

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**MATEUS LUIZ MORASQUE LIGESKI**

**QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO COSTEIRA E BALANÇO SEDIMENTAR  
DAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC**

**CURITIBA  
2016**

**MATEUS LUIZ MORASQUE LIGESKI**

**QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO COSTEIRA E BALANÇO SEDIMENTAR  
DAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia da  
Universidade Federal do Paraná como  
requisito parcial à obtenção do grau de  
Bacharel em Geologia.

Orientador(a): Prof(a).Dr(a) Maria  
Cristina de Souza.

**CURITIBA**

**2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de algum jeito estiveram envolvidos e me ajudaram neste trabalho. Agradeço a estrutura fornecida pela UFPR, pelo departamento de Geologia e pelo LECOST-UFPR.

Gostaria de agradecer a orientação da professora Maria Cristina de Souza, pela paciência e pela ajuda em todos os momentos.

Aos colegas de trabalho do Departamento Nacional de Produção Mineral pela compreensão durante o período de realização deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos, Honn Way Chao, Mariany Nayara Cordeiro Brasil, Isis Armstrong Dias, Herick Faust Daufenbach, Veleda Astarte Paiva Mueller e Giovanni Francesco Mandelli, que me ajudaram em muitos momentos na elaboração deste trabalho.

Também quero agradecer a todos os outros amigos do curso, pelo companheirismo durante todos esses anos de graduação.

Finalmente, gostaria de agradecer aos meus pais e minha irmã, pela paciência e suporte durante esses 5 anos.

Muito Obrigado.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é compreender a variação da linha de costa das praias do município de Itapoá, litoral norte do Estado de Santa Catarina. Para compreender a variação da linha de costa, este estudo foi desenvolvido nas seguintes partes: 1) Levantamentos de perfis topográficos em campo; 2) Análise de imagens aéreas. O levantamento dos perfis topográficos foi realizado em julho de 2016. Após a realização dos perfis foi feito o cálculo do volume de areia, com isso foi possível quantificar a erosão, comparando com levantamentos e cálculos realizados em junho de 2009. A análise das fotografias aéreas permitiu analisar o comportamento da linha de costa entre os anos de 2007, 2011 e 2016 e quantificar a área de variação. De acordo com este trabalho a linha de costa do Município de Itapoá está instável, isto foi observado através da análise de fotografias aéreas, tendo boa parte da linha de costa sofrido processo de recuo, entre os anos de 2007 e 2016. As perspectivas futuras são de contínuo aumento da erosão no Município de Itapoá, visto que os processos que estão causando a erosão vão continuar.

**Palavras chave:** Linha de costa, erosão, Itapoá.

## ABSTRACT

This project aims to understand the coastline variation in the beaches of Itapoá, located in north coast of Santa Catarina state. The understanding of coastline variation was conducted by: 1) Survey of topographic profiles taken in the beaches of Itapoá; 2) Satellite images analyses. The survey of topographic profiles was conducted in July, 2016. The calculation of sand volume was conducted after the profiles interpretation which allowed the quantification of erosion processes, comparing the survey and calculus from 2009. The satellite images analysis allowed to observe the coastline behavior between 2007, 2011 and 2016 and quantifying the ranging area. According to this project, the coastline of Itapoá municipality is unstable, and such observation was accomplished through satellite images analyses which allowed concluding that such coastline has migrate into the continent between the years 2007 and 2016. The future perspective is the increase of erosion in Itapoá municipality, since due to the erosion processes in this location will continue in the near future.

**Palavras chave:** Coastline, Erosion, Itapoá.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da área de estudo (Cruz, 2010).....	11
<b>Figura 2</b> - Perfil Hipotético com a terminologia dos subambientes praias (Ângulo, 1996).....	16
<b>Figura 3</b> - Variação da desembocadura do rio Saí-Mirim, entre os anos de 1957 e 1995. ....	20
<b>Figura 4</b> - Resultado da mosaicagem das imagens do Google Earth de 2011. ....	21
<b>Figura 5</b> - Resultado da mosaicagem das imagens do Google Earth de 2016. ....	22
<b>Figura 6</b> - Localização dos levantamentos dos perfis na área de estudo (Modificado de Souza, 1999) .....	23
<b>Figura 7</b> - A) A linha vermelha detalha a linha do perfil 01. B) Vista do perfil 01.....	25
<b>Figura 8</b> - A) Vista do perfil 02, observa-se a presença de uma duna e vegetação desenvolvida. B) Vista do perfil 02. ....	26
<b>Figura 9</b> - A) Vista do perfil 03, nota-se a presença de enrocamentos ao longo da linha de costa próximo ao perfil. ....	28
<b>Figura 10</b> - Imagem do Google Earth de 2011, mostrando a variação da linha de costa próximo ao porto de Itapoá, nos anos de 2007, 2011 e 2016. ....	30
<b>Figura 11</b> - Imagem do Google Earth, na região do Pontal, mostrando a variação da linha de costa nos anos de 2007, 2011 e 2016. ....	31
<b>Figura 12</b> - Vista da área próximo ao Pontal, nota-se a presença de contenções para estabilizar a linha de costa (foto do autor). ....	31
<b>Figura 13</b> - Vista da área próxima ao pontal, observa-se a presença de enrocamentos ao longo da costa, e a erosão de construções presentes no local (foto do autor). ....	32
<b>Figura 14</b> - Imagem do Google Earth de 2016, mostrando a variação da linha de costa próximo ao Rancho do Raul.....	33
<b>Figura 15</b> - Vista da praia próximo ao balneário Itapoá, onde é possível observar o avanço do mar durante a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza). ....	33
<b>Figura 16</b> - Imagem do Google Earth de 2011, no perfil 1, mostrando o recuo da linha de costa do ano de 2007 em relação aos anos de 2011 e 2016.....	34
<b>Figura 17</b> - Imagem do Google Earth de 2011, do local do perfil 02, mostrando um aumento da linha de costa entre os anos de 2017 e 2016 .....	35
<b>Figura 18</b> - Imagem do Google Earth de 2011, do local do perfil 03, observa-se um recuo da linha de costa entre os anos de 2007 e 2016. ....	36
<b>Figura 19</b> - Vista do perfil 03, observa-se que foi feito enrocamento ao longo de toda a linha de praia próximo a esse perfil. ....	36
<b>Figura 20</b> - Imagem do Google Earth de 2016. Nota-se erosão acentuada nos locais próximos a obras de estabilização da costa. ....	39
<b>Figura 21</b> - Imagem do Google Earth de 2016, com a localização do porto de São Francisco do Sul e o Município de Itapoá - SC.....	40
<b>Figura 22</b> - Imagem ilustrando a erosão de construções na região próximo ao Pontal em maio de 2016 (foto do autor). ....	41

<b>Figura 23</b> - Imagem ilustrando a erosão de construções na região próximo ao Pontal em maio de 2016 (foto do autor).....	42
<b>Figura 24</b> - Imagem ilustrando uma casa localizada próximo a região do Pontal, onde ocorreu grande erosão devido a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza). .....	43
<b>Figura 25</b> - Imagem ilustrando uma casa destruída, na região do Pontal, onde ocorreu grande erosão devido a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza).....	43
<b>Figura 26</b> - Imagem ilustrando o avanço do mar até a rua na região do Pontal (fonte: Maria Cristina de Souza).....	44
<b>Figura 27</b> - Imagem mostrando o avanço da maré até os enrocamentos construídos neste local (fonte: Maria Cristina de Souza). .....	45
<b>Figura 28</b> - Imagem mostrando o avanço da maré e a destruição de obras de contenção (fonte: Maria Cristina de Souza).....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Resultado do balanço sedimentar entre os anos de 2009 e 2016 mostrados em m <sup>3</sup> . .....	28
<b>Tabela 2</b> - Variação da linha de costa entre os anos de 2009 e 2016. ....	29

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Morfologia do perfil 1 em 2009 e 2016.....	24
<b>Gráfico 2</b> - Morfologia do perfil 02 em Junho de 2009.....	25
<b>Gráfico 3</b> - Morfologia do perfil 02 em julho de 2016. ....	26
<b>Gráfico 4</b> - Morfologia do perfil 03 em junho de 2009 e julho de 2016. ....	27

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Contexto e problema.....	9
1.2 Localização.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo Geral .....	10
1.3.1 Objetivos específicos .....	10
2. REVISÃO TEÓRICA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
2.1 Geologia local .....	12
2.2 Clima.....	143
2.3 Praias.....	174
2.4 Marés.....	177
2.5 Ondas .....	18
2.6 Hidrografia .....	138
2.7 Variação da linha de costa.....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4. RESULTADOS .....	23
4.1 Perfis topográficos .....	23
4.1.1 Perfil 01 .....	24
4.1.2 Perfil 02 .....	25
4.1.3 Perfil 03.....	26
4.3 Variação de volume e linha de costa .....	28
4.1 Análise de imagens aéreas.....	29
4.1 Análise de imagens aéreas e relação com os perfis.....	34
5. DISCUSSÃO .....	37
6. REFERÊNCIAS.....	46
ANEXO I .....	47

# 1.INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto e problema

As praias arenosas oceânicas representam uma pequena parcela da superfície total do planeta, mas possuem considerável importância sócio-econômica e ambiental. Nesses setores se desenvolvem balneários, cidades, atividades turísticas, comerciais e industriais. Essas áreas são consideradas ecossistemas viáveis e produtivos, sustentando uma comunidade variada de invertebrados e vertebrados. O crescimento desordenado e sem planejamento de empreendimentos e diversas construções, como portos e condomínios, somados a característica naturalmente instável desse tipo de sistema, como mobilização de grandes quantidades de areia e mudanças graduais do nível do mar, implica no comprometimento da manutenção da linha de costa, na proteção de áreas terrestres adjacentes e conservação ambiental. Os processos erosivos causados pelo recuo da linha de costa em praias arenosas geram prejuízos a população e também para os órgãos públicos (Hoefel, 1998).

Alguns países como Estados Unidos, Alemanha, Austrália, Inglaterra e Holanda possuem política de planejamento, com realização de atividades técnico-científicas e político-administrativo a fim de solucionar diversos problemas costeiros. No Brasil, apesar de possuir uma costa de 9200km, essas atividades ainda não foram desenvolvidas, estando restrita apenas a problemas isolados (Hoefel, 1998).

No município de Itapoá-SC, a partir da década de 80, observa-se um crescimento de loteamentos ao longo de quase toda a costa. A partir do ano de 1999 a ocupação se intensificou próximo a linha de costa. Os processos erosivos e variações na linha de costa têm causados problemas como destruição de infraestruturas e perdas de lotes urbanos. Além dos problemas causados pela erosão costeira, foi verificada erosão das praias e do sistema viário provocado pelo escoamento de águas pluviais (Souza, 1999). Segundo Cruz (2010), entre 1995 e 2010, ocorreu erosão na maior parte da região costeira de Itapoá. Este ano, foi verificado que a erosão no município continua,

destruindo calçadas, casas e empreendimentos diversos ao longo da linha de costa. Por esse motivo, se faz necessário a aquisição de novos dados relacionados a variação da linha de costa e variação do balanço sedimentar, a fim de obter melhor entendimento sobre a dinâmica costeira da região.

## **1.2 Localização**

A área de estudo localiza-se na planície costeira do Município de Itapoá-SC, litoral norte do estado de Santa Catarina. O município faz divisa com Guaratuba, no estado do Paraná a norte através do Rio Saí-Guaçu, a sul com o município de São Francisco do Sul, a leste com o oceano atlântico, e a oeste com o município de Garuva-SC. O principal acesso se dá pela rodovia BR-101, ao chegar no município de Garuva-SC se pega a rodovia SC-412 em direção a Guaratuba-PR. Após 10 km na rodovia SC-412 há um trevo que dá acesso a rodovia SC-415 em direção ao porto de Itapoá e ao centro da cidade (Figura 1).

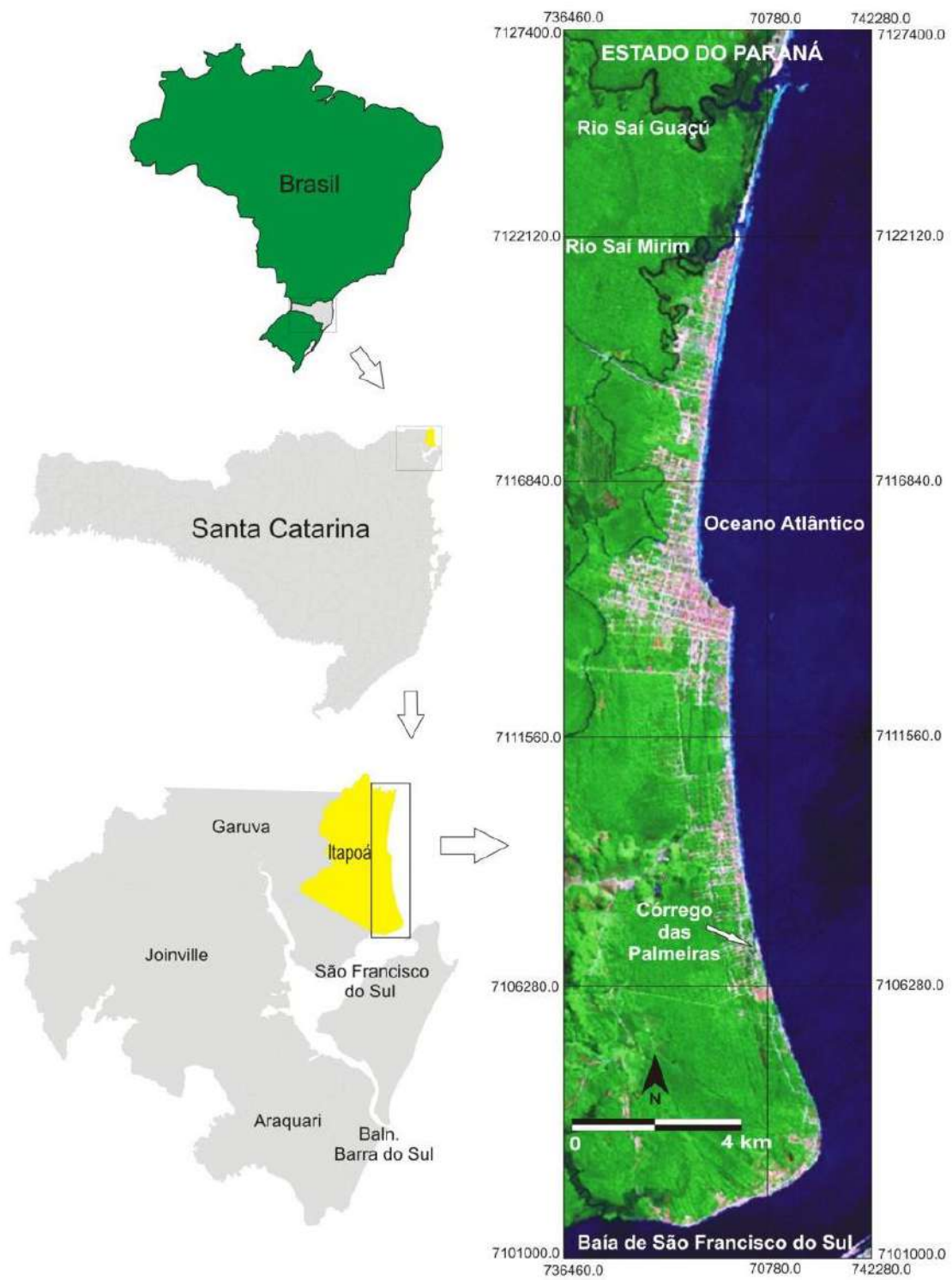
## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é quantificar a erosão costeira e definir as variações da linha de costa ao longo dos últimos 9 anos nas praias do Município de Itapoá, Santa Catarina, Brasil.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Comparar o volume de areia desses perfis aos realizados por Cruz (2010) e Souza (1999).
- Quantificar a variação da linha de costa e definir regiões em que o processo de erosão foi maior.
- Tentar propor algumas medidas preventivas e de recuperação.



**Figura 1 - Localização da área de estudo (Cruz, 2010)**

## 2. REVISÃO TEÓRICA E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Geologia local

A área de estudo está inserida no Domínio Costeiro (Siga Jr. *et al.* 1993), também chamado de Domínio Paranaguá, situada nas porções da ilha de São Francisco do Sul-SC, até a cidade de Itatins no estado de São Paulo, compreendendo uma faixa de mais de 100km de extensão e aproximadamente 30km de largura. Segundo Angulo & Souza (2004), a cobertura sedimentar da planície costeira de Itapoá pode ser subdividida em dois tipos principais de depósitos: os continentais e os costeiros.

Nos depósitos continentais são identificados a Formação Mina Velha, os leques e colúvios e os terraços e planícies aluviais. A formação Mina Velha é composta por depósitos de cascalhos e lamas de cores avermelhadas com tons violáceos, ocre e cinzas. Os leques e colúvios são unidades associadas a sopés de encostas de serras e morros. Os terraços e planícies aluviais são unidades que ocorrem ao sul e a oeste do município de Itapoá, e apresentam relevo plano e altitudes que variam de 3 a 50m, com aumento do declive em direção à cabeceiras.

Nos depósitos costeiros são identificados terraços costeiros, planícies paleoestuarinas, dunas, praias e manguezais. Os terraços costeiros ocorrem entre o sopé da serra e o oceano alcançando 12km de largura. As planícies paleoestuarinas ocorrem desde o norte até o sul do município. As dunas apresentam pouca expressão na área, estando restrita a cordões de dunas frontais e campos de *nebkhas* (Angulo *et al.*, 2004). As praias estendem-se por 32km, desde a desembocadura do Rio Saí-Guaçu, a norte, até a baía de São Francisco do Sul, a sul. Os manguezais estão associados as desembocaduras dos rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim e aos córregos que drenam para a baía de São Francisco do Sul.

Com relação a evolução da planície costeira, Souza *et al.* (2001) apresentam a seguinte proposta: formação de leques durante o Mioceno Inferior, com nível de mar semelhante ou mais baixo do que o atual; formação de extensas ilhas-barreiras durante o máximo de transgressão do Pleistoceno

Superior; formação de extensas barreiras regressivas e dissecação dos terraços por sistema de drenagem de padrão retangular durante o período de mar baixo; formações de ilhas-barreiras durante o máximo da transgressão do Holoceno com desembocaduras associadas as atuais desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu; formações de extensas barreiras regressivas durante a descida progressiva do nível do mar.

## **2.2 Clima**

O clima na região sul do Brasil depende da atuação de massas de ar tropical Atlântica e Polar Atlântica. A combinação dessas duas massas de ar define um clima predominantemente subtropical, úmido, com temperaturas médias entre 13°C e 25°C (CPTEC/INPE/Climanalise 1997).

Segundo Calliari & Klein (1996), a dinâmica na costa sul brasileira é definida principalmente por fenômenos associados a passagens de frentes meteorológicas ou frentes polares.

Segundo Pereira (1994), o litoral catarinense apresenta clima temperado, com estações do ano bem definidas, com temperaturas médias mínimas em torno de 9°C e 22°C, e as médias máximas em torno de 19°C e 31°C. Ainda segundo Pereira (1994), em Itapoá, o máximo pluviométrico ocorre geralmente no verão, devido entrada de massas frias de origem polar, entretanto, a distribuição anual das chuvas é bem regular, definindo um clima tropical.

O Fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado por anomalias positivas (El Niño) ou negativas (La Niña), de temperaturas da superfície do mar (TSM) no pacífico equatorial. A sua caracterização é feita através de índices, como o Índice de Oscilação Sul (IOS) e os índices nomeados Niño, que são anomalias de TSM médias em diferentes regiões do pacífico equatorial. A análise do padrão atual de TSM mostra uma persistência no pacífico tropical, com anomalias negativas de TSM no pacífico equatorial central e leste e, circundadas por anomalias positivas no pacífico tropical norte e sul, além do pacífico equatorial oeste. Todavia, a circulação atmosférica ainda não responde a esse resfriamento no pacífico equatorial central e leste, ou seja, os ventos alísios não estão fortalecidos, o que indica uma situação

neutra, sem o fenômeno La Niña. Os padrões previstos de temperatura da superfície do mar de modelos numéricos de previsão climática analisados durante a reunião climática do GT de previsão climática sazonal indicam anomalias negativas sobre o pacífico equatorial o que pode indicar a ocorrência de uma fase fria do fenômeno ENOS durante o próximo trimestre (Novembro-Dezembro-Janeiro). Porém a análise probabilística de ocorrência de episódios ENOS realizados pelo IRI indica que no próximo trimestre a maior probabilidade é de que haja um fenômeno La Niña de fraca intensidade e de curta duração, ou seja, a partir do trimestre Novembro-Dezembro-Janeiro a fase neutra é a mais provável (CPTEC, 2016). Os levantamentos de Cruz (2010), que ocorreu no período de agosto de 2008 a junho de 2009, usados como comparação para as taxas de variação da linha de costa e volume para este trabalho, foram realizados durante um período de condições climáticas consideradas normal ou com La Niña fraca, entre um intervalo de episódio de intenso La Niña (maio de 2007 a abril de 2008) e El Niño (início em julho de 2009 e final em junho de 2010). Os levantamentos realizados em julho de 2016 ocorreram em condições de La Niña fraca (CPTEC, 2016). Essa condição ocorre até o início do verão (CPTEC, 2016).

### **2.3 Praias**

Segundo King (1972), praia é um ambiente sedimentar costeiro de composição variada, formada comumente por areia, e condicionado pela interação dos sistemas de ondas incidentes sobre a costa, praia seria a transição entre o ambiente marinho e terrestre. O limite em direção ao mar é na profundidade em que as ondas começam provocar movimentos de sedimentos sobre o fundo do mar. O limite em direção a terra é até onde as ondas de tempestade conseguem chegar.

Segundo Muehe (1994), as praias são depósitos de sedimentos comumente arenosos, que são acumulados pela ação das ondas, e por apresentar alta mobilidade, se ajustam as condições de ondas e maré, atuando como elemento de proteção do litoral. São ambientes compostos de água e

areia onde a dinâmica das ondas e marés determina sua estrutura e classificação.

Angulo e Araújo (1996) definem praia como ambientes de sedimentação dominados por ondas, constituídas de areia que se estendem ao longo de praticamente todo o litoral de mar aberto, adentrando-se nas baías até onde possuem energia para remover os sedimentos finos e não permitir instalação típica das planícies de maré

Segundo Komar (1998), praia é um local de acúmulo de sedimentos inconsolidados de tamanhos diversos, como areia, cascalho e seixo, que se estende em direção a costa, do nível médio de maré baixa até alguma alteração morfologia, como campo de dunas, falésias ou até um ponto de alcance de ondas de tempestade.

As praias podem ser classificadas em reflectivas e dissipativas. As praias reflectivas estão em regiões protegidas, apresentam alto gradiente, baixa energia de ondas, bermas e cúspides bem desenvolvidos, sendo praias sensíveis a poluição por ter uma baixa capacidade de dispersar contaminantes. As praias dissipativas apresentam baixa declividade, alta energia das ondas, e é constituída pela face praial, podendo o canais e barras (Wright & Short, 1984). Segundo Souza (1999), com base nas características dos perfis realizados por este autor, as praias de Itapoá podem ser consideradas com praias mais refletivas, com baixa energia de ondas, no inverno, e mais dissipativas com alta energia de ondas no verão.

As praias são divididas em subambientes, de acordo com os processos hidrodinâmicos dominantes. Diversos autores propõem classificações para dividir os subambientes de praias. Neste trabalho será utilizado a classificação de Angulo (1996) (Figura 2):

Pós praia: Com relação a hidrodinâmica a pós praia situa-se acima do nível do preamar médio, entre o limite de espraiamento das ondas de preamar médio, e o alcance máximo das ondas durante as tempestades ou marés muito altas. As feições encontradas no pós praia são as bermas, que podem ocorrer uma ou mais bermas separadas por escarpas de praia, que reflete a ação de diferente níveis de ondas.

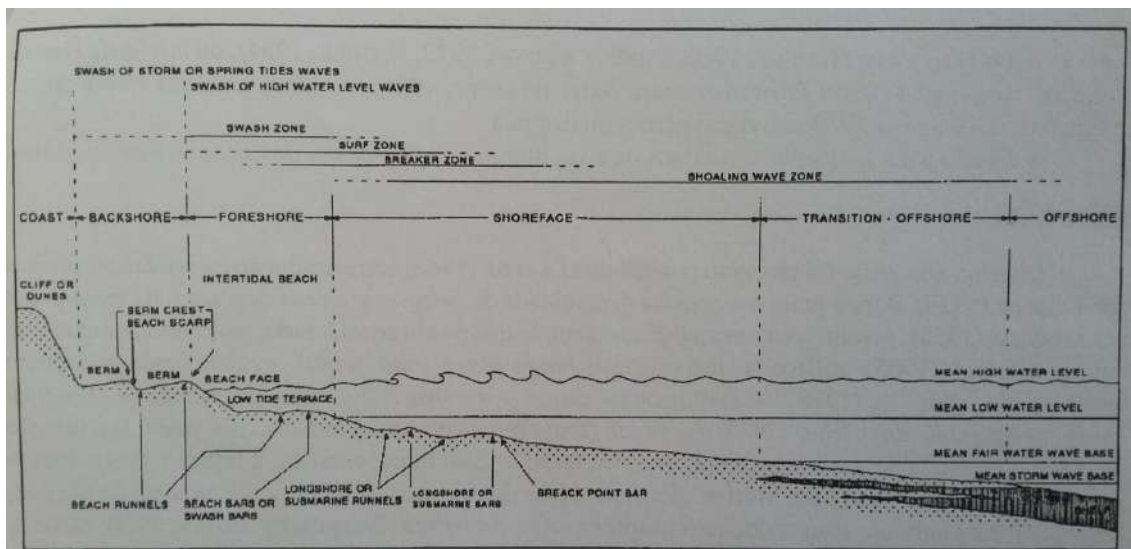
Face praial: A face praial corresponde a porção entre a face praial e a zona de transição litoral – costa afora. Pode ser dividida em uma parte

superior, de menor declive, e uma parte inferior, de menor declive. O limite superior da face praial corresponde ao limite de espreamento das ondas de preamar médio, e o limite inferior ao nível médio de baixa maré. A face praial apresenta morfologia e estruturas sedimentares que são características do espreamento das ondas, que é o processo dominante.

Face litorânea: A face litorânea é limitada a costa pela antepraia e em direção ao mar pela zona de transição. Em relação a hidrodinâmica das ondas em sua extensão a face litorânea é classificada em 3 zonas: uma zona externa onde as ondas iniciam a interação com o fundo, uma zona intermediária ou de arrebentação, e uma zona mais interna ou *zona de surfe*. Na face litorânea podem ocorrer canais e barras, que podem ser denominadas barras litorâneas longitudinais.

Transição litoral-costa afora: Localiza-se entre a face litorânea e a plataforma. Segundo Elliot (1986) *apud* Ângulo (1996) a Transição litoral-costa afora caracteriza-se por depósitos de águas calmas intercalados com depósitos de tempestade.

Plataforma continental: A plataforma está localizada na *costa afora*. O limite da plataforma continental com a zona de transição é a média da base de ondas de tempestade.



**Figura 2** - Perfil Hipotético com a terminologia dos subambientes praias (Angulo, 1996).

## 2.4 Marés

A maré na região sul do Brasil é do tipo semidiurna com desigualdades diurnas, com isso ocorrem duas preamares e duas baixamares por dia, com amplitudes diferentes, sendo as amplitudes normais do tipo micromaré, em torno de 1,5 m (DHN, 1997).

A região de Itapoá e São Francisco do Sul possui regime de micromarés do tipo misto, com predominância da semidiurna, com amplitude média de 0,80 m (Trucollo, 1998).

Schettini *et al.* (1996), cita que a maré astronômica na baía de São Francisco do Sul varia em torno de 0,8m a 1,2m. As marés meteorológicas exercem grande influência na dinâmica costeira regional, o que pode elevar em 1m a altura das marés astronômicas (Schettini *et al.*, 1996).

De acordo com Souza & Angulo (2003) as amplitudes médias das marés são em torno de 1,5 m. Ainda de acordo com esses autores, a dinâmica da região costeira de Itapoá é fortemente influenciada pela desembocadura da Baía de São Francisco do Sul.

## 2.5 Ondas

As ondas são um dos principais agentes na dinâmica costeira, sendo necessário o conhecimento detalhado do clima de ondas que atua em determinada região, para entender as variações morfodinâmicas de uma praia (Souza, 1999). O clima de ondas na região sul é condicionado ao padrão de ventos do Atlântico Sul, relacionados a posição dos centros de baixa e alta pressão. No hemisfério sul os centros de alta pressão provocam ventos no sentido anti-horário (anticlones) e os de baixa pressão no sentido horário (ciclones). Quando um ciclone se posiciona em latitudes inferiores a centros de alta pressão (anticlones), tem-se a formação de grandes ondas (Gobbi, 1997). A costa sul brasileira está fora das regiões atingidas por grandes ondas, mas ocasionalmente ondas de grande porte atingem o litoral sul. Segundo Gobbi (1997), isto pode ser explicado pela presença de sistemas frontais, como as frentes frias, que se deslocam pela região sul e sudeste brasileira durante todo o ano, no inverno estes sistemas são mais intensos e podem gerar centros de

alta pressão (anticlones), uma condição típica para a geração de grandes ondas.

Estudos de Bandeira (1974 *apud* Gobbi, 1996), realizados em Paranaguá, próximo a área de estudo, mostra que:

- As ondas são relativamente mais longas de abril a agosto, e mais curtas entre setembro e março. De julho a dezembro são relativamente mais altas e vem dos dois lados da normal a praia.

- Não há uma variação nítida, no regime de ondas durante o ano que permita separar em partes de características comuns, relativamente aos parâmetros ondulatórios, como em Sergipe por exemplo, que possui dois regimes para ondas.

Com informações obtidas por GWS (*Global Waves Statistics*), que são informações visuais das ondas em águas profundas feita por navios, Gobbi (1996), conclui que existe a presença de várias ondas que variam entre 1 e 2 e 2 e 3 metros. Com dados tomados junto a costa, percebe-se a presença de ondas menores, em que as ondas variam de 0,5 a 1 metro, isto se deve ao fato das ondas pequenas não serem detectadas pelos navios e que as características das ondas possam ser realmente diferentes. Outra observação é que o clima de ondas é bem distribuído ao longo do ano, e que não há ondas em uma direção preferencial.

## **2.6 Hidrografia**

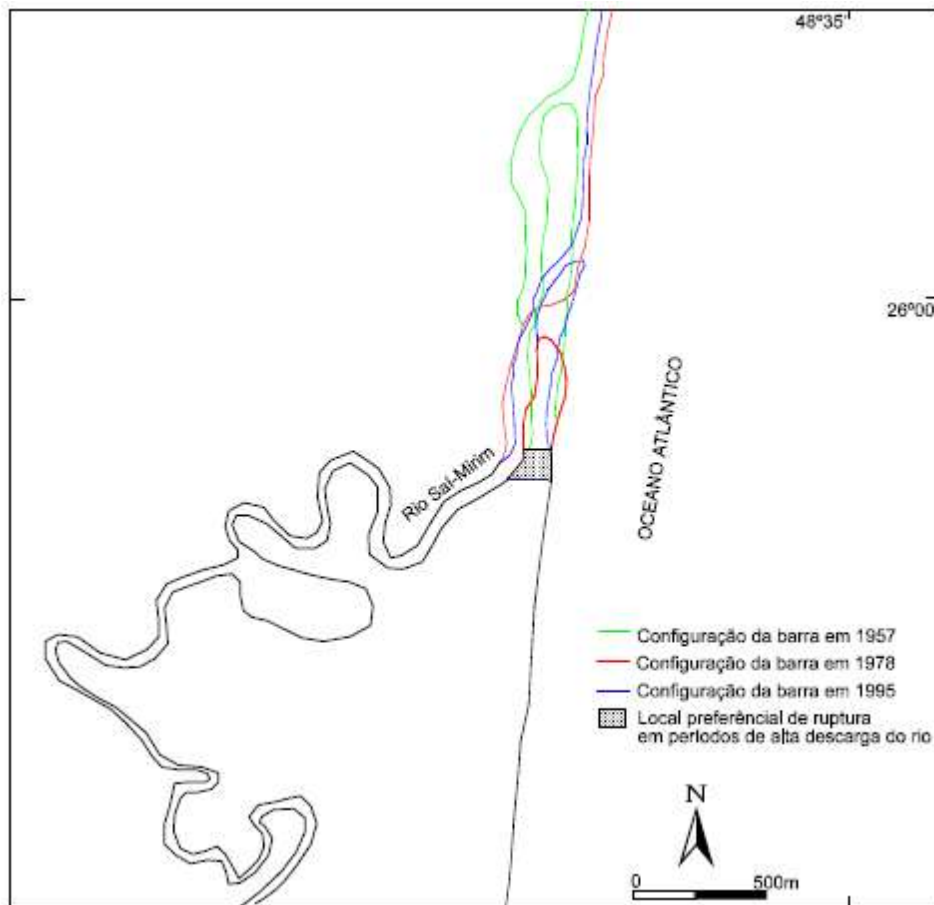
Os maiores rios do município de Itapoá são os rios Saí Mirim e o Rio Saí Guaçu. A bacia hidrográfica do rio Saí Mirim é a maior bacia hidrográfica da região, constituída por várias vertentes. É considerada uma bacia litorânea de pequeno porte e desagua diretamente no oceano Atlântico, constituída pelos rios: Saí Mirim, Água Branca, Bom Futuro, Braço do Norte, Quilombo, Do Meio, Baixo, Jaguaruna, Comprido, Pequeno, Gracioso, Uirapuru, Inferninho, Itapoá, Mendanha, Carrapatinho, Banararinha, Minas, Guarajuba, Bacamarte, Do Tomás e dos Córregos Trevisa, Água Branca. A bacia do rio Saí Guaçu é composta pelo rio Saí Guaçu, Córrego das Canoas e Ribeirão Barrinha. A rede de drenagem da planície costeira de Itapoá possui um padrão dendrítico. Os

principais rios que compõem as bacias possuem seu curso superior localizado na área serrana, com alto declive, vales encaixados e padrão retilíneo. O curso inferior, localizado na planície, possui normalmente amplo vale de fundo chato e padrão de canal meandrante (Souza, 1999).

## **2.7 Variação da linha de costa**

Souza (1999), através de levantamentos planialtimétricos e comparação de fotografias aéreas entre os anos de 1957 e 1995 deu uma grande contribuição para o estudo da erosão costeira e a variação da linha de costa na praia de Itapoá. Na região entre os rios Saí-Guaçu e Saí-Mirim, observou-se variações na morfologia devido a migração da desembocadura do rio Saí-Mirim (figura 3); a desembocadura do rio Saí-Mirim migra para o norte devido a deriva litorânea, isso forma um esporão que separa o rio do mar (Souza, 1999).

Entre a desembocadura do rio Saí-Mirim e o Córrego das Palmeiras, que compreende praias de mar aberto sem influência direta da desembocadura da Baía de São Francisco, as variações da linha de costa entre os anos de 1957 e 1995 foram menores que 10m. Com relação ao monitoramento dos perfis entre 1996 e 2002, o recuo da linha de costa foi de 10,91m, em torno de 1,70m/ano (Souza, 1999). Na região do Córrego das Palmeiras e o Pontal da Figueira houve um aumento de 200m, entre 1957 e 1978. Entre 1978 e 1995 houve erosão de cerca de 250m (Souza, 1999). Essas variações foram atribuídas a mudanças na morfologia do delta de maré vazante, associado a desembocadura (Souza & Angulo, 2003). Essas praias associadas a desembocaduras de estuário, como neste caso, são muito instáveis, apresentando variação na linha de costa da ordem de centenas a milhares de metros (Angulo, 1993).



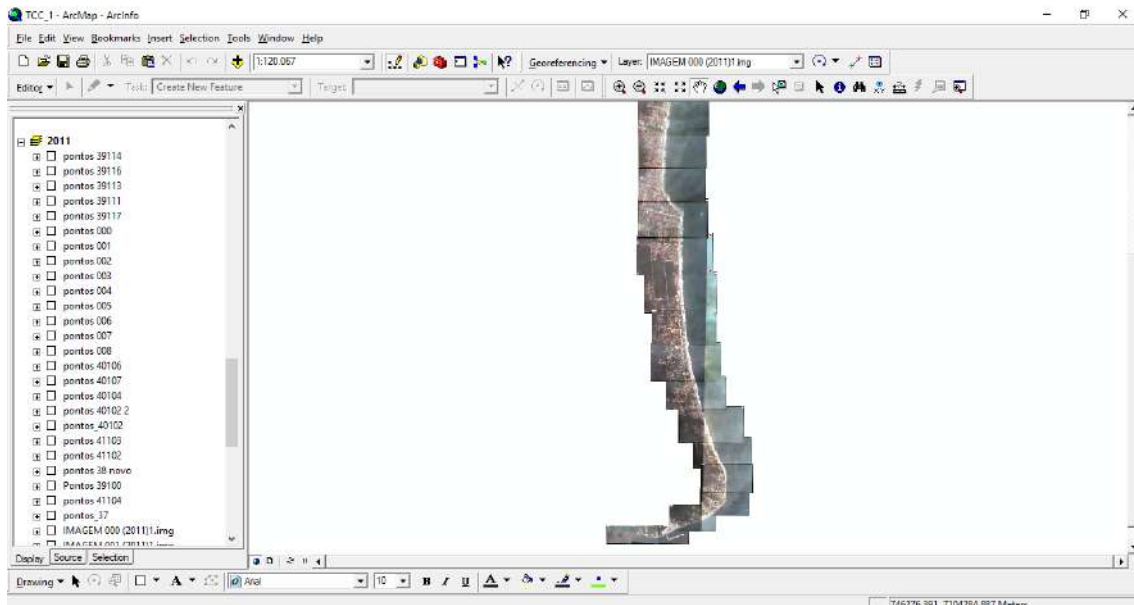
**Figura 3** - Variação da desembocadura do rio Saí-Mirim, entre os anos de 1957 e 1995 (Souza, 1999).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

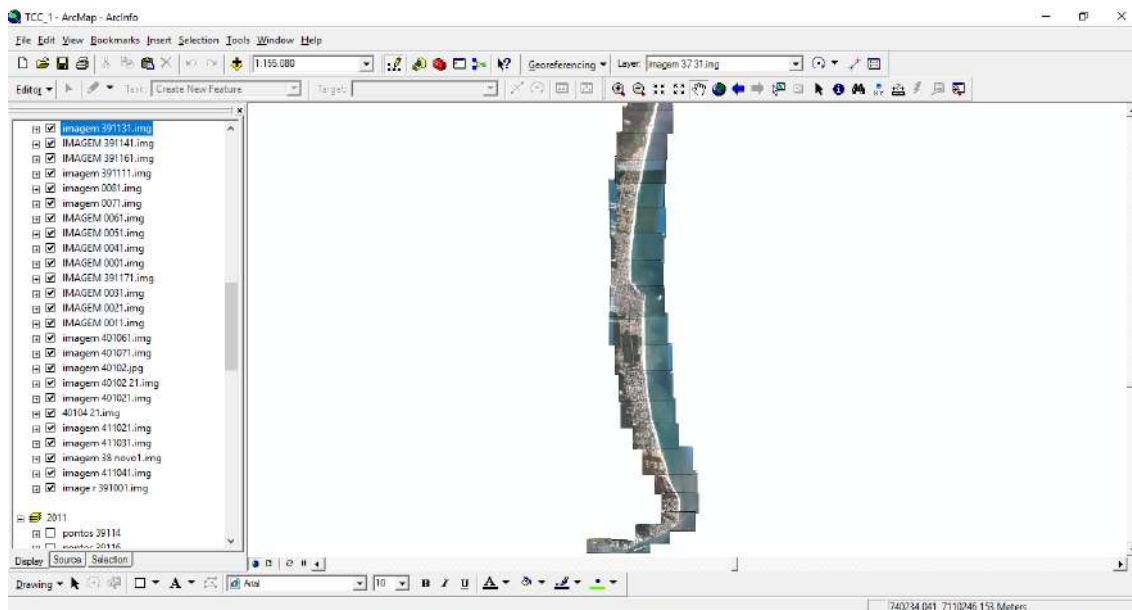
Na primeira etapa, foi feita a revisão bibliográfica, com a compilação dos trabalhos sobre a geologia, geomorfologia, variação da linha de costa, balanço sedimentar e problemas relacionados a erosão costeira no município de Itapoá-SC. Após a revisão bibliográfica foi realizado os levantamentos planialtimétricos, em uma etapa de campo, em que foi descrito a morfologia das praias, variação da linha de costa e posteriormente com o tratamento dos dados foi obtido o volume de areia. Para o cálculo do volume de areia, foi calculado a área dos perfis, sendo que se considerou que cada perfil tem um metro de largura, obtendo-se assim o volume. Os perfis foram os mesmos dos trabalhos de Souza (1999) e Cruz (2010) (figura 6), exceto os perfis 4, 5, 6, 7 e 8, onde foram construídos enrocamentos ou foram erodidos, não permitindo a comparação do comportamento morfológico e da dinâmica costeira. Os perfis

foram realizados perpendicularmente a linha de costa a partir de um ponto de referência, como topo de dunas antigas, muro, postes ou estacas. As estações de medida foram colocadas com base nas variações morfológicas e em pontos como linhas de deixa e linha d'água. Para o levantamento, foi utilizado nível de precisão, trena e mira graduada. Foi utilizado como zero relativo o ponto de referência a partir do qual foram feitas medidas sucessivas.

Em conjunto com o tratamento dos dados dos perfis, foi feito a análise de imagens de satélite do *Google Earth* do ano de 2011 e de 2016, com resolução de 3840x2160 (4K UHD) e um estudo de Angulo e Souza (2007) onde foi feito um mapeamento da linha de costa do Município de Itapoá. Através do *software* Arcgis foi quantificada a variação da linha de costa.

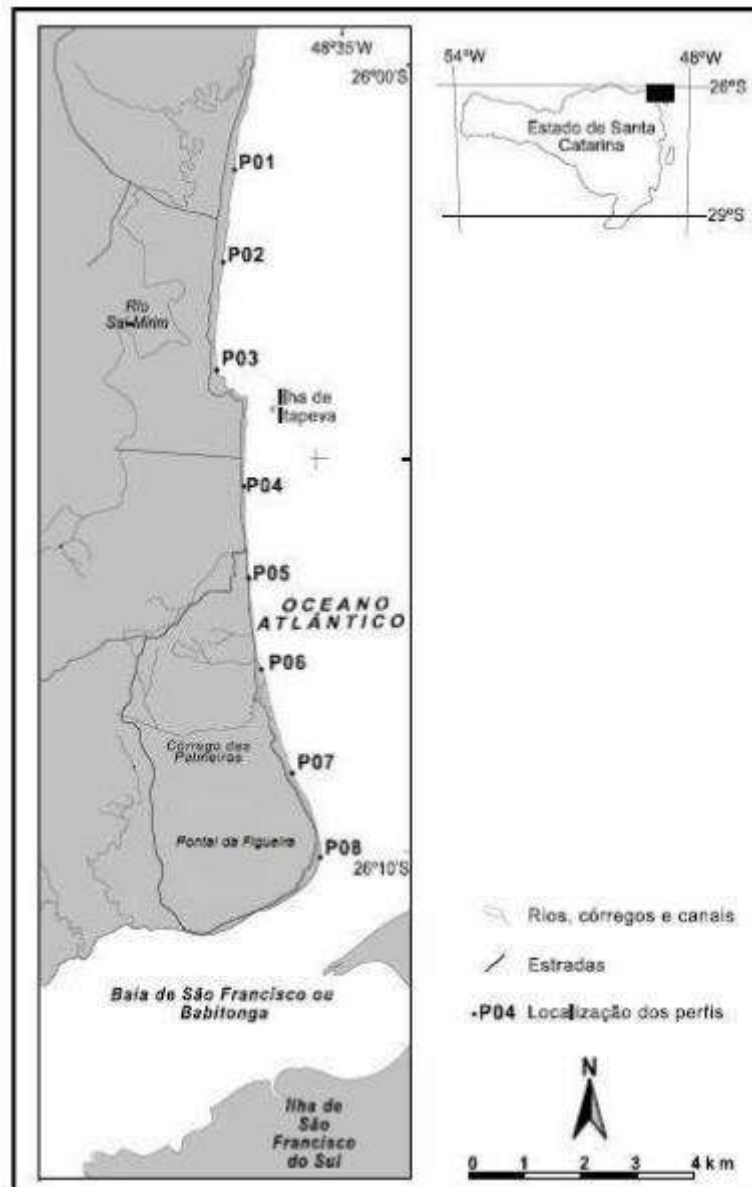


**Figura 4** - Resultado da mosaicagem das imagens do Google Earth de 2011.



**Figura 5** - Resultado da mosaicagem das imagens do Google Earth de 2016.

Segundo Vintem (2004), para traçar a linha de costa existem 3 alternativas em função da qualidade da imagem ou da morfologia local: 1) determinação em função da linha de base da duna. 2) determinação da linha de água mais elevada, e 3) determinação da linha de vegetação. Neste trabalho foi usado a linha de vegetação. As linhas traçadas dos anos de 2007, 2011 e 2016 foram sobrepostas, a fim de comparar as taxas de variação entre elas.



**Figura 6** - Localização dos levantamentos dos perfis na área de estudo (Modificado de Souza, 1999)

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Perfis topográficos

Foram realizados 3 perfis topográficos na porção norte do município de Itapoá. Após a realização dos perfis foi realizado o cálculo do volume de areia. O resultado dos volumes foi comparado com os volumes obtidos por Cruz (2010), em junho de 2009.

#### 4.1.1 Perfil 01

O perfil 01, realizado em julho de 2016, apresenta um comprimento total de 59,62m, com uma cota máxima de 3,79m localizado no topo do aterro (gráfico 1). Este mesmo perfil realizado em junho de 2009 apresenta um comprimento total de 100,6m e uma cota máxima de 3,83m.

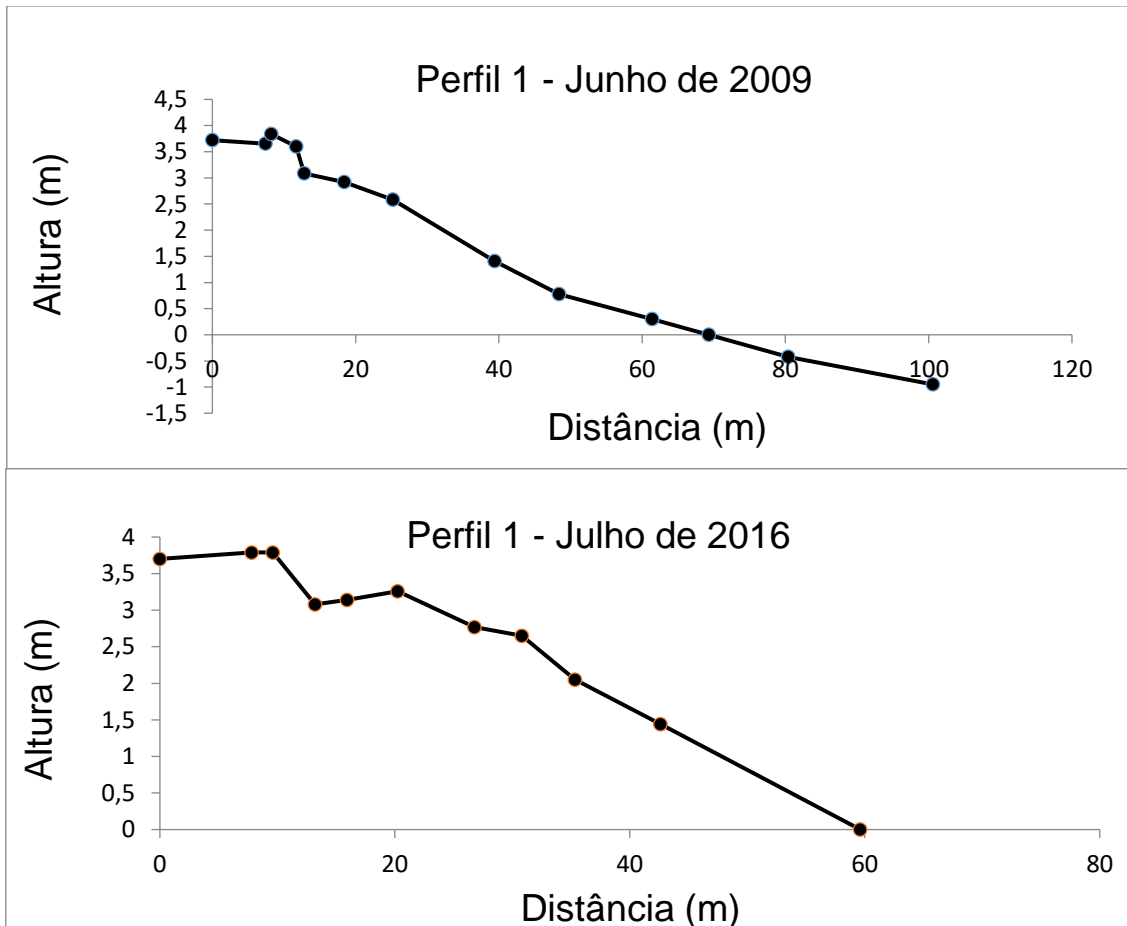


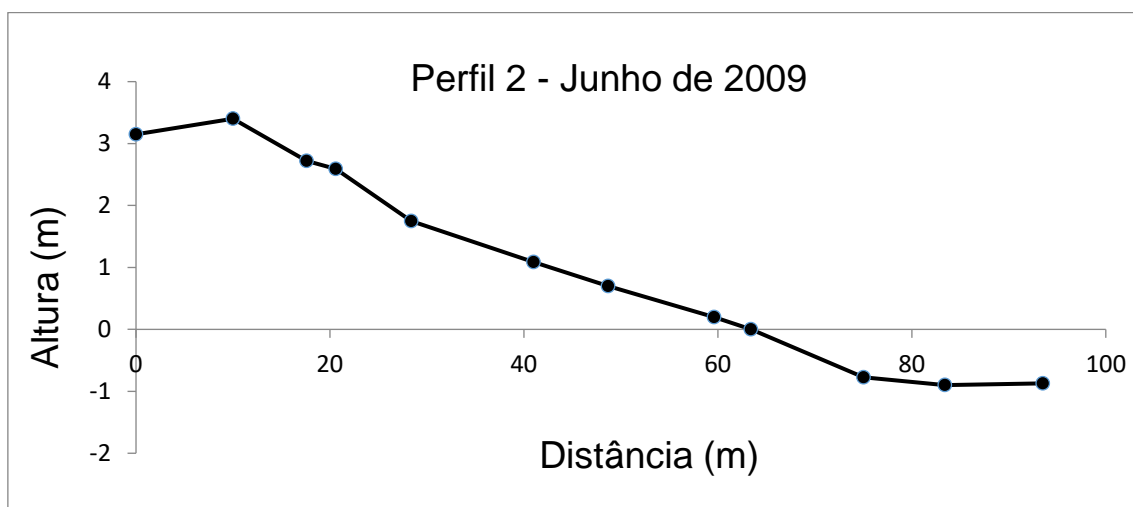
Gráfico 1 - Morfologia do perfil 1 em 2009 e 2016.



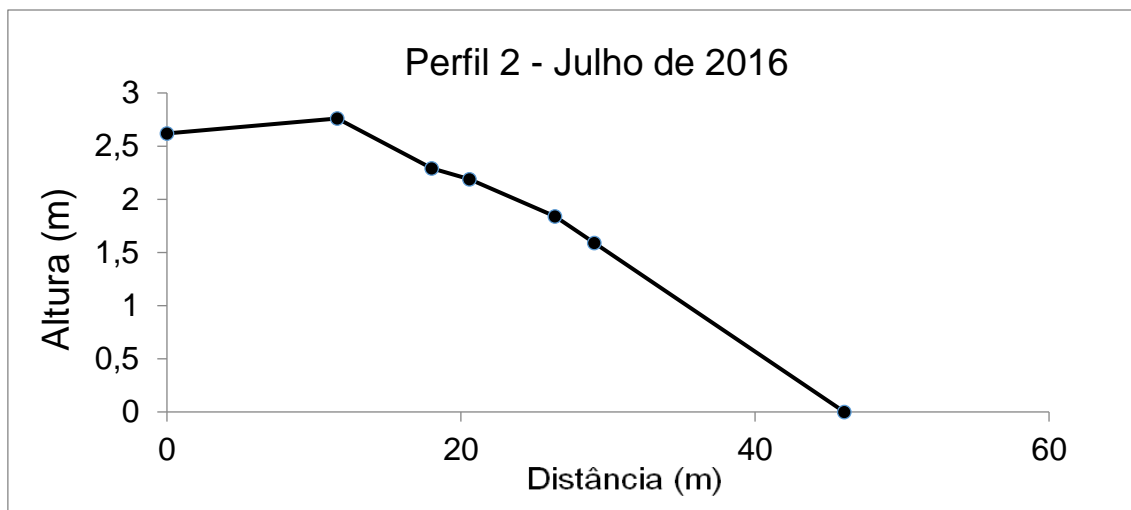
**Figura 7** - A) A linha vermelha detalha a linha do perfil 01. B) Vista do perfil 01.

#### 4.1.2 Perfil 02

O perfil 02 de julho de 2016 apresenta um comprimento total de 46,08m e uma cota máxima de 2,76m no topo da duna. O perfil 02 de junho de 2009 possui um comprimento de 93,5m e uma cota máxima de 3,40m (gráficos 2 e 3).



**Gráfico 2** - Morfologia do perfil 02 em Junho de 2009.



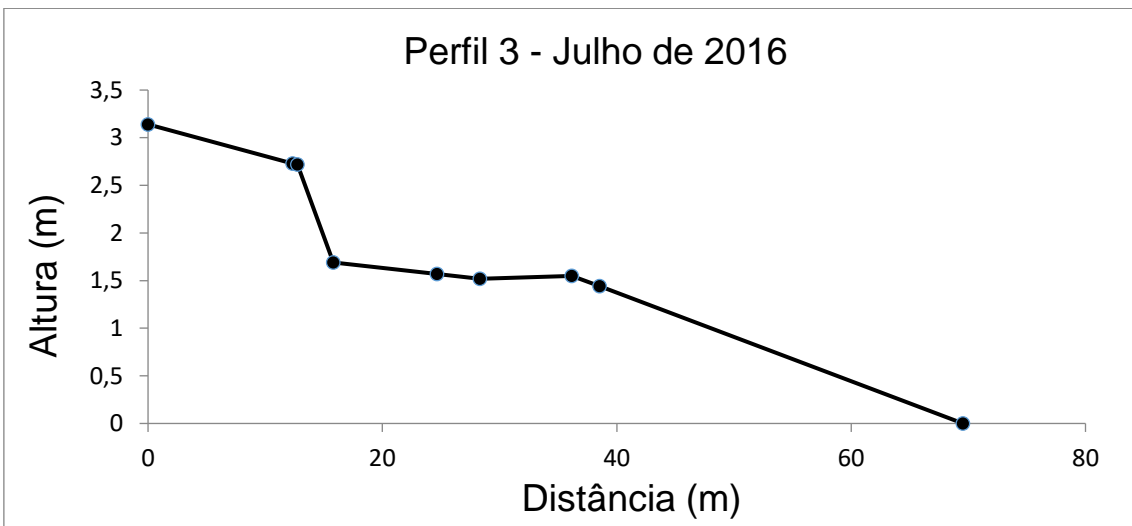
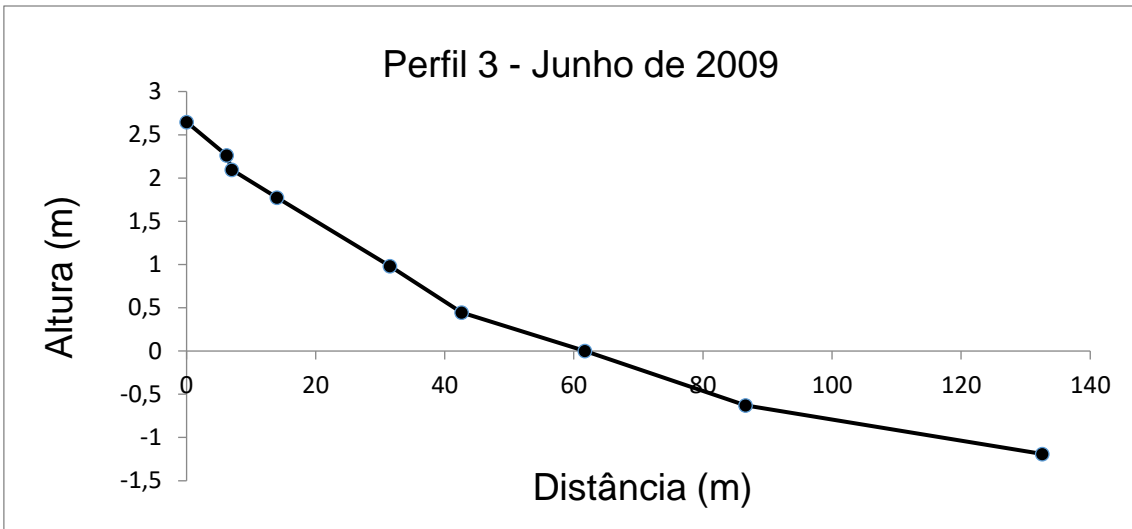
**Gráfico 3** - Morfologia do perfil 02 em julho de 2016.



**Figura 8** - A) Vista do perfil 02, observa-se a presença de uma duna e vegetação desenvolvida. B) Vista do perfil 02.

#### 4.1.3 Perfil 03

O perfil 03 de julho de 2016 apresenta um comprimento total de 69,55m e uma cota máxima de 3,14m. O perfil 02 de junho de 2009 possui um comprimento de 132,6m e uma cota máxima de 2,64m (gráfico 4).



**Gráfico 4** - Morfologia do perfil 03 em junho de 2009 e julho de 2016.



**Figura 9** - A) Vista do perfil 03, nota-se a presença de enrocamentos ao longo da linha de costa próximo ao perfil.

### 4.3 Variação de volume e linha de costa

Os cálculos dos volumes dos perfis de junho de 2009 e julho de 2016 está apresentado na tabela 1.

Perfil	jun/09	jul/16	Saldo
1	192,7	136,9	-55,8
2	172	82,99	-89,1
3	195,4	102,1	-93,3

**Tabela 1** – Resultado do balanço sedimentar entre os anos de 2009 e 2016 mostrados em m<sup>3</sup>.

Observa-se que todos os perfis de 2016 tiveram perda de volume em relação aos perfis de 2009. O perfil que obteve o maior saldo negativo é o perfil 3 com 93,3 m<sup>3</sup> de sedimento. Isso pode ser explicado pelo fato de que próximo ao local do perfil, tanto para norte quanto para sul foi construído enrocamentos, o que aumenta erosão em áreas próximas.

Analisando os gráficos 1,2,3 e 4 é possível observar uma redução da linha de costa nos 3 perfis realizados em julho 2016, em comparação com os perfis realizados em junho de 2009. O perfil 1 obteve uma redução de 40,9m, o perfil 2 uma redução de 47,4m e o perfil 3 uma redução de 63m (tabela 2).

	jun/09	jul/16		
	Distância (m)	Distância (m)	Saldo (m)	Taxa cm/dia
Perfil 01	100,6	59,62	-40,9	-1,6
Perfil 02	93,55	46,08	-47,4	-1,8
Perfil 03	132,6	63	-63	-2,4

**Tabela 2** - Variação da linha de costa entre os anos de 2009 e 2016.

Como é possível observar na tabela 2, o perfil 3 foi o que mais teve redução da linha de costa, com uma taxa de -2,4 cm/dia. Nota-se que as taxas de erosão aumentaram consideravelmente entre o período de junho de 2009 e julho de 2016. A variação da linha de costa apresenta uma taxa de erosão média de -1,93 cm/dia nos 3 perfis realizados, entre junho de 2009 e julho de 2016. Nos levantamentos de Cruz (2010), realizados entre agosto de 2008 e junho de 2009 a redução da linha de costa foi em média de -0,14 cm/dia. Nos levantamentos realizados por Souza (1999), entre agosto de 1996 e junho de 1998, a taxa de erosão média foi de -1,08 cm/dia. Portanto, nota-se um aumento na taxa de erosão entre o período de 2009 a 2016.

#### 4.1 Análise de imagens aéreas

Para identificar as variações da linha de costa, foi utilizado imagens do *Google Earth* dos anos de 2011 e 2016, além de um levantamento feito por Angulo e Souza (2007), em que foi delimitado a linha de costa em campo. Portanto este trabalho apresenta a linha de costa dos anos de 2007, 2011 e 2016. Em anexo está o mapa com a variação da linha de costa desses 3 anos. No *software* Arcgis 9.3 foi calculado a área da variação da linha de costa. Analisando as imagens de 2007 e 2016, houve um déficit de -24,21 hectares. Analisando as imagens em lugares específicos observa-se que há pontos em que os processos erosivos foram muito intenso, e há locais em que houve

aumento da linha de costa. Em alguns locais a linha de costa permaneceu estável.

Analisando a área próximo ao porto de Itapoá, que começou a ser construído em 2008, nota-se um aumento considerável da linha de costa do ano de 2007 aos anos de 2011 e 2016 (figura 10). Entre as imagens, observa-se um aumento da linha de costa do ano de 2007 ao ano de 2016, porém, em alguns trechos as linhas ficaram estáveis e em outros houve um recuo da linha de costa. O aumento da linha de costa neste trecho foi em média de 26,70m, entre 2007 e 2016, isso deve ao fato de que foi feito um aterro neste trecho da praia, para a construção da estrada em frente ao porto.



**Figura 10** - Imagem do Google Earth de 2011, mostrando a variação da linha de costa próximo ao porto de Itapoá, nos anos de 2007, 2011 e 2016.

Analisando uma área na região do Pontal, é possível observar um recuo significativo da linha de costa durante o período de 2007 a 2011 (figura 11). Nesta região ocorre um recuo da linha de costa de 69,4m em média, entre 2007 e 2011 e um aumento de 5m de 2011 a 2016.



**Figura 11** - Imagem do Google Earth, na região do Pontal, mostrando a variação da linha de costa nos anos de 2007, 2011 e 2016.

Nota-se, pelo traçado da linha de costa, várias feições típicas de enrocamento, construídos a partir do ano de 2011. Esses enrocamentos foram encontrados em campo, como pode ser observado nas figuras 12 e 13.



**Figura 12** - Vista da área próximo ao Pontal, nota-se a presença de contenções para estabilizar a linha de costa (foto do autor).



**Figura 13** - Vista da área próxima ao pontal, observa-se a presença de enrocamentos ao longo da costa, e a erosão de construções presentes no local (foto do autor).

Na região do balneário Itapoá, próximo ao restaurante rancho do Raul, também é possível observar um grande recuo da linha de costa entre os anos de 2007 e 2016 (figura 14). O recuo da linha de costa neste trecho foi em média de 49 metros. Observações de campo, em novembro de 2016, mostram que este trecho sofreu grande processo de erosão, devido a uma forte ressaca (figura 15).



**Figura 14** - Imagem do Google Earth de 2016, mostrando a variação da linha de costa próximo ao Rancho do Raul.



**Figura 15** - Vista da praia próximo ao balneário Itapoá, onde é possível observar o avanço do mar durante a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza).

#### 4.1 Análise de imagens e relação com os perfis

Na análise das imagens próximo ao perfil 01, foi observado um recuo da linha de costa de 38,6m em média, entre 2007 e 2011, entre 2011 e 2016 o recuo foi de 5,03m em média (figura 16).



**Figura 16** - Imagem do Google Earth de 2011, no perfil 1, mostrando o recuo da linha de costa do ano de 2007 em relação aos anos de 2011 e 2016.

Na análise das imagens do perfil 02, observa-se um aumento na linha de costa entre o ano de 2007 e 2016. Entre 2011 e 2016 a linha de costa ficou praticamente estável (figura 17).



**Figura 17** - Imagem do Google Earth de 2011, do local do perfil 02, mostrando um aumento da linha de costa entre os anos de 2017 e 2016

O aumento da linha de costa nessa região entre 2007 e 2016 foi de 11,6m em média. Em relação aos anos de 2011 e 2016 a linha de costa se manteve estável, isto mostra um avanço expressivo entre os anos de 2007 e 2011 e uma estabilização entre 2011 e 2016.

O perfil 03 teve uma redução no volume de areia e um recuo da linha de costa conforme as tabelas 1 e 2. Na análise das imagens na região do perfil 3 foi possível observar um recuo da linha de costa entre os anos de 2007 e 2016, esse recuo foi de 25,9m em média (figura 18). Já entre os anos de 2011 e 2016 a linha de costa ficou praticamente estável. Essa estabilidade da linha de costa entre os anos de 2011 e 2016 se deve ao fato da construção de enrocamentos ao longo da linha da praia próximo ao perfil 3, que estabilizaram a erosão (figura 19).



**Figura 18** - Imagem do Google Earth de 2011, do local do perfil 03, observa-se um recuo da linha de costa entre os anos de 2007 e 2016.



**Figura 19** - Vista do perfil 03, observa-se que foi feito enrocamento ao longo de toda a linha de praia próximo a esse perfil.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os resultados do saldo do balanço sedimentar e variação da linha de costa obtidos através dos 3 perfis realizados em julho de 2016 e comparados com os perfis de junho de 2009 no município de Itapoá, indicam um déficit sedimentar total de  $-238,3 \text{ m}^3$ , (média de  $79,4 \text{ m}^3$ ), com respectiva taxa de  $93,00 \text{ cm}^3/\text{dia}$  (média de  $31,00 \text{ cm}^3/\text{dia}$ ). Associado a este valor também ocorreu um recuo da linha de costa no valor médio de  $-50,4\text{m}$ , com uma taxa média de  $1,93 \text{ cm}/\text{dia}$ .

Esses resultados foram obtidos durante o período de condições climáticas normais ou La Niña fraca. Os levantamentos de junho de 2009, usado como base para comparação nesse trabalho, também foram realizados em um período de condições climáticas normais ou La Niña fraca. Souza (1999), analisando resultados de perfis realizados entre os anos de 1996 e 1998 demonstrou grande correlação com os fenômenos climáticos El Niño e La Niña, já que esses levantamentos foram realizados com esses dois fenômenos climáticos atuando. Segundo a autora, o El Niño é responsável por um aumento de intensidade de frente frias na região sul, ocasionando maior energia de ondas incidentes na costa, causando uma maior erosão. Durante o período de La Niña, as frentes frias e a energia das ondas diminuem, promovendo a recuperação da costa. Levantamento de perfis realizados por Souza (1999) em junho de 1997 com o fenômeno El Niño intenso, foi verificado altos valores de recuo da linha de costa com uma taxa de  $1,59 \text{ cm}/\text{dia}$ . Valores obtidos neste trabalho comparado aos levantamentos dos perfis de junho de 2009 indicam uma taxa de  $1,9 \text{ cm}/\text{dia}$ , durante o período de 2009 a 2016.

Como não se tem dados de monitoramento entre 2009 e 2016, não é possível correlacionar essa taxa de erosão a esses fenômenos climáticos. Seria necessário um monitoramento em um período maior para poder compreender se essa taxa de erosão está relacionada a esses fenômenos climáticos.

Fazendo a análise da linha de costa entre os anos de 2007 e 2016, houve um déficit de  $-24,21$  hectares ao longo da costa de Itapoá. Cruz (2010), analisando fotos aéreas de 1995 e 2007 constatou uma perda de  $-15,70$

hectares no município de Itapoá durante este período, isto equivale a uma perda de -1,3 hectares por ano. No presente estudo a média foi de -2,6 hectares no período de 2007 a 2016. Isto mostra que a taxa de erosão aumentou muito do ano de 2007 a 2016.

Portanto, foi identificada uma tendência erosiva para quase toda a costa de Itapoá, esta tendência também foi observada através dos levantamentos de campo dos perfis 1, 2 e 3.

Em alguns locais a linha de costa teve um avanço entre os anos de 2007 e 2016, como a região próximo ao porto de Itapoá. Isso se deve ao fato de se ter feito um aterro no local, onde o porto foi construído, para a construção da estrada. Em regiões próximas ao pontal, foi verificado nas imagens aéreas um maior recuo da linha de costa, entre os anos de 2007 e 2011, com média de 69,4m e um aumento de 5m de 2011 a 2016, esse aumento da linha de costa e sua estabilização em alguns locais nesta região, se deve ao fato da construção de enrocamentos e obras de estabilização. Nota-se na figura 15, pelo traçado da linha de costa, que em muitos trechos desse local, essas obras aumentam a erosão em áreas próximas. A figura 20 mostra a construção de obras para estabilizar a linha de costa, ocasionando erosão em áreas próximas. Isso se deve ao fato de que como a linha fica estabilizada nos locais onde as obras de contenção são feitas, a erosão se concentra nos locais sem as obras, aumentando a taxa de retirada de sedimentos, que seria retirada de toda a costa.



**Figura 20** - Imagem do Google Earth de 2016. Nota-se erosão acentuada nos locais próximos a obras de estabilização da costa.

A partir dos dados obtidos em campo com os perfis, com a análise das imagens aéreas e com o estudo de trabalhos anteriores na região de Itapoá, conclue-se que o aporte sedimentar em toda a região costeira de Itapoá é insuficiente para manter a estabilidade da linha de costa no Município, apresentando processos erosivos tanto em condições normais, como no trabalho de Cruz (2010), tanto em condições com influência de fenômenos climáticos (El Niño e La Niña), como o trabalho de Souza (1999). Com isso, pode-se interpretar que a erosão costeira no município de Itapoá não se deve só a ação do clima e de processos naturais, mas também por influência antrópica<sup>1</sup>

Angulo & Souza (2003) citam que a dragagem do porto de São Francisco do Sul, localizado a sul do Município (figura 21), pode estar diretamente relacionado a esse déficit sedimentar causado em Itapoá, já que parte do canal dragado situa-se no lobo frontal de maré vazante.



**Figura 21** - Imagem do Google Earth de 2016, com a localização do porto de São Francisco do Sul e o Município de Itapoá - SC.

No litoral de Itapoá atuam dois sistemas preferenciais de ondas provenientes de ENE e SSE/SE, a troca de sedimentos entre as praias ocorrem para norte e para sul, mas com um predomínio de transporte para norte (Angulo & Souza, 2003). O canal que dá acesso ao porto de São Francisco do Sul pode reter os sedimentos que são transportados pelas correntes de deriva litorânea, esses sedimentos podem assorear o canal ou serem transportados por correntes de maré vazante para áreas mais profundas, causando a diminuição do volume do delta e a consequente erosão das praias ao norte (Angulo & Souza, 2003).

Comparando os valores do déficit de areia entre 1996 e 2002, que foi de 650.000 m<sup>3</sup> (taxa anual média de 100.000 m<sup>3</sup>), com o volume estimado de 350.000 m<sup>3</sup> que foi dragado pelo porto no mês de dezembro de 2002 para manter a profundidade do canal, Angulo & Souza (2003) sugerem que o canal intercepta um grande volume de sedimentos que são transportados pela corrente de deriva litorânea, o que pode explicar o déficit de areia nas praias do Município de Itapoá.

De acordo com essas informações, este presente estudo também sugere que as dragagens na baía da Babitonga estão tendo influência na erosão das praias do Município de Itapoá-SC.

Em 2010 e 2015 ocorreram novas dragagens no canal de acesso ao porto de São Francisco do Sul e Itapoá, mas não foi possível obter dados obtidos referentes ao volume de sedimento retirado durante essas dragagens, impossibilitando uma correlação mais detalhada da erosão com esse processo.

No estudo de Souza (1999), a autora sugere as seguintes medidas para a costa de Itapoá, como:

1. A não invasão da praia pelas construções.
2. A manutenção de dunas frontais, que funciona como estoque de areia regulador da erosão da praia e de estabilidade da linha de costa.
3. A não realização de obras que possam alterar a dinâmica e o equilíbrio costeiro, tais como canais artificiais que formem barreiras hidráulicas, espigões, que diminuam ou impeçam a deriva litorânea de sedimentos, entre outros.

Como pode-se observar em campo, estas medidas não foram tomadas, e obras de contenção da linha de costa, construídos ao longo da praia, também estão acentuando os processos erosivos em determinados locais no Município de Itapoá-SC (figura 22 e 23).



**Figura 22** - Imagem ilustrando a erosão de construções na região próximo ao Pontal em maio de 2016 (foto do autor).



**Figura 23** - Imagem ilustrando a erosão de construções na região próxima ao Pontal em maio de 2016 (foto do autor).

As perspectivas para a situação da erosão no Município de Itapoá não são boas. Isso devido a necessidade de se fazer dragagens regulares na entrada da Baía da Babitonga, visto que nessa baía se encontra os portos de São Francisco do Sul e de Itapoá. Além disso, existe a perspectiva da entrada de um fenômeno El Niño de grande intensidade no início de 2017, o que pode aumentar os processos erosivos.

Em novembro de 2016 ocorreu uma forte ressaca no Município de Itapoá. Devido ao curto tempo de realização deste estudo, não foi possível fazer novos levantamentos depois desse fenômeno. Mas constatações em campo mostram que ocorreu uma forte erosão em toda a costa. Na região próxima ao Pontal, foi verificada a destruição de casas e o avanço do mar até as ruas próximas, deixando grande quantidade de sedimentos nesses locais onde o mar avançou (figuras 24,25 e 26).



**Figura 24** - Imagem ilustrando uma casa localizada próximo a região do Pontal, onde ocorreu grande erosão devido a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza).



**Figura 25** - Imagem ilustrando uma casa destruída, na região do Pontal, onde ocorreu grande erosão devido a ressaca de novembro de 2016 (fonte: Maria Cristina de Souza).



**Figura 26** - Imagem ilustrando o avanço do mar até a rua na região do Pontal (fonte: Maria Cristina de Souza).

Na região do balneário de Itapoá, próximo ao restaurante rancho do Raul, também foi constatado uma forte erosão, com o avanço do mar até ruas e construções. Na figura 27 é possível observar o avanço do mar até os enrocamentos construídos neste local. Na figura 28 é possível observar que o mar avançou por cima dessas obras de contenção.

Algumas medidas preventivas devem ser tomadas para tentar minimizar a erosão no Município de Itapoá-SC. Essas medidas foram baseadas no trabalho de Souza (1999). As medidas são:

- Não invasão das praias por construções.
- Manutenção de dunas frontais.
- A não realização de obras que possam alterar a dinâmica e o equilíbrio costeiro.



**Figura 27** - Imagem mostrando o avanço da maré até os enrocamentos construídos neste local (fonte: Maria Cristina de Souza).



**Figura 28** - Imagem mostrando o avanço da maré e a destruição de obras de contenção (fonte: Maria Cristina de Souza).

## 6. REFERÊNCIAS

Angulo, R. J. & Araújo A. D. 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. *Boletim Paranaense de Geociências*. Curitiba. 44:7-17.

Angulo R. J.; Souza M. C.; Mapa geológico da planície costeira entre o Rio Saí-Iguaçu e a baía de São Francisco, litoral norte do estado de Santa Catarina. 2004. *Boletim Paranaense de Geociências*. n. 55, p. 09-23. Editora UFPR.

Angulo, R. J.; Souza, M. C. de; Lamour, M. R. 2004. Coastal erosion problems induced by dredging activities in the navigation channel of Paranaguá and São Francisco do Sul harbor, southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, Itajaí, SI-39, p. 1-6.

Calliari, L. J.; Tozzi, H. A. M.; Klein, A. H. F. 1996. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-riograndense (CODEMIR/OSNLR). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. *Anais...* Salvador, SBG, IV:430-434

Cruz C. R. 2010. Variação da linha de costa e do balanço sedimentar das praias do Município de Itapoá, Santa Catarina, Brasil. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Geologia, departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, dissertação de mestrado, 190p.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. 1979. Carta Náutica no 1830, Proximidades do Porto de São Francisco.

Gobbi, E.F. 1997. *Gerenciamento costeiro: análise de casos do litoral do Paraná sob a perspectiva da engenharia costeira*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, 277p.

Hoefel F.G. 1998. Morfodinâmica de praias arenosas: uma revisão bibliográfica. Editora da Univali, 92p.

King, C.A.M., 1972. *Beaches and Coasts*. 2nd ed. London: Edward Arnold, 570p.

Komar, P.D., 1998. *Beach Processes and Sedimentation*. Second edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 544 p.

Muehe, D. 1994. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B. da (Orgs.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Editora Bertrand Brasil S.A. 2ª edição, p. 253-301.

Pereira, C. C. 1984. História de São Francisco do Sul. Florianópolis: UFSC.

Schettini, C.A.F.; Carvalho, J.L.B. & Jabour, P. 1996. Comparative Hydrology and Suspended Matter Distribution of Four Estuaries in Santa Catarina State – Southern Brazil. In: Anais..., Workshop on comparative Studies of Temperate Coast Estuaries. Bahia Blanca.

Siga Jr., O; Basei, M.A.S.; Machiavelli, A. 1993. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. *Revista Brasileira de Geociências*. 23(3):215-223.

Souza M. C. 1999. Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do município de Itapoá, estado de Santa Catarina: Subsídios a ocupação. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Geologia, departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, dissertação de mestrado, 196p.

Souza M. C.; Angulo R. J.; Pessenda L. C. R.; 2001. Evolução paleogeográfica da planície costeira de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina. *Revista brasileira de geociências*. 31(2):223-230.

Souza, M. C. de & Angulo, R. J. 2003. Decadal and interannual variations of coastline and beach volumes in Itapoá (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*, Florida, v.17.

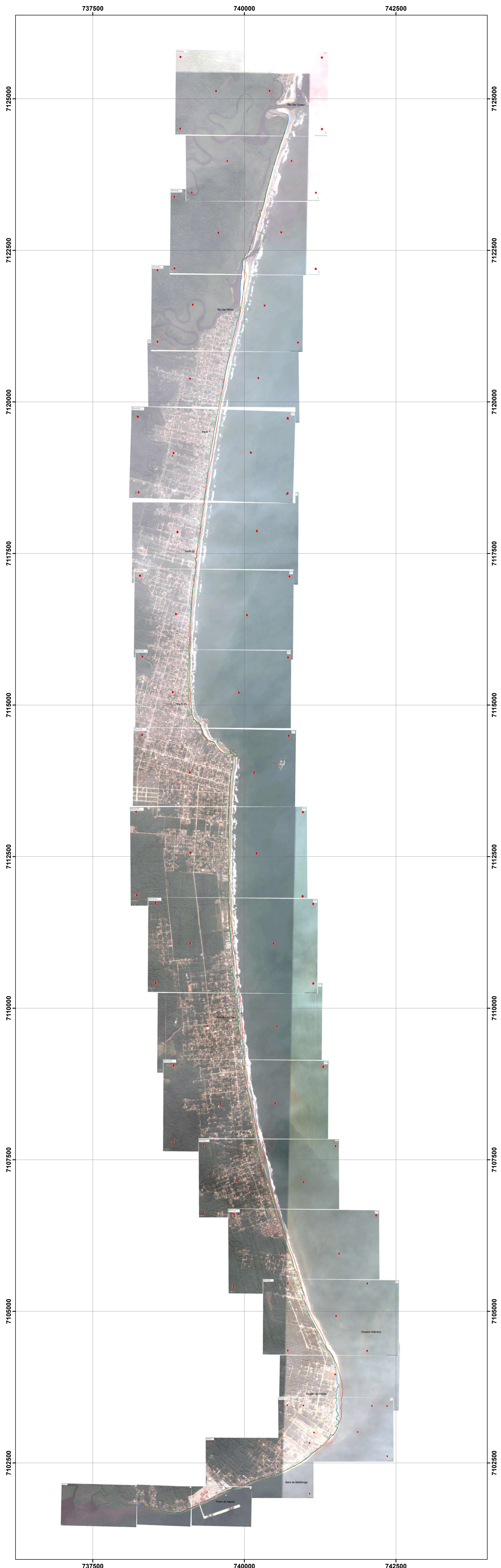
Trucollo, E.C. 1998. Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC. Dissertação de Mestrado, Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC. 100 p.

Vintem, G. Projeto Lógico da Sistemática de Monitoramento da Morfodinâmica da Linha de Costa. Brasil, 2004.

Wright, L.D.; Short, A.D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*. 56:93-118.

**ANEXO I:** Variação da linha de costa no Município de Itapoá-SC, dos anos de 2007, 2011 e 2016.

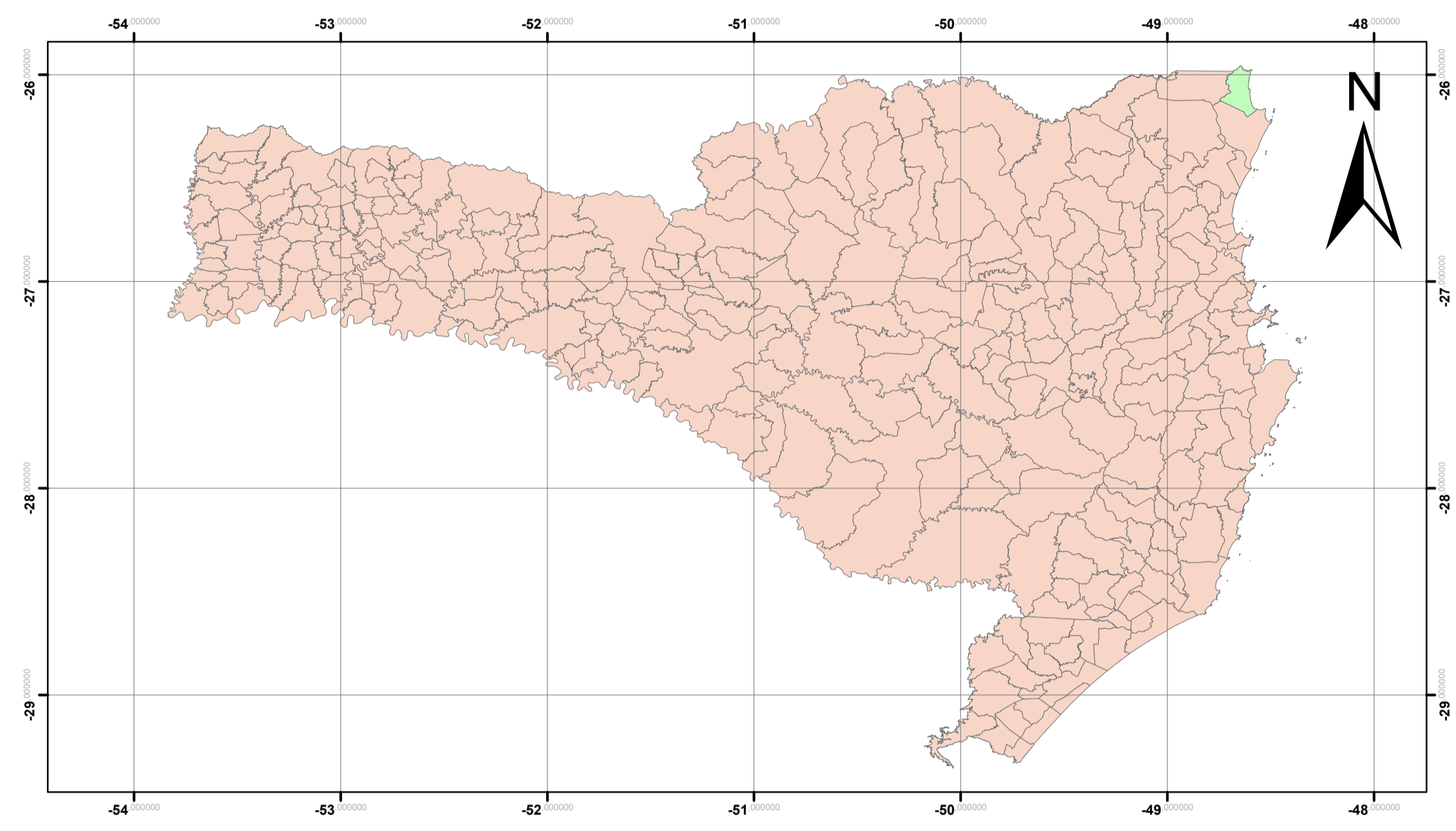
# VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC DOS ANOS DE 2007, 2011 E 2016



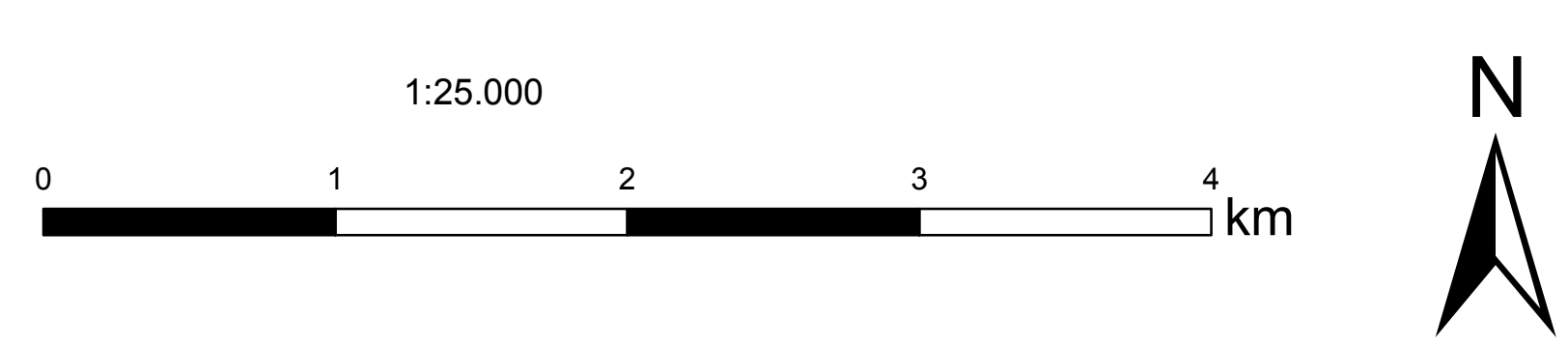
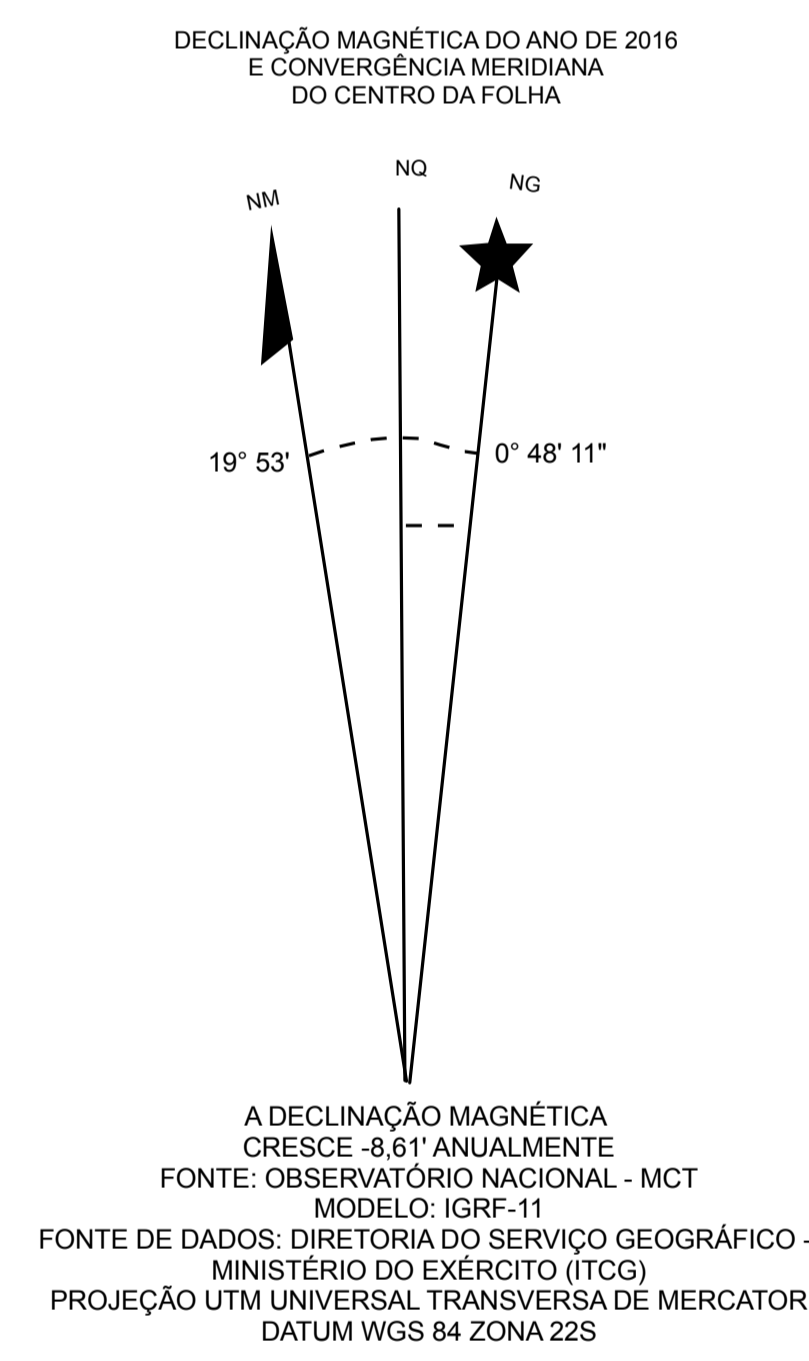
## Legenda

- linha de costa 2016
- linha de costa 2011
- linha de costa 2007

## Mapa de localização



Imagens landsat do Google Earth do dia 07 de abril de 2011, em resolução 3840x2160 (4K UHD)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ		
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA		
Disciplina: <b>TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - GC132</b>		
Localização: MAPA DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC, NOS ANOS DE 2007, 2011 E 2016		
Aluno Mateus Luiz Morasque Igeski	Professora Orientadora: MARIA CRISTINA DE SOUZA	Data: NOVEMBRO/2016 Escala: 1:25.000