A determinação da posição da linha de costa e seu comportamento migratório ao longo do tempo são de extrema importância para inúmeras atividades, sejam elas de pesquisa, de engenharia e de planejamento (NRC, 1990). Tanto projetos de engenharia quanto planos de gerenciamento costeiro requerem informações a respeito da posição da linha de costa no presente, o seu comportamento no passado e a possibilidade de previsão para o futuro. Exemplos disso são os projetos de proteção da zona costeira, estudos sobre variação do nível médio do mar e determinação de zonas de risco, estudos sobre morfodinâmica e erosão costeira, monitoramento ambiental e formulação e regulamentação de leis de gerenciamento costeiro. Através da análise da variação da posição da linha de costa pode-se ainda identificar os processos de reorientação da mesma no entorno de estruturas rígidas, determinar os padrões de modificação na largura e volume de praias, assim como quantificar taxas históricas de migração (ARAUJO *et al.*, 2009).

Apesar disso, o estudo da variação da linha de costa não deve ser feito para curtos espaços de tempo, dado que a linha de costa pode variar muito dependendo do fenômeno que está sob regime, por exemplo, durante um ciclo de maré, onde a variação da maré pode ser de centímetros a dezena de metros dependendo onde está se observando ou qual o perfil da praia naquela região e as diferentes condições ambientais na referida região, como regime de ondas e outros fenômenos (GOMES, 2008).

O conceito de linha de costa é extremamente amplo e sua delimitação não é simples. Do ponto de vista físico, a linha de costa corresponde simplesmente ao limite entre o continente e a porção adjacente ao mar, onde não há efetiva ação marinha, concretizado 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 do continente. Além disso, a linha de costa deve ser entendida como um limite móvel, cuja posição é variável a todas as escalas quer sejam espaciais ou temporais, podendo sofrer progradação, recuo, bem como mostrar-se estável.

A delimitação da linha de costa pode ser realizada de diferentes maneiras, sendo que a escolha do método vai depender das informações que se pretende extrair, da disponibilidade e qualidade de dados, dos equipamentos utilizados, das escalas de trabalho escolhidas e dos erros associados aos processos de aquisição e processamento das imagens. Em função da dinâmica natural, a definição da posição da linha de costa no tempo e no espaço ainda é um desafio para os pesquisadores. Para fins práticos, o uso de indicadores da linha de costa torna-se mais viável, sendo geralmente uma feição usada como aproximação para uma linha de costa “verdadeira”. O ideal é aquela facilmente visualizada em campo, em fotografias ou imagens aéreas e em qualquer praia, e deve estar presente em todas as séries temporais caso o trabalho utilize comparações em escala temporal (BOAK; TURNER, 2005 *apud* ARAUJO *et al.*, 2009).

Assim, inúmeras feições já foram sugeridas como indicadores, como a linha da vegetação costeira, a base ou a crista da duna frontal, escarpas ou cristas no perfil praiar, e a máxima linha d'água atingida, que corresponde à marca da última maré alta (interface areia seca/molhada). Este último é o indicador mais freqüentemente utilizado, sobretudo porque este limite caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade na areia da praia, causado por inundação repetida e periódica da praia pela maré alta (ARAUJO *et al.*, 2009; CROWELL, 1991).

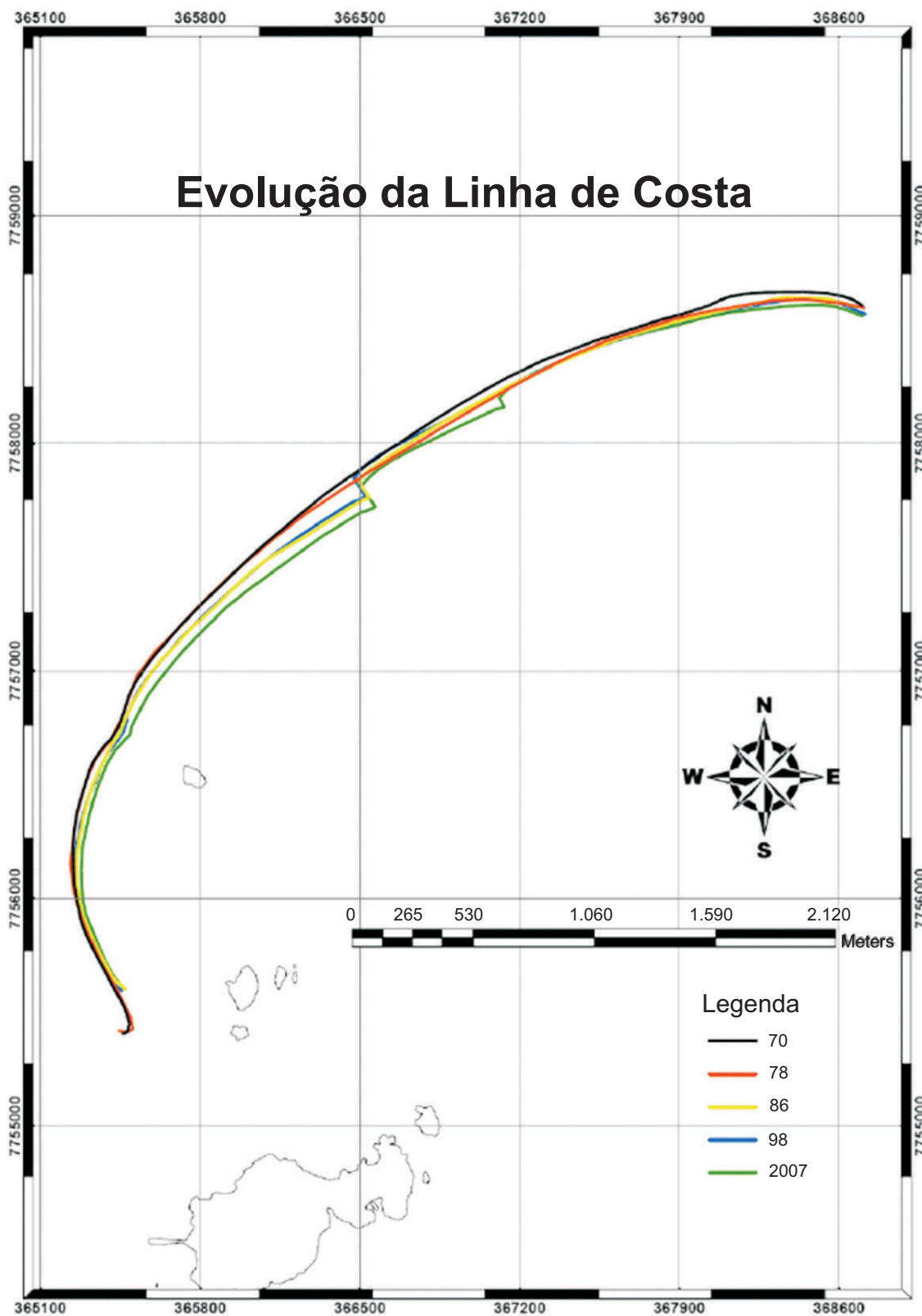
Com o advento das fotografias aéreas, as mesmas começaram a ser utilizadas na definição mais exata da linha de costa, tornando-se a fonte de dados mais utilizada na demarcação de linhas de costa pretéritas (LEATHERMAN, 1983 *apud* ARAUJO *et al.*, 2009). Da mesma forma, é possível a utilização de imagens oriundas de satélites imageadores em função da ampla cobertura espacial e variadas resoluções. Estudos dessa natureza vêm sendo feitos no Espírito Santo (TEUBNER JR; OLIVEIRA, 2004; CANCIAN, 2009), **figuras 1 e 2**. Entretanto, as áreas de interesse têm sido bastante reduzidas, não havendo estudos que cubram todo o litoral do estado.

Figura 01 - Resultados obtidos na região de Meaípe, Guarapari, ES.



Fonte: TEUBNER JR; OLIVEIRA, 2004

Figura 02 - Resultados obtidos na região de Camburi, Vitória, ES.



Fonte: CANCIAN, 2009

Tendo em vista a importância da análise da variação da linha de costa para diversas atividades e considerando que somente foram desenvolvidos estudos sobre esta temática em áreas limitadas do Espírito Santo, torna-se necessário gerar informações para viabilizar estudos sobre o comportamento da linha de costa deste território, já que até o presente momento se desconhece o comportamento da linha costeira para todo estado.

A metodologia utilizada neste estudo e nas avaliações posteriores, prevê a combinação da análise de fotografias aéreas e imagens de satélite de alta resolução, caso sejam disponibilizadas, para caracterização do comportamento migratório da linha de costa, tendo como base o proposto em Araujo *et al.* (2009), utilizando como indicador da linha de costa a máxima linha d'água atingida.

No presente documento são apresentados os resultados preliminares obtidos na determinação da linha de costa do estado do Espírito Santo utilizando-se fotografias aéreas dos anos de 1970, 2005 e 2008.

2 – Objetivos

2.1 - Objetivo geral

Avaliação das alterações da linha de costa do litoral do estado do Espírito Santo, entre os anos de 1970, 2005 e 2008.

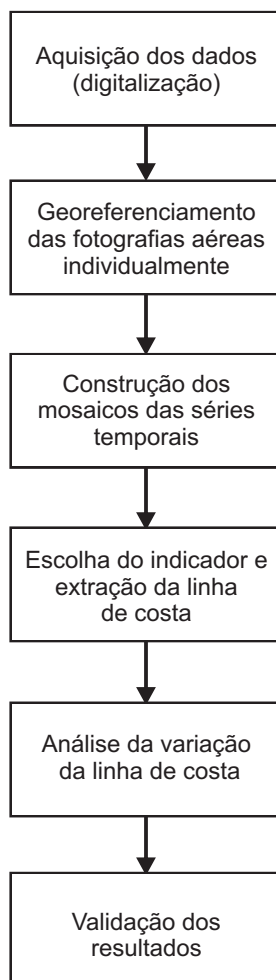
2.2 - Objetivos específicos:

- Mapear a linha costa em trechos do litoral em que haja disponibilidade de imagens em 1970, 2005 e/ou 2008;
- Identificar os pontos de acréscimo e recuo da linha de litoral.

3 – Metodologia

A metodologia utilizada pode ser dividida em seis etapas distintas, apresentadas na **figura 3**, conforme proposto em Araujo *et al.* (2009) e que serão descritas a seguir.

Figura 03 - Etapas de trabalho



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2009)

3.1 - Aquisição de dados

Nesta etapa foram feitas visitas a diferentes órgãos e empresa do estado do Espírito Santo, como o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do ES (IDAF), além de levantamento junto ao acervo do próprio IJSN. O objetivo foi buscar as informações existentes (fotos aéreas, imagens ou bases cartográficas) e classificá-las quanto ao formato, escala, meio (papel ou digital), georeferenciamento, e estado de conservação.

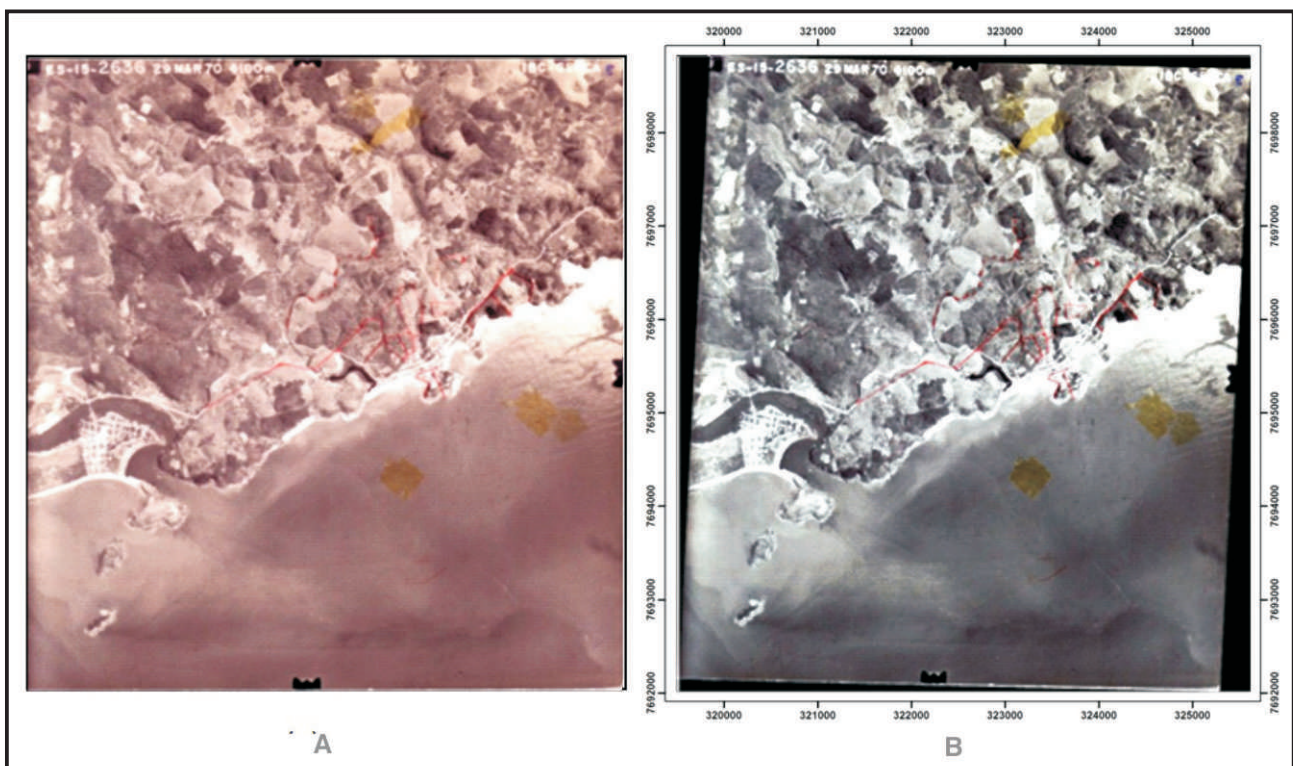
Os dados obtidos correspondem a 235 fotografias em preto em branco referentes ao ano de 1970 do acervo do IDAF, 56 fotografias aéreas ortorretificadas dos anos de 2007 e 2008 do IEMA e um mosaico de fotografias aéreas do ano de 2005, cedidas pela Petrobras, referentes à parte sul do litoral do estado, entre os municípios de Vila Velha e Presidente Kennedy.

3.2 - Georreferenciamento das fotografias aéreas

Nesta etapa foi feita a digitalização e o georreferenciamento das fotografias que estavam em papel. As fotografias em papel do ano de 1970 foram digitalizadas no Departamento de Terras e Cartografia do IDAF, através da utilização do scanner HP Designjet T2300, com uma resolução de 600 dpi.

Após a digitalização ocorreu o georreferenciamento das imagens. Neste processo, aplicou-se uma transformação polinomial de 1ª ordem, com a coleta de pontos de controle em tela, utilizando como referência fotografias aéreas ortorretificadas do IEMA/ES (2007/2008), que possuem um metro de resolução espacial. A **figura 4** apresenta um exemplo do aspecto da fotografia antes e após o seu georreferenciamento.

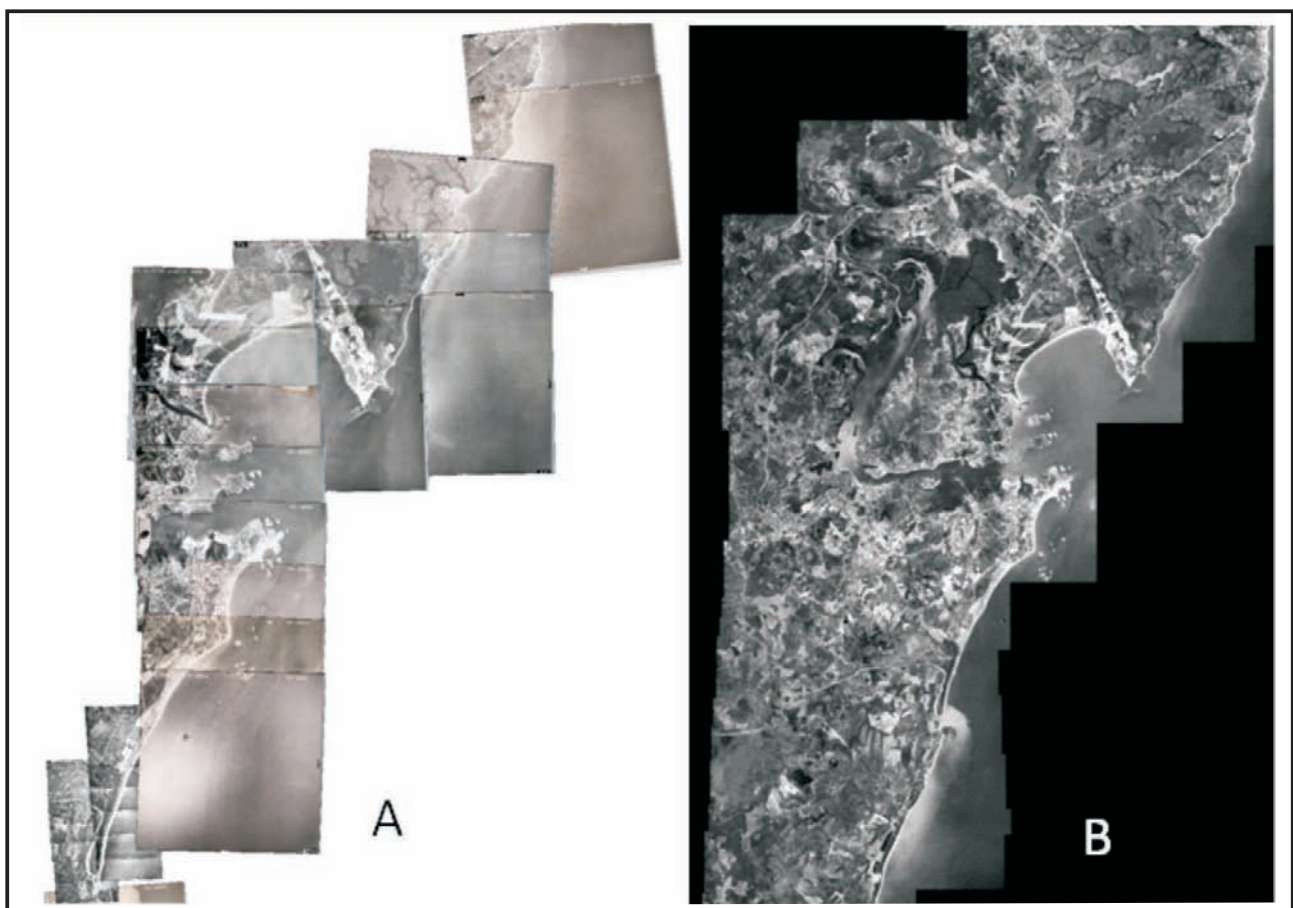
Figura 04 - Aspecto da fotografia antes (A) e após (B) do georreferenciamento



3.3 - Construção dos mosaicos

As fotografias aéreas do ano de 1970 georreferenciadas foram então unidas através de processo de mosaicagem. Neste processo, além da união das fotografias formando uma única imagem, as fotografias passam por um processo de normalização radiométrica para que o mosaico tenha um aspecto homogêneo. O objetivo fim desta etapa é facilitar o manuseio e a posterior interpretação e vetorização da linha de costa. A **figura 5** apresenta o conjunto de fotografias antes do processo de mosaicagem (A) e após o processo de mosaicagem (B). Nota-se a diferença de tonalidades entre as fotografias antes do processo de mosaicagem, vistas na **figura 5 (A)**, e sua correção realizada após o processo de mosaicagem, **figura 5 (B)**. Este processo de homogeneização foi aplicado em cada um dos mosaicos de diferentes datas para auxiliar na extração das linhas de costa.

Figura 05 - Aspecto das fotografias antes (A) e após (B) o processo de mosaicagem



3.4 - Extração da linha de costa

A definição comumente adotada para caracterizar a posição da linha de costa em áreas costeiras arenosas, tem incidido na utilização da “linha” que marca o limite atingido durante a preamar, caracteriza-se por uma mudança nítida de tonalidade nas areias da praia (**Figura 6**), facilmente identificável nas fotografias aéreas e imagens de sensoriamento remoto (CROWELL, 1991).

Considerando os limites máximos que podem ser atingidos pela preamar na área de estudo, ressalta-se que, de acordo com Nunes (2007), na costa Sudeste e Sul do Brasil, as pequenas amplitudes da maré incidente (inferiores a 2 metros) levam a sua classificação como micromaré (Nunes, 2007).

Já, segundo a Companhia Docas do Espírito Santo-CODESA (2007), em Vitória a maré incidente é semi-diurna com duas baixa-mares e duas preamares bem definidas e nas sizíguas, a amplitude de marés chega a 1,70 m e nas quadraturas a 0,70 m.

Assim, as linhas de costa foram digitalizadas com a utilização do software ArcGis 9.3, após a montagem dos mosaicos na área de estudo, considerando o limite atingido durante a preamar, baseando-se na mudança nítida de tonalidade nas areias da praia.

Os limites costeiros rochosos são mais facilmente demarcados, com a nítida identificação da interface entre a água e a rocha visível nas fotografias aéreas.

Figura 06 - Delimitação de linha de costa (linha azul) segundo Crowell (1991)



3.5 - Análise da variação da linha de costa

Após a extração da linha de costa, foram iniciadas as atividades de identificação dos pontos de alteração, visando entender o padrão de comportamento do litoral no período estudado, assim como, eventuais processos erosivos e/ou deposicionais na costa do estado.

Para a análise da variação da linha de costa foi utilizado o aplicativo DSAS 4.0 (Digital Shoreline Analysis System 4.0) desenvolvido pelo U.S. Geological Survey (USGS) para uso em plataformas ArcGIS (THIELER *et al.*, 2005).

Em termos gerais, o DSAS 4.0 gera transectos ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (baseline) em um espaçamento definido e calcula as taxas de mudanças que são mostradas na tabela de atributos (FARIAS; MAIA, 2009).

4 – Resultados

4.1 - Extração da linha de costa

Os resultados obtidos na interpretação das imagens e extração da linha de costa em trechos do litoral na região da cidade de Vitória são apresentados na **figura 7**. Nota-se a diferença entre as linhas de costa, principalmente, quando são comparadas áreas que sofreram ações antrópicas relacionadas ao processo de aterro, como a região que compreende o bairro de Santa Lúcia e parte da Praia do Canto e expansão do porto de Tubarão.

Podem-se observar, também, diferenças na praia de Camburi, que sofreu intervenção por conta de processos de erosão que diminuía progressivamente a faixa de areia. Nesta praia foram feitas duas ampliações da faixa de areia, a primeira entre o final da década de 70 e início da década de 80, e a segunda no ano de 1999 (SOARES apud MELO; GONZALEZ, 2005).

Como resultado final dessa etapa, definiu-se a linha de costa para os anos de 1970, 2005 (Litoral Sul) e 2008. A **figura 8** apresenta as áreas que tiveram a linha de costa delimitada e o seu respectivo ano.

Figura 07 - Exemplo de linhas de costa - Vitória, 1970 e 2008, sobre imagem de 2008

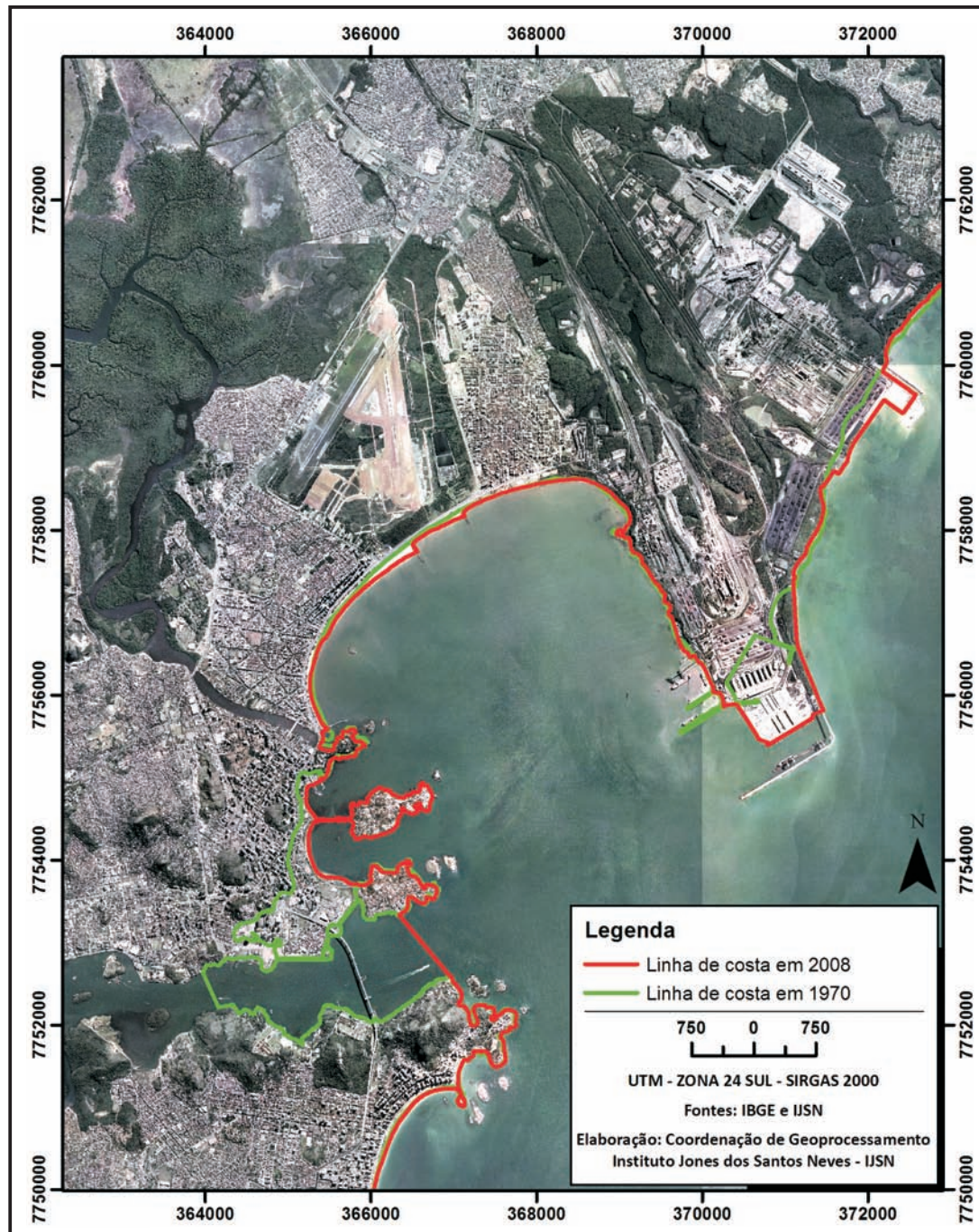
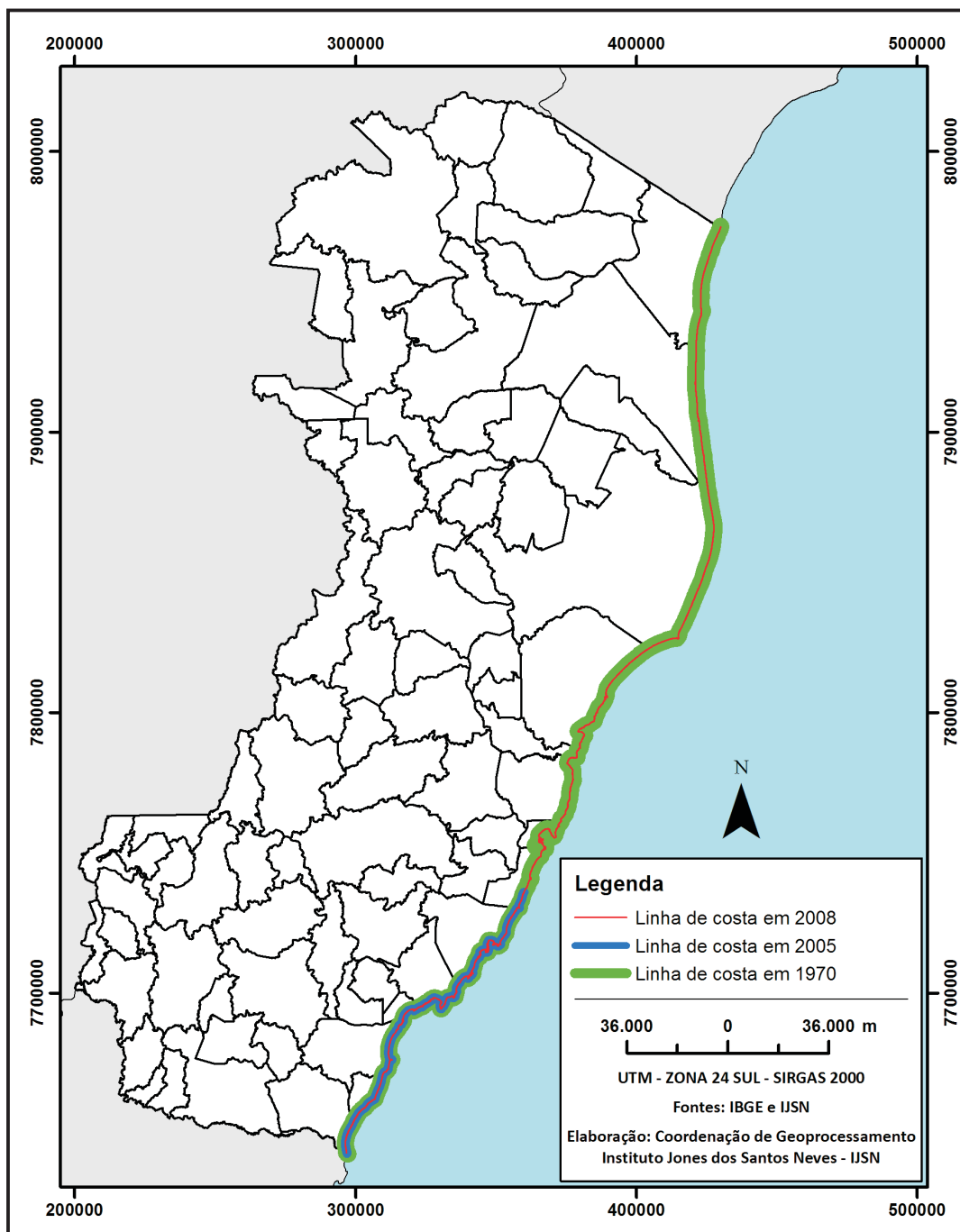


Figura 08 - Áreas do litoral que tiveram a linha de costa delimitada

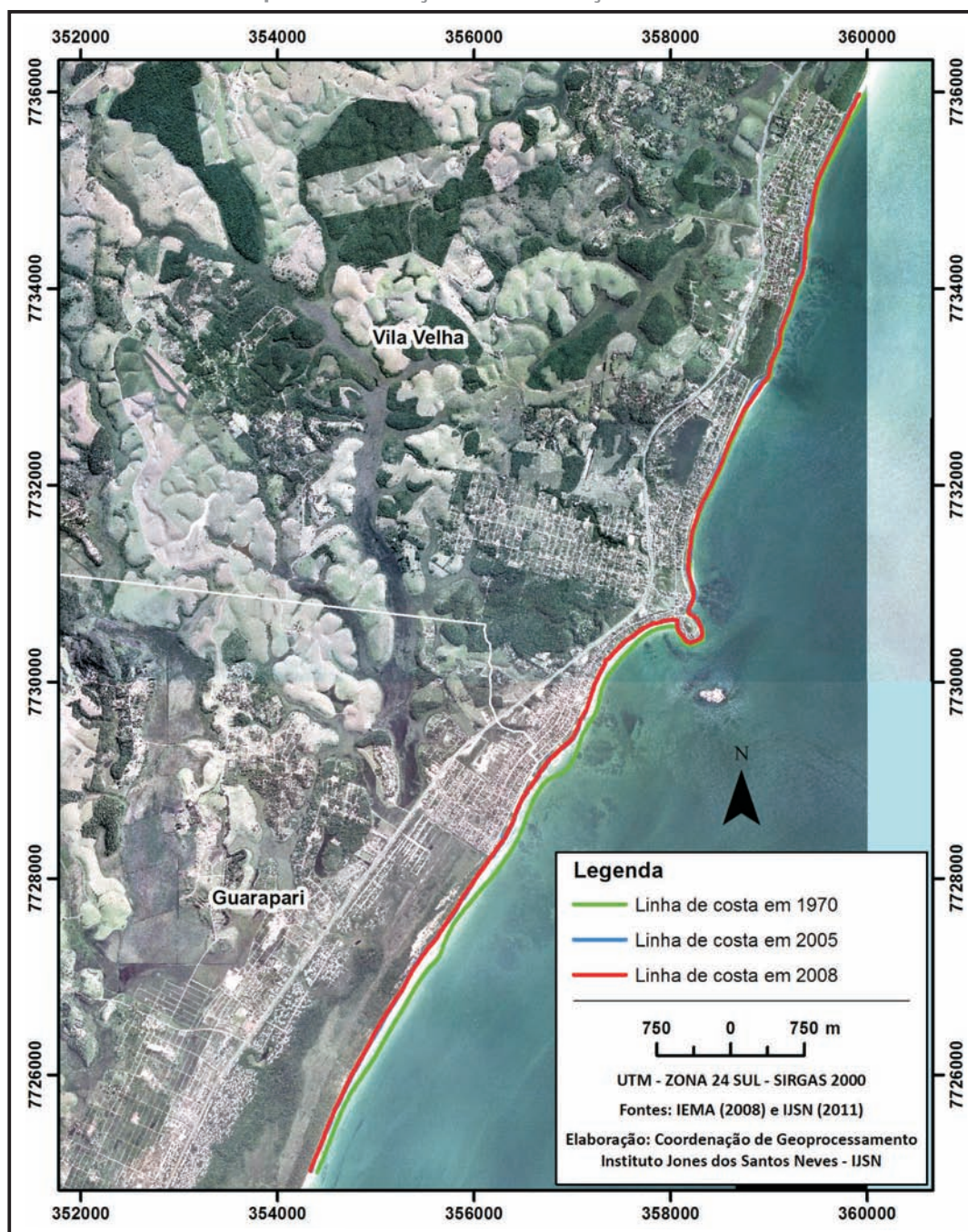


4.2 - Análise da variação da linha de costa

Para testar o método utilizando o aplicativo DSAS, foram realizadas algumas simulações, cujos resultados preliminares são apresentados nas **figuras 9 e 10**.

Estas simulações foram realizadas para as linhas de costa dos anos de 1970, 2005 e 2008 em um trecho de aproximadamente treze (13) quilômetros, que compreende parte dos municípios de Vitória e Guarapari (**Figura 9**).

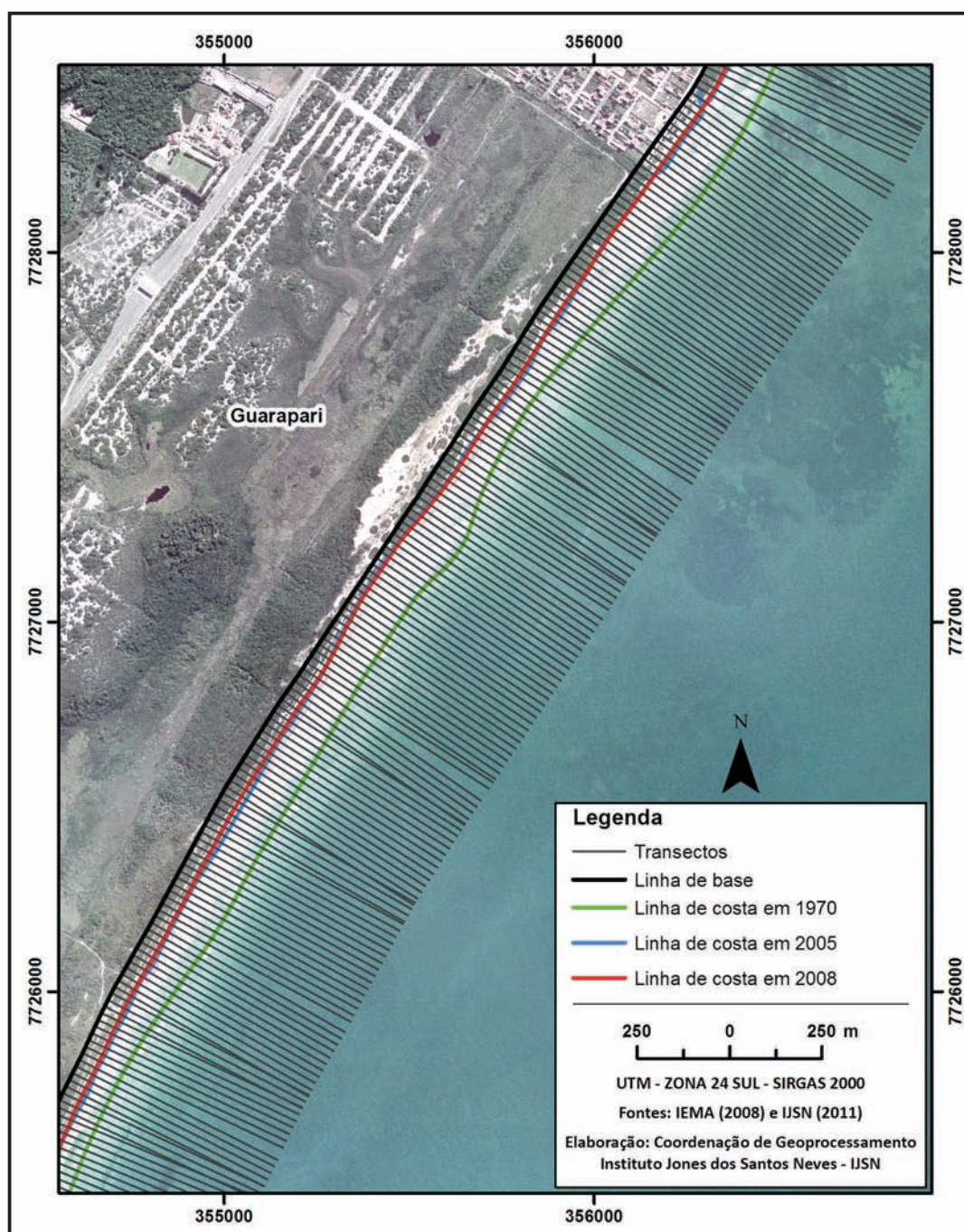
Figura 09 - Trecho selecionado para a realização das simulações



Inicialmente uma linha de base (*baseline*) foi digitalizada e, considerando esta, foram gerados transectos pelo DSAS estabelecendo-se um afastamento de vinte (20) metros entre eles. Destaca-se que foi buscado o melhor ajuste possível para os transectos, de forma que cada um deles cruzasse perpendicularmente todas as três (03) linhas de costa (**Figuras 10**).

É possível perceber na **figura 10** que as linhas de 2005 e 2008 são bastante similares, apresentando pouca variação, seja de avanço ou recuo. Por outro lado, observa-se extensa área de avanço do nível do mar entre os anos de 1970 e as linhas mais atuais.

Figura 10 - Aspecto dos transectos traçados pelo DSAS



5– Considerações Finais

As variações entre as linhas de 2005 e 2008 foram consideradas desprezíveis, estando possivelmente relacionadas a diferenças de contraste nas imagens destes anos. Além disso, conforme destacado na introdução, eventuais variações detectadas (até mesmo em curtos períodos de tempo) podem estar relacionadas a outros fatores e não a uma real diferença na linha de costa. Estas variações podem ser ocasionadas por maré astronômica e meteorológica, que mesmo tendo pequena altura, podem representar um alcance de centímetros a dezena de metros na planície costeira.

A pronunciada variação existente entre as linhas de 1970 e aquelas mais atuais sugerem, a princípio, provável ocorrência de erros no processo de digitalização da linha de costa de 1970, uma vez que o baixo contraste apresentado por este conjunto de fotos dificulta a identificação da máxima linha d'água atingida e podem produzir distorções no cálculo da variação da linha de costa.

Sendo assim, novos testes devem ser realizados para a extração da linha de costa de 1970 após novo processamento das imagens para aumento do contraste. Espera-se, dessa forma, obter um limite mais nítido atingido durante a preamar. Assim será possível confirmar ou refutar a linha de 1970 e quantificar, com a precisão adequada, o total de área de recuo e acréscimo.

Sugere-se ainda, como forma de auxiliar a precisão da extração das linhas de costa, alinhar esta metodologia com estudos geomorfológicos costeiros, especialmente os relacionados às feições fisiográficas em suas unidades morfodinâmicas, pois a linha d'água em áreas com baixa declividade pode apresentar variações significativas de posição durante um ciclo de maré. Nestes casos, deve-se avaliar a possibilidade de utilização de outros indicadores de linha de costa ou uma combinação de diferentes indicadores.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R.S.; SILVA, G.V.; FREITAS, D.; KLEIN, A.H.F. **Georreferenciamento de Fotografias Aéreas e Análise da Variação da Linha de Costa**. In: J. ALCÁNTARA CARRIÓ; I.D. CORREA ARANGO; F.I. ISLA MENDY, M. ALVARADO ORTEGA; A.H.F. KLEIN, A. CABRERA HERNÁNDEZ; R. SANDOVAL BARLOW (Editores). *Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevención de Riesgos Naturales en el Litoral*. Espanha: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED, 2009. p. 123-138.
- CANCIAN, T.B. **Evolução recente e predição da linha de costa da praia de Camburi, Vitória - ES**. 2009. 74f. Monografia (Bacharel em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia e Ecologia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Monografia (Graduação) Oceanografia, UFES. 2009.
- COMPANHIA DOCAS DO ESPÍRITO SANTO - CODESA. **Normas da autoridade portuária para a operação de navios no porto organizado de Vitória**: Normap 01. Vitória, 2007.
- CROWELL, M.; LEATHERMAN, S.P., BUCKLEY, M.K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, v. 7, n. 3, p. 839-852. 1991.
- FARIAS, E. G. G; MAIA, E. L. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2009, Natal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal: INPE, 2009. p. 4585-4592.
- GOMES, B. L. **Mapeamento da Linha de Costa do Litoral de Aracruz – ES**: Técnicas e aplicações. 2008. 80f. Monografia (Bacharel em Oceanografia) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
- MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para Fins de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2, n.1, p.35-44, 2001.
- National Research Council - NRC. **Managing Coastal Erosion**. National Academic Press. Washington, 1990. p.182.
- NUNES, A. L. Determinação das marés meteorológicas na região da Baía do Espírito Santo e sua influência na drenagem de águas continentais. 2007. 131f. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2007.

SOARES, S. B. **Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da praia de Camburi, Vitória – ES.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de pós graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2005. 113 p.

TEUBNER JUNIOR, F. J. ; OLIVEIRA JR., A. **Mapeamento da Linha de Costa por Meio do Uso do Sistema de Informações Geográficas.** In: GIS BRASIL. 2004, São Paulo. **Anais do GIS BRASIL,** São Paulo, 2004.

THIELLER, E. R.; MARTIN, D. ; ERGUL, A. **The Digital Shoreline Analysis System, version 2.3:** Shoreline change measurement software extension ArcMap 9.1. U.S. Geological Survey Open-File, 2005.