



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
CURSO DE GEOGRAFIA BACHARELADO**



**ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NOS BALNEÁRIOS
MOSTARDENSE, MAR GROSSO, CASSINO E BARRA DO CHUÍ – RS A
PARTIR DE GEOTECNOLOGIAS**

Karine Bastos Leal

Orientador:

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira

Coorientador:

Prof. Dr. Jean Marcel de Almeida Espinoza

RIO GRANDE, RS
DEZEMBRO DE 2016

TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA NOS BALNEÁRIOS MOSTARDENSE, MAR GROSSO, CASSINO E BARRA DO CHUÍ – RS A PARTIR DE GEOTECNOLOGIAS

Por Karine Bastos Leal

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharela em
Geografia da Universidade Federal do Rio
Grande – FURG.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Miguel da Guia Albuquerque
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS - Campus Rio Grande)

Prof. Dr. João Luis Nicolodi
Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (IO - FURG)

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira (Orientador)
Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande (ICHI – FURG)

Prof. Dr. Jean Marcel de Almeida Espinoza (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS - Campus Rio Grande)

RIO GRANDE, RS
DEZEMBRO DE 2016

*“Nenhum vento ajuda a quem não sabe a que porto deverá chegar” (Michel Montaigne).
“Direcione sua embarcação para um porto ou divague pelas vagas do pensamento. Sua
atenção é sua bussola; seu interesse, seu motor.”
(Luis Antônio Bittar Venturi)*

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”
(Albert Einstein)*

*“Só se pode vencer a natureza obedecendo-lhe.”
(Francis Bacon)*

*“Evidentemente, para os que não têm consciência do significado das heranças paisagísticas e
ecológicas, os esforços dos cientistas que pretendem responsabilizar todos e cada um pela
boa conservação e pelo uso racional da paisagem e dos recursos da natureza somente podem
ser tomados como motivo de irritação, quando não de ameaça, a curto prazo, à
economicidade das forças de produção econômica.”
(Aziz Ab'Saber)*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer por poder agradecer. Muitos são os motivos pelos quais me orgulho e sou grata por finalizar esta etapa.

A Deus, sim, a Deus. Simplesmente por ser meu alicerce.

Ao meu orientador Ulisses Rocha de Oliveira, pelos conhecimentos compartilhados durante esse ano e pela dedicação ao longo dessa monografia.

Ao meu coorientador Jean Espinoza, por topar mais essa encrenca ao meu lado, por acreditar na minha capacidade e sempre me ajudar a dar mais um passo a frente (mesmo quando eu acho que não vai ser possível). Humildade é teu sobrenome!

À minha banca avaliadora. Ao Miguel Albuquerque, meu ex-orientador, amigo e grande incentivador. Te admiro muito! Ao João Nicolodi, por aceitar o convite e pelas excelentes aulas de sedimentologia e ambientes sedimentares, as quais fizeram grande diferença para a conclusão dessa monografia.

A todos os professores da geografia, em especial ao Éder Maier, Rossana Madruga e César Martins, vocês somaram muito na minha vida pessoal, tenho grande admiração por todos!

À Universidade Federal do Rio Grande, por ser uma “mãe” como muitos falam. Uma universidade e tanto!

Ao pavilhão 6, tão acolhedor quanto minha casa.

Ao CAGEO, com destaque às gestões de 2014 e 2015, das quais fiz parte.

Ao LACRIO - FURG, por me disponibilizar programas para a conclusão desse trabalho.

A todos do Laboratório de Geomorfologia que sempre me ajudaram. Em especial ao Fabrício e ao Guilherme, pelo incentivo e harmonia dos dias convividos.

Ao curso técnico em Geoprocessamento (IFRS – Campus Rio Grande) e a todos os professores que fizeram um excelente trabalho durante os dois anos de aprendizado. Os ensinamentos de vocês fizeram o diferencial para a conclusão dessa monografia.

Aos amigos geógrafos que fiz ao longo destes quatro anos.

À minha turma de 2013: Walnir, Anne, André, Christiano, Tainã, Guilherme e Erick, que seguem firme e forte na caminhada ao tão sonhado diploma.

À Tainã, novamente, pois para essa eu dedicaria um capítulo dessa monografia. A ela dedico esse estudo. Uma das pessoas que mais me incentivaram a chegar aqui. Não me deixou fraquejar. Minha amiga, eu te amo!

Ao William (Wlly ou Ule), por ser o melhor cara que eu conheci na vida. Que coração enorme tu tens!

Ao Erick e ao Guilherme, pelas inúmeras caronas ao longo desses quatro anos e pela amizade sincera que construímos.

Ao grupo “Geofamília”, minha família da geografia. Uma família e tanto! Ao Caio, Camila, Evelin, Nithielli, Guilherme, Erick, Tainã e Wlly. Entre tapas e beijos eles me fortaleceram, incentivaram e vão comemorar no fim, tenho certeza! Eu amo vocês!

Aos meus amigos que fiz ao longo da vida. Em especial, ao Luís Pinto, à Joseane Medeiros (Josy ou Anny), à Júlia Cousin, à Raissa Oliveira e à Gabriela Saad. Eu amo vocês!

Às famílias Bastos e Leal, que ajudaram na minha formação como pessoa. Tenho orgulho de carregar o sobrenome de vocês!

À minha tia Jussara e à minha prima Jaqueline, que nunca mediram esforços para estarem ao meu lado. Me incentivaram e incentivam muito. Fazem total diferença na caminhada da minha vida. Eu amo imensamente vocês!

À minha mãe Silva, ao meu pai Paulo Fernando e à minha irmã Helen. Em especial àquela que me deu a vida, me criou e acredita no meu sucesso. A ela sempre dedicarei qualquer feito da minha vida. São meus maiores amores!

Aos meus cachorros Dado, Dominó, Pirata, Preta e a todos os outros que cruzaram meu caminho. São as luzes que me trazem paz! Fontes da minha vida que me energizam todos os dias.

A todas as pessoas que chegaram e que passaram na minha vida durante esse ano, por somarem em todos os momentos.

A mim, por ter chegado até aqui e por saber que mesmo que a estrada seja longa, não me permitir parar jamais.

À vida, por ser bela e uma caixa de surpresa!

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| SUMÁRIO | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 10 |
| RESUMO | 12 |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 Objetivo Geral | 3 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 3 ÁREA DE ESTUDO | 4 |
| 3.1 Localização da área de estudo | 4 |
| 3.2 Geomorfologia regional | 5 |
| 3.3 Balneário Mostardense | 7 |
| 3.4 Balneário Mar Grosso | 8 |
| 3.5 Balneário Cassino | 8 |
| 3.6 Balneário da Barra do Chuí | 8 |
| 3.7 Processos costeiros | 9 |
| 4 METODOLOGIA | 10 |
| 4.1 Geotecnologias aplicadas ao estudo da variação da linha de costa | 10 |
| 4.1.1 Aquisição e pré-processamento dos dados | 13 |
| 4.1.2 Análise dos dados meteorológicos | 14 |
| 4.1.3 Aplicação do método do polígono de mudança | 15 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 17 |
| 5.1 Balneário Mostardense | 17 |
| 5.1.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens | 17 |
| 5.1.2 Variação da linha de costa | 20 |
| 5.2 Balneário Mar Grosso | 22 |
| 5.2.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens | 22 |
| 5.2.2 Variação da linha de Costa | 29 |
| 5.3 Balneário Cassino | 35 |
| 5.3.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens | 35 |
| 5.3.2 Variação da linha de Costa | 41 |
| 5.4 Balneário da Barra do Chuí | 46 |
| 5.4.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens | 46 |
| 5.4.2 Variação da linha de costa | 52 |
| 5.5 Comportamento síntese da variação da linha de costa | 57 |

| | | |
|---|----------------------------|----|
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 63 |
| | REFERÊNCIAS | 64 |
| | ANEXOS..... | 69 |
| | APÊNDICE | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Karine Bastos Leal. | 4 |
| Figura 2: Variação da Barreira Holocênica na costa oceânica do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Dillenburg <i>et al.</i> , 2005. | 6 |
| Figura 3: Variação da largura da plataforma continental, isóbata de 50m, na costa oceânica do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Dillenburg <i>et al.</i> , 2005. | 7 |
| Figura 4: Indicadores de linha de costa comumente usados. Fonte: Adaptado de Boak & Turner, 2005. | 11 |
| Figura 5: Indicadores de linha de costa visivelmente perceptíveis. Praia de Duranbah, Nova Gales do Sul, Austrália. Fonte: Proposto e adaptado de Boak e Turner, 2005..... | 12 |
| Figura 6: Fluxograma da metodologia. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 13 |
| Figura 7: Mosaico de 13/08/2005 da orla urbanizada do Balneário Mostardense. | 17 |
| Figura 8: Mosaico de 07/12/2014 da orla urbanizada do Balneário Mostardense. | 19 |
| Figura 9: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2005 e 2014 para o Balneário Mostardense. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2005 e 2014 para o Balneário Mostardense. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 21 |
| Figura 10: Mosaico de 16/08/2006 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso..... | 22 |
| Figura 11: Mosaico de 30/08/2009 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso..... | 24 |
| Figura 12: Mosaico de 08/04/2012 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso..... | 25 |
| Figura 13: Mosaico de 28/05/2014 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso..... | 27 |
| Figura 14: Mosaico de 18/06/2015 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso..... | 28 |
| Figura 15: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 31 |
| Figura 16: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 32 |
| Figura 17: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2012 e 2014 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2012 e 2014 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 33 |
| Figura 18: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2014 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2014 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal. | 34 |
| Figura 19: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal. | 35 |
| Figura 20: Mosaico de 27/02/2006 da orla urbanizada do Balneário Cassino. | 36 |
| Figura 21: Mosaico de 30/08/2009 da orla urbanizada do Balneário Cassino. | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 22: Mosaico de 08/04/2012 da orla urbanizada do Balneário Cassino. | 39 |
| Figura 23: Mosaico de 18/06/2015 da orla urbanizada do Balneário Cassino. | 40 |
| Figura 24: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal. | 43 |
| Figura 25: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal. | 44 |
| Figura 26: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2012 e 2015 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2012 e 2015 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal. | 45 |
| Figura 27: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal. | 46 |
| Figura 28: Mosaico de 09/04/2003 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. | 47 |
| Figura 29: Mosaico de 18/07/2005 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. | 48 |
| Figura 30: Mosaico de 07/10/2009 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. | 50 |
| Figura 31: Mosaico de 14/10/2013 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. | 51 |
| Figura 32: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2003 e 2005 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2003 e 2005 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 54 |
| Figura 33: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2005 e 2009 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2005 e 2009 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 55 |
| Figura 34: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2009 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 56 |
| Figura 35: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2003 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2003 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal..... | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 6/8/2005 e 13/08/2005 para o Balneário Mostardense. | 18 |
| Tabela 2: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 30/11/2014 e 7/12/2014 para o Balneário Mostardense. . | 19 |
| Tabela 3: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Mostardense no período de 2005 - 2014. | 20 |
| Tabela 4: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 9/8/2006 e 16/8/2006 para o Balneário Mar Grosso. | 22 |
| Tabela 5: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 23/08/2009 e 30/8/2009 para o Balneário Mar Grosso. .. | 24 |
| Tabela 6: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 1/4/2012 e 8/4/2012 para o Balneário Mar Grosso. | 26 |

| | |
|---|----|
| Tabela 7: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 21/5/2014 e 28/5/2014 para o Balneário Mar Grosso. | 27 |
| Tabela 8: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/6/2015 e 18/6/2015 para o Balneário Mar Grosso. | 29 |
| Tabela 9: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Mar Grosso no período de 2006 - 2015..... | 30 |
| Tabela 10: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível mar e precipitação entre os dias 20/2/2006 e 27/2/2006 para o Balneário Cassino..... | 36 |
| Tabela 11: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 23/8/2009 e 30/8/2009 para o Balneário Cassino..... | 38 |
| Tabela 12: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 1/4/2012 e 8/4/2012 para o Balneário Cassino..... | 39 |
| Tabela 13: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/6/2015 e 18/6/2015 para o Balneário Cassino..... | 41 |
| Tabela 14: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Cassino no período de 2006 - 2015. | 42 |
| Tabela 15: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 2/4/2003 e 9/4/2003 para o Balneário da Barra do Chuí. | 47 |
| Tabela 16: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/7/2005 e 18/7/2005 para o Balneário da Barra do Chuí. | 49 |
| Tabela 17: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre 30/9/2009 e 7/10/2009 para o Balneário da Barra do Chuí. | 50 |
| Tabela 18: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 07/10/2013 e 14/10/2013 para o Balneário da Barra do Chuí. | 52 |
| Tabela 19: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para a Barra do Chuí no período de 2003-2013. | 53 |
| Tabela 20: Síntese do deslocamento médio para as linhas de preamar e limite superior de praia para os Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí. | 58 |

RESUMO

As praias oceânicas arenosas são extremamente vulneráveis tanto aos fatores morfodinâmicos naturais quanto às ações antrópicas. Assim, tem-se que o estudo das mesmas é fundamental para o planejamento e gerenciamento costeiro. O presente trabalho tem como objetivo quantificar e caracterizar, a partir de uma série temporal de imagens orbitais (2003 a 2015), a variação da linha de costa, por meio de linhas de controle, a fim de estimar se os Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS estão em processo de erosão, acreção ou estabilidade. A metodologia foi empregada a partir de uma base cartográfica, técnicas de geoprocessamento e análises de dados meteorológicos para o período datado. A variação da linha de costa foi realizada a partir do modelo do polígono de mudança. Para dar confiabilidade aos resultados foi analisado o índice MEI, que identifica períodos de *El Niño* e *La Niña*, para o ano anterior a cada cena, e dados de intensidade e direção do vento e pressão atmosférica ao nível do mar para a semana anterior a cada cena. As etapas metodológicas foram realizadas junto aos *softwares ArcGis 10.3.1*®, *ERDAS Imagine 2013*®. Para o Balneário Mostardense, entre os anos de 2005 e 2014, se obteve taxas erosivas ao longo da linha de costa, tanto para a linha de preamar marinha como para a linha do limite superior de praia. O Balneário Mar Grosso, entre os anos de 2006 e 2015, apresentou variações ao longo dos anos, retratando pequeno desenvolvimento dunar, sendo as maiores taxas acrescivas associadas ao plano de manejo de dunas realizado. O Balneário Cassino, entre os anos de 2006 e 2015, apresentou taxas acrescivas bastante significativas, associadas ao alto aporte sedimentar para o local no período analisado. O Balneário da Barra do Chuí, entre os anos de 2003 e 2013, apresentou taxas erosivas e acrescivas, tendo, este último, maiores valores. Variabilidade nos resultados deste local podem estar associadas as cenas analisadas, dificuldade de vetorização e/ou influência dos molhes da Barra e demais drenagens. Porém segundo evidências no campo, constata-se que esse local está sofrendo processo erosivo. Os resultados mostram variação tanto entre as localidades analisadas quanto entre o limite superior da praia e a preamar na mesma cena analisada. O limite superior está mais relacionado à característica da barreira e eventos extremos, que por vezes erodem as dunas frontais, enquanto a linha de preamar está mais relacionada às características meteorológicas e oceanográficas do período anterior e mesmo do dia da captação da imagem.

Palavras-chave: Linha de costa, erosão, acreção, polígono de mudança.

1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras são áreas de reconhecida vulnerabilidade ambiental, quando se levam em consideração a alta dinâmica natural e os processos que a influenciam diretamente, como, por exemplo, a ação antrópica. Grande parte da população mundial reside em regiões costeiras, de forma que mais de 50% da população vive a menos de 60 km do litoral (DIAS *et al.*, 2009). O crescimento da urbanização na zona costeira é uma força de efeito reconhecido sobre a dinâmica sedimentar, podendo alterar processos de erosão e acreção e também interferir na fauna e flora dos ecossistemas costeiros.

Na zona costeira, as praias são os ambientes que mais sofrem mudanças nos seus aspectos morfossedimentares (KING, 1972). Quando o substrato é arenoso, a ação de processos costeiros se faz sentir de forma mais acentuada e potencialmente mais crítica, à medida que efeitos erosivos e/ou deposicionais alteram sensivelmente sua configuração e posição (MUEHE, 2004). O balanço sedimentar das praias determina as perdas e ganhos da praia. Quando o balanço for negativo, ou seja, quando houver mais perda do que ganho de sedimentos, a praia é determinada em estado de erosão, logo, quando o balanço for positivo, está em acreção (SOUZA *et al.*, 2005). As correntes, a maré, as ondas, a deriva litorânea e os ventos são fatores cruciais no desenvolvimento da morfologia das praias. Em praias que sofrem influência de estuários e rios, pode-se observar uma massa de água flutuante com densidade inferior a das águas costeiras, chamada de pluma de rio. A interação da água doce com os processos costeiros e o aporte de materiais sustentam padrões de transporte ou deposição de materiais na costa (MARQUES *et al.*, 2005).

Dolan *et al.* (1980) caracteriza a linha de costa como sendo a representação das bordas de um corpo d'água. A posição da linha de costa é resultado de interações morfodinâmicas, controlada basicamente pelas características das ondulações geradas pelos sistemas meteorológicos e pelo balanço hídrico e sedimentar resultante entre o aporte continental e marinho (BARBOZA *et al.*, 2009). As variações do nível relativo do mar, a dispersão de sedimentos e as tempestades também estão entre os fatores que influenciam naturalmente a dinâmica costeira (ABSALONSEN & TOLDO JR., 2007).

Os processos dinâmicos podem promover o deslocamento da linha de costa mar adentro, em direção ao continente, ou permanecer em equilíbrio. Quando a linha de costa avança em direção ao continente (transgressão marinha – retrogradação da barreira), predominantemente a mesma está sofrendo erosão (BARBOZA *et al.*, 2009). Logo, quando a linha de costa avança

em direção ao mar (regressão marinha – progradação da barreira), a mesma sofre acresção. A variação da linha de costa pode causar modificações nas feições geológicas e geomorfológicas do ecossistema local. Quando se trata de erosão, essas implicam em modificações atribuídas à falta de suprimento sedimentar, em virtude da escassez da fonte natural de sedimentos, ou por retenção dos mesmos nos rios, intensificando a instabilidade da linha de costa (LEAL & PERES, 2012).

Devido à grande dinâmica desses ambientes, o estudo da variação de linha de costa apresenta-se de forma sistêmica e complexa. Mazzer & Dillenburg (2009) afirmam que, o mapeamento sistemático da linha de costa representa ferramenta para a geração de informações fundamentais para o planejamento e gerenciamento costeiro. Sendo assim, tem-se como justificativa a importância e vulnerabilidade das zonas costeiras, sobretudo frente a crescente urbanização junto à linha de costa e mudanças climáticas vigentes. Pretende-se, com esse trabalho, corroborar na análise dos processos que envolvem as linhas de costas quanto às variações ocorridas durante uma série temporal de dados, visando estimar taxas de erosão ou de acresção para trechos de orla urbanizada do litoral médio e sul do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho faz parte do projeto intitulado “Variação espaço-temporal do sistema duna praia junto à orla urbana dos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí”, aprovado no edital universal – CNPQ em 2014 (processo 446963/2014-3). A partir disso, foi construída essa monografia com suporte de bolsa e infraestrutura, tendo importante participação do IFRS – Campus Rio Grande para seu desenvolvimento. De acordo com o objetivo a ser seguido, o Balneário Hermenegildo não foi estudado, justamente por não apresentar cordão de dunas frontais na parte urbanizada de sua costa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Quantificar e caracterizar, a partir de séries temporais de imagens entre 2003 e 2015, a variação da linha de costa nas orlas urbanizadas dos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí - RS, por meio de geotecnologias.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar taxas de erosão e acresção de praia em planta para os recortes analisados utilizando o método do polígono de mudança;
- Caracterizar dados meteorológicos do período anterior e no dia da captação das imagens, visando dar suporte aos resultados;
- Caracterizar as possíveis condicionantes das variações encontradas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo estende-se pelo litoral médio e sul do Rio Grande do Sul. Contempla os Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí (Figura 1). Foi delimitada para a análise apenas a extensão da área urbanizada com presença de dunas frontais de cada balneário.

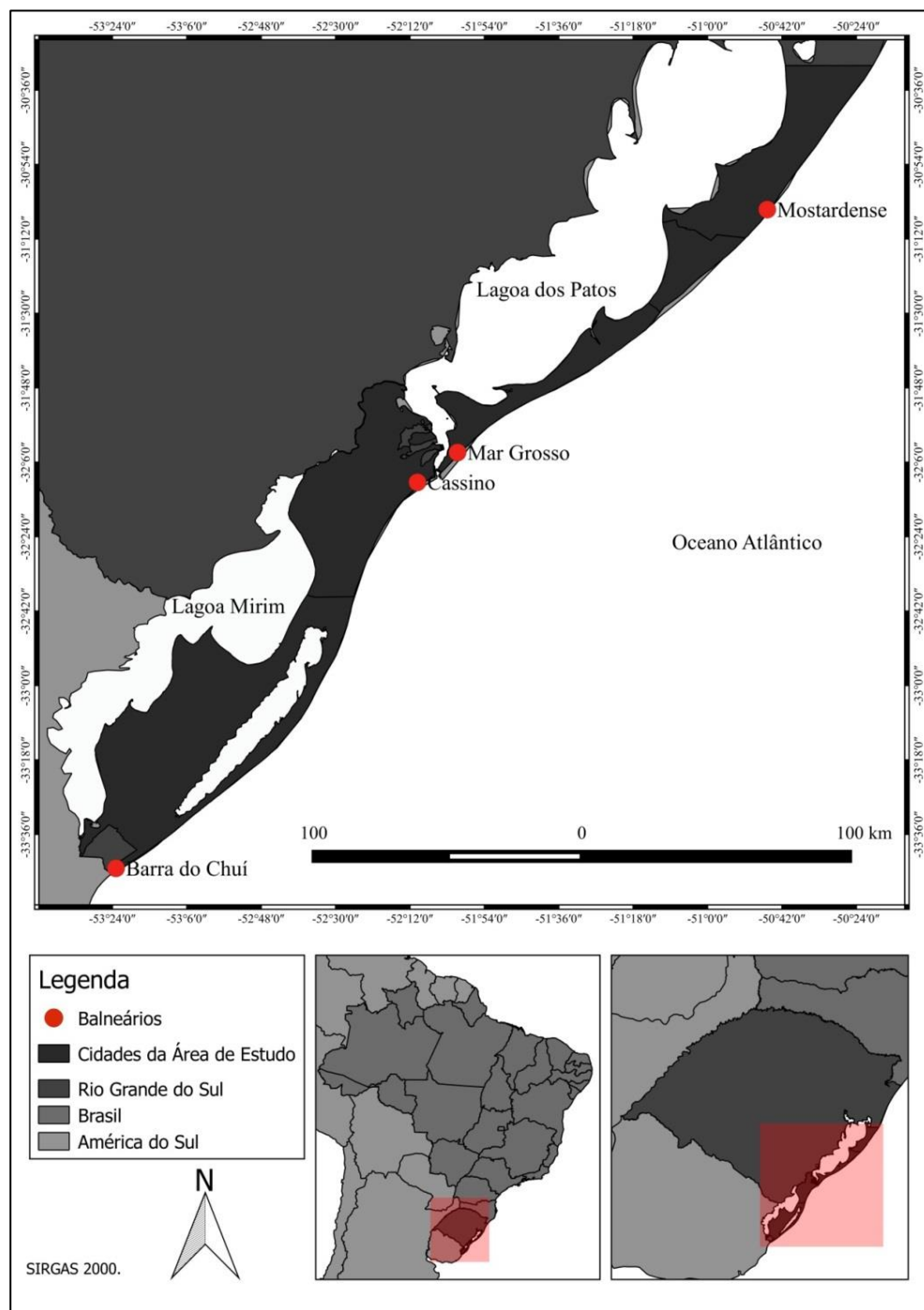


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Karine Bastos Leal.

3.2 Geomorfologia regional

A atual linha de costa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) estende-se por uma distância de cerca de 620 km, desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul (TOMAZELLI & VILLWOK, 2000). A porção superficial desta sequência sedimentar está exposta por uma ampla área de terras baixas (33.000 km²) em sua maior parte ocupada por um enorme sistema de lagoas costeiras (VILLWOK & TOMAZELLI, 2007). Em alguns setores, a PCRS chega a 100 km de largura, se constituindo na maior planície costeira do Brasil. Com isso, ela foi capaz de preservar o registro geológico e geomorfológico do Cenozoico¹, em especial, do Quaternário² (TOMAZELLI & VILLWOK, 2000).

A PCRS cresceu durante o Quaternário por meio de dois fatores, pelos depósitos de leques aluviais na sua parte mais interna, próximo à área fonte e pelas transgressões e regressões do mar, as quais, retrabalhando sedimentos disponíveis, formaram um complexo sistema deposicional do tipo Laguna-Barreira³. As diversas gerações de barreiras foram responsáveis pelo isolamento de grandes corpos lagunares, dentre os quais se destacam a Lagoa dos Patos, Lagoa Mirim e Lagoa Mangueira (VILLWOK & TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI & VILLWOK, 2000; TOMAZELLI *et al.*, 2007). A formação dessas está relacionada a diversos fatores como variação do nível relativo do mar, aporte sedimentar, ondas e correntes litorâneas.

Ao longo da linha de costa encontram-se praias suavemente embaiadas (reentrâncias) em barreiras com tendência progradante e praias com projeções (saliências) em barreiras com tendência retrogradante, sobretudo na porção sul das saliências (Dillenburg *et al.*, 2005b). De acordo com a Figura 2 o Balneário Mostardense encontra-se na porção central de uma saliência da barreira IV, marcada por uma barreira ascendente e/ou transgressiva; Mar Grosso e Cassino estão em uma área mais embaiada da costa, onde a barreira é caracterizada por cordões litorâneos (*beach ridges* ou *dune ridges*), característicos de uma barreira progradante (regressiva); enquanto que a Barra do Chuí localiza-se ao sul de uma projeção costeira, na desembocadura da bacia do Arroio Chuí, trecho onde a barreira IV comporta-se como retrogradante (transgressiva) (DILLENBURG, 2005a)

Utilizando o mapeamento de Dillenburg *et al.* (2005b) pode-se inferir que apenas o Balneário da Barra do Chuí está assentado sobre a Barreira III (de idade Pleistocênica), mesmo que também esteja situado próximo da linha de costa atual. Os demais estão urbanizados sobre a mais atual chamada de Barreira IV (de idade Holocênica).

¹ Uma descrição sobre a Era Cenozóica pode ser encontrada no livro Tempo Geológico de Eicher (1969).

² Uma descrição sobre o Período do Quaternário pode ser encontrada no livro Tempo Geológico de Eicher (1969).

³ Uma descrição sobre o sistema Laguna-Barreira pode ser encontrada em Villwock & Tomazelli (2007).

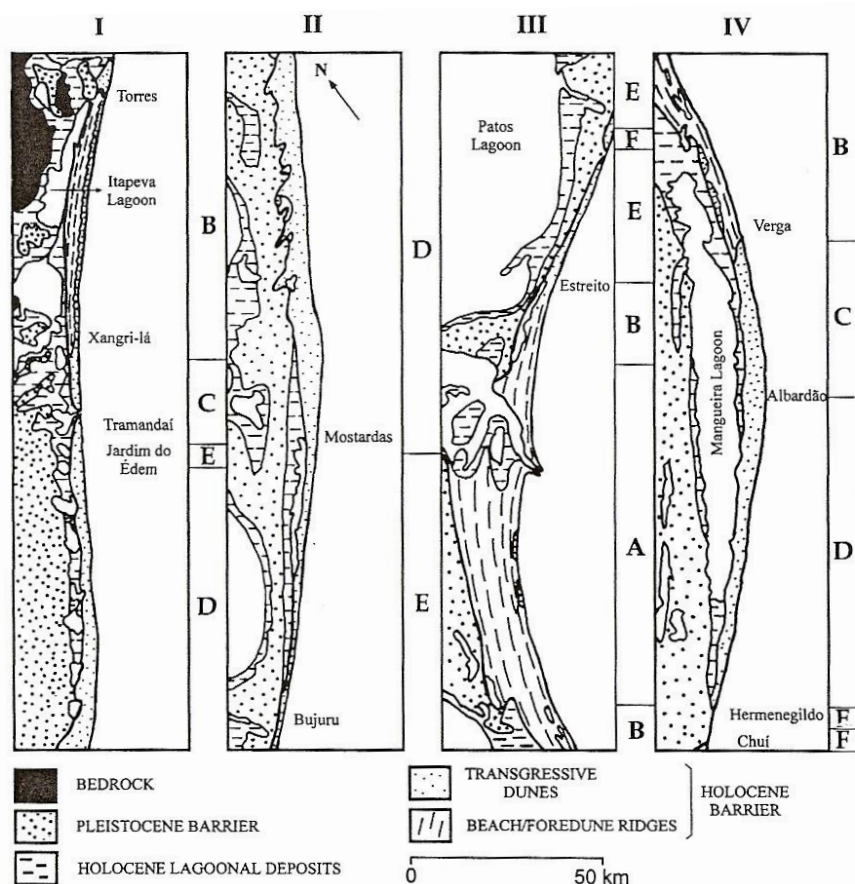


Figura 2: Variação da Barreira Holocênica na costa oceânica do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Dillenburg *et al.*, 2005.

Zonas de barreiras retrogradantes têm maior declividade na plataforma continental, com formação de bancos bem próximos à costa, fazendo com que a onda chegue à praia com maior energia. Na região do Balneário Mostardense (Figura 3) a plataforma tem em média 12° de declividade enquanto que nos Balneários Cassino e Mar Grosso têm menor declividade na plataforma continental, cerca de $0,03^\circ$. Com isso, a onda encontra o fundo cerca de 50 a 60 km da costa, logo chega com menor energia na praia. Pequenas diferenças na declividade podem mudar o caráter progradante/retrogradante, transgressivo/regressivo, erosivo/acrescivo do local (DILLENBURG, 2005b). Outro aspecto é a orientação da linha de costa (NE/SW). Locais como Bujurú e Barra do Chuí apresentam-se mais expostos às grandes ondas e marés que avançam de sul para norte.

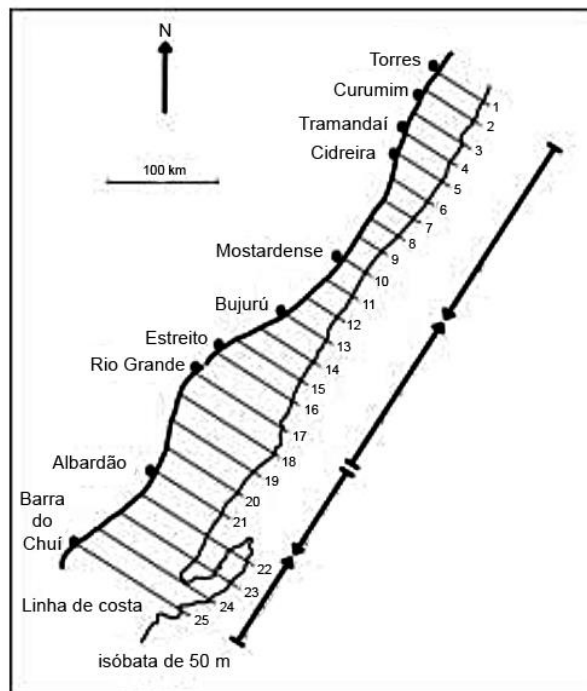


Figura 3: Variação da largura da plataforma continental, isóbata de 50m, na costa oceânica do Rio Grande do Sul. Mapa adaptado de Dillenburg *et al.*, 2005.

De acordo com Wright & Short (1984) as praias arenosas oceânicas de micromaré podem apresentar distintos estágios morfodinâmicos, desde praias refletivas até praias dissipativas. A primeira é caracterizada por ter alto grau de declividade e zona de arrebentação estreita, onde grande parte da energia de onda é refletida. As praias dissipativas tem baixa declividade, ampla zona de arrebentação, uma ou mais barras onde as ondas dissipam a maior parte da energia antes de atingir o estirâncio. São classificados, também, por esses autores quatro estágios de praias intermediárias (praia com terraço de baixa mar, praia com bancos transversais, praia com bancos rítmicos e praias com banco e cava longitudinal). Pela dinâmica que influencia a PCRS, as praias estudadas podem apresentar distintos estágios, mas tendem predominar praias dissipativas e praias intermediárias, com bancos e cavas longitudinais. Considerando, ainda assim, a quantidade de areias finas disponíveis, a própria inclinação do relevo e as altas taxas de deriva litorânea (PEREIRA, 2005).

3.3 Balneário Mostardense

O Balneário Mostardense, o mais ao norte da área de estudo (Figura 1), encontra-se no município de Mostardas - RS, ao sul do Balneário de São Simão e ao norte do Farol de Mostardas. Dillenburg *et al.* (2005a) afirmam que o balneário encontra-se em um trecho da Barreira IV (Holocênica) marcada pela retrogradação e transgressão eólica. Absalonsen (2006)

discute que os sedimentos da praia são de granulometria fina e quartzosa de alta maturidade, o que favorece um comportamento morfodinâmico de praia intermediária a dissipativa. Devido à declividade da plataforma continental e orientação da linha de costa, a praia sofre maior incidência de onda em relação aos Balneários Mar Grosso e Cassino (DILLENBURG, 2005B; BARLETTA & CALLIARI, 2000). As dunas frontais são bem desenvolvidas, porém pode-se encontra-las erodidas em épocas de grandes e intensas tempestades.

3.4 Balneário Mar Grosso

O Balneário da praia do Mar Grosso está situado no município de São José do Norte – RS, cerca de 10 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1). Esta área localiza-se em um segmento progradante da Barreira IV (DILLENBURG *et al.*, 2005a). Segundo Oliveira & Calliari (2006) a praia é constituída de areias praias e eólicas basicamente quartzosas e com alto grau de maturidade, com predomínio de areias finas. De acordo com a classificação de Wright & Short (1984), a praia apresenta estágio morfodinâmico dissipativo. O balneário apresenta dunas frontais as quais passaram por processo de regeneração, estando atualmente bem preservadas.

3.5 Balneário Cassino

O Balneário Cassino está situado no município do Rio Grande – RS, cerca de 5 km ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1). Está localizado sobre um trecho progradante da Barreira IV (DILLENBURG, 2005a). A praia do Cassino é a que apresenta a maior heterogeneidade sob o ponto de vista morfodinâmico. Isso reflete a influência do molhe oeste da desembocadura nas alterações do comportamento praias, além da influencia na granulometria dos sedimentos finos provindos da Laguna dos Patos, sendo a areia dessa praia a mais fina de toda a costa (LÉLIS, 2003). Essa sedimentação fina favorece a baixa declividade e uma tendência de praia dissipativa (CALLIARI & KLEIN, 1993; ABSALONSEN & SARAIVA 2003). As dunas frontais são bem desenvolvidas e preservadas, dado o alto aporte sedimentar e ações de manejo realizadas.

3.6 Balneário da Barra do Chuí

O Balneário da Barra do Chuí, o mais ao sul da área de estudo (Figura 1), está localizado no município de Santa Vitória do Palmar – RS, estando limitado a sul pela desembocadura do Arroio Chuí, ponto meridional do Brasil, fronteira com o Uruguai. Situa-se em um trecho retrogradante da Barreira IV que está acoplada a depósitos Pleitocênicos da Barreira III.

Segundo Caron (2014), a praia apresenta granulometria fina de sedimentos bem a muito bem selecionados, sendo as dunas bastante vegetadas. De acordo com a classificação de Wright & Short (1984), Calliari & Klein (1993) e Absalonsen & Saraiva (2003) descreveram a praia em estágio morfodinâmico intermediário. As dunas frontais ocorrem em toda área, sendo fragmentadas por redes de drenagens e em alguns pontos acopladas a Barreira Pleistocênica.

3.7 Processos costeiros

O transporte, a deposição e a erosão de sedimentos são dominados pela dinâmica de praia (VILLWOCK *et al.*, 1996), derivadas da ação de ventos, ondas, correntes e marés. Os ventos na PCRS estão relacionados com dois anticiclones, o semifixo do Atlântico Sul e o polar. A alternância entre esses dois anticiclones faz com que predomine vento de NE nos meses de setembro a fevereiro (primavera e verão) e ventos e SW de abril a agosto (outono e inverno) (CALLIARI & KLEIN, 1993; VILWOCK *et al.*, 1996). A direção de incidência das ondas indica um transporte litorâneo considerável em ambos os sentidos da costa de SW para NE e NE para SW, porém com predominância final de SW para NE (CALLIARI & KLEIN, 1993).

A amplitude média da maré astronômica situa-se em torno de 0,5 m, assim, pode-se afirmar que as costas sofrem ação de micro-maré (VILLWOCK *et al.*, 1996). O regime de marés astronômicas é praticamente insignificante para essa área de estudo, tendo os fatores meteorológicos (ventos e pressão atmosférica (entrada de frente fria)) como os principais condicionantes das variações do nível d'água, chamados de maré meteorológica (CALLIARI & KLEIN, 1993; LÉLIS, 2003). Os balneários estudados sofrem influência de maré meteorológica positiva, principalmente nos meses de outono e inverno, que podem fazer o nível de maré ultrapassar 1 metro em relação à maré astronômica prevista (OLIVEIRA & CALLIARI, 2006). A maior sobre-elevação no nível do mar está associada aos ventos de SW, uma vez que a ação desses ventos associados com a orientação NE/SW da linha de costa empilha maior quantidade de água na costa (CALLIARI & KLEIN, 1993).

4 METODOLOGIA

4.1 Geotecnologias aplicadas ao estudo da variação da linha de costa

A determinação do posicionamento da linha de costa e sua variabilidade podem ser feitas por várias técnicas, sendo que a escolha do método depende da disponibilidade de dados, da logística e das escalas espacial e temporal que se pretende analisar (LÉLIS, 2003). Para as quantificações das variações históricas da linha de costa, são mais comumente utilizadas as fotografias aéreas e as imagens de satélites (ALBUQUERQUE, 2013).

Dentre as inúmeras técnicas de geoprocessamento voltadas à análise das taxas de variação da linha de costa, dois métodos se destacam: o DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*); e o Polígono de Mudança (*Change Polygon*). O método DSAS normalmente é aplicado para áreas homogêneas, onde as alterações da linha de costa são lineares, considerando taxas de variações iguais para grandes extensões da costa, medindo apenas variação em pontos determinados (ortogonais à linha base), não trazendo respostas de área. Já o método do Polígono de Mudança tem uma melhor resposta em áreas não homogêneas, por considerar as áreas ao invés de valores pontuais para determinar as taxas de variação da linha de costa (LEAL & PERES, 2012).

A definição da linha de costa deve considerar, também, a extensão ao longo da costa (*alongshore*). Muitos trabalhos utilizam métodos de monitoramentos pontuais ou transectos, os quais podem causar incertezas nos resultados das amostras (BOAK & TURNER, 2005). De acordo com a Figura 4, proposta por Boak & Turner (2005), devido à grande dinâmica da linha de costa, torna-se necessário classificar indicadores que determinam as linhas perceptíveis na costa, ou seja, as que podem ser vistas fisicamente.

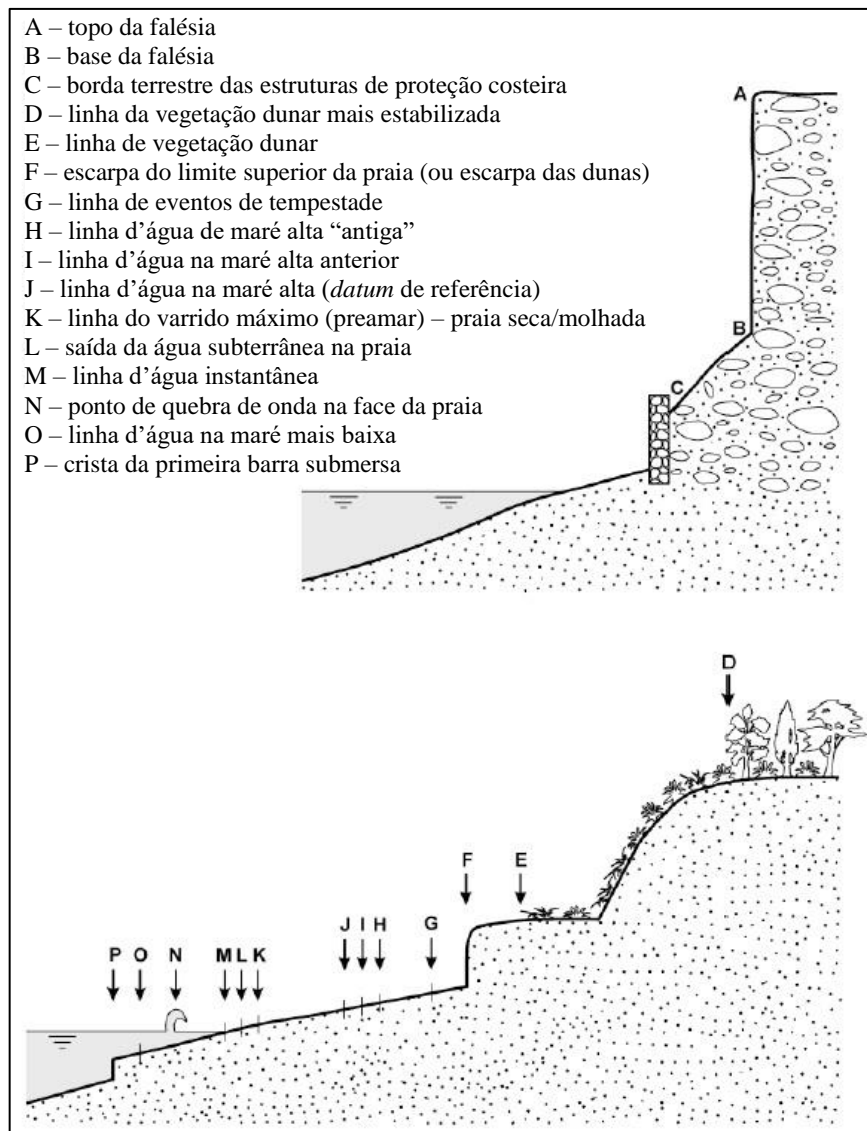


Figura 4: Indicadores de linha de costa comumente usados. Fonte: Adaptado de Boak & Turner, 2005.

A partir da Figura 4 foram consideradas para este estudo a linha de preamar marinha⁴ representada pela letra K (linha do varrido máximo (preamar) – praia seca/molhada) e a linha do limite superior de praia⁵ representada pela letra F (escarpa do limite superior da praia ou escarpa das dunas). A Figura 5 exemplifica algumas linhas de controle destacadas por Boak & Turner (2005) na praia de Duranbah em Nova Gales do Sul na Austrália.

⁴ Nome adaptado pela autora.

⁵ Nome adaptado pela autora.



Figura 5: Indicadores de linha de costa visivelmente perceptíveis. Praia de Duranbah, Nova Gales do Sul, Austrália. Fonte: Proposto e adaptado de Boak e Turner, 2005.

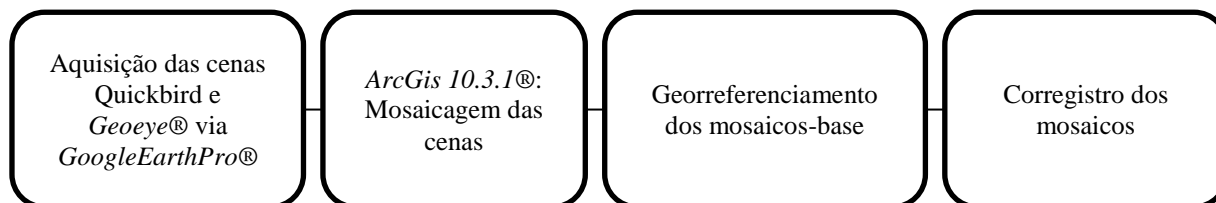
Stockdon *et al.* (2002) afirmam que identificar a interface entre terra e água envolve inúmeros pressupostos. Todas as estimativas possuem um erro associado à técnica de mapeamento utilizada e aos pressupostos adotados para definir a linha de costa. As zonas costeiras estão permanentemente se adaptando às mudanças oceanográficas, meteorológicas e mudanças no balanço sedimentar buscando manter equilíbrio dinâmico (ALBUQUERQUE, 2013). A posição da linha de costa e a sua confiabilidade como medida para estimar tendências de longo tempo depende da variabilidade do indicador escolhido frente às condições dinâmicas naturais e antrópicas (ESTEVES, 2002).

A aplicação de distintos métodos de análise da variação ao longo da linha de costa do Rio Grande do Sul é evidenciada em diversos trabalhos como de Calliari & Klein, 1993; Tomazelli *et al.*, 1998; Toldo *et al.*, 1999; Esteves *et al.*, 2001; Lélis, 2003; Toldo Jr. & Almeida, 2003; Oliveira, 2005; Calliari *et al.*, 2006; Barboza *et al.*, 2009 e Albuquerque, 2013.

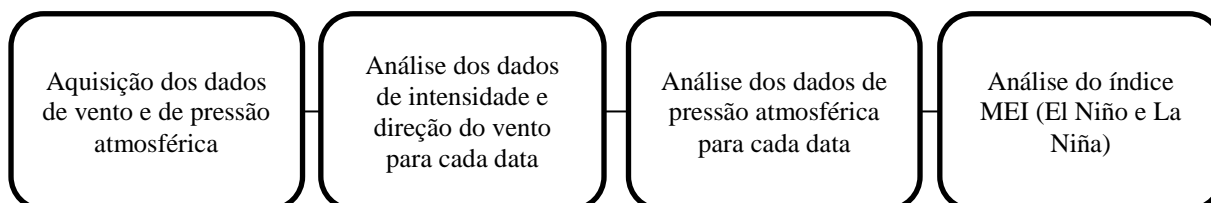
Como forma de realizar a presente pesquisa, foi seguida a metodologia proposta por Smith & Cromley (2012), utilizada por Albuquerque *et al.* (2013) e Anfuso *et al.* (2016) conhecida como Polígono de Mudança (*The Change Polygon Method*). Tendo esses resultados discutidos a partir de uma revisão bibliográfica das áreas analisadas, dados meteorológicos locais e dados de ocorrência de *El Niño* e *La Niña* (Índice MEI), utilizados como forma de ampliação do entendimento dos processos morfodinâmicos envolvidos.

Como materiais utilizados têm-se as imagens oriundas de sensores orbitais, os *softwares* ERDAS IMAGE® e ARCGIS 10.3.1® e dados meteorológicos (i.e., vento, pressão atmosférica e Índice MEI). Os Procedimentos metodológicos seguidos estão sintetizados na Figura 6.

- Primeira etapa: Aquisição e pré-processamento dos dados:



- Segunda etapa: Análise dos dados meteorológicos:



- Terceira etapa: Aplicação do método polígono de mudança (Smith & Cromley, 2012):

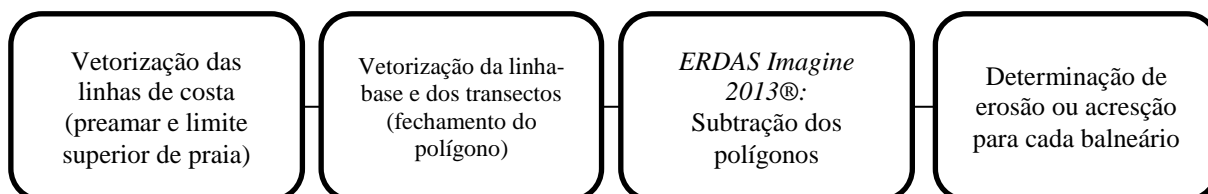


Figura 6: Fluxograma da metodologia. Fonte: Karine Bastos Leal.

A metodologia empregada seguiu três etapas, sendo a primeira etapa o pré-processamento dos dados, a segunda etapa a análise dos dados meteorológicos e a terceira etapa a aplicação do método polígono de mudança. Cada uma dessas etapas será detalhada na sequência.

4.1.1 Aquisição e pré-processamento dos dados

Como etapa inicial foi realizada a aquisição das imagens orbitais através do *software GoogleEarthPro*. Quanto à resolução espacial, utilizou-se uma escala que mantivesse a alta resolução e estivesse de acordo com a disponibilidade do acervo utilizado, optando-se por uma escala de 1:5000.

Para cada balneário foram coletadas cenas de uma série temporal, de acordo com a disponibilidade do banco de dados *online* do *software*. Para o Balneário Mostardense são cenas das datas de 13/08/2005 e 07/12/2014, para o Mar Grosso são de 16/08/2006, 30/08/2009, 08/04/2012, 28/05/2014 e 18/06/2015, para o Cassino são de 27/02/2006, 30/08/2009, 8/04/2012, e 18/06/2015 e para a Barra do Chuí são de 09/04/2003, 18/07/2005, 7/10/2009 e

14/10/2013. Preferencialmente as cenas adquiridas obedeceram às estações de outono e inverno, quando as zonas costeiras estão mais suscetíveis a eventos de alta energia. Apenas três foram da primavera e uma do verão.

Através do *software ArcGis 10.3.1*® foi realizada a etapa de mosaicagem, a fim de se obter a cobertura total da área de estudo. Nesse processo, um conjunto de cenas de uma mesma data foi unido, a fim de obter uma imagem com abrangência de toda a área a ser analisada, gerando assim um mosaico para a referida data. Os recortes espaciais de cada um dos balneários apresentam dimensões distintas, dado o tamanho da área urbanizada. No Balneário Mostardense a área delimitada (trecho de linha de costa) foi de 2,7 km de extensão, no Balneário Mar Grosso de 2,9 km de extensão, no Balneário Cassino de 9,3 km e no Balneário da Barra do Chuí o trecho analisado foi de 2,7 km. Essas extensões foram delimitadas de acordo com o começo e o fim da área urbanizada de cada balneário, seguindo o objetivo do estudo.

Em sequência, também com o *software ArcGis 10.3.1*® ocorreu a etapa do georreferenciamento dos mosaicos, o que consiste em adicionar referência espacial a eles, associando um conjunto de coordenadas espaciais a cada pixel. Foram coletados os pontos de controle para cada mosaico, sendo esses em construções civis e, se necessário, em feições naturais temporalmente estáveis para o intervalo analisado.

Ao longo do processo de georreferenciamento, obteve-se o cálculo do respectivo erro para atribuição de coordenadas, chamado de Erro Médio Quadrático - *RMS (Root Mean Square Error - erro médio quadrático)*, para cada mosaico. O erro para cada mosaico ficou entre 0,3 e 0,5 metros, já que os pixels das imagens disponíveis obedecem 1 metro. Nesse processo, como forma de referenciamento espacial, foi empregado o sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) que utiliza coordenadas em representação métrica e o *datum* de referência *SIRGAS 2000, Zona 22S*.

Após a criação dos mosaicos para cada data de interesse, adotou-se o mosaico mais antigo como imagem-base, sendo utilizado como referência no processo de co-registro, a fim de garantir a coincidência espacial entre todos os dados utilizados. Com os mosaicos co-registrados, foi realizada a vetorização das linhas de costa.

4.1.2 Análise dos dados meteorológicos

Antes de se analisar a variação da linha de costa entre os diferentes mosaicos, foram verificadas as condicionantes climáticas no período de aquisição das imagens. Esta etapa consistiu na aquisição dos dados meteorológicos de: vento (velocidade e direção), pressão

atmosférica reduzida ao nível do mar (*Sea level pressure* – SLP), a qual indica que acima da média (1.013 hPa) ocorreu alta pressão e abaixo da média baixa pressão. Esses dados foram obtidos a partir do repositório *online* de dados do NCEP-NCAR/NOAA (*National Ocean and Atmospheric Administration*), dos Estados Unidos da América, o qual incorpora dados de observações locais (i.e., INMET – Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil) e dados de previsão numérica de tempo.

Os dados coletados constituíram um total de quatro variáveis meteorológicas: componente zonal do vento (U), componente meridional do vento (V), precipitação (*Rain*) e pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (SLP). Esses dados foram adquiridos em formato binário (NETCDF), sendo posteriormente convertidos para formato tabular (planilha Excel) com o uso da ferramenta “*Multi Dimensional Tools*” do *software* ARCGIS®.

Os dados meteorológicos foram obtidos com o intuito de formar uma sustentação do entendimento dos resultados de variação de linha de costa obtidos, visando verificar condições que os resultados sofressem influência de eventos extremos que por ventura houvessem ocorrido em dias anteriores à aquisição das cenas orbitais. Assim, foram coletados dados de oito dias anteriores a obtenção das imagens de cada data estudada. Esses dados serviram de base para a discussão da variação das linhas, principalmente da linha de preamar, a qual é mais afetada pelas variações meteorológicas em curtos períodos de tempo.

Estes dados são bastante pontuais e apresentam certa limitação, uma vez que não cobrem todo o período analisado. Para minimizar isto, também foram analisados dados mensais de eventos de *El Niño* e de *La Niña* para o ano anterior a cada cena, os quais foram também obtidos no sítio eletrônico do NOAA. Estes são representados por índices numéricos denominados MEI (*Multivariate ENSO Index*). Os valores de 1 a 20 correspondem ao fenômeno *La Niña*, de 21 a 46 correspondem à neutralidade e de 47 a 66 correspondem ao *El Niño*. O *La Niña* é mais intenso quanto mais próximo de 1 e o *El Niño* é mais intenso quanto mais próximo de 66 (ANEXO).

4.1.3 Aplicação do método do polígono de mudança

Nesta etapa final, criou-se um arquivo digital em formato *shape* (i.e., arquivo vetorial contendo a geometria e os descritivos) para cada linha a ser vetorizada. Esse arquivo foi editado ao longo do processo de vetorização das linhas de costa determinadas para esse estudo. A escala adotada para vetorização foi de 1:1500, a qual permite uma ampla e detalhada visualização das feições.

Neste trabalho, foram adotadas duas representações de linha de costa como linhas de controle: a linha de preamar marinha (i.e., linha média ou linha do limite entre areia seca e areia molhada), onde há maior contraste de cores na praia, com tonalidade mais escura associada à praia molhada e tonalidade mais clara à praia seca; e o limite superior de praia (i.e., linha de preamar máxima ou base da duna). A determinação das linhas de controle foi baseada nos indicadores da posição da linha de costa destacados por Boak & Turner (2005), os quais foram adaptados por Schweitzer (2013).

Após a vetorização das linhas de controle, para que fosse possível o cálculo de variação da linha de costa, tornou-se necessário transformar a extensão do *shapefile* de linha para polígono, visto que o modelo aplicado considera a variação de toda a área costeira e não de pontos específicos. Para isso, foram traçadas linhas de fechamento associadas para todas as linhas de controle, isto é, dois transectos ortogonais à linha de costa, indicando os limites da área de estudo e uma linha base, indicando uma referência de formação para o polígono de cada data de interesse.

Após ter todas as linhas de controle transformadas em polígonos, no *software ERDAS Imagine 2013*®, foi criado um modelo a fim de realizar a subtração dos polígonos para obtenção das variações ocorridas. Cada uma das subtrações resultou em uma área de mudança para todos os períodos analisados. Os valores resultantes dessas subtrações são apresentados em formato *raster*, os quais indicam acreção (i.e., representados com contador digital igual a 255, ou seja, branco na representação de 8 bits) e erosão (i.e., representados com contador digital 0, ou seja, preto na representação de 8 bits).

Com esses dados de variação, foi gerada uma planilha a fim de representar os resultados e permitir a determinação do valor de variação linear médio para cada linha de costa (i.e., variação média do ponto médio da linha de costa ao longo de certo período). Para tanto, dividiu-se o valor do saldo entre a área de acreção/erosão pelo módulo da linha-base, determinando o valor final da variação linear média do limite superior da praia e da linha de preamar ao longo dos anos analisados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Balneário Mostardense

5.1.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens

5.1.1.1 Imagem de 13/08/2005

A Figura 7 representa o mosaico do dia 13/08/2005 do Balneário Mostardense. Como se pode observar a orla urbanizada é limitada ao sul e ao norte por sangradouros. Sendo assim, a área de estudo apresenta apenas dois sangradouros.



Figura 7: Mosaico de 13/08/2005 da orla urbanizada do Balneário Mostardense.

O período de agosto de 2005 representa um momento de final de inverno. Neste há certa energia de onda e demonstração de alto nível de maré em período anterior a captação da imagem. O ano de 2005 iniciou sobre a dominância de *El Niño* (ANEXO), com índice MEI de 53, valor que aumentou até o mês de maio, quando começa a diminuir. No mês de aquisição da imagem (agosto) o MEI estava 40-38, indicando um período de normalidade. A Tabela 1 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma. As formas gráficas dos dados estão em Apêndice neste trabalho.

Tabela 1: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 6/8/2005 e 13/08/2005 para o Balneário Mostardense.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| 06/08/2005 | 1,60 | -18,21 | Leste | 101740 |
| 07/08/2005 | 6,74 | -15,23 | Leste | 102468 |
| 08/08/2005 | 7,22 | 8,20 | Leste | 102875 |
| 09/08/2005 | 9,36 | -26,13 | Sudeste | 102848 |
| 10/08/2005 | 12,04 | -29,33 | Sudeste | 102575 |
| 11/08/2005 | 11,42 | 18,12 | Leste | 102240 |
| 12/08/2005 | 5,68 | 53,23 | Nordeste | 102055 |
| 13/08/2005 | 0,45 | -19,66 | Leste | 101895 |
| Máximo | 12,04 | 53,23 | | 102875 |
| Média | 6,81 | -3,63 | | 102337 |
| Mínimo | 0,45 | -29,33 | | 101740 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Para o período, os registros exibem uma velocidade do vento crescente de 06/08/2005 a 10/08/2005. Após essa data a intensidade do vento diminuiu, ficando, no dia da captação da imagem, menos de 1 m/s. A maior intensidade do vento ocorreu no dia 10/08/2005, com aproximadamente 12,04 m/s. Houve um dia de vento nordeste, cinco dias de vento leste e dois dias de vento sudeste. Assim, pode-se afirmar que o vento predominante foi de leste no período que antecedeu a captação da imagem. Em relação à pressão atmosférica entre 06/08/2005 a 18/08/2005 pôde-se observar que houve baixa pressão no dia 06/08/2005 aumentando até o dia 11/08/2005. Após essa data começou outra baixa pressão, inclusive na data de captura da imagem, isso, provavelmente, fez com que ocorresse a entrada de frente fria.

5.1.1.2 Imagem de 07/12/2014

A Figura 8 representa o mosaico do dia 07/12/2014 do Balneário Mostardense. Pode-se observar que além dos sangradouros que delimitam a área urbanizada, aparecem mais duas

desembocaduras ao sul da área de estudo. Nota-se que há menor energia de onda dissipando na costa em comparação ao ano de 2005.



Figura 8: Mosaico de 07/12/2014 da orla urbanizada do Balneário Mostardense.

A imagem acima foi captada no início do verão de 2014. Observa-se a ação eólica sobre a praia, típico do período. No ano de 2014 o índice MEI (ANEXO) mostra que de janeiro até abril houve período de normalidade, isto é, não houve ocorrência de *El Niño* e *La Niña*. Entre maio e agosto ocorreu *El Niño*, diminuindo em setembro, quando volta a subir em outubro. No mês de aquisição da imagem (dezembro) havia *El Niño* com índice MEI entre 47-45. A Tabela 2 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 2: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 30/11/2014 e 7/12/2014 para o Balneário Mostardense.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|-------------|--|-------------------------------------|-------------------------|---|
| 30/11/2014 | 8,58 | 38,14 | Nordeste | 101355 |
| 01/12/2014 | 4,90 | 11,48 | Leste | 101293 |
| 02/12/2014 | 5,14 | 7,54 | Leste | 101133 |
| 03/12/2014 | 4,63 | -74,01 | Sul | 100843 |
| 04/12/2014 | 3,77 | 43,12 | Nordeste | 101530 |

| | | | | |
|---------------|------|--------|----------|--------|
| 05/12/2014 | 2,61 | 69,83 | Norte | 101885 |
| 06/12/2014 | 5,44 | 36,40 | Nordeste | 101765 |
| 07/12/2014 | 4,00 | 8,99 | Leste | 101413 |
| Máximo | 8,58 | 69,83 | | 101885 |
| Média | 4,88 | 17,69 | | 101402 |
| Mínimo | 2,61 | -74,01 | | 100843 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

A velocidade do vento teve maior intensidade no dia 30/11/20014 e a menor no dia 05/12/2014. No dia da captação da imagem o vento foi de aproximadamente 4 m/s. Houve um dia de vento norte, três dias de vento nordeste, três dias de vento leste e um dia de vento sul. Em relação à pressão atmosférica houve baixa pressão no dia 03/12/2014, com menos de 1.01 hPa. Após essa data houve alta pressão atmosférica. No dia da captação da imagem a pressão atmosférica estava na média de 1.013 hPa. Os dados acima indicam que houve passagem de frente fria antes da captação da imagem.

5.1.2 Variação da linha de costa

Os dados da Tabela 8 apresentam os resultados da variação da linha de costa para o Balneário Mostardense entre o período de 2005 a 2014.

Tabela 3: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Mostardense no período de 2005 - 2014.

| Linha | Período | Dinâmica | Área (m ²) | Comprimento da linha base (m) | Saldo (m ²) | Deslocamento médio (m) |
|----------------|-----------|----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Preamar | 2014-2005 | Acresção | 2509 | 2660,09 | -31382 | -11,80 |
| | | Erosão | -33891 | | | |
| LSP | 2014-2005 | Acresção | 823 | 2660,09 | -52352 | -19,68 |
| | | Erosão | -53175 | | | |

Fonte: Karine Bastos Leal.

De acordo com os resultados, pode-se dizer que a linha do LSP sofreu erosão entre agosto/2005 e dezembro/2014. A Figura 9 (A) mostra que houve erosão em praticamente toda a extensão da área estudada. A pequena área de acresção apareceu próxima ao primeiro sangradouro, ao sul, e uma pequena área na parte central do balneário. Os resultados da Tabela 8 indicam o predomínio da erosão de 53175 m² e acresção de 823 m². Analisando o

deslocamento médio desta, constata-se que houve mais perda do que ganho, com aproximadamente -19,68 m.

Para a linha de preamar também entende-se que esta avançou em direção ao continente entre agosto/2005 e dezembro/2014. Como mostra a Figura 9 (B), essa linha, em praticamente toda sua extensão, apresentou erosão. Apenas duas pequenas porções apresentaram área de acreção, uma ao sul e outra ao norte da área de estudo. A Tabela 8 indica que se obteve acreção de 2509 m² e erosão de -33891 m². Sendo assim, o deslocamento médio foi negativo, de aproximadamente -11,78 m, o qual indica a perda de zona de pós-praia.

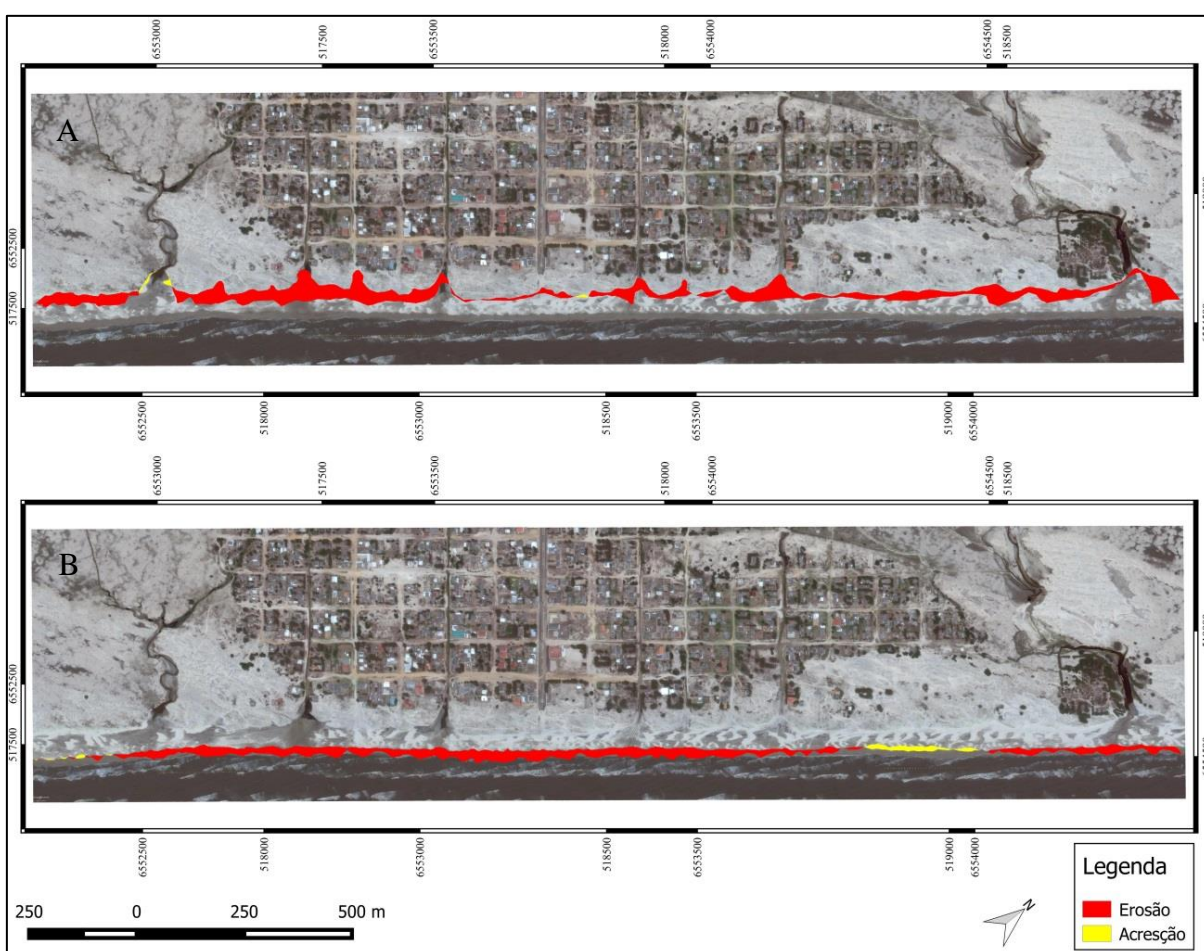


Figura 9: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2005 e 2014 para o Balneário Mostardense. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2005 e 2014 para o Balneário Mostardense. Fonte: Karine Bastos Leal.

Analisando as respostas das diferenças entre os polígonos gerados a partir do modelo, notou-se que o maior processo erosivo ocorreu a sul da área de estudo e junto às desembocaduras. A linha do LSP apresentou acreção no sangradouro mais a sul da área, que provavelmente está associado à dinâmica da desembocadura.

5.2 Balneário Mar Grosso

5.2.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens

5.2.1.1 Imagem de 16/08/2006

A Figura 10 representa o mosaico de 16/08/2006 do Balneário Mar Grosso. Pode-se observar que a área de estudo apresenta sete desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve energia de onda relativamente alta dissipando na costa no momento da captação da imagem.

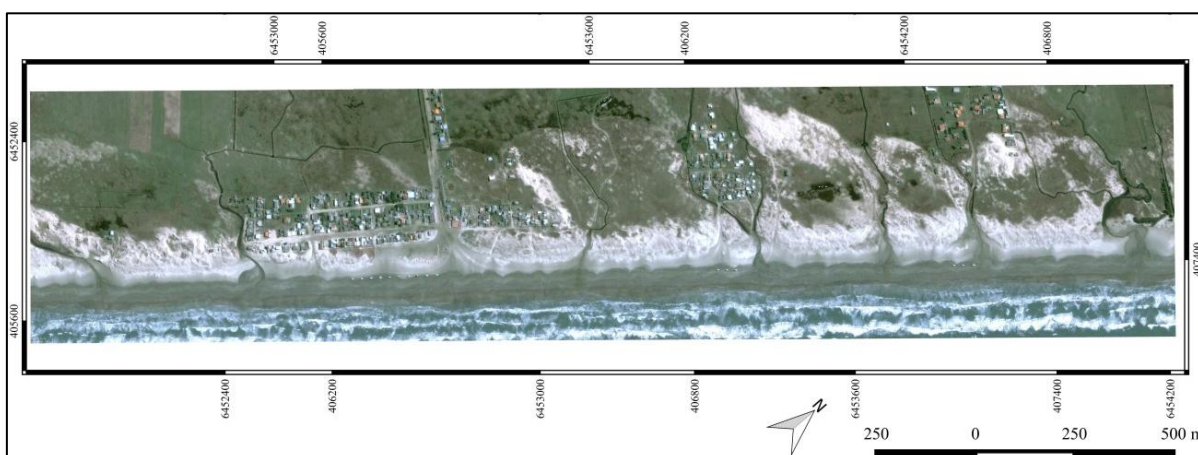


Figura 10: Mosaico de 16/08/2006 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso.

A primeira imagem do Mar Grosso foi do inverno de 2006. De acordo com o índice MEI (ANEXO), no ano de 2006 houve em março índice de 16, o qual indica ocorrência de *La Niña*. A partir de junho até dezembro houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 49-61. No mês de aquisição da imagem (agosto) estava ocorrendo *El Niño* com índice entre 50-54. A Tabela 4 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 4: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 9/8/2006 e 16/8/2006 para o Balneário Mar Grosso.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|--|
| 09/08/2006 | 6,97 | 0,41 | Leste | 100380 |

| | | | | |
|---------------|------|--------|----------|--------|
| 10/08/2006 | 9,65 | 83,15 | Norte | 101293 |
| 11/08/2006 | 7,27 | 61,67 | Nordeste | 101510 |
| 12/08/2006 | 3,51 | 57,22 | Nordeste | 100980 |
| 13/08/2006 | 6,21 | -70,92 | Sudeste | 101110 |
| 14/08/2006 | 4,95 | 51,97 | Nordeste | 100588 |
| 15/08/2006 | 7,43 | 49,47 | Nordeste | 101378 |
| 16/08/2006 | 4,13 | 18,04 | Nordeste | 101995 |
| Máximo | 9,65 | 83,15 | | 101995 |
| Média | 6,27 | 31,38 | | 101154 |
| Mínimo | 3,51 | -70,92 | | 100380 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Neste período houve ventos entre 4 e 10 m/s. O vento menos intenso foi no dia 12/08/2006 e o vento mais intenso no dia 10/08/2006. No dia da captação da cena o vento estava aproximadamente 4 m/s. Houve um dia de vento norte, cinco dias de vento nordeste, um dia de vento leste e um dia de vento sudeste. Com predominância de vento nordeste para o período. Em relação à pressão atmosférica, o período analisado começou com baixa pressão, aumentando nos dias seguintes, até o dia 12/08/2006. Após essa data houve baixa pressão novamente até 14/08/2006, quando volta a subir. No dia de captação da imagem houve alta pressão.

5.2.1.2 Imagem de 30/08/2009

A Figura 11 representa o mosaico de 30/08/2009 do Balneário Mar Grosso. Pode-se observar que a área de estudo apresenta as mesmas sete desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve menor energia de onda dissipando na costa em comparação a cena de 2006.

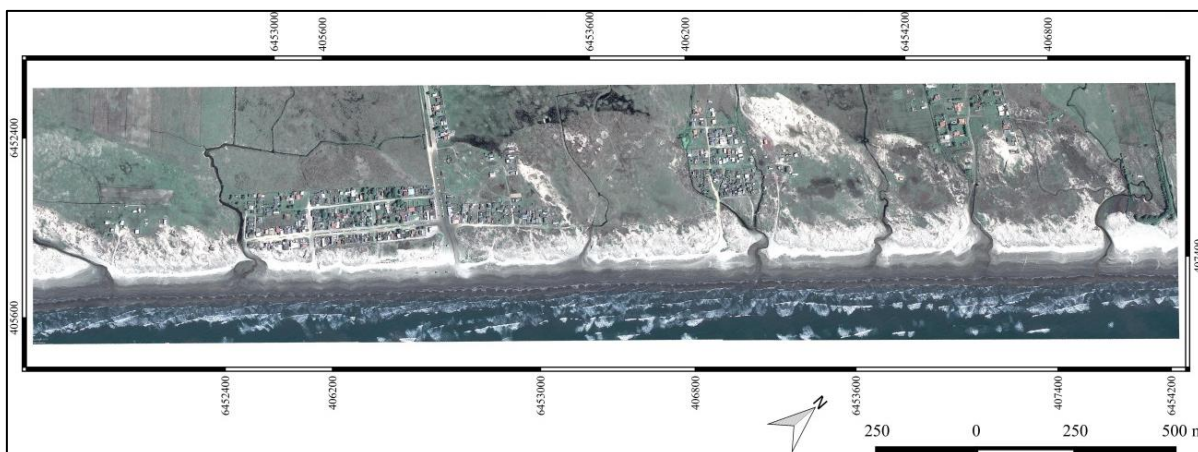


Figura 11: Mosaico de 30/08/2009 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso.

A segunda imagem de Mar Grosso também foi obtida no inverno. No ano de 2009 houve, de janeiro a março, índice MEI entre 17-18, o qual indica ocorrência de *La Niña*. A partir de maio até dezembro houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 49-58. No mês de aquisição da imagem (agosto) estava ocorrendo *El Niño* de índice entre 56-53. A Tabela 5 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 5: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 23/08/2009 e 30/08/2009 para o Balneário Mar Grosso.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|---|-----------------------------|------------------|--|
| 23/08/2009 | 4,68 | 38,32 | Nordeste | 101723 |
| 24/08/2009 | 4,99 | -42,48 | Sudeste | 102133 |
| 25/08/2009 | 5,75 | 53,13 | Nordeste | 102348 |
| 26/08/2009 | 5,30 | 14,98 | Leste | 102025 |
| 27/08/2009 | 3,73 | -21,69 | Sudeste | 101818 |
| 28/08/2009 | 2,78 | -8,89 | Leste | 101868 |
| 29/08/2009 | 7,22 | 17,08 | Leste | 101623 |
| 30/08/2009 | 6,37 | 17,55 | Leste | 101410 |
| Máximo | 7,22 | 53,13 | | 102348 |
| Média | 5,10 | 8,50 | | 101869 |
| Mínimo | 2,78 | -42,48 | | 101410 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

No período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 28/08/2009, com aproximadamente 3 m/s. A maior velocidade ocorreu no dia antecedente a captação da cena (29/08/2009). Houve dois dias de vento nordeste, quatro dias de vento leste e dois dias de vento sudeste. Ocorreu predominância de vento de leste. Em relação à pressão atmosférica, entre os dias 23/08/2009 e 27/08/2009 a pressão esteve abaixo da média. No dia da captação da cena (30/08/2009) houve baixa pressão.

5.2.1.3 Imagem de 8/4/2012

A Figura 12 representa o mosaico de 08/04/2012 do Balneário Mar Grosso. Pode-se observar que a área de estudo passou a apresentar quatro desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve maior energia de onda dissipando na costa em comparação às cenas de 2006 e de 2009.

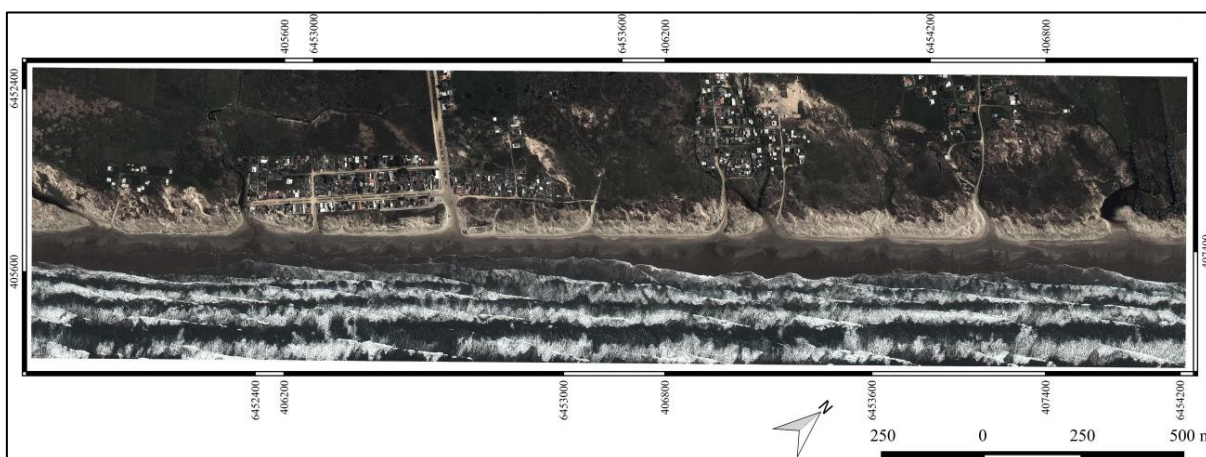


Figura 12: Mosaico de 08/04/2012 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso.

Diferentemente das duas imagens anteriores, obtidas no inverno, esta remete o início do outono, que em teoria é o mês com menor precipitação na região. Isso pode explicar o fechamento de três canais sangradouros. No ano de 2012 houve em janeiro e fevereiro índice MEI entre 12-19, o qual indica ocorrência de *La Niña*. De abril a julho houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 52-59. No mês de aquisição da imagem (abril) estava ocorrendo *El Niño* de índice entre 52, sendo o mês anterior de normalidade com MEI de 34. A Tabela 6 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 6: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 1/4/2012 e 8/4/2012 para o Balneário Mar Grosso.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|------------------------------|-------------------------|---|
| 01/04/2012 | 6,49 | 65,89 | Nordeste | 101793 |
| 02/04/2012 | 3,05 | 57,30 | Nordeste | 101483 |
| 03/04/2012 | 2,21 | -44,63 | Sudeste | 101450 |
| 04/04/2012 | 6,08 | 82,24 | Norte | 101295 |
| 05/04/2012 | 4,49 | 15,49 | Leste | 100595 |
| 06/04/2012 | 7,37 | 52,83 | Nordeste | 101103 |
| 07/04/2012 | 5,15 | -67,77 | Sudeste | 101205 |
| 08/04/2012 | 2,14 | -64,51 | Sudeste | 101138 |
| Máximo | 7,37 | 82,24 | | 101793 |
| Média | 4,62 | 12,11 | | 101258 |
| Mínimo | 2,14 | -67,77 | | 100595 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

No período, a menor velocidade do vento ocorreu nos dias 03/04/2012 e 08/04/2012 (dia da captação da imagem). A maior velocidade do vento foi registrada no dia 06/04/2012. Houve um dia de vento norte, três dias de vento nordeste, um dia de vento leste e três dias de vento sudeste. Esses ventos de sudeste podem ter influenciado a alta energia de onda (*swell*) na captação da cena. Em relação à pressão atmosférica para o período, houve pressão abaixo da média a partir do dia 04/04/2012. Com o pico de baixa pressão no dia 05/04/2012 e de alta pressão no dia 01/04/2012.

5.2.1.4 Imagem de 28/5/2014

A Figura 13 representa o mosaico de 28/05/2014 do Balneário Mar Grosso. Pode-se observar que a área de estudo volta a apresentar sete desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve energia de onda dissipando na costa no momento da captação da cena.



Figura 13: Mosaico de 28/05/2014 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso.

Assim como a imagem anterior esta imagem refere-se a um período de outono. No ano de 2014 houve de janeiro a abril período de normalidade quanto ao índice MEI. Entre maio e agosto ocorreu *El Niño*, diminuindo em setembro, quando volta a subir em outubro. No mês de aquisição da imagem (maio) havia *El Niño* com índice MEI entre 47-45. A Tabela 7 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 7: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 21/5/2014 e 28/5/2014 para o Balneário Mar Grosso.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|--|
| 21/05/2014 | 5,30 | -88,92 | Sudeste | 101267 |
| 22/05/2014 | 3,30 | -88,26 | Sudeste | 100452 |
| 23/05/2014 | 9,47 | 40,08 | Nordeste | 101927 |
| 24/05/2014 | 6,35 | 70,02 | Norte | 102122 |
| 25/05/2014 | 2,81 | 75,57 | Norte | 101957 |
| 26/05/2014 | 2,55 | 45,00 | Nordeste | 101730 |
| 27/05/2014 | 3,41 | 44,76 | Nordeste | 102077 |
| 28/05/2014 | 0,74 | 25,53 | Nordeste | 102225 |
| Máximo | 9,47 | 75,57 | | 102225 |

| | | | |
|---------------|------|--------|--------|
| Média | 4,24 | 15,47 | 101720 |
| Mínimo | 0,74 | -88,92 | 100452 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

No referido período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 28/05/2014 (captação da cena), com aproximadamente 1 m/s. A maior velocidade ocorreu no dia 25/05/2014, com mais de 9 m/s. Houve dois dias de vento norte, quatro dias de vento nordeste e dois dias de vento sudeste, havendo predominância de vento nordeste. Em relação à pressão atmosférica, houve baixa pressão no dia 22/05/2014, com menos de 1.006 hPa. Após essa data houve alta pressão atmosférica. No dia da captação da imagem a pressão atmosférica estava aproximadamente de 1.022 hPa. Por não haver entrada de frente fria próxima a captação da cena, pode ter contribuído para a baixa maré e baixa energia de onda na costa.

5.2.1.5 Imagem de 18/6/2015

A Figura 14 representa o mosaico de 18/06/2015 do Balneário Mar Grosso. Pode-se observar que a área de estudo apresenta seis desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve energia de onda dissipando na costa.



Figura 14: Mosaico de 18/06/2015 da orla urbanizada do Balneário Mar Grosso.

A última imagem analisada desta área foi obtida no outono-inverno. No ano de 2015 houve de janeiro a dezembro índice MEI entre 47-66 indicando *El Niño*. No mês de aquisição da imagem (junho) havia *El Niño* com índice MEI entre 65-66. A Tabela 8 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 8: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/6/2015 e 18/6/2015 para o Balneário Mar Grosso.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| 11/06/2015 | 5,79 | 12,48 | Leste | 101497,5 |
| 12/06/2015 | 6,00 | 71,04 | Norte | 101955 |
| 13/06/2015 | 0,79 | 12,72 | Leste | 101552,5 |
| 14/06/2015 | 3,69 | -5,44 | Leste | 100885 |
| 15/06/2015 | 9,38 | 71,52 | Norte | 101395 |
| 16/06/2015 | 7,51 | -74,16 | Sul | 101672,5 |
| 17/06/2015 | 3,21 | -61,64 | Sudeste | 101492,5 |
| 18/06/2015 | 8,72 | 16,83 | Leste | 102110 |
| Máximo | 9,38 | 71,52 | | 102110 |
| Média | 5,64 | 5,42 | | 101570 |
| Mínimo | 0,79 | -74,16 | | 100885 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Entre o período de 11/06/2015 a 18/06/2015 a menor velocidade do vento ocorreu no dia 13/06/2015. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 15/06/2015. Houve dois dias de vento de norte, quatro dias de vento leste, um dia de vento sudeste e um dia de vento sul, com predominância de vento de leste. Em relação à pressão atmosférica para as datas de 11/06/2015 a 18/06/2015, pôde-se observar que houve baixa pressão no dia 14/06/2015. Após essa data a pressão ficou próxima à média, aumentando no dia da captação da imagem (08/06/2015).

5.2.2 Variação da linha de Costa

Os dados da Tabela 9 apresentam os resultados da variação da linha de costa para o Balneário Mar Grosso entre o período de 2006 a 2015.

Tabela 9: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Mar Grosso no período de 2006 - 2015.

| Linha | Período | Dinâmica | Área (m²) | Comprimento da linha base (m) | Saldo (m²) | Deslocamento Médio (m) |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Preamar | 2006 – 2009 | Acresção | 47410 | 2874,57 | 47250 | 16,44 |
| | | Erosão | -160 | | | |
| LSP | 2006 – 2009 | Acresção | 22350 | 2874,57 | 13760 | 4,79 |
| | | Erosão | -8590 | | | |
| Preamar | 2009 – 2012 | Acresção | 15530 | 2874,57 | 6780 | 2,36 |
| | | Erosão | -8750 | | | |
| LSP | 2009 – 2012 | Acresção | 12790 | 2874,57 | 10130 | 3,52 |
| | | Erosão | -2660 | | | |
| Preamar | 2012 – 2014 | Acresção | 115480 | 2874,57 | 115480 | 40,17 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2012 – 2014 | Acresção | 7500 | 2874,57 | 2950 | 1,03 |
| | | Erosão | -4550 | | | |
| Preamar | 2014 – 2015 | Acresção | 510 | 2874,57 | -26560 | -9,24 |
| | | Erosão | -27070 | | | |
| LSP | 2014 – 2015 | Acresção | 12680 | 2874,57 | 11430 | 3,98 |
| | | Erosão | -1250 | | | |
| Preamar | 2006 – 2015 | Acresção | 143200 | 2874,57 | 143200 | 49,82 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2006 – 2015 | Acresção | 39840 | 2874,57 | 37980 | 13,21 |
| | | Erosão | -1860 | | | |

Fonte: Karine Bastos Leal.

Os resultados indicam que tanto a linha de preamar como a linha do LSP tiveram maior acréscimo em área entre agosto/2006 e agosto/2009. A Figura 15 (A) apresenta o resultado para a LSP, o qual indica que houve maior acresção na parte do campo de dunas onde se realizou o plano de manejo⁶ e nas áreas próximas as desembocaduras dos sete sangradouros que contemplam a área de estudo. Já as taxas de erosão estão, principalmente, associadas às desembocaduras dos sangradouros. De acordo com os resultados quantitativos apresentados na Tabela 9, a linha do LSP apresentou mais acresção (22350 m²) que erosão (8590 m²). Sendo assim, o deslocamento médio foi positivo, de 4,79 m.

A linha de preamar representada pela Figura 15 (B) entre de agosto/2006 e agosto/2009, indicou em sua maior parte acresção. A exceção aparece em duas áreas próximas às saídas dos sangradouros ao sul da área de estudo, onde houve um pequeno indicativo de erosão. A Tabela

⁶ Uma descrição sobre o plano de manejo de dunas do Balneário Mar Grosso pode ser encontrada em Cunha (2013).

9 mostra que a área de acresção para essa linha foi de 47410 m², a área de erosão foi de 160 m², com deslocamento médio positivo de aproximadamente 16,44 m.

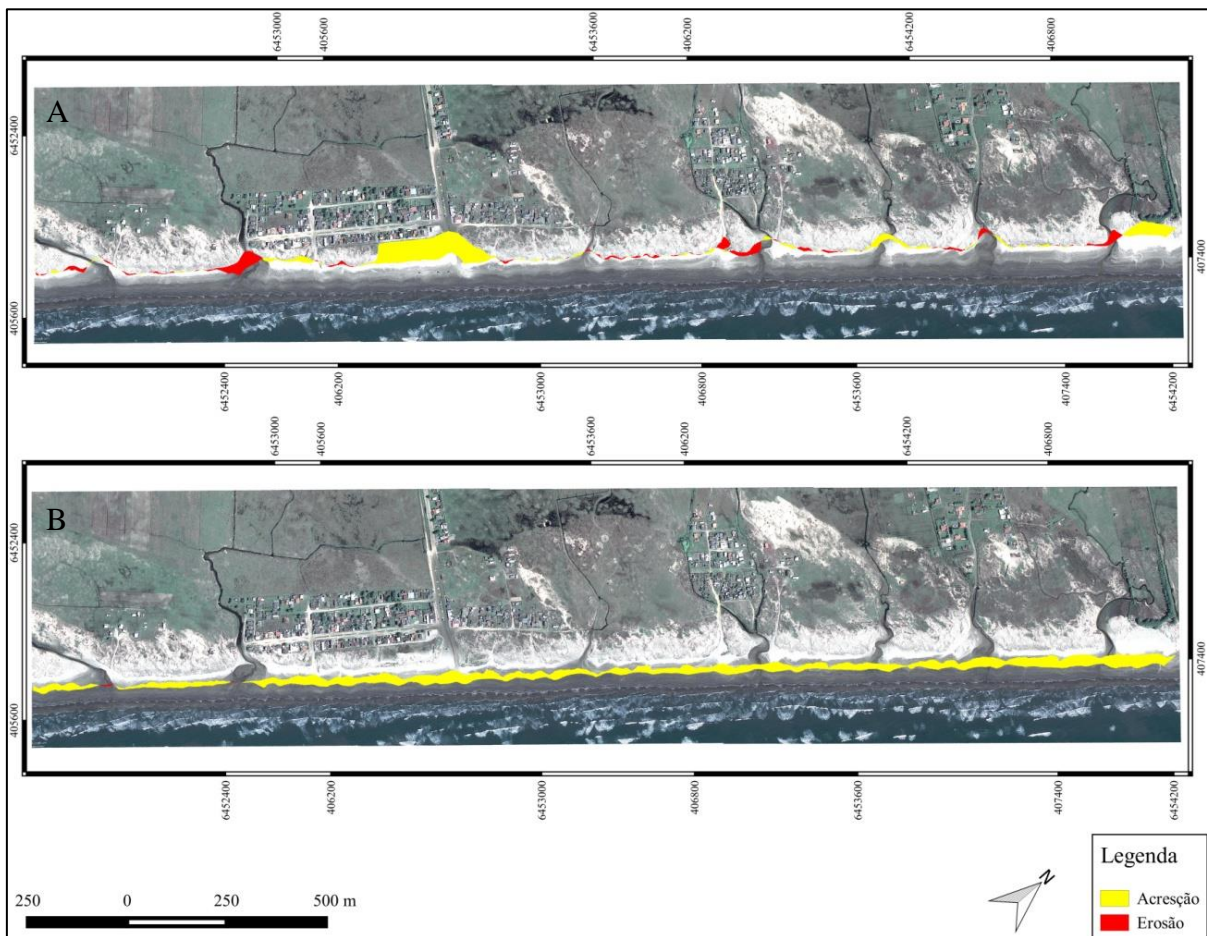


Figura 15: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal.

A acresção da linha de preamar pode estar influenciada pela variação de energia de onda nas duas datas analisadas. Isso pode ter interferido no avanço da maré em direção ao LSP. A maior energia ocorre no ano de 2006 em relação ao ano de 2009, sendo assim pode-se dizer que a preamar estava mais acima em 2006 do que em 2009.

Entre o período de agosto/2009 e abril/2012 notou-se maior acresção do que erosão na linha de costa. Analisando a Figura 16 (A), referente à linha do LSP, percebe-se que houve maior área de acresção, que se estende por praticamente toda a linha de costa, com exceção das saídas dos sangradouros, onde se encontram áreas de erosão. A Tabela 9 indica que a área de acresção foi de 12790 m² e a área de erosão de 2660 m². O deslocamento médio foi positivo de 3,53 m.

A linha de preamar, indicada pela Figura 16 (B), apresentou certa instabilidade, com áreas de acresção e erosão bastante intercaladas, tendo relação com a presença e variação das

cúspides praias. Nota-se que em 2012 o mar estava mais energético do que em 2009, isso fez com que a água preenchesse os embaixamentos das cúspides. A Tabela 9 mostra que houve 15530 m² de acresção e -8750 m² de erosão. O deslocamento médio foi positivo, de aproximadamente 2,36 m.

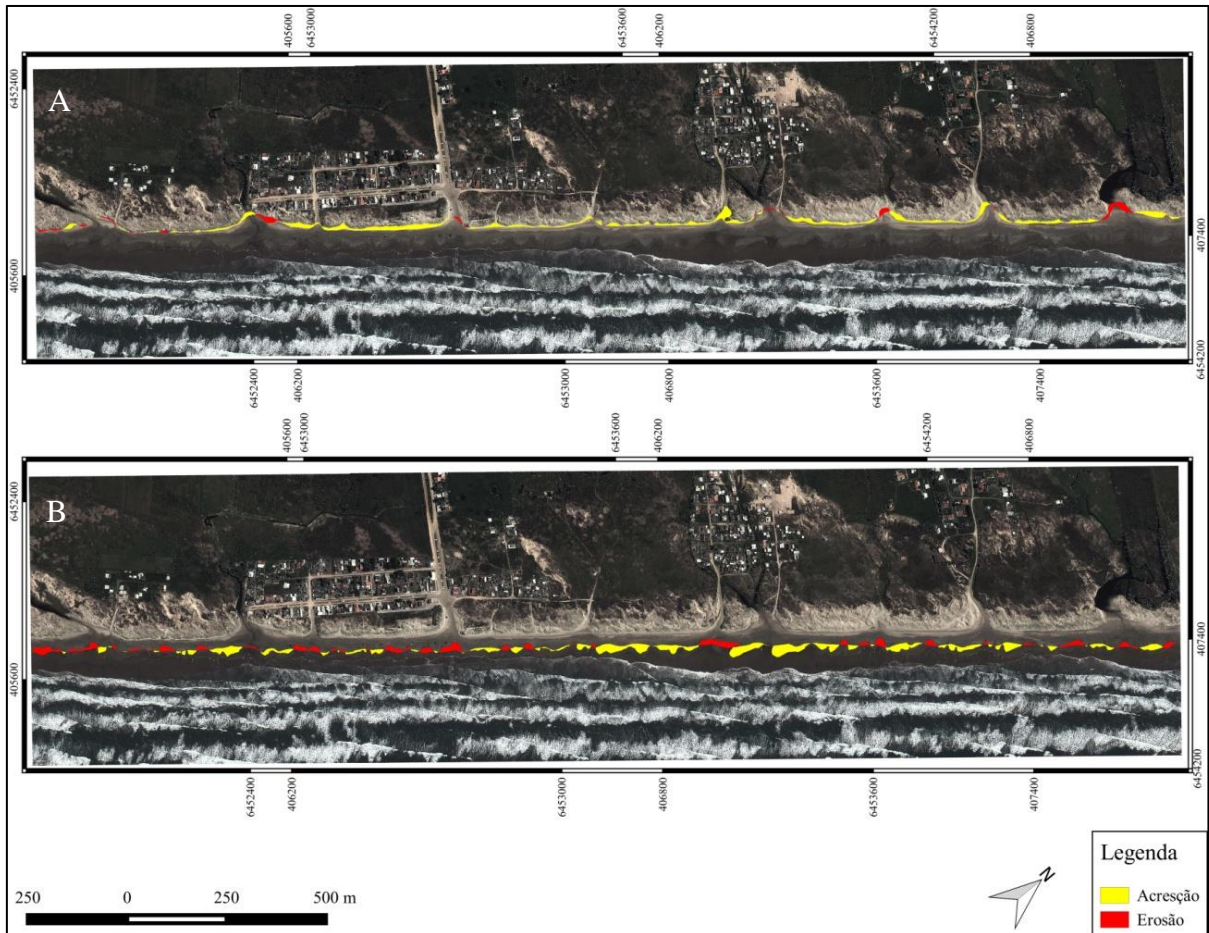


Figura 16: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar marinha entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre abril/2012 e maio/2014 também se constatou a maior área em acresção. Na Figura 17 (A) é possível perceber que a linha do LSP sofreu erosão ao longo da costa, porém as partes acrescidas tiveram maior área em m². Nas desembocaduras dos sangradouros e uma parte bem ao norte e outra no extremo sul da área de estudo encontrou-se acresção. De acordo com a Tabela 9, houve 7500 m² de acresção e 4550 m de erosão. Sendo assim, o deslocamento médio foi positivo, de 1,03 m. Cabe salientar que esse foi a menor área constada de deslocamento positivo para o balneário.

A linha de preamar, como mostra a Figura 17 (B), indica que houve acresção bastante expressiva ao longo da costa. A Tabela 9 indica que a área acrescida foi de 115480 m², sendo o deslocamento médio positivo de 40,17 m. Pôde-se observar que em 2012 houve maior energia de onda, fazendo com que a maré estivesse mais acima em relação ao ano de 2014. Isso pode influenciar no resultado acrescivo para essa linha.

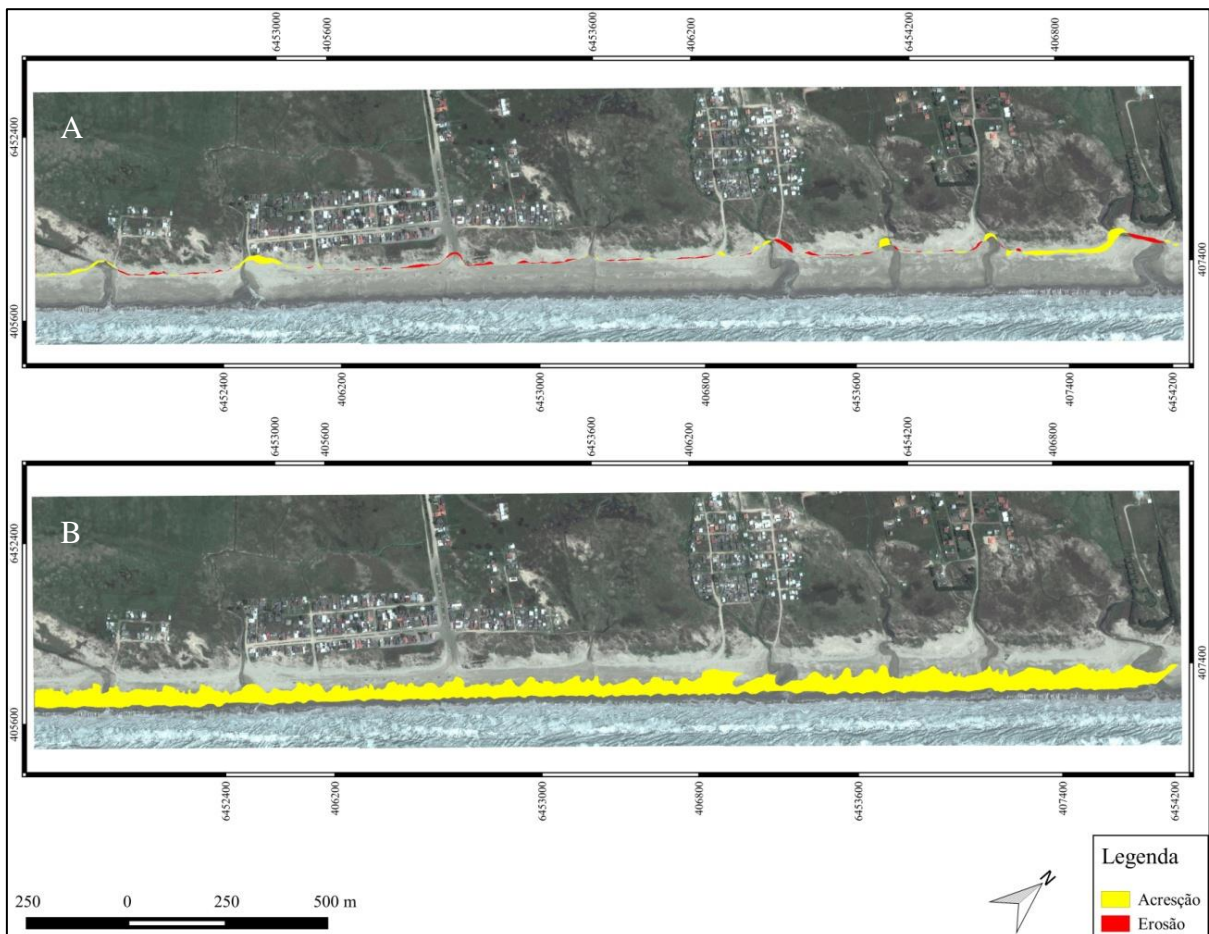


Figura 17: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2012 e 2014 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2012 e 2014 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal.

No período entre maio/2014 e junho/2015 constatou-se que houve acresção para a linha do LSP e erosão para a linha de preamar. Na Figura 18 (A) pode-se perceber que a linha do LSP acresceu ao longo da costa, com exceção das desembocaduras dos sangradouros, onde houve algumas áreas em erosão. A Tabela 9 mostra que acresceu 12680 m² e erodiu 1250 m². Com isso, o deslocamento médio foi positivo de 3,98 m.

A linha do LSP, ao contrário da linha de preamar, apresentou taxas de erosão ao longo da costa. Esta pode estar associada tanto a um evento de maior escala temporal como de um evento de alta energia antecedente a captação da imagem de 2014. De acordo com os dados

meteorológicos para esse período, houve dois dias de ventos sul, que pode estar associado à entrada de frente fria, logo de tempestades.

A linha de preamar (Figura 18 (B)) apresentou maiores taxas erosivas de 27070 m², com pequena taxa de acreção de 510 m². O deslocamento médio, nesse caso, foi negativo de aproximadamente -9,24 m (Tabela 9). Essas taxas erosivas podem estar associadas à maior energia de onda e altura da maré na data de captação da cena de 2015 em relação ao ano de 2014. A alta energia de onda pode fazer com que a maré suba em direção ao limite superior.

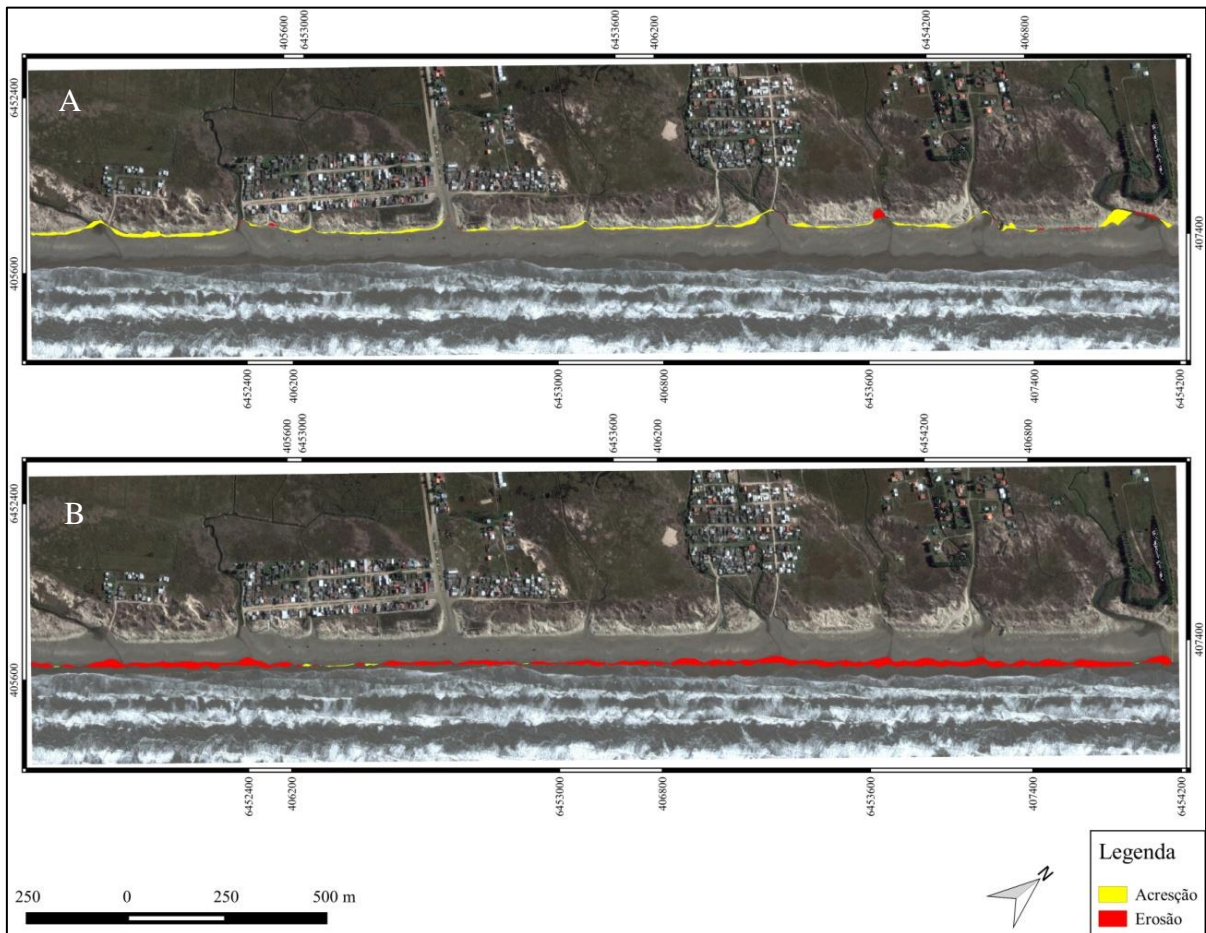


Figura 18: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2014 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2014 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal.

Considerando a diferença entre agosto/2006 e junho/2015 há evidências de que a praia cresceu ao longo do período analisado, sendo que o limite superior da praia teve deslocamento médio positivo de 13,21 m. Como se pode observar na (Figura 19 (A)), a LSP indicou apenas dois pontos de erosão, que estão associados aos sangradouros.

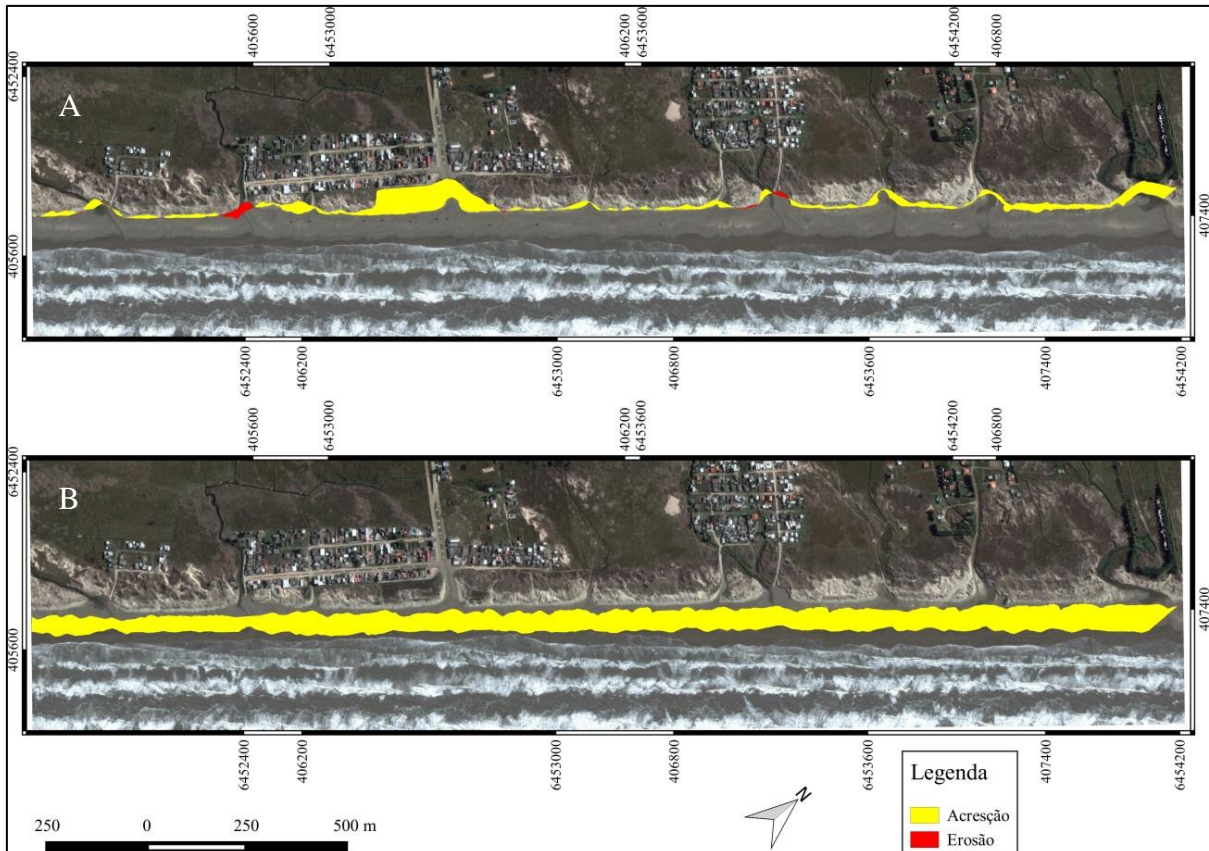


Figura 19: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Mar Grosso. Fonte: Karine Bastos Leal.

A linha de preamar apresentou deslocamento médio de 49,82 m. De acordo com a (Figura 19 (B)), nota-se que para o período total de 2006 a 2015 houve acresção ao longo da linha de costa.

5.3 Balneário Cassino

5.3.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens

5.3.1.1 Imagem de 27/2/2006

A Figura 20 representa o mosaico de 27/02/2006 do Balneário Cassino. Pode-se observar que a área de estudo apresenta oito desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve significativa energia de onda dissipando na costa em todo o segmento.

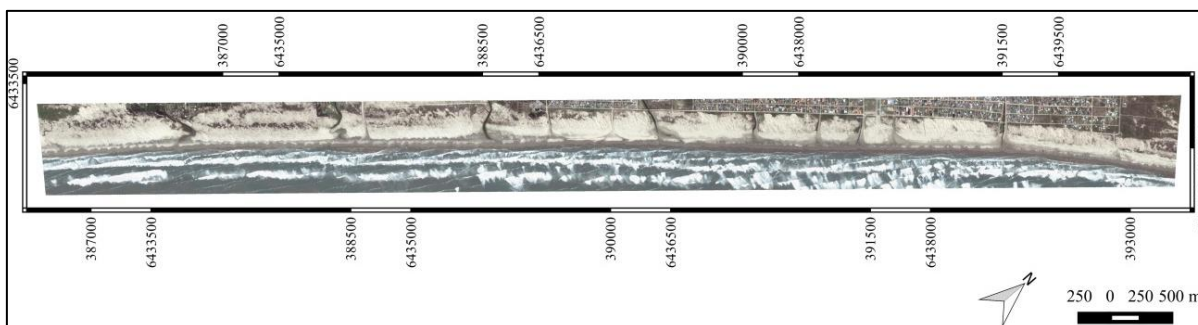


Figura 20: Mosaico de 27/02/2006 da orla urbanizada do Balneário Cassino.

A primeira imagem do Cassino analisada foi do período de verão. No ano de 2006 houve em março índice MEI de 16, o qual indica ocorrência de *La Niña* (ANEXO). A partir de junho até dezembro houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 49-61. No mês de aquisição da imagem (fevereiro) estava ocorrendo *El Niño* de índice entre 50-54. A Tabela 10 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 10: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível mar e precipitação entre os dias 20/2/2006 e 27/2/2006 para o Balneário Cassino.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|---|-----------------------------|------------------|--|
| 20/02/2006 | 8,29 | 78,38 | Norte | 101695 |
| 21/02/2006 | 4,93 | -84,17 | Sul | 101098 |
| 22/02/2006 | 4,16 | -34,42 | Sudeste | 100580 |
| 23/02/2006 | 3,41 | -61,48 | Sudeste | 100655 |
| 24/02/2006 | 6,89 | 86,09 | Norte | 100495 |
| 25/02/2006 | 6,77 | -35,69 | Nordeste | 100395 |
| 26/02/2006 | 6,87 | -10,66 | Leste | 100973 |
| 27/02/2006 | 2,09 | 60,73 | Sudeste | 101060 |
| Máximo | 8,29 | 86,09 | | 101695 |
| Média | 5,42 | -0,15 | | 100869 |
| Mínimo | 2,09 | -84,17 | | 100395 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Entre o período de 20/02/2006 a 27/02/2006. A menor velocidade média do vento ocorreu no dia 27/02/2006 (data da captação da imagem). A maior velocidade média do vento

foi registrada no dia 20/02/2006. No período houve dois dias de vento norte, um dia de vento nordeste, um dia de vento leste, três dias de vento sudeste e um dia de vento sul, com predominância de vento de sudeste. Em relação à pressão atmosférica, pôde -se observar que houve baixa pressão entre os dias 22/02/2006 e 25/02/2006. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média, incluindo o dia da captação da imagem.

5.3.1.2 Imagem de 30/8/2009

A Figura 21 representa o mosaico de 30/08/2009 do Balneário Cassino. Pode-se observar que a área de estudo passou a apresentar 11 desembocaduras de sangradouros. Isso, provavelmente, se deu pelo aumento da precipitação que ocorre nos meses de inverno. Observa-se, também, que houve menor energia de onda dissipando em toda costa em comparação ao ano de 2006.

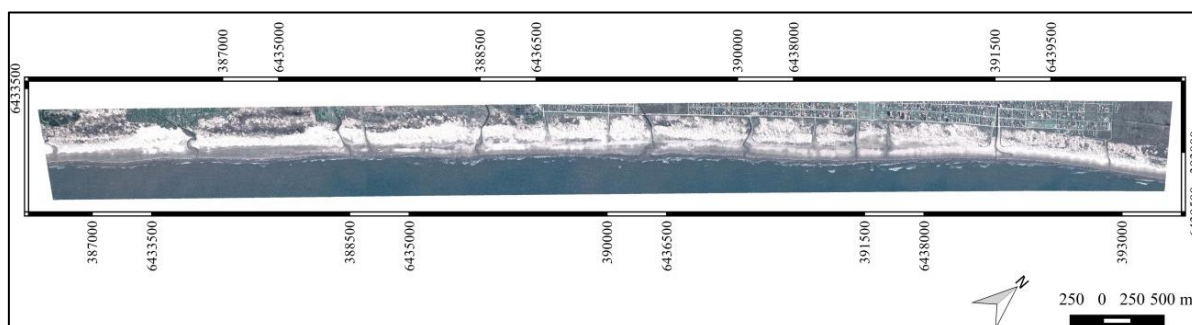


Figura 21: Mosaico de 30/08/2009 da orla urbanizada do Balneário Cassino.

Diferentemente da primeira imagem analisada para o Cassino esta foi obtida no inverno. De acordo com a tabela em anexo, no ano de 2009 houve de janeiro a março índice MEI entre 17-18, o qual indica ocorrência de *La Niña*. A partir de maio até dezembro houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 49-58. No mês de aquisição da imagem (agosto) estava ocorrendo *El Niño* de índice entre 56-53. A Tabela 11 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 11: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 23/8/2009 e 30/8/2009 para o Balneário Cassino.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| 23/08/2009 | 4,68 | 38,32 | Nordeste | 101723 |
| 24/08/2009 | 4,99 | -42,48 | Sudeste | 102133 |
| 25/08/2009 | 5,75 | 53,13 | Nordeste | 102348 |
| 26/08/2009 | 5,30 | 14,98 | Leste | 102025 |
| 27/08/2009 | 3,73 | -21,69 | Sudeste | 101818 |
| 28/08/2009 | 2,78 | -8,89 | Leste | 101868 |
| 29/08/2009 | 7,22 | 17,08 | Leste | 101623 |
| 30/08/2009 | 6,37 | 17,55 | Leste | 101410 |
| Máximo | 7,22 | 53,13 | | 102348 |
| Média | 5,10 | 8,50 | | 101869 |
| Mínimo | 2,78 | -42,48 | | 101410 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Entre o período de 23/08/2009 a 30/08/2009 a menor velocidade do vento ocorreu no dia 28/08/2009. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 29/08/2009. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 6 m/s. Houve dois dias de vento nordeste, quatro dias de vento leste e dois dias de vento sudeste, com predominância de vento leste. A dinâmica de ventos leste fornece a baixa energia de onda e maré no local. Em relação à pressão atmosférica entre 23/08/2009 a 30/08/2009, pôde-se observar que houve pressão abaixo da média no dia 23/08/2009 e entre os dias 27/08/2009 a 30/08/2009 (captação da imagem). Nos outros dias ocorreu pressão acima da média.

5.3.1.3 Imagem de 8/4/2012

A Figura 22 representa o mosaico de 08/04/2012 do Balneário Cassino. Pode-se observar que a área de estudo apresenta 10 desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que houve maior energia de onda dissipando na costa em comparação ao ano de 2009. No entanto, diferente das duas primeiras imagens analisadas, a praia do Cassino em 2012 já aparece afetada pelo depósito de lama. Nota-se pela diminuição de energia de onda na zona central da área de estudo.

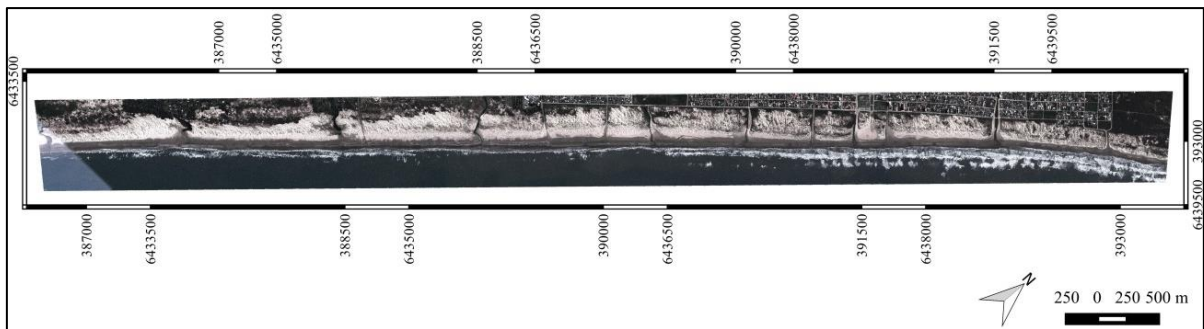


Figura 22: Mosaico de 08/04/2012 da orla urbanizada do Balneário Cassino.

A terceira imagem do Cassino é do outono de 2012. Nesse ano houve em janeiro e fevereiro índice MEI entre 12-19, o qual indica ocorrência de *La Niña*. De abril a julho houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 52-59. No mês de aquisição da imagem (abril) estava ocorrendo *El Niño* de índice 52, sendo o mês anterior de normalidade com MEI de 34. A Tabela 12 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 12: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 1/4/2012 e 8/4/2012 para o Balneário Cassino.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|--|
| 01/04/2012 | 6,49 | 65,89 | Nordeste | 101793 |
| 02/04/2012 | 3,05 | 57,30 | Nordeste | 101483 |
| 03/04/2012 | 2,21 | -44,63 | Sudeste | 101450 |
| 04/04/2012 | 6,08 | 82,24 | Norte | 101295 |
| 05/04/2012 | 4,49 | 15,49 | Leste | 100595 |
| 06/04/2012 | 7,37 | 52,83 | Nordeste | 101103 |
| 07/04/2012 | 5,15 | -67,77 | Sudeste | 101205 |
| 08/04/2012 | 2,14 | -64,51 | Sudeste | 101138 |
| Máximo | 7,37 | 82,24 | | 101793 |
| Média | 4,62 | 12,11 | | 101258 |
| Mínimo | 2,14 | -67,77 | | 100595 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

No período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 03/04/2012. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 06/04/2012. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 2 m/s. Houve um dia de vento de norte, três dias de vento nordeste, um dia de vento leste e três dias de vento sudeste. Com predominância de vento nordeste e sudeste. Em relação à pressão atmosférica entre 01/04/2012 a 08/04/2012, houve pressão abaixo da média a partir dos dias 05/04/2012 a 08/04/2012 (captação da imagem). Nos outros dias ocorreu pressão acima da média.

5.3.1.4 Imagem de 18/6/2015

A Figura 23 representa o mosaico de 18/06/2015 do Balneário Cassino. Pode-se observar que a área de estudo apresenta 11 desembocaduras de sangradouros. Observa-se, também, que não houve energia de onda dissipando do centro ao norte da área de estudo. Ao sul e no extremo norte da área encontram-se ondas dissipando na costa. Esta variação está associada à presença de lama na antepraia, a qual gera atenuação de energia nesse trecho da costa.

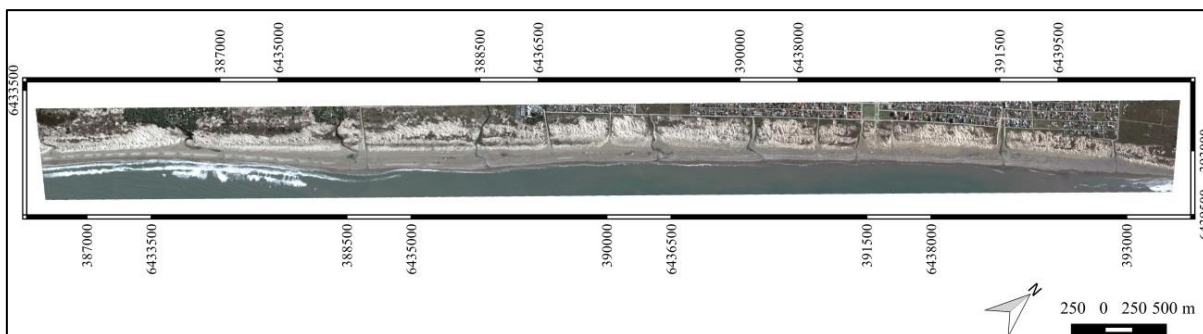


Figura 23: Mosaico de 18/06/2015 da orla urbanizada do Balneário Cassino.

A última imagem analisada do balneário Cassino foi obtida no outono de 2015. Nesse ano houve de janeiro a dezembro índice MEI entre 47-66 indicando *El Niño*. No mês de aquisição da imagem (junho) havia *El Niño* com índice MEI entre 65-66. A Tabela 13 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 13: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/6/2015 e 18/6/2015 para o Balneário Cassino.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| 11/06/2015 | 5,79 | 12,48 | Leste | 101497,5 |
| 12/06/2015 | 6,00 | 71,04 | Norte | 101955 |
| 13/06/2015 | 0,79 | 12,72 | Leste | 101552,5 |
| 14/06/2015 | 3,69 | -5,44 | Leste | 100885 |
| 15/06/2015 | 9,38 | 71,52 | Norte | 101395 |
| 16/06/2015 | 7,51 | -74,16 | Sul | 101672,5 |
| 17/06/2015 | 3,21 | -61,64 | Sudeste | 101492,5 |
| 18/06/2015 | 8,72 | 16,83 | Leste | 102110 |
| Máximo | 9,38 | 71,52 | | 102110 |
| Média | 5,64 | 5,42 | | 101570 |
| Mínimo | 0,79 | -74,16 | | 100885 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Neste período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 14/06/2015. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 15/06/2015. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 3 m/s. Houve dois dias de vento norte, quatro dias de vento leste, um dia de vento sudeste e um dia de vento sul, havendo predominância de vento leste. Quanto à pressão atmosférica houve pressão abaixo da média a partir do dia 13/06/2015 a 15/06/2015 e no dia 17/06/2015. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média, incluindo o dia da captação da imagem. A cena foi capturada, provavelmente, após a entrada de frente fria, o que gerou ondulação no período da captação da cena. Essa energia foi obstruída por depósitos de lama fluída.

5.3.2 Variação da linha de Costa

Os dados da Tabela 14 apresentam os resultados da variação da linha de costa para o Balneário Cassino entre o período de 2006 a 2015.

Tabela 14: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para o Balneário Cassino no período de 2006 - 2015.

| Linha | Período | Dinâmica | Área (m²) | Comprimento da linha base (m) | Saldo (m²) | Deslocamento Médio (m) |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Preamar | 2006 – 2009 | Acresção | 294619 | 8656,28 | 294619 | 34,04 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2006 – 2009 | Acresção | 36530 | 8656,28 | 20092 | 2,32 |
| | | Erosão | -16438 | | | |
| Preamar | 2009 – 2012 | Acresção | 25419 | 8656,28 | - | -14,84 |
| | | Erosão | -153897 | | | |
| LSP | 2009 – 2012 | Acresção | 248337 | 8656,28 | 230798 | 26,66 |
| | | Erosão | -17539 | | | |
| Preamar | 2012 – 2015 | Acresção | 505607 | 8656,28 | 505607 | 58,41 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2012 – 2015 | Acresção | 120057 | 8656,28 | 107403 | 12,41 |
| | | Erosão | -12654 | | | |
| Preamar | 2006 – 2015 | Acresção | 671614 | 8656,28 | 671614 | 77,59 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2006 – 2015 | Acresção | 370792 | 8656,28 | 358310 | 41,39 |
| | | Erosão | -12482 | | | |

Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre fevereiro/2006 e agosto/2009, como se pode observar na Figura 28 (A), a linha do LSP apresentou em muitos pontos estabilidade. Algumas áreas de erosão estão associadas às desembocaduras dos sangradouros, bem como algumas áreas de acresção. Nota-se acresção também na parte frontal de onde fica localizada a estátua de Iemanjá (ao norte da área de estudo). A Tabela 14 apresenta que o LSP obteve 36530 m² de acresção e 16438 de erosão, sendo o deslocamento médio positivo de 2,32 m.

A linha de preamar (Figura 24 (B)), indica que houve acréscimo ao longo da costa. A Tabela 14 mostra que se obteve acréscimo de 294619 m², com deslocamento médio aproximadamente de 34,04 m. Um dos fatores que pode contribuir para o resultado de acresção é a maior energia de onda captada na cena de 2006 em relação à de 2009.

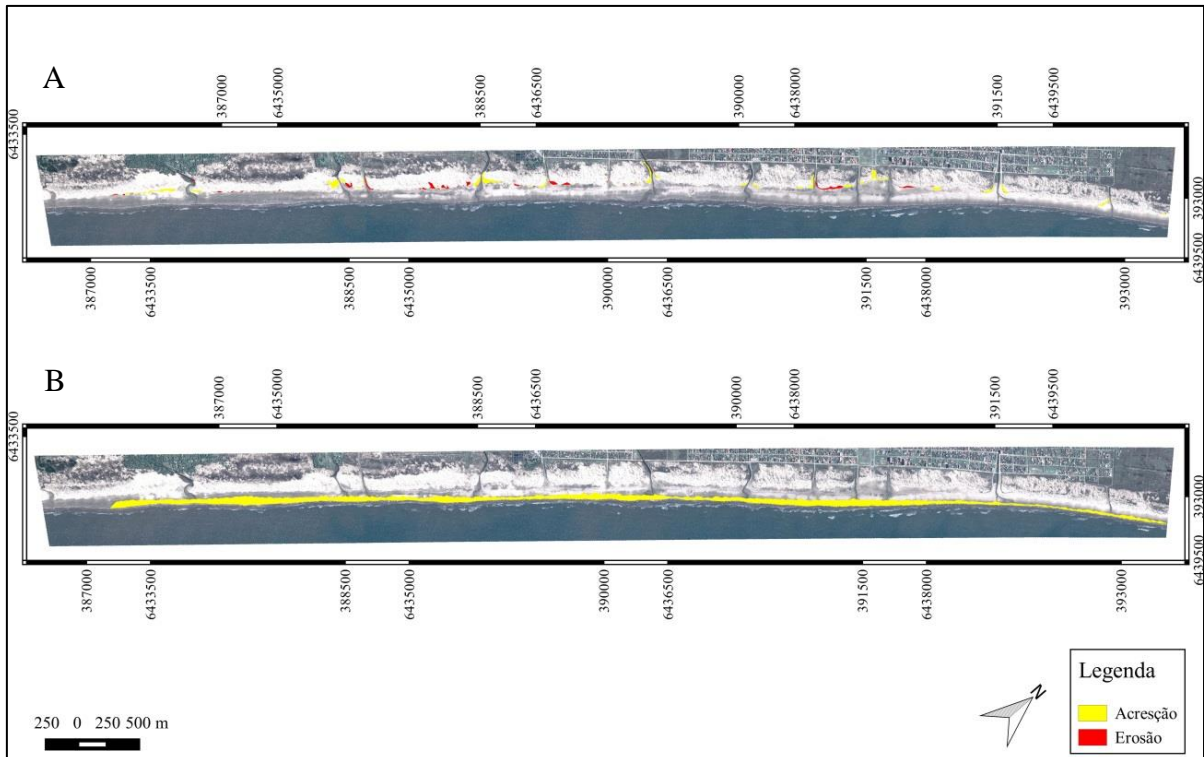


Figura 24: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2009 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre os anos de agosto/2009 e abril/2012 a linha do LSP (Figura 25 (A)) indicou erosão nas desembocaduras dos sangradouros e na parte norte da área de estudo, onde a incidência de onda foi maior no período. Os resultados de acresção apareceram ao longo de praticamente toda a costa. De acordo com a Tabela 14 houve 248337 m² de acresção e 17539 de erosão, sendo o deslocamento médio de aproximadamente 26,66 m. Isso retrata o desenvolvimento dunar e aumento do pós-praia no período.

A preamar (Figura 25 (B)) apresentou maior parte em erosão, sobretudo no trecho norte e sul da área, com uma pequena extensão na área mais central de acresção. A Tabela 14 mostra que houve acresção de 25419 m² e erosão de 153897 m², com deslocamento médio negativo de aproximadamente -14,84 m. Nota-se que onde houve maior energia de onda no ano de 2012 em relação ao ano de 2009 foi onde se obteve as maiores taxas de erosão, provavelmente pelo maior nível da maré em 2012 do que em 2009.

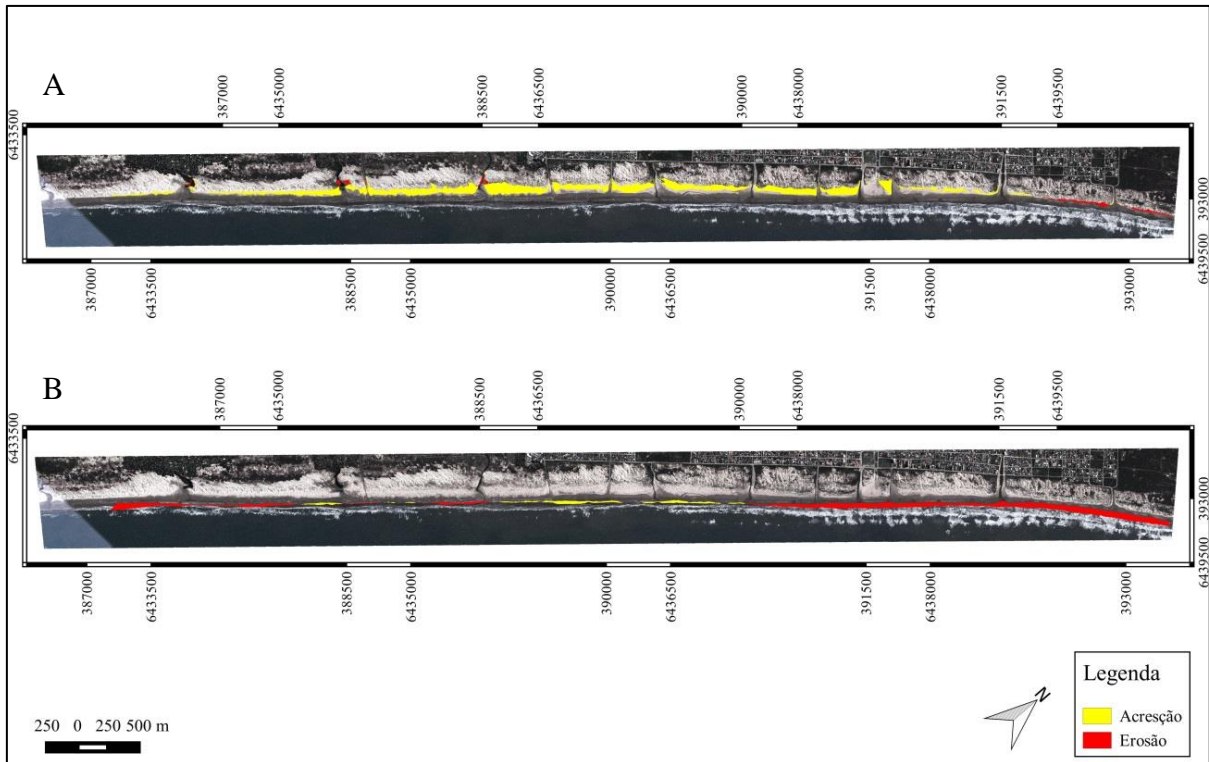


Figura 25: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2009 e 2012 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre o período de abril/2012 e junho/2015 a linha do LSP (Figura 26 (A)) apresentou algumas taxas de erosão associadas às desembocaduras dos sangradouros, principalmente ao sangradouro mais ao sul da área de estudo. As taxas de acreção predominam em praticamente toda a linha de costa. A Tabela 14 mostra que houve 120057 m² de acreção e 12654 de erosão, com deslocamento médio de 12,41 m.

A linha de preamar (Figura 26 (B)) apresentou significativa acreção em toda a orla, contando com maiores taxas em dois setores, uma mais a norte e outra a sul da área de estudo. A Tabela 14 mostra que houve 505607 m² de acreção e deslocamento médio de 58,41 m.

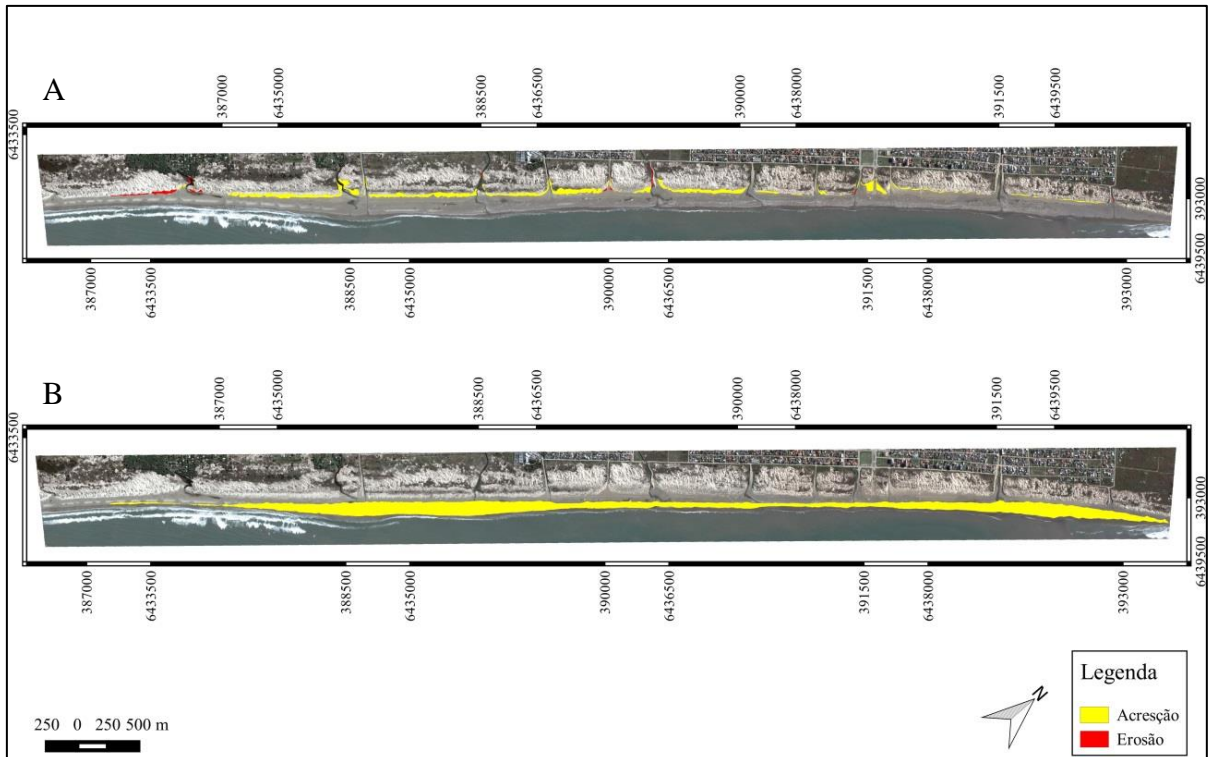


Figura 26: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2012 e 2015 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2012 e 2015 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal.

Nota-se que houve propagação de onda apenas nos setores sul e extremo norte da área de estudo, isso porque houve deposição de lama na costa no centro e norte da área de estudo. Essa lama absorve a energia de onda, fazendo com que ela perca a força e não se propague na costa. Esse é o principal fator que contribuiu para a acresção significativa da zona de praia (preamar) desses setores.

A diferença entre os anos de 2006 e 2015 indica que o Balneário Cassino sofreu um grande processo de acresção, em comparação aos outros balneários analisados. Para a linha do LSP (Figura 27 (A)) houve algumas pequenas taxas de erosão de 12482 m² que ficaram associadas ao sangradouro mais a sul da área de estudo e uma porção no setor norte e acresção de 370792 m². Esse grande acréscimo deve-se ao aporte sedimentar proveniente da antepraia que tanto atenua a energia de onda na praia como promove o desenvolvimento dunar.

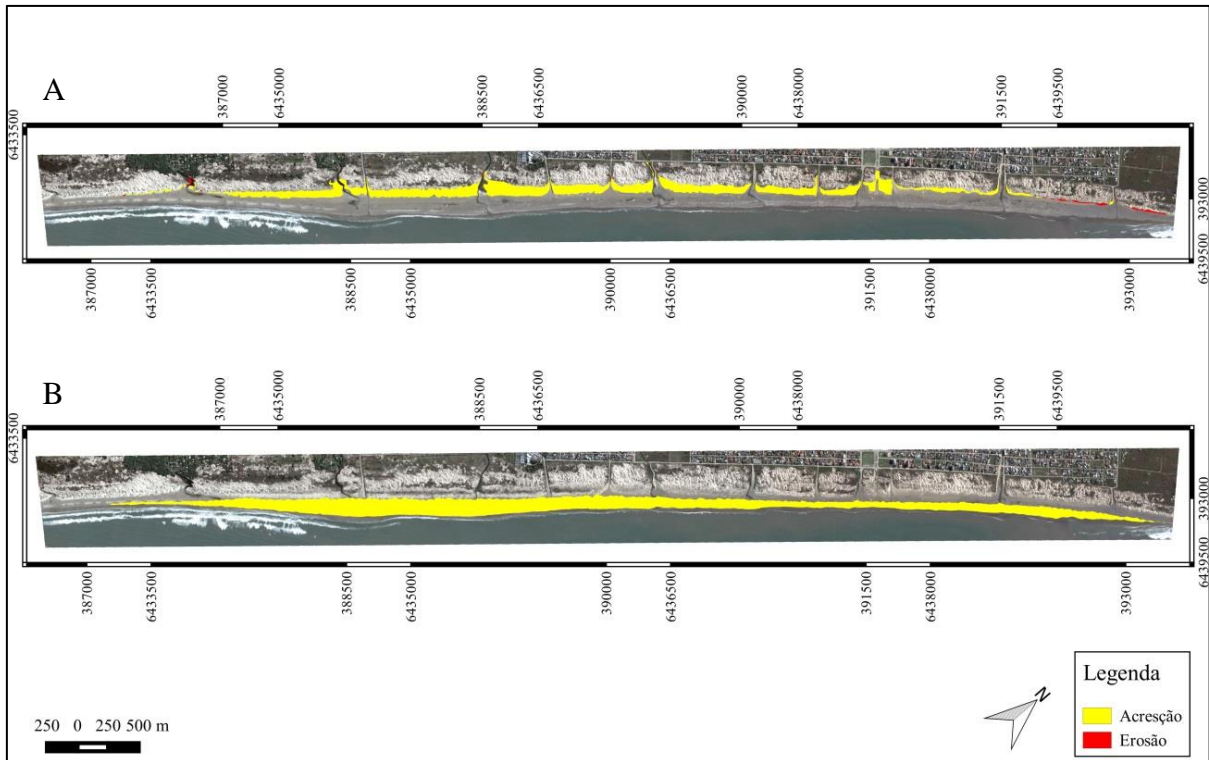


Figura 27: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Cassino. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2006 e 2015 para o Balneário Cassino. Fonte: Karine Bastos Leal.

A linha de preamar (Figura 27 (B)) apresentou apenas acresção de 671614 m² ao longo de toda a área estudada. Com destaque para a zona onde houve deposição de lama na costa. A atenuação da energia promoveu uma alteração da zona de surfe.

5.4 Balneário da Barra do Chuí

5.4.1 Aspectos climáticos no período de captação das imagens

5.4.1.1 Imagem de 9/4/2003

A Figura 28 representa o mosaico de 09/04/2003 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. Pode-se observar um molhe (desembocadura do Arroio Chuí) ao sul da área de estudo seguido de quatro sangradouros até o norte da cena. Nota-se, também, as ondas se dissipando ao longo da costa.

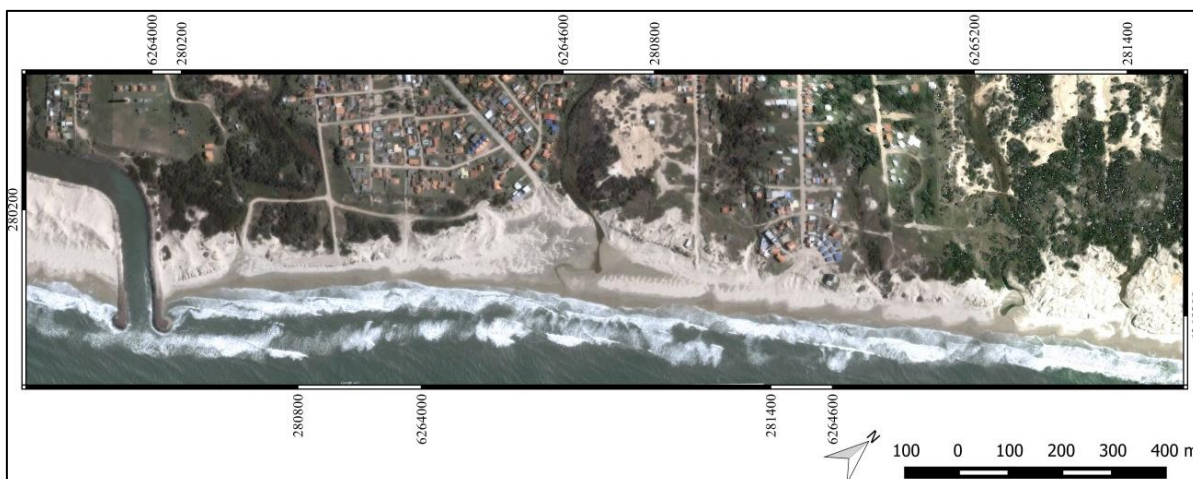


Figura 28: Mosaico de 09/04/2003 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí.

A primeira imagem da Barra do Chuí foi captada no outono de 2003. De acordo com a tabela em anexo, pôde-se observar para o ano de 2003 que começa com período de *El Niño* com índice MEI entre 58-54 de janeiro a março, quando começa a diminuir e entra em período de normalidade até o final do ano. No mês de aquisição da imagem (abril) o MEI estava 44-30, indicando um período de normalidade. A Tabela 15 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 15: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 2/4/2003 e 9/4/2003 para o Balneário da Barra do Chuí.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|-------------------------------------|-------------------------|---|
| 02/04/2003 | 9,42 | 13,82 | Leste | 102045 |
| 03/04/2003 | 7,46 | -70,67 | Sudeste | 102168 |
| 04/04/2003 | 10,29 | 89,89 | Norte | 101560 |
| 05/04/2003 | 11,30 | -49,95 | Sudeste | 101515 |
| 06/04/2003 | 9,67 | -4,09 | Leste | 101533 |
| 07/04/2003 | 4,17 | 69,96 | Nordeste | 101360 |
| 08/04/2003 | 2,64 | -72,39 | Sul | 101280 |
| 09/04/2003 | 6,39 | -62,11 | Sudeste | 101180 |
| Máximo | 11,30 | 89,89 | | 102168 |
| Média | 7,67 | -10,69 | | 101580 |
| Mínimo | 2,64 | -72,39 | | 101180 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Os dados do período mostram que a menor velocidade do vento ocorreu no dia 08/04/2003. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 05/04/2003. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 6 m/s. Houve um dia de vento de norte, um dia de vento nordeste, dois dias de vento leste, três dias de vento sudeste e um dia de vento sul, com predominância de vento de sudeste. Em relação à pressão atmosférica houve pressão abaixo da média a partir do dia 04/04/2003. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média. O vento sul/sudeste dos últimos dois dias provavelmente gerou uma pequena ondulação do quadrante sul.

5.4.1.2 Imagem de 18/7/2005

A Figura 29 representa o mosaico de 18/07/2005 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. Pode-se observar o aumento de duas desembocaduras, totalizando seis sangradouros. Nota-se, também, que houve maior energia de ondas se dissipando ao longo da costa, em comparação ao ano de 2003.

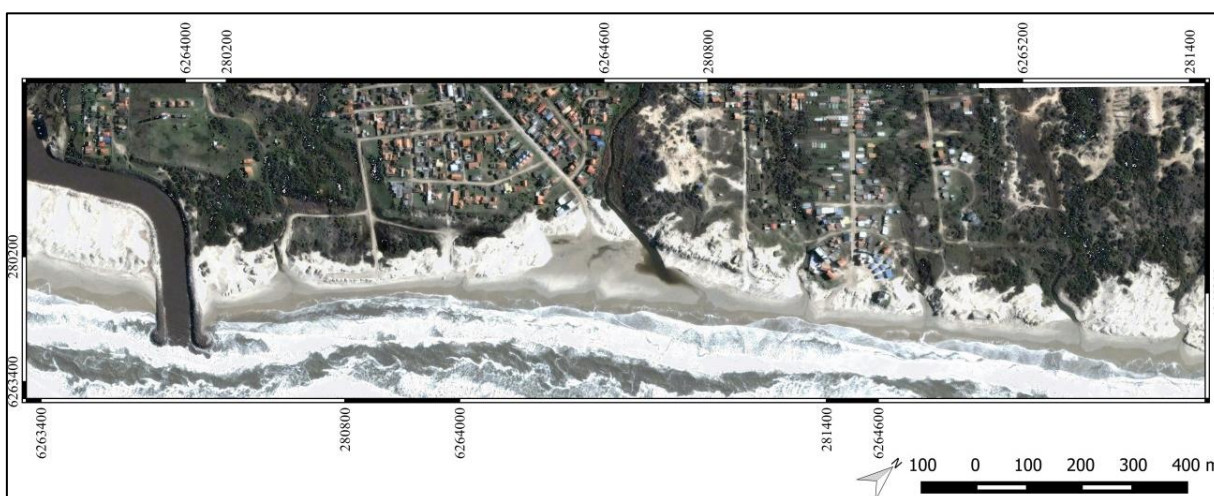


Figura 29: Mosaico de 18/07/2005 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí.

A segunda imagem da Barra do Chuí foi obtida no inverno de 2005. De acordo com a tabela em anexo, pôde-se observar para o ano de 2005 que começa com período de *El Niño* com índice MEI 53 aumentando até o mês de maio, quando começa a diminuir. No mês de aquisição da imagem (julho) o MEI estava 44-40, indicando um período de normalidade. A Tabela 16 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 16: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 11/7/2005 e 18/7/2005 para o Balneário da Barra do Chuí.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|-------------------------------------|-------------------------|---|
| 11/07/2005 | 4,70 | 88,78 | Norte | 102285 |
| 12/07/2005 | 3,10 | -63,19 | Sudeste | 102548 |
| 13/07/2005 | 9,24 | 34,41 | Nordeste | 102168 |
| 14/07/2005 | 7,29 | 8,04 | Leste | 101655 |
| 15/07/2005 | 1,19 | 56,98 | Nordeste | 101298 |
| 16/07/2005 | 4,81 | -3,58 | Leste | 100523 |
| 17/07/2005 | 12,81 | 33,93 | Nordeste | 100850 |
| 18/07/2005 | 16,43 | 61,06 | Nordeste | 101313 |
| Máximo | 16,43 | 88,78 | | 102548 |
| Média | 7,45 | 27,05 | | 101580 |
| Mínimo | 1,19 | -63,19 | | 100523 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Neste período de inverno, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 15/07/2005. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 18/07/2005 (dia da captação da imagem), com aproximadamente 16 m/s. Houve um dia de vento de norte, quatro dias de vento nordeste, dois dias de vento leste e um dia de vento sudeste, com predominância de vento de nordeste. Em relação à pressão atmosférica, houve pressão abaixo da média a partir do dia 14/07/2005. Houve pico de baixa pressão no dia 16/07/2005. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média. Na data da imagem, mesmo com vento nordeste, houve ondas de alta energia do quadrante sul. Isso retrata que nem sempre as condições do tempo local se associam a agitação marítima.

5.4.1.3 Imagem de 7/10/2009

A Figura 30 representa o mosaico de 07/10/2009 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. Pode-se observar uma diminuição das desembocaduras em relação à imagem anterior, apresentando em 2009 apenas cinco sangradouros. Nota-se, também, que houve energia de onda se dissipando ao longo da costa e sobre-elevação da maré.

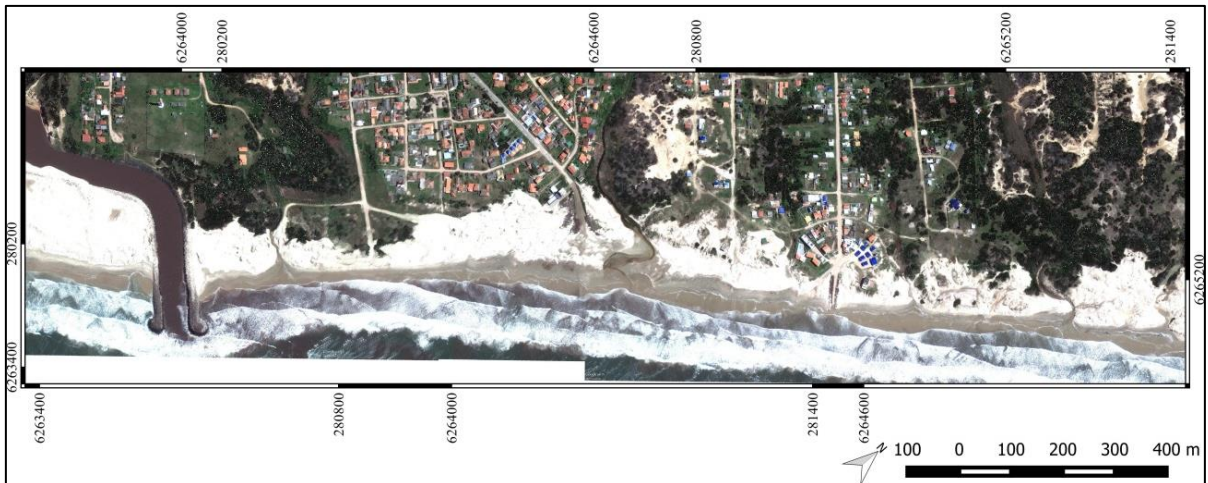


Figura 30: Mosaico de 07/10/2009 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí.

Diferentemente das duas primeiras, a terceira imagem da Barra do Chuí foi capturada na primavera. De acordo com a tabela em anexo, no ano de 2009 houve de janeiro a março índice MEI entre 17-18, o qual indica ocorrência de *La Niña*. A partir de maio até dezembro houve ocorrência de *El Niño*, com índice MEI variando entre 49-58. No mês de aquisição da imagem (outubro) o índice MEI estava entre 57-56. A Tabela 17 mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 17: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre 30/9/2009 e 7/10/2009 para o Balneário da Barra do Chuí.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|---|--------------------------------|---------------------|--|
| 30/09/2009 | 7,71 | -15,03 | Leste | 102985 |
| 01/10/2009 | 6,66 | 69,80 | Nordeste | 102485 |
| 02/10/2009 | 4,92 | -1,51 | Leste | 101575 |
| 03/10/2009 | 2,91 | 36,20 | Nordeste | 102002 |
| 04/10/2009 | 8,74 | 48,85 | Nordeste | 101972 |
| 05/10/2009 | 13,74 | 40,28 | Nordeste | 100782 |
| 06/10/2009 | 9,71 | 32,38 | Nordeste | 101235 |
| 07/10/2009 | 10,79 | 47,07 | Nordeste | 102287 |
| Máximo | 13,74 | 69,80 | | 102985 |

| | | | |
|---------------|------|--------|--------|
| Média | 8,15 | 32,25 | 101915 |
| Mínimo | 2,91 | -15,03 | 100782 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

Neste período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 03/10/2009. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 05/10/2009. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 12 m/s. Houve seis dias de vento de nordeste, dois dias de vento leste, com predominância de vento de nordeste. Quanto à pressão atmosférica neste período, pôde-se observar que houve pressão abaixo da média no dia 02/10/2009, 05/10/2009 e 06/10/2009. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média, incluindo o dia da captação da imagem. Mesmo com ventos de nordeste, as ondas parecem ter chegado do quadrante sul.

5.4.1.4 Imagem de 14/10/2013

A Figura 31 representa o mosaico de 14/10/2013 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí. Pode-se observar o aumento de desembocaduras, voltando a apresentar seis sangradouros. Nota-se, também, que houve menor energia de ondas se dissipando ao longo da costa, em comparação ao ano de 2009 e as demais analisadas.

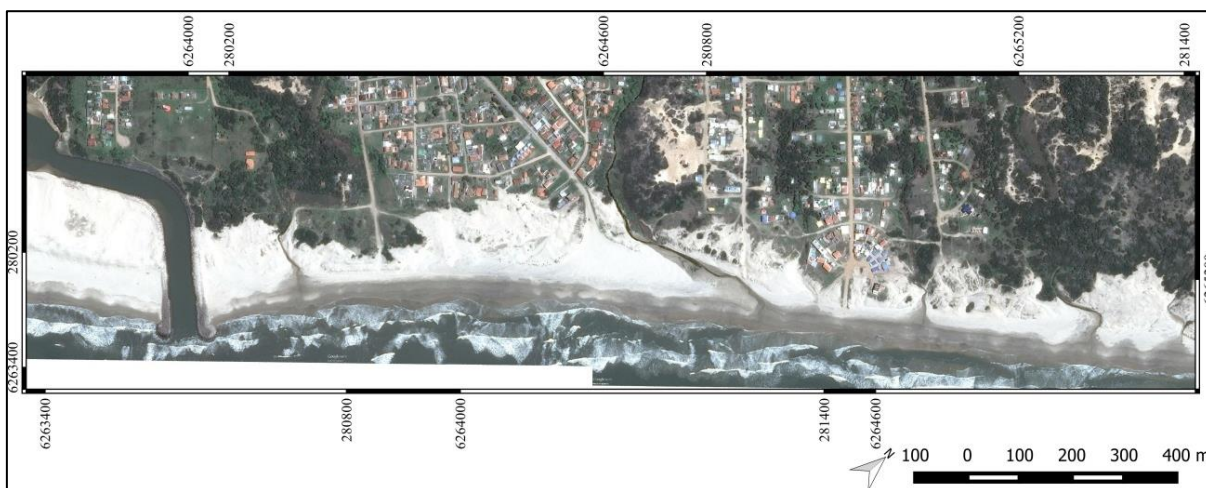


Figura 31: Mosaico de 14/10/2013 da orla urbanizada do Balneário da Barra do Chuí.

A última imagem da Barra do Chuí, assim como a terceira, foi obtida na primavera. De acordo com a tabela em anexo, no ano de 2013 houve período de normalidade entre janeiro e maio, com índice MEI entre 38-22.5. Entre junho e agosto houve índice de 19-15, o qual indica La Niña. De setembro a dezembro houve índice MEI variando entre 30-28.5. A Tabela 18

mostra os dados meteorológicos do período de sete dias antes a aquisição da imagem até a data de aquisição da mesma.

Tabela 18: Dados médios diários de velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica reduzida ao nível do mar e precipitação entre os dias 07/10/2013 e 14/10/2013 para o Balneário da Barra do Chuí.

| Data | Velocidade do vento Intensidade (m/s) | Direção do vento (Graus) | Direção do Vento | Pressão Atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) |
|---------------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| 07/10/2013 | 3,39 | -45,00 | Leste | 102760 |
| 08/10/2013 | 5,73 | 29,61 | Sudeste | 102655 |
| 09/10/2013 | 10,55 | 40,70 | Norte | 102172 |
| 10/10/2013 | 5,23 | 53,94 | Sudeste | 102000 |
| 11/10/2013 | 7,14 | -24,41 | Leste | 102062 |
| 12/10/2013 | 9,45 | -48,04 | Nordeste | 102007 |
| 13/10/2013 | 6,97 | -60,79 | Sul | 101570 |
| 14/10/2013 | 8,60 | 26,21 | Sudeste | 101347 |
| Máximo | 10,55 | 53,94 | | 102760 |
| Média | 7,13 | -3,47 | | 102072 |
| Mínimo | 3,39 | -60,79 | | 101347 |

Fonte: NCEP-NCAR/NOAA (Agência Americana para o Estudo dos Oceanos e Atmosfera).

No período, a menor velocidade do vento ocorreu no dia 07/10/2013. A maior velocidade do vento foi registrada no dia 09/10/2013. No dia da captação da imagem o vento apresentou velocidade de aproximadamente 8 m/s. Ocorreu um dia vento norte, um dia de vento nordeste, dois dias de vento leste, três dias de vento sudeste e um dia de vento sul. Houve pressão abaixo da média a partir do dia 10/10/2013, incluindo o dia da captação da imagem. Nos outros dias ocorreu pressão acima da média.

5.4.2 Variação da linha de costa

Os dados da Tabela 19 apresentam os resultados da variação da linha de costa para o Balneário da Barra do Chuí entre o período de 2003 a 2013.

Tabela 19: Representação quantitativa da variação da linha de costa para as linhas de preamar marinha e limite superior de praia (LSP) para a Barra do Chuí no período de 2003-2013.

| Linha | Período | Dinâmica | Área (m²) | Comprimento da linha base (m) | Saldo | Deslocamento Médio (m) |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------------------|
| Preamar | 2003 – 2005 | Acresção | 4940 | 1883,51 | -5523 | -2,93 |
| | | Erosão | -10463 | | | |
| LSP | 2003 – 2005 | Acresção | 4414 | 1883,51 | -916 | -0,49 |
| | | Erosão | -5330 | | | |
| Preamar | 2005 – 2009 | Acresção | 687 | 1883,51 | -21209 | -11,26 |
| | | Erosão | -21896 | | | |
| LSP | 2005 – 2009 | Acresção | 19289 | 1883,51 | 12013 | 6,38 |
| | | Erosão | -7276 | | | |
| Preamar | 2009 – 2013 | Acresção | 67358 | 1883,51 | 67358 | 35,76 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2009 – 2013 | Acresção | 3380 | 1883,51 | -1455 | -0,77 |
| | | Erosão | -4835 | | | |
| Preamar | 2003 – 2013 | Acresção | 41934 | 1883,51 | 41934 | 22,26 |
| | | Erosão | 0 | | | |
| LSP | 2003 – 2013 | Acresção | 18479 | 1883,51 | 8662 | 4,60 |
| | | Erosão | -9817 | | | |

Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre os anos de abril/2003 e julho/2005 a linha do LSP, de acordo com a Figura 32 (A), apresentou bastante variação ao longo da orla, com áreas de erosão intercaladas com áreas de acresção. A Tabela 19 mostra que houve 4414 m² de acresção e 5330 m² de erosão, sendo o deslocamento médio de -0,49 m.

A linha de preamar (Figura 32 (B)) apresentou certa variação também, com maior parte da área de acresção no setor sul da área de estudo. A Tabela 19 indica que houve 4940 m² de acresção e 10463 m² de erosão, com deslocamento médio de -2,93 m. Ressalta-se que na cena de 2005 o mar estava com maior energia de onda que na cena de 2003, isso pode influenciar o resultado de maior erosão.

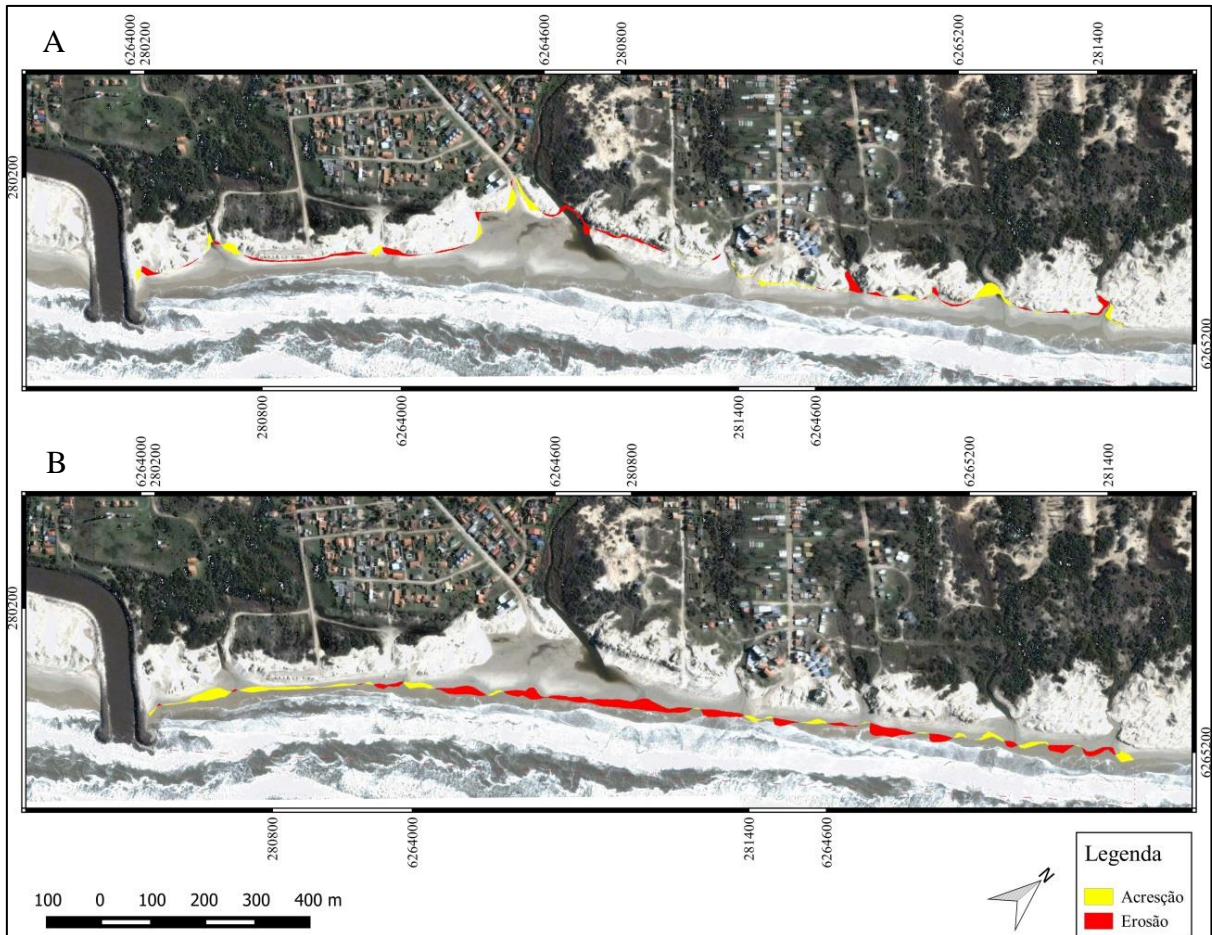


Figura 32: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2003 e 2005 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2003 e 2005 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre período de julho/2005 e outubro/2009, a LSP (Figura 33 (A)) apresentou variações ao longo da orla com maior taxa de erosão próxima ao molhe (sul) e acresção ao norte da área de estudo. De acordo com a Tabela 19 houve maior acresção do que erosão, sendo o ganho de 19289 m^2 e a perda de 7276 , com deslocamento médio positivo de aproximadamente $6,38 \text{ m}$.

A linha de preamar (Figura 33 (B)) indicou que houve mais erosão ao longo da linha de costa, com alguns poucos trechos de acresção. A Tabela 19 mostra que houve maior erosão do que acresção, sendo 21896 m^2 e 687 m^2 , respectivamente. O deslocamento médio indicou aproximadamente $-11,26 \text{ m}$ de erosão.

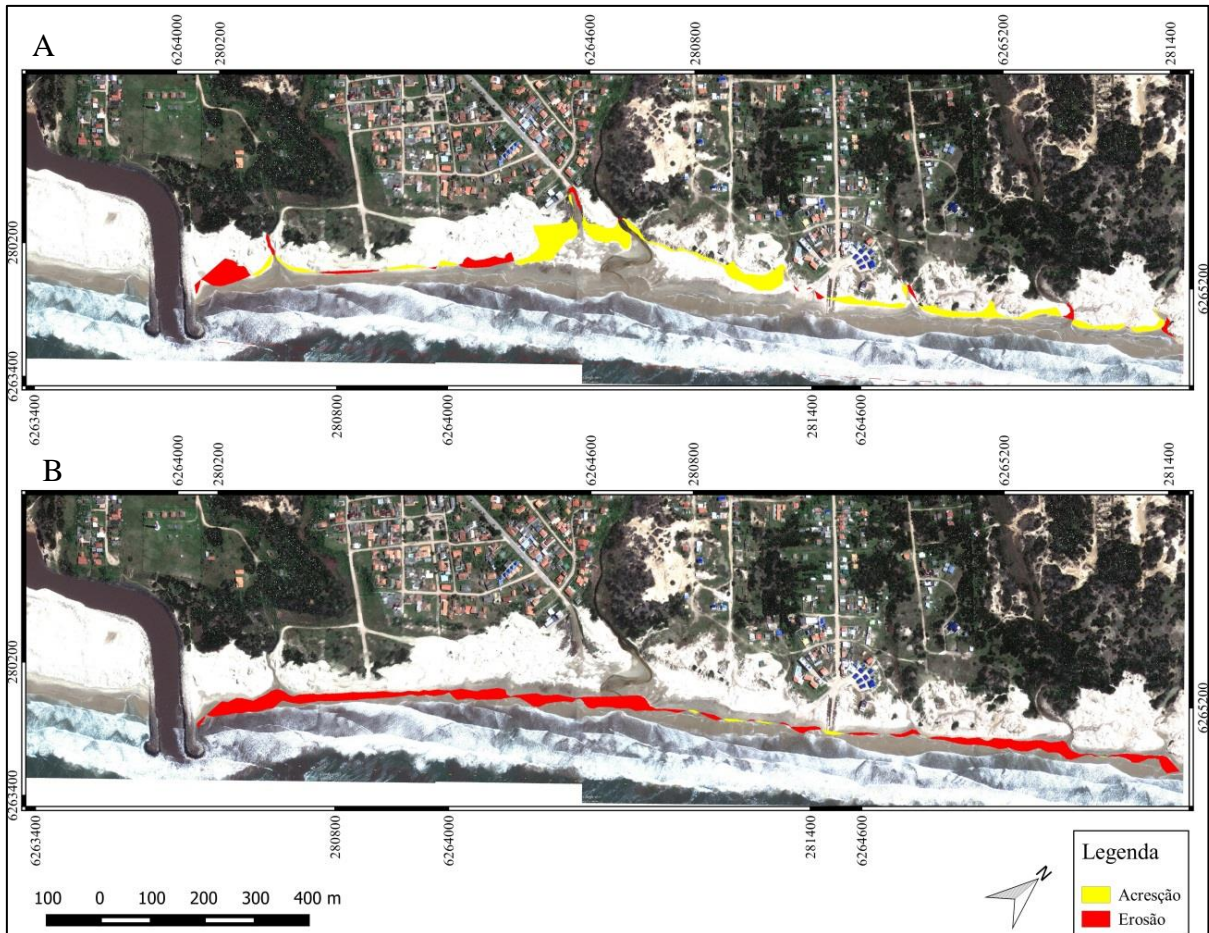


Figura 33: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2005 e 2009 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2005 e 2009 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal

Entre os anos de outubro/2009 e outubro/2013 a linha do LSP (Figura 34 (A)) apresentou algumas áreas estáveis intercaladas com áreas de erosão e acreção. As maiores taxas de erosão estão associadas ao sangradouro mais a norte da área de estudo. A Tabela 19 mostra que houve acreção de 3380 m² e erosão de 4835 m², sendo assim, o deslocamento médio foi de aproximadamente -0,77 m.

A variação da linha de preamar (Figura 34 (B)) apresentou ao longo de toda a linha de costa apenas acreção. A Tabela 19 indica acreção de 67358 m². Com isso, o deslocamento médio foi positivo de aproximadamente 35,76 m. Como no ano de 2009 houve maior energia de onda dissipando na costa, isso pode ser um fator que explique a acreção dessa linha. Contando que a maré estava mais alta no ano de 2009 em relação ao ano de 2013.

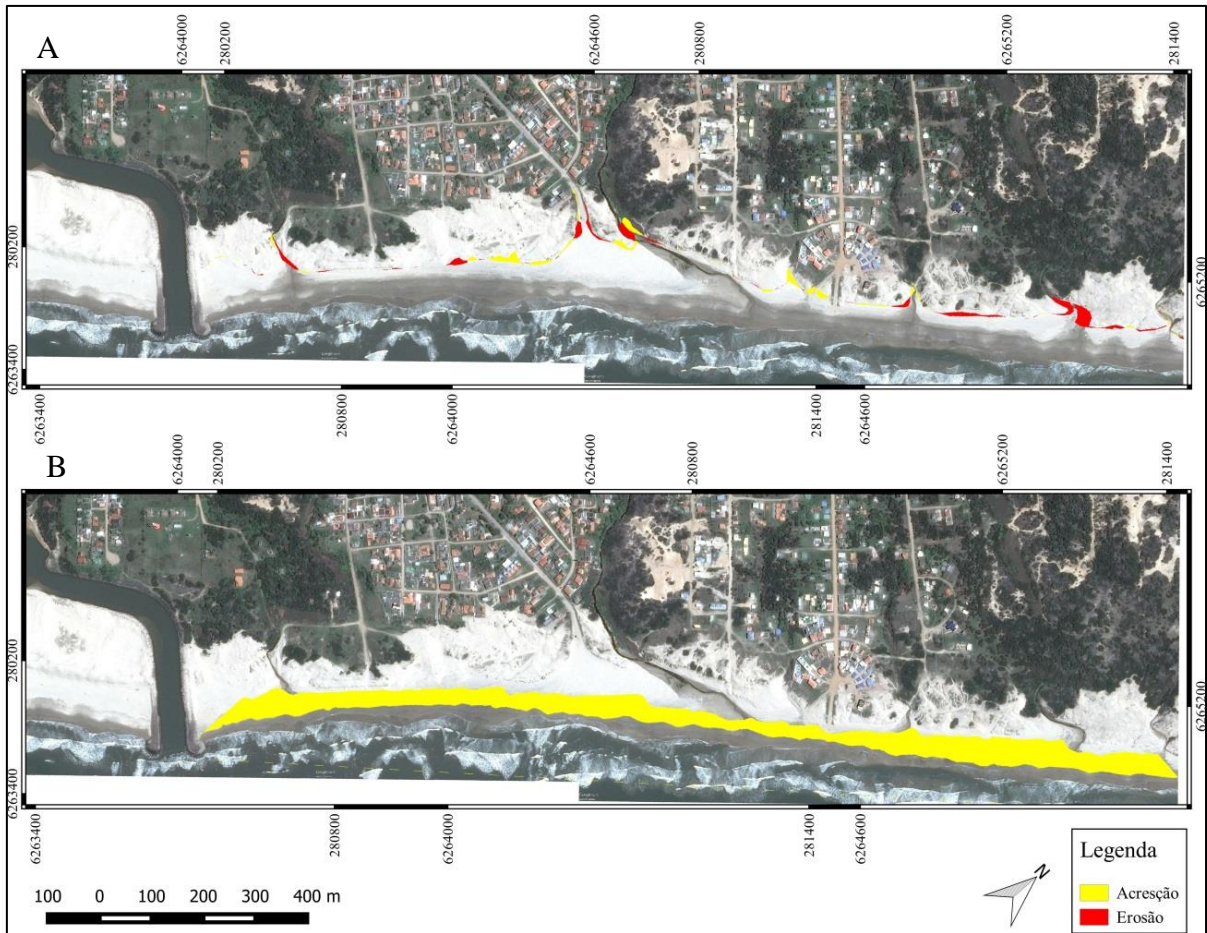


Figura 34: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2009 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2009 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal.

Entre os anos de abril/2003 e outubro/2013 a LSP (Figura 35 (A)) indicou que a parte mais próxima ao molhe foi a mais erodida, seguida de alguns trechos ao longo da linha de costa. Isso pode ocorrer devido à deriva litorânea, que pode ser interferida pelo molhe. A maior acresção aparece na zona mais central da área de estudo. A Tabela 19 mostra que houve 18479 m² de acresção e 9817 de erosão, com deslocamento médio positivo de 4,60 m.

Ressalta-se que essa foi uma das cenas mais difíceis a ser vetorizada devido aos depósitos eólicos na base da duna. Estes depósitos podem ser confundidos com as dunas, já que apresentam a mesma resolução espectral.

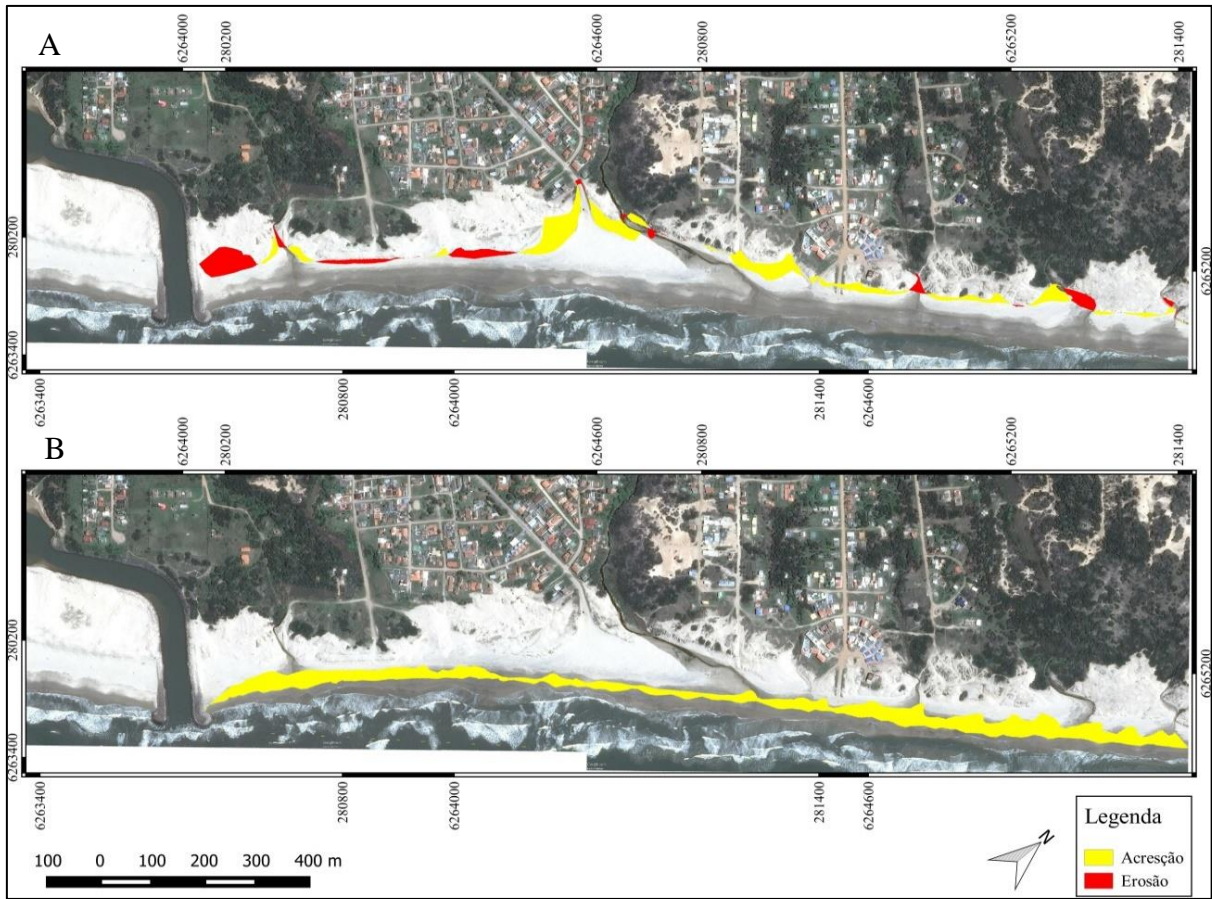


Figura 35: A) Representação da variação da linha do limite superior de praia entre os anos de 2003 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. B) Representação da variação da linha de preamar entre os anos de 2003 e 2013 para o Balneário da Barra do Chuí. Fonte: Karine Bastos Leal.

A linha de preamar (Figura 35 (B)) apresentou acresção ao longo de toda costa estudada, de acordo com a Tabela 19 houve 41934 m². Sendo assim, o deslocamento médio foi positivo de 22,26 m.

5.5 Comportamento síntese da variação da linha de costa

Entende-se que a linha de costa é um ambiente de alta instabilidade no espaço e no tempo. A linha d'água varia a cada instante, afetando a linha de preamar e até mesmo o limite superior de praia (evento de alta energia). A variação do mar forma e altera as praias e as dunas, que compõem neste caso barreiras costeiras. A Tabela 20 apresenta uma síntese dos dados de variação da linha de costa, em escala interanual, para os quatro balneários estudados.

Tabela 20: Síntese do deslocamento médio para as linhas de preamar e limite superior de praia para os Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí.

| Balneário | Período | Deslocamento médio (m) da linha de preamar | Taxa de variação anual (preamar) | Deslocamento médio (m) do LSP | Taxa de variação anual (LSP) |
|---------------|-------------|--|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Mostardense | 2005 – 2014 | -11,8 | -1,31 | -19,68 | -2,19 |
| | 2006 – 2009 | 16,44 | 5,48 | 4,79 | 1,60 |
| Mar Grosso | 2009 – 2012 | 2,36 | 0,79 | 3,52 | 1,17 |
| | 2012 – 2014 | 40,17 | 20,09 | 1,03 | 0,52 |
| | 2014 – 2015 | -9,24 | -9,24 | 3,98 | 3,98 |
| Cassino | 2006 – 2009 | 34,04 | 11,35 | 2,32 | 0,77 |
| | 2009 – 2012 | -14,84 | -4,95 | 26,66 | 8,89 |
| | 2012 – 2015 | 58,41 | 19,47 | 12,41 | 4,14 |
| Barra do Chuí | 2003 – 2005 | -2,93 | -1,47 | -0,49 | -0,25 |
| | 2005 – 2009 | -11,26 | -2,82 | 6,38 | 1,60 |
| | 2009 – 2013 | 35,76 | 8,94 | -0,77 | -0,19 |

Fonte: Karine Bastos Leal

De acordo com a Tabela 20 constata-se que o Balneário Mostardense apresentou tanto no LSP quanto na preamar erosão da linha de costa. No LSP houve erosão de quase 20 metros, o que em valores anuais representaria cerca de 2 m/ano. Infelizmente só há duas cenas disponíveis no banco de dados da *Google* para a área, o que não permite inferir mais sobre este processo erosivo.

O Balneário Mar Grosso apresentou algumas diferenças nas datas estudadas, quanto à variação da linha de costa. Entre os anos de 2012 e 2014 houve uma diferença discrepante de 39,14 m, apesar da linha do LSP e preamar crescerem. Entre 2014 e 2015 a preamar apresentou deslocamento médio negativo (erosão) e a linha do LSP apresentou crescimento. Para esse balneário estima-se que houve maior taxa de variação anual para a linha de preamar entre os anos de 2012 e 2014 de 20,09 m. Para o LSP a maior taxa de variação anual foi entre os anos de 2014 e 2015. Diferentemente do Mostardense, neste predominaram valores positivos.

O Balneário Cassino apresentou resultados distintos para as duas linhas também. Entre 2006 e 2009 as duas linhas cresceram, porém com uma diferença de 31,72 m. Entre 2009 e 2012 a linha de preamar erodiu e a linha do LSP cresceu. Entre 2012 e 2015 as duas linhas cresceram, porém com uma diferença de 46 m. Estima-se que a maior taxa de variação anual para a linha de preamar foi entre os anos de 2012 e 2015. Para o LSP a maior taxa de variação

anual ocorreu entre os anos de 2009 e 2012. A tabela acima mostra valores mais elevados para este local em relação aos demais, o que pode ser relacionado ao alto aporte sedimentar para o local no período analisado.

Já o Balneário da Barra do Chuí apresentou entre 2003 e 2005 erosão para as duas linhas analisadas. Entre 2005 e 2009 a linha de preamar erodiu e o LSP cresceu e entre 2009 e 2013 ocorreu o inverso, a preamar cresceu e o LSP erodiu. Estima-se que a maior taxa de variação anual da linha de preamar ocorreu entre os anos de 2009 e 2013 e a menor variação anual entre os anos de 2003 e 2005. Para o LSP a maior variação anual foi entre os anos de 2005 e 2009 com 1,60 m e a menor taxa entre os anos de 2009 e 2013 com -0,19 m. A tabela acima mostra que neste houveram as maiores discrepâncias entre os valores, tanto positivos quanto negativos.

A PCRS pode ser caracterizada como um ambiente homogêneo, com áreas de topografia suave e sedimentos com alta maturidade. No entanto, estudos recentes mostram heterogeneidade tanto na característica da Barreira Holocênica (DILLENBURG *et al.*, 2005) quanto da praia (PEREIRA, 2005). Estas diferenças são importantes para a análise da variação da linha de costa nos balneários estudados. Os movimentos de erosão e acreção da linha de costa tem relação com a gênese da PCRS. Dillenburg *et al.* (2005b) classificou a Barreira Holocênica do Rio Grande do Sul em progradante (regressão marinha e/ou tendência acresciva), retrogradante (transgressão marinha e/ou tendência erosiva) e ascendente (apresenta certa estabilidade). A praia do Cassino, onde se encontrou os maiores valores acrescivos, está situada sobre o principal trecho de barreira progradante do Estado. A praia do Mar Grosso também se encontra em um segmento progradante, porém menos desenvolvido, e coincidentemente teve resultados acrescivos menos expressivos que o Cassino no limite superior da praia. Estas áreas localizam-se em um trecho bastante embaiado da PCRS, com maior atenuação de onda e ainda com influência da desembocadura da Lagoa dos Patos, que fornece sedimentos para a plataforma adjacente. Analisando os dados coletados por Calliari e Klein (1993), para o litoral sul, juntamente com os dados de Barletta & Calliari (2000) para o litoral médio e os dados de Dillenburg *et al.* (2005a) para o litoral norte, pode-se constatar que a praia do Cassino é a que menos sofre com as ações de energias de ondas na costa, devido sua declividade.

O Balneário Mostardense está situado em um trecho convexo da barreira, com maior energia de onda. Ao sul há significativa erosão da linha de costa, com afloramento de turfas, enquanto que ao norte predomina certa estabilidade entre erosão e acreção (ABSALONSEN & TOLDO JR., 2007). Os dados obtidos no LSP mostram que o balneário apresenta uma linha de costa erosiva, embora se tenha apenas dois anos de análise. Toldo *et al.*, (2006), explicam

que o balanço de sedimentos ao longo do litoral médio do estado, associa a retração com os segmentos que apresentam elevadas taxas de deriva litorânea, e a progradação com os locais onde registra-se a mudança de alinhamento dos segmentos praias. Nestes locais ocorre o engarrafamento da deriva litorânea, que produz deposição dos sedimentos arenosos e consequente alargamento do sistema praial ou, desde o campo de dunas costeiras até a antepraia. Com essa afirmação pode-se entender os resultados de erosão para o Balneário Mostardense, o qual estaria numa zona de retração, ou seja, perdendo sedimentação.

Vintém (2004) discute que enquanto uma porção costeira pode estar sofrendo processos erosivos pela ação de ondas e correntes, outras regiões distantes apenas 10 metros de cada lado podem se encontrar estáveis devido à posição e geometria dos bancos arenosos submersos. Resultados deste tipo foram encontrados nesse trabalho nos quatro balneários estudados e por Oliveira (2005) e Oliveira & Calliari (2006) para o Balneário Mar Grosso. No litoral médio ocorrem as maiores variações da linha de costa no Rio Grande do Sul, apresentando deslocamentos de 150 m no trecho entre o Balneário Mostardense e do Mar Grosso. As variações anuais da linha de costa no litoral médio apresentam um padrão ondulatório, no qual áreas em erosão ocorrem adjacentes a áreas em acreção e apresentam movimentos opostos em anos consecutivos (CALLIARI *et al.*, 2006). Portanto os valores negativos em Mostardense, acrescivos em Mar Grosso e altamente acrescivos no Cassino não necessariamente representam uma situação mais generalizada da linha de costa.

O Balneário da Barra do Chuí está em um trecho classificado como *mainland beach* (Sérgio Dillenburg, *com. pess.*). Neste, um pequeno segmento Holocênico de caráter transgressivo (barreira retrogradante) se acopla a depósitos Pleistocênicos. Embora os dados não evidenciem claramente a erosão da linha de costa, o afloramento de depósitos Pleistocênicos na duna frontal, turfas e lamas lagunares a menos de 3 km da área parecem indicar a retrogradação da barreira. Isso pode ser um indício da limitação da metodologia, mais precisamente da escolha das cenas e da vetorização. Nas duas últimas imagens analisadas para este local havia depósitos eólicos no pós-praia, o qual pode ter interferido na vetorização do limite superior de praia. Na Barra do Chuí há presença dos molhes podem interferir, mesmo que sutilmente, na deriva litorânea. Houve no período analisado maiores taxas erosivas próximas ao molhe.

Inicialmente a gênese da barreira parece ter influência sobre o atual deslocamento da linha de costa nos trechos da orla urbana, sobretudo sobre o limite superior da praia (LSP). No entanto, como já discutido, a linha de costa sofre outras interferências de fatores em distintas

escalas temporais. Um desses fatores são as mudanças climáticas em escalar secular. No último século houve aumento de temperatura da Terra e mais eventos como o *El Niño*. Isso tem gerado aumento do nível relativo do mar e causado tempestades mais severas (IPCC, 2014). De acordo com Albuquerque (2013) os eventos de *El Niño* sobrepostos às anomalias térmicas na temperatura da superfície do mar (TSM) somados ao vento SW geram uma intensificação dos eventos extremos no litoral sul do RS, tendo como efeito a subida do nível do mar no local. Foram nessas situações que o autor obteve as maiores taxas de retração da linha de costa para o Balneário Hermenegildo – Santa Vitória do Palmar. Já Pereira *et al.* (2011), em síntese, afirmam que em anos de *El Niño* as frentes frias enfraquecem e em anos de *La Niña* há um fortalecimento desses sistemas devido a mudança dos padrões de circulação de grande escala. A transição entre ambos pode ser importante também.

No período analisado nesse trabalho houve mais eventos de *El Niño* do que de *La Niña*. Houve anos com considerável precipitação, mas também alguns anos de estiagem. Os períodos de maiores taxas de erosão evidenciados na costa nos últimos anos não ocorreram no período analisado, sendo os mais severos ocorridos entre 1996 e 1999 (ALBUQUERQUE, 2013) e em 2016 (ainda não descrito na literatura). Contudo, obtiveram-se taxas de erosão significativas para o Balneário Mostardense, o qual mostra sua alta vulnerabilidade a este processo. No Cassino e no Mar Grosso o grande aporte de sedimentos do estuário, o qual tem relação com o *El Niño*, somado às dragagens portuárias, contribuíram para o significativo processo acrescivo, provavelmente além do que pode se esperar para uma barreira progradante natural. No Cassino as imagens mostram um período de deposição de lama fluída na praia, fato que ocorreu sobretudo na porção defrontante ao balneário (PORTO, 2016). A relação entre o índice MEI e taxas de variação da linha de costa foram analisadas de forma incipiente neste trabalho. De qualquer forma foi válida pelo menos como reflexão. Mais estudos sobre esta relação devem ser realizados e podem ser importantes para prevenção de desastres naturais na região.

As diferenças no comportamento morfodinâmico entre as praias do Rio Grande do Sul são evidenciadas pela declividade da praia, características erosivas e hidrodinâmica associada. Em contrapartida a esse padrão geral, existe um comportamento sazonal. Movimentos sazonais dos materiais costeiros criam usualmente amplas praias no verão e estreitas praias no inverno, em um verdadeiro ciclo anual (MARTINS *et al.*, 2004). Na primavera e no verão tende a predominar acrescção sedimentar, devido à baixa energia de onda e no outono e inverno erosão, dados os eventos de alta energia. Existe também o fator eólico, o qual carrega sedimento sobre o pós-praia. Isso ocorre predominantemente na primavera. A deposição eólica em alguns casos

pode ter interferido na vetorização do limite superior de praia, contando que algumas imagens utilizadas são dessa estação. Tais depósitos eólicos podem ser confundidos com dunas frontais, dadas semelhanças na resolução espectral. Contudo, devido à grande influência dos sistemas frontais na costa do RS, pode ocorrer erosão nos meses de verão e acresção nos meses de inverno, devido ao enfraquecimento ou inexistência desses sistemas (CALLIARI & KLEIN, 1993). Durante a ação de marés de tempestades, vastas áreas podem ser inundadas em questão de horas. Essas “tormentas” podem causar efeitos distintos, como a acumulação (deposição) de lama ao longo das costas, como no caso do Balneário Cassino (MARTINS *et al.*, 2004) e processos erosivos acentuados, como no Hermenegildo (ESTEVES *et al.*, 2001). Desta forma torna-se importante uma análise descritiva das características meteorológica e oceanográficas em períodos anteriores a imagens aéreas analisadas.

Em relação aos dados meteorológicos analisados, esses podem ser pouco relevantes para o limite superior de praia, o qual apresenta padrões de variação em escalas temporais maiores, em geral com pouca probabilidade de ocorrerem justamente na semana anterior às cenas captadas. No entanto, estes dados podem ser importantes para a análise da linha de preamar marinha, já que esta pode variar rapidamente conforme a ocorrência das marés meteorológicas e eventos de alta energia, que muitas vezes não danificam as dunas frontais. Por exemplo, para o período entre 2006 e 2009; 2012 e 2014 (Mar Grosso) 2006 e 2009 (Cassino) 2009 e 2013 (Barra do Chuí), os dados meteorológicos somados a observação das cenas sugerem que a maré esteve mais alta na cena anterior em relação a mais recente analisada. Nesse caso, os resultados de acresção para a linha de preamar podem ter sido influenciados pelas características meteorológicas e oceanográficas do período anterior a captação das cenas. Também houve datas, como entre 2014 e 2015 (Mar Grosso) 2009 e 2012 (Cassino) 2003 e 2005; 2005 e 2009 (Barra do Chuí) que no ano mais recente a maré provavelmente estava mais alta em relação a cena anterior. Desta forma, os resultados de erosão da linha de preamar também podem ter sofrido influência das características meteorológicas e oceanográficas do período anterior a captação das cenas. Ocorreram casos em que essa relação não existiu, como em 2005 e 2014 (Balneário Mostardense), o que evidencia neste caso um deslocamento da linha de costa como um todo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Balneário Mostardense entre os anos de 2005 e 2014, em síntese, apresentou para as duas linhas de controle analisadas (preamar marinha e limite superior de praia) comportamento erosivo. As taxas foram elevadas, com deslocamento médio (variação total ao longo da linha de costa) de -11,80 m para a preamar e -19,68 m para o LSP. As pequenas taxas de acreção para o LSP estão principalmente associadas à desembocadura a sul da área de estudo.

O Balneário Mar Grosso entre os anos de 2006 e 2015 apresentou comportamento da linha de costa variável. A maior acreção do LSP está associada ao plano de manejo de dunas, as outras taxas de acreção se deram ao longo da linha de costa. O processo erosivo mais acentuado está associado às desembocaduras dos sangradouros, devido sua alta dinâmica. A linha de preamar, sem síntese, apresentou-se acrescida.

O Balneário Cassino entre os anos de 2006 e 2015 apresentou taxas acrescidas bastante significativas, tanto para a linha de preamar como para o LSP. Como já discutido, o balneário está em uma faixa litorânea que favorece sua alta sedimentação, tanto pela deriva litorânea como pela desembocadura da Lagoa dos Patos.

O Balneário da Barra do Chuí apresentou, entre os anos de 2003 e 2013, comportamento estável a erosivo. As maiores taxas de acreção estão associadas ao sangradouro ao centro da área de estudo, o qual mudou sua desembocadura de forma acentuada. Como já discuto, há evidências de afloramentos de depósitos Pleistocênicos na duna frontal, turfas e lamas lagunares a mesmo de 3 km da área parecem indicar a retrogradação da Barreira. Esse foi o único balneário que a metodologia empregada retratou resultado diferente do observado em campo. Isso pode estar associado às escolhas das cenas, dificuldade de vetorização devido ao depósito eólico e condições climáticas anteriores a captação das imagens.

Notou-se que muitas vezes os resultados para as linhas de controle (LPS e preamar marinha) não convergiam. Isso porque o limite superior de praia varia em escala temporal maior, tendo maior relação com a dinâmica da Barreira Holocênica, mas também com eventos extremos. No entanto, a linha de preamar marinha tem maior relação com as características meteorológicas e oceanográficas no período de captação das cenas. Sendo assim, ela se torna mais vulnerável às mudanças de marés e energia de ondas.

Contudo, considera-se que a metodologia empregada acompanhou os resultados esperados. Acredita-se que às geotecnologias somadas aos conhecimentos geográficos auxiliam com êxito o estudo da variação das linhas de costa.

REFERÊNCIAS

ABSALONSEN, L. 2006. *A influência da inflexão costeira na praia de Mostardas – RS sobre as variações da linha de praia*. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ABSALONSEN, L.; SARAIVA, J.M.B. 2003. Caracterização morfodinâmica das praias do Rio Grande do Sul. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/gerenciamento_153.pdf>. Acesso em: 06 de abril de 2016.

ABSALONSEN, L.; TOLDO JR., E.E. 2007. A Influência da Inflexão Costeira na Variabilidade da Linha de Praia em Mostardas – RS. *Revista Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 34 (1), p. 3-18.

ALBUQUERQUE, M.G. 2013. *Análise espaço-temporal das causas da variabilidade da linha de costa e erosão na praia do Hermenegildo, RS*. 112 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALBUQUERQUE, M.G.; ESPINOZA, J.M.A.; OLIVEIRA, A.; CORRÊA, I.; CALLIARI, L.J. 2013. Erosion or Coastal Variability: an evaluation of the DSAS and the Change Polygon methods for the determination of erosive processes on sandy beaches. In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T.J. (eds.), *Journal of Coastal Research*, v. 65, p. 1710-1714.

ANFUSO, G.; BOWMAN, D.; DANESE, C.; PRANZINI, E. 2016. Transect based analysis versus area based analysis to quantify shoreline displacement: spatial resolution issues. *National Center for Biotechnology Information*, v. 188(10), p. 1-14.

BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; ROSA, M.L.C.C. 2009. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Erosão em Longo Período. *Revista Sociedad Uruguaya de Geología - SUG*, n. 15, p. 94-97.

BARLETTA, R.C.; CALLIARI, L.J., 2000. Detalhamento dos aspectos atmosféricos e ondulatórios que determinam as características morfodinâmicas das praias do Litoral Central do Rio Grande do Sul. In: Anais o Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão. Vale do Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, p. 168-170.

BOAK, E.H.; TURNER, E.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, v. 21 (4), p. 688–703.

CALLIARI, L.J.; KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas* 20 (2), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 48-56.

CALLIARI, L.J.; TOLDO JR, E.E.; NICOLODI, J.L.; SPERANSKI, N.; ALMEIDA, L.E.S.B.; LIMA, S.F.; ESTEVES, L.S.; MARTINS, L.R. 2006. Rio Grande do Sul. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/rs_erosao.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

CARON, L. 2014. *Estratigrafia e evolução da barreira Holocênica na região costeira de Santa Vitória do Palmar, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. 127 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CUNHA, J.A.V. 2013. *Descrição de ações de manejo ocorridas entre 2005 e 2011 e seus reflexos no crescimento de dunas frontais no Balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS*. 36 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

DIAS, J. A., CARMO, J. A., POLETTE, M. 2009. As Zonas Costeiras no contexto dos Recursos Marinhos. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 9 (1). Disponível em: <<http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI9f1.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

DILLENBURG, S.R.; MARTINHO, C.T.; TOMAZELLI, L.J.; DORNELES, L.; SILVA, D.B. 2005b. Gradientes de altura de ondas ao longo da costa do Rio Grande do Sul. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0084_dillenburg_et_al_abequa.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2016.

DILLENBURG, S.R., TOMAZELLI, L.J., MARTINS, L.R., BARBOZA, E.G. 2005a. Modificações de longo período da linha de costa das Barreiras Costeiras do Rio Grande do Sul. In: Gravel, 3. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gravel/3/Gravel_3_02.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2016.

DOLAN, R.; HAYDEN, B.; MAY, S. 1980. The Reliability of Shoreline Changes Measurements from Aerial Photographs. *Shore and Beach* 48, p. 22-29.

EICHER, D.L. 1969. *Tempo Geológico*. São Paulo: E. Blucher.

ESTEVES, L.S. 2002. *Estado da arte dos métodos de mapeamento da linha de costa*. 81 f. Exame de Qualificação (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ESTEVES, L.S.; TOLDO JR., E.E., ALMEIDA, L.E.S.B.; NICOLODI, J.L. 2001. Erosão na costa do Rio Grande do Sul entre 1975-2000. In: VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/congresso2001_parte6.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2016.

IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change IPCC. 2014. *Climate Change 2014 Synthesis Report*. Cambridge Univ. Press.

KING, C.A.M. 1972. *Beaches and coasts*. Edward Arnold Publishers ltd, p. 570.

LEAL, K.B.; PERES, T.C. 2012. *Quantificação do comportamento da linha de costa do Saco do Boto - Ilha da Torotama, Rio Grande - RS, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geotecnologias*. 51 f. Monografia (Técnico em Geoprocessamento) – Curso Técnico em Geoprocessamento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Rio Grande.

LELIS, R. J. F. 2003. *Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais*

desembocaduras do Rio Grande do Sul. 79 f. Monografia (Graduação em Oceanologia) – Instituto de Oceanologia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.

MARQUES, W.C.; MONTEIRO, I.O.; MÖLLER O.O.; FERNANDES, E.H. 2005. A dinâmica da pluma costeira da Lagoa dos Patos, Brasil. In: II Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica. Disponível em: <<http://www.semengo.furg.br/2006/01.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2016.

MARTINS, L.R.; TABAJARA, L.L.; FERREIRA, E.R. 2004. Linha de Costa: problemas e estudos. In: Gravel, 2. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/gravel/2/Gravel_2_04.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2016.

MAZZER, A.M.; DILLENBURG, S.R. 2009. Variações Temporais da Linha de Costa em Praias Arenosas Dominadas Por ondas do Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). Pesquisas em Geociências, 36(1). Disponível em: < <http://www.ufrgs.br/igeo/pesquisas/3601/10-3601.pdf>> Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

MUEHE, D. 2004. Definição de Limites e Tipologias da Orla Sob os Aspectos Morfodinâmico e Evolutivo. Projeto Orla: subsídios de um projeto de gestão. Ministério do Meio Ambiente, 112007-30. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008110506.pdf> Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

OLIVEIRA, A.O. 2005. *Subsídios para o planejamento do Balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS: Avaliação de aspectos geomorfológicos e morfodinâmicos com auxílio de geotecnologias*. 118 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

OLIVEIRA, A.O.; CALLIARI, L.J. 2006. Morfodinâmica da Praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS. Gravel, 4. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/gravel/4/Gravel_4_02.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2016.

PEREIRA, N.; RIBEIRO, A.L.; D'INCAO, F. 2011. Influência dos fenômenos ENOS na ocorrência de frentes frias no extremo sul do Brasil. *Ciência e Natura*, Santa Maria, n. 33 (1). Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/download/9952/5980>>. Acesso em: 20 de outubro de 2016.

PEREIRA, P.S. 2005. *Variabilidade da orla oceânica do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos*. 160 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica.) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

PORTO, F.S. *Variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino – RS no período de 2006 a 2016*. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

SCHWEITZER, A. 2013. *Monitoramento da Linha de Costa: Uma Análise de Métodos e Indicadores Aplicados em Investigações na Escala de Eventos*. 147 f. Dissertação (Mestrado

em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SMITH, M.J.; CROMLEY, R.G. 2012. Measuring historical coastal change using GIS and the change polygon approach. *Transactions in GIS* 16 (1), p. 15.

SOUZA, C.R.G., FILHO, P.W.M.S., ESTEVES, L.S., VITAL, H., DILLENBURG, S.R., PATCHINEELAM, S.M., ADDAD, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. *Quaternário do Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto, p. 130-152.

STOCKDON, H.J.; SALLENGER, A.H.JR.; LIST, J.H. & HOLMAN, R.A., 2002. Estimation of shoreline position and change using airborne topographic lidar data. *Journal of Coastal Research* 18 (3), p. 502-513.

TOLDO JR, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B. 2003. A linha d'água como indicadora da posição da linha de praia. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/quatcost_88.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

TOLDO JR., E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.; BARROS, C.; BAITELLI, R.; MARTINS, L.R.; NICOLODI, J.L. 1999. Retreat of the Rio Grande do Sul coastal zone. In: MARTINS, L.R. E SANTANA, C.I. (Eds.). *Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin*. Porto Alegre, RS, Brasil: Editora CECO-IG-UFRGS, p. 62-68.

TOLDO Jr., E.E.; NICOLODI, J.L.; ALMEIDA, L.E.S.B.; CORRÊA, I.C.S.; ESTEVES, L.S. 2006. Coastal dunes and shoreface width as a function of Longshore transport. *Journal of Coastal Research* 39, p. 390-394.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1998. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70 (2), p. 221-229.

TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; VILLWOCK, J.A.; BARBOZA, G.E.; BACHI, A.F.; DEHNHARDT, A.B.; ROSA, C.C.L.M. 2007. Sistemas Depositionais e Evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Uma Síntese. *50 Anos de Geologia*. Editora Comunicação e Identidade, Porto Alegre, p. 327-339.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. 2000. O Cenozoico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M. & DE ROS, L.F. (Ed). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS. p. 375-406.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. 1995. Geological Evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain during the Quaternary. In: LOICZ Scientific Meeting, São Paulo. *Extended Abstracts*. São Paulo, SP.: USP, v. 1, p. 11-13.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. 2007. Planície Costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: BECKER, F.G.; RAMOS, R.A.; MOURA, L.A. (Org.). *Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. 1ªed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/SBF, 2007, p. 1-388.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1996. A Transgressão Marinha Atual na Costa do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39. Salvador. Anais do 39 Congresso Brasileiro de Geologia, v. 5, p. 296-299.

VITÉM, G. 2004. Projeto Lógico da Sistemática de Monitoramento da Morfodinâmica da Linha de Costa: Produto: 2. In: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente – Estado de Santa Catarina. p. 54.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodynamics variability of high energy surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, n. 56, p. 93-118.

ANEXOS

ÍNDICE MEI PARA O PERÍODO ENTRE 2003 E 2016

23/08/2016 MEI ranks from Dec/Jan 1940/50 up to the present

MEI Ranks (last update: 11 August 2016)

Bimonthly ranks of the MEI, since the beginning of record in Dec1949/Jan1950. If two MEI values are identical within the same bimonthly season, their rank is split between them, leading to a ".5" value. Missing values are left blank.

How can one interpret these ranks? Given that there are 67 numbers in each column, the lowest number (1) would denote the strongest La Nina case for that bimonthly season, while the highest number (66 or 67) would indicate the strongest El Nino case. For instance, in December-January (DECJAN), the strongest La Nina was recorded in 1974, while the strongest El Nino occurred in 1983.

If we use percentiles (say, 30%ile) to define La Nina, near-normal, and El Nino, MEI ranks from 1-20 denote strong to weak La Nina conditions, while 47-66 (48-67) denote weak to strong El Nino conditions. If one uses the quintile definition for (moderate or stronger) ENSO events, MEI ranks from 1-13 would denote La Nina, while 54-66 (55-67) would denote El Nino. Finally, the comparison figures on this website refer to strong ENSO events, such as might be defined by the top 7 (upper decile) ranks, such as 1-7 for La Nina, and 60-66 (61-67) for El Nino.

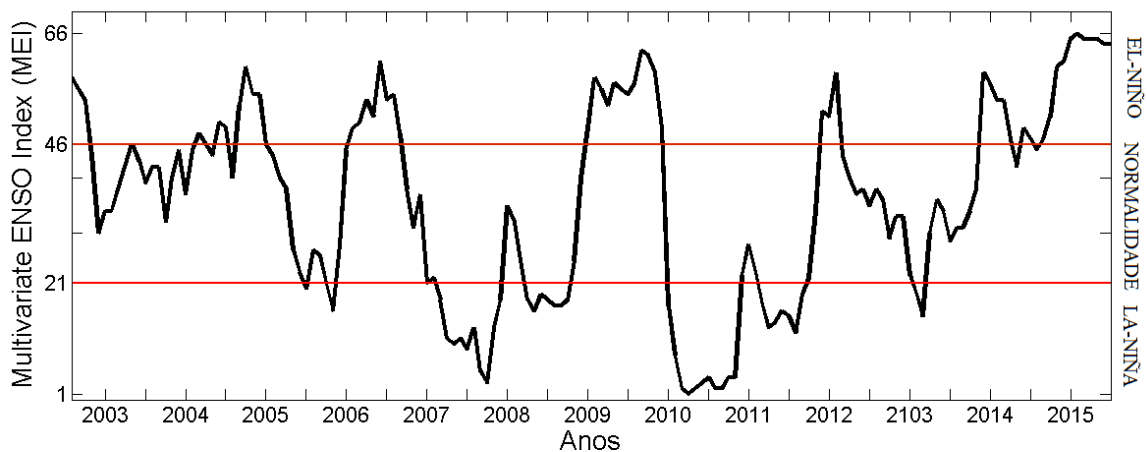
| YEAR | DECJAN | JANFEB | FEBMAR | MARAPR | APRMAY | MAYJUN | JUNJUL | JULAUG | AUGSEP | SEPOCT | OCTNOV | NOVDEC |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2003 | 58 | 56 | 54 | 44 | 30 | 34 | 34 | 38 | 42 | 46 | 43 | 39 |
| 2004 | 42 | 42 | 32 | 40 | 45 | 37 | 45 | 48 | 46 | 44 | 50 | 49 |
| 2005 | 40 | 53 | 60 | 55 | 55 | 46 | 44 | 40 | 38 | 27 | 23 | 20 |
| 2006 | 27 | 26 | 21 | 16 | 28 | 45 | 49 | 50 | 54 | 51 | 61 | 54 |
| 2007 | 55 | 48 | 38 | 31 | 37 | 21 | 22 | 18 | 11 | 10 | 11 | 9 |
| 2008 | 13 | 5 | 3 | 13 | 18 | 35 | 32 | 25 | 18 | 16 | 19 | 18 |
| 2009 | 17 | 17 | 18 | 25 | 40 | 49 | 58 | 56 | 53 | 57 | 56 | 55 |
| 2010 | 57 | 63 | 62 | 59 | 49 | 17 | 8 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2011 | 2 | 2 | 4 | 4 | 22.5 | 28 | 23 | 17 | 13 | 14 | 16 | 15 |
| 2012 | 12 | 19 | 22 | 34 | 52 | 51 | 59 | 44 | 40 | 37 | 38 | 35 |
| 2013 | 38 | 36 | 29 | 33 | 33 | 22.5 | 19 | 15 | 30 | 36 | 34 | 28.5 |
| 2014 | 31 | 31 | 34 | 38 | 59 | 57 | 54 | 54 | 47 | 42 | 49 | 47 |
| 2015 | 45 | 47 | 51 | 60 | 61 | 65 | 66 | 65 | 65 | 65 | 64 | 64 |
| 2016 | 65 | 65 | 64 | 64 | 62 | 58 | 37 | | | | | |

Next update: 10 September 2016

Link to numerical MEI values is [here](#).

Go back to [MEI homepage](#).

GRÁFICO DA VARIAÇÃO DO ÍNDICE MEI ENTRE OS ANOS DE 2003 E 2015



APÊNDICE

GRÁFICOS DE REPRESENTAÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

1 - Balneário Mostardense

Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mostardense, 2005. Fonte: Karine Bastos Leal.

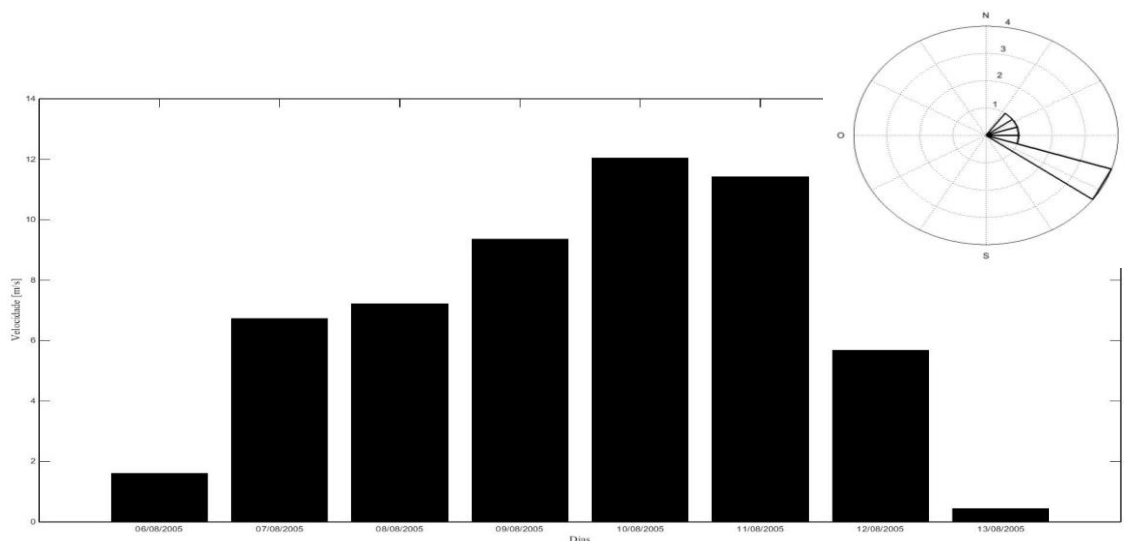
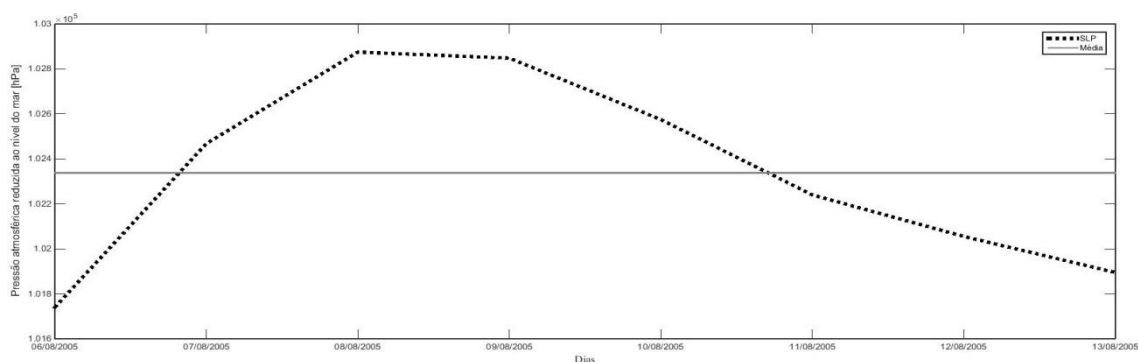


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] (SLP) para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mostardense, 2005. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mostardense, 2014. Fonte: Karine Bastos Leal.

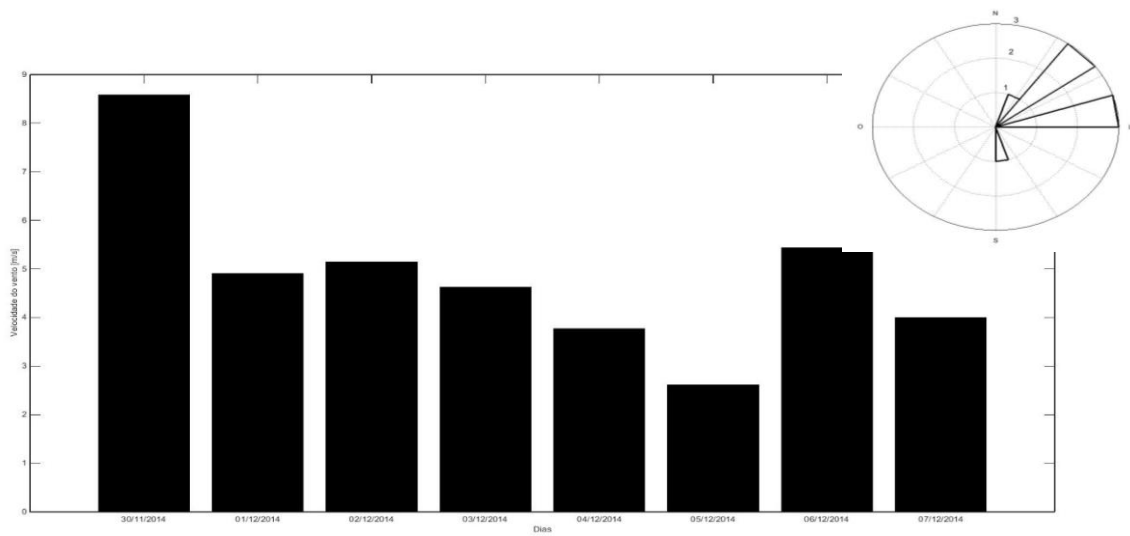
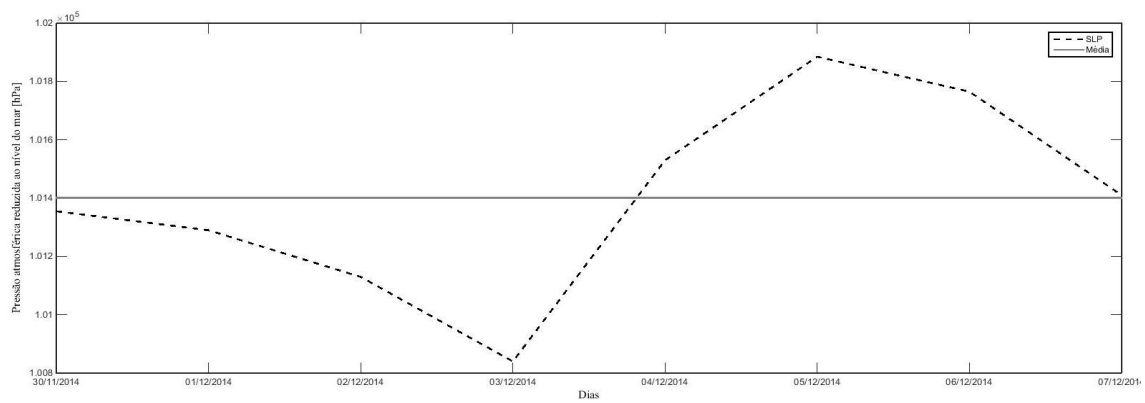


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mostardense, 2014. Fonte: Karine Bastos Leal.



2 - Balneário Mar Grosso

Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2006. Fonte: Karine Bastos Leal.

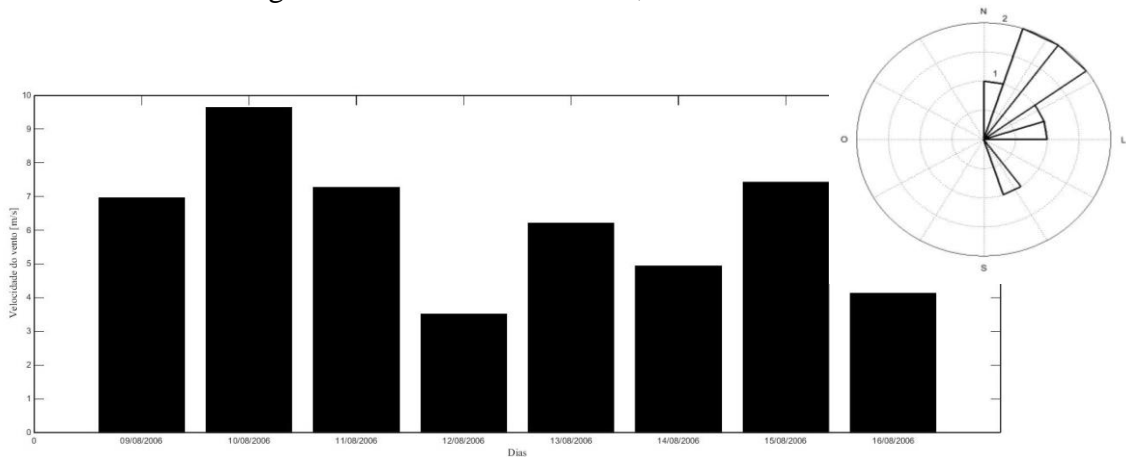
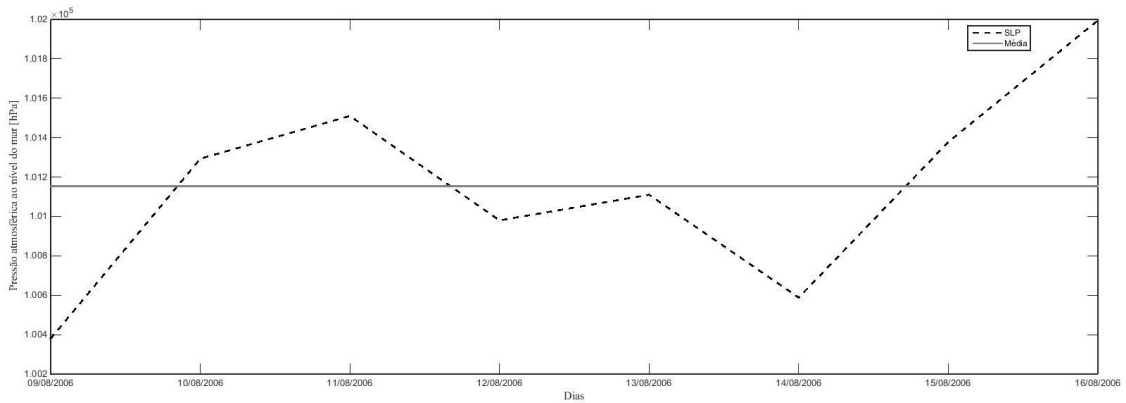


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2006. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.

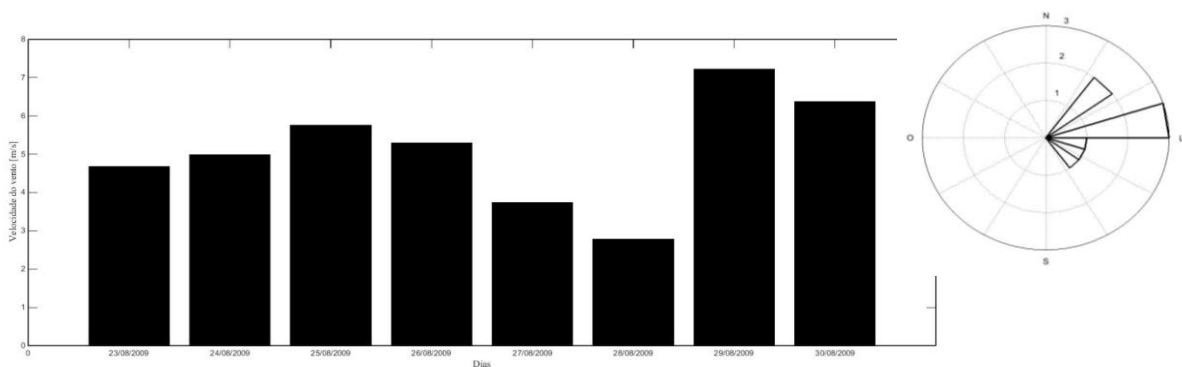
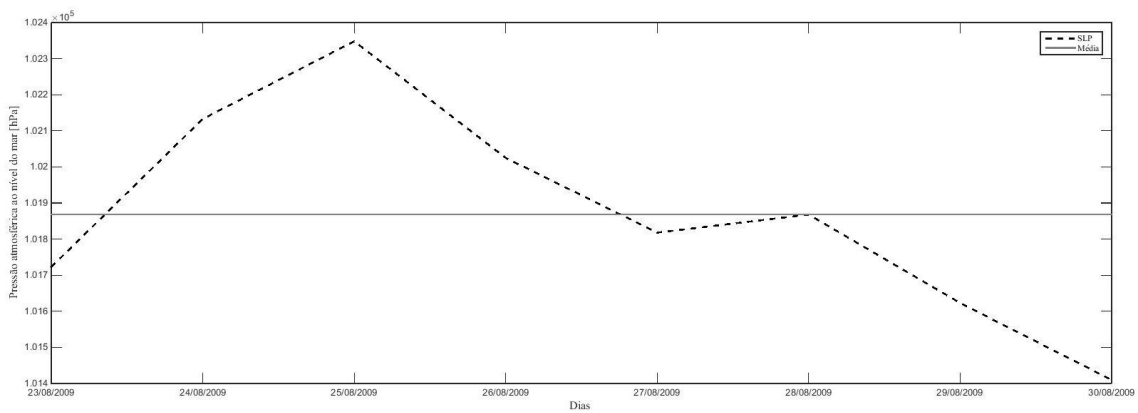


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2012. Fonte: Karine Bastos Leal.

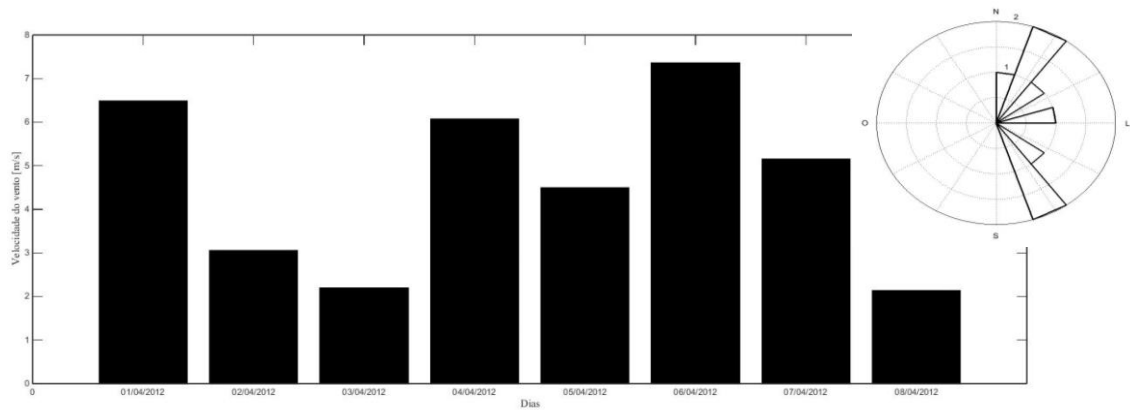
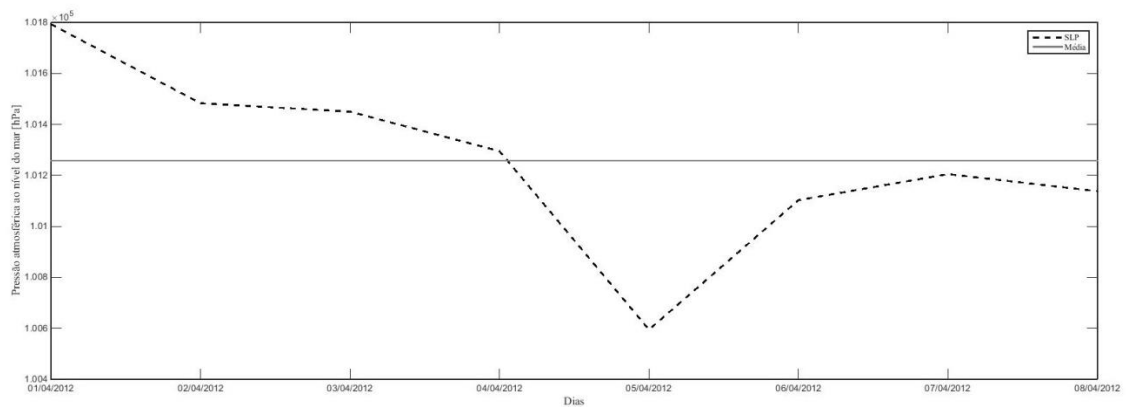


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2012. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2014. Fonte: Karine Bastos Leal.

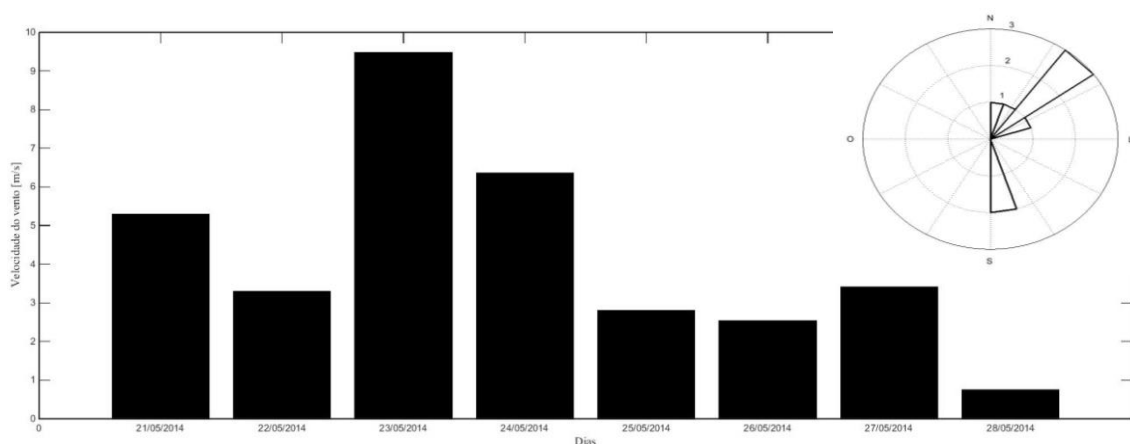
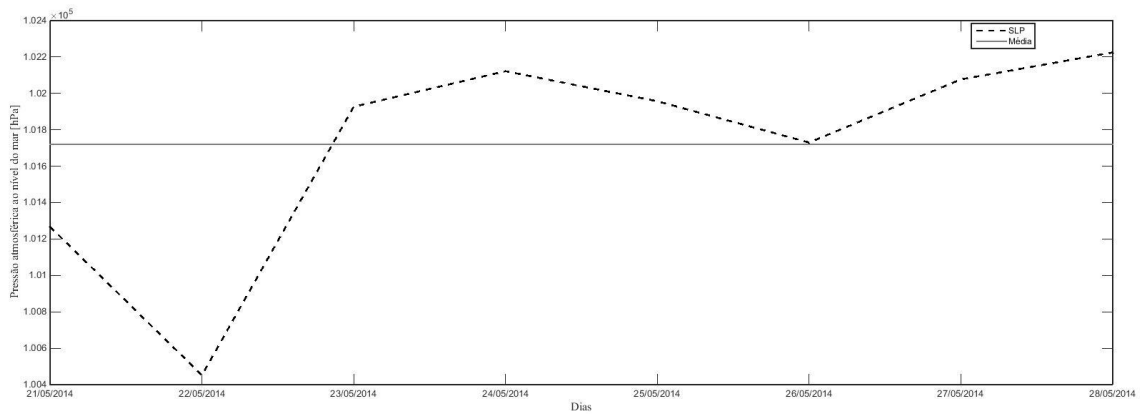


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2014. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2015. Fonte: Karine Bastos Leal.

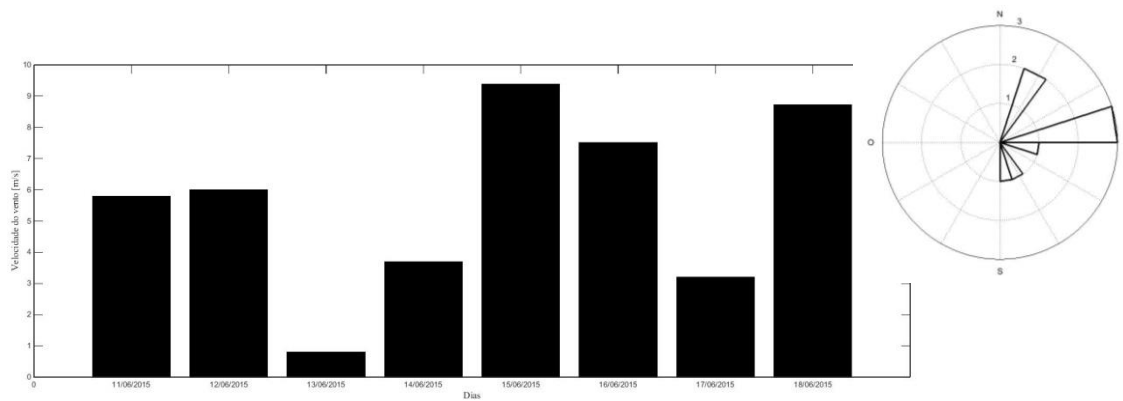
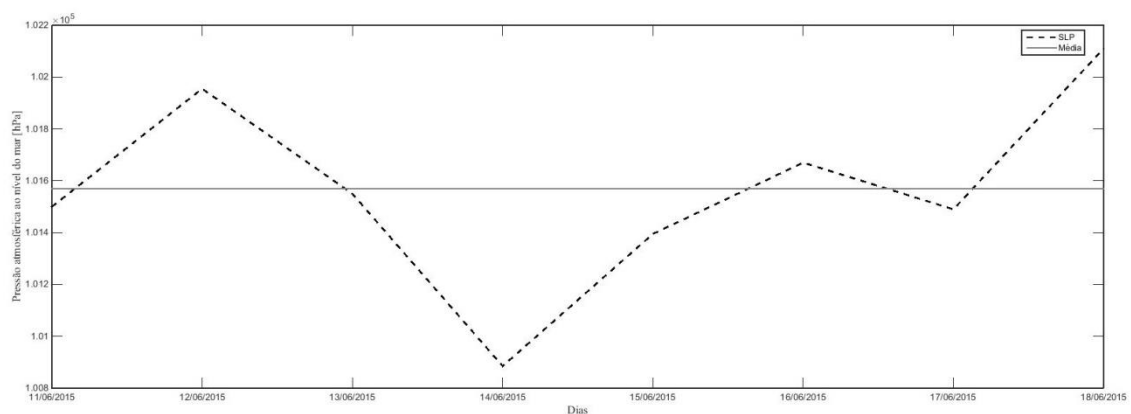


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Mar Grosso, 2015. Fonte: Karine Bastos Leal.



3 - Balneário Cassino

Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2006. Fonte: Karine Bastos Leal.

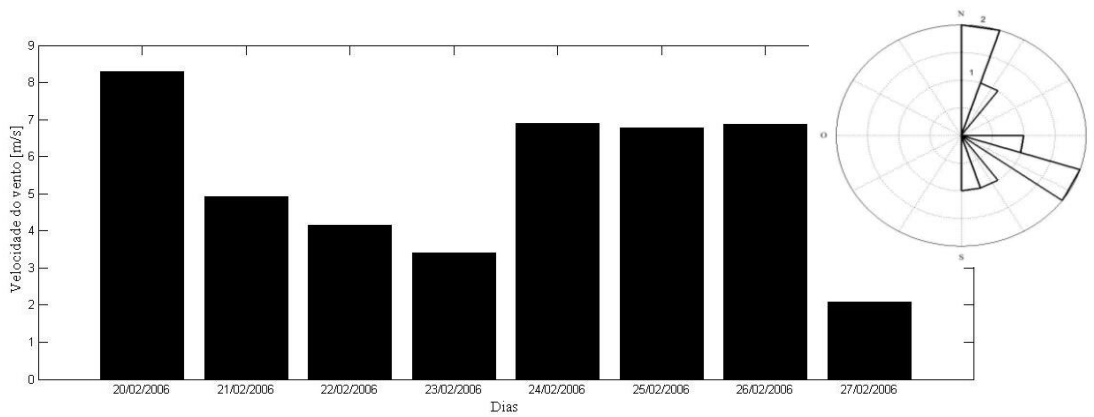
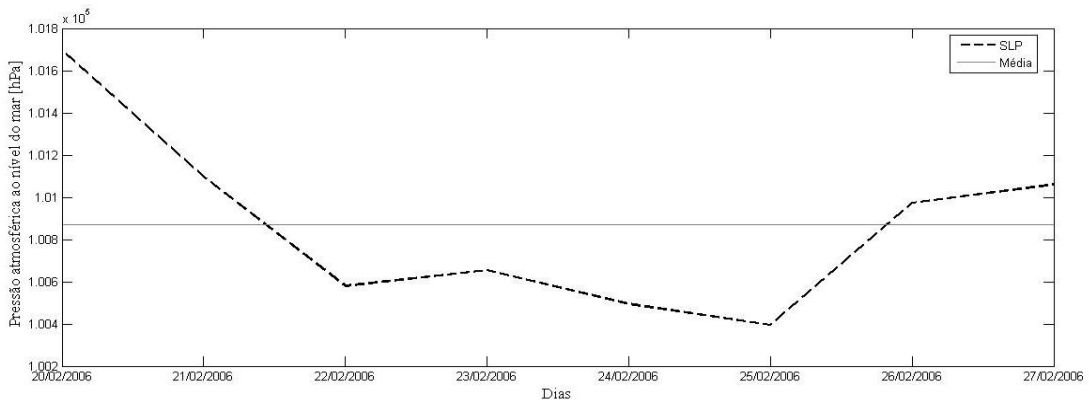


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2006. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.

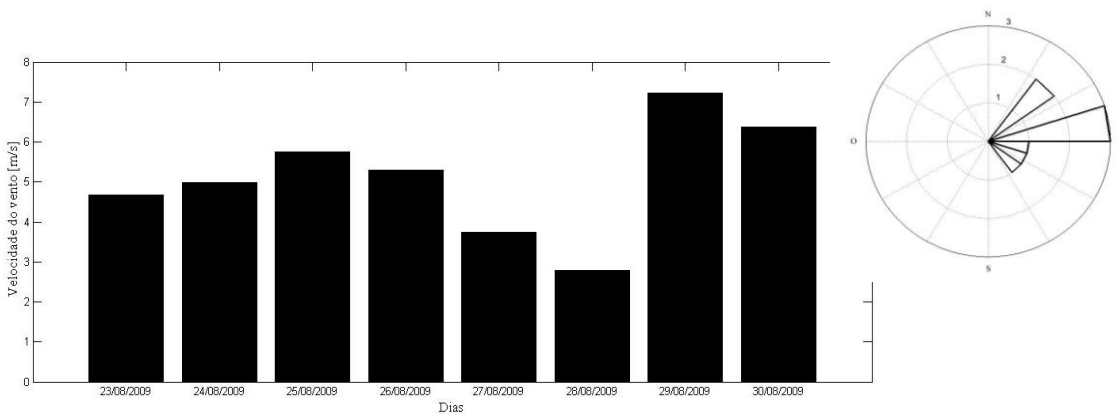
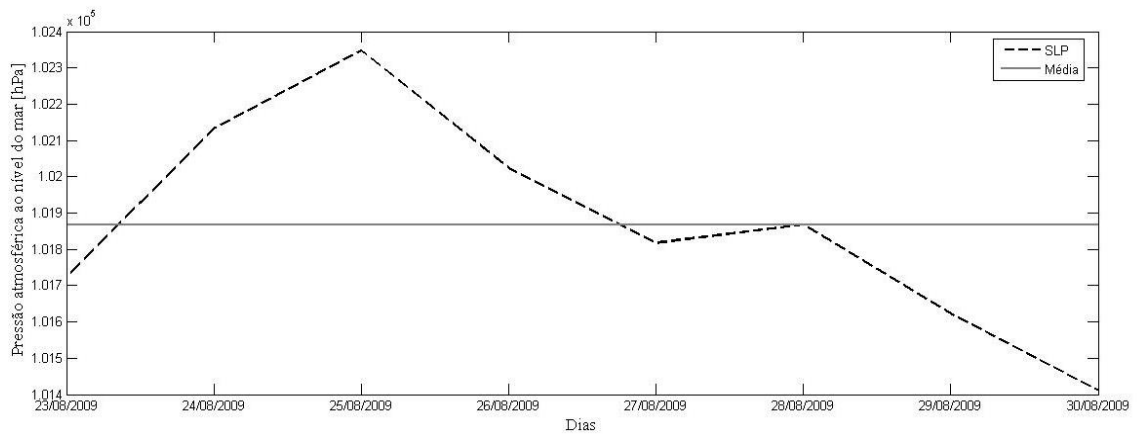


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2012. Fonte: Karine Bastos Leal.

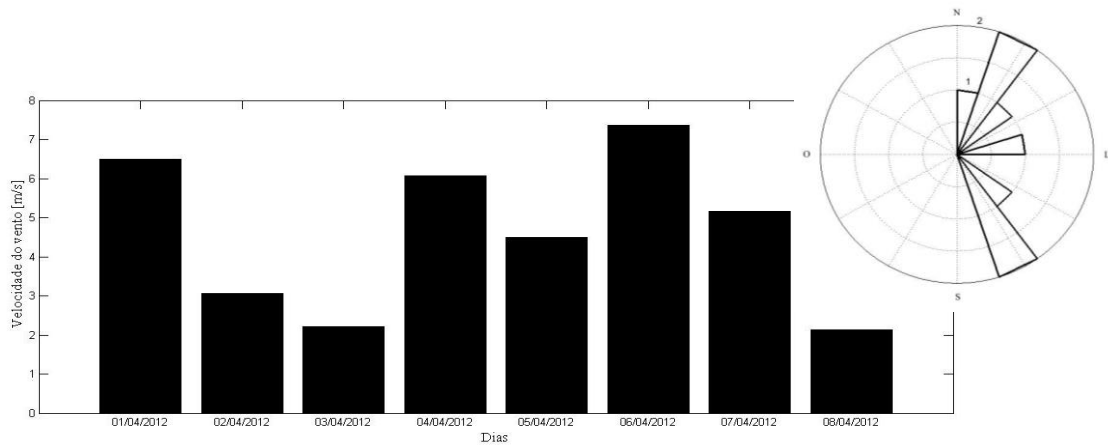
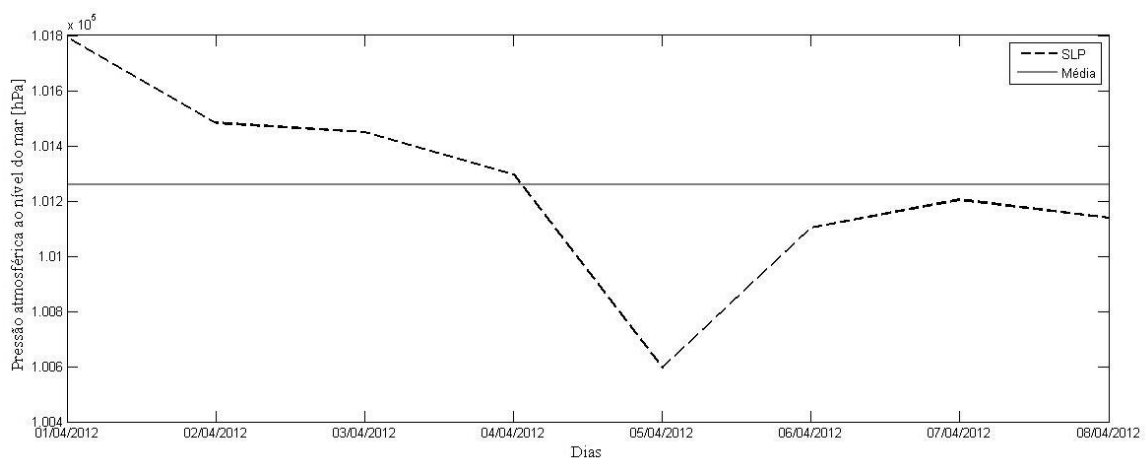


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2012. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2015. Fonte: Karine Bastos Leal.

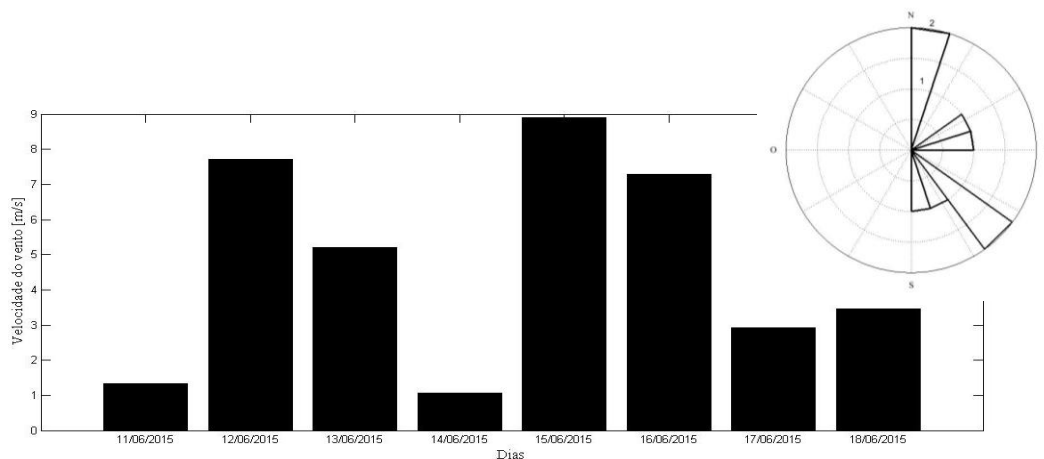
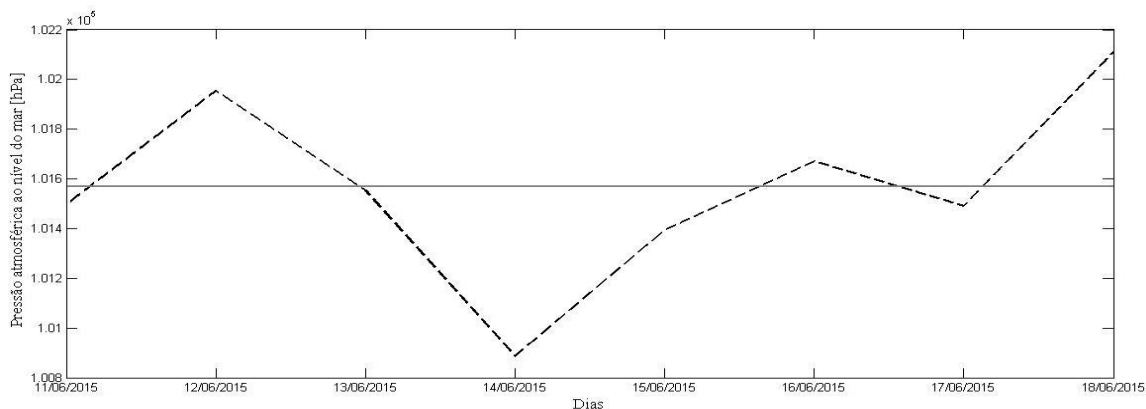


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário Cassino, 2015. Fonte: Karine Bastos Leal.



4 - Balneário da Barra do Chuí

Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2003. Fonte: Karine Bastos Leal.

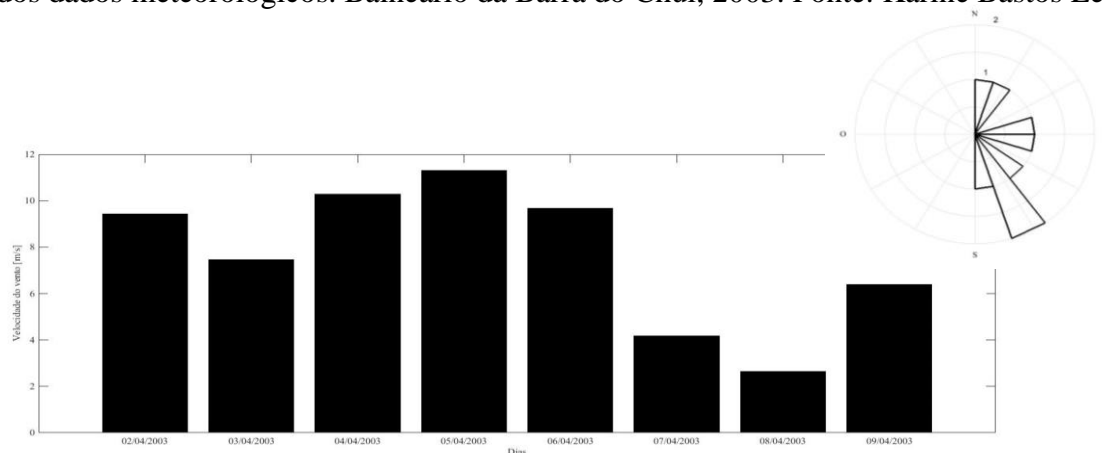
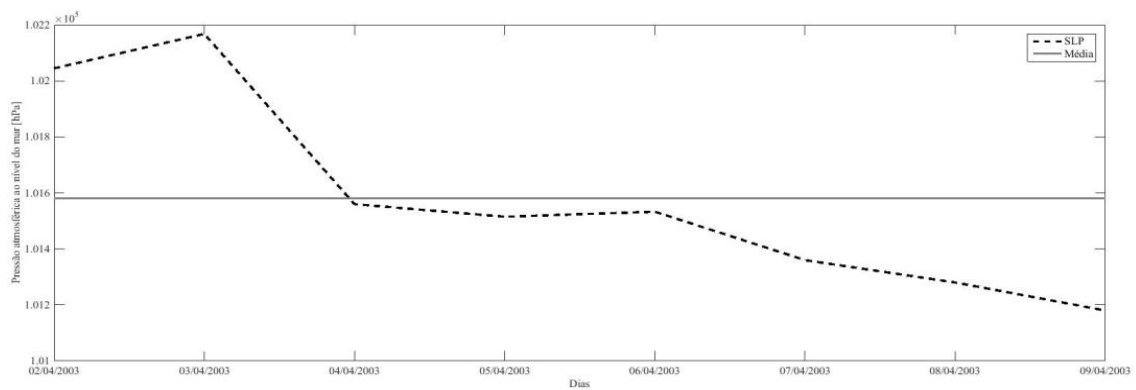


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2003. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2005. Fonte: Karine Bastos Leal.

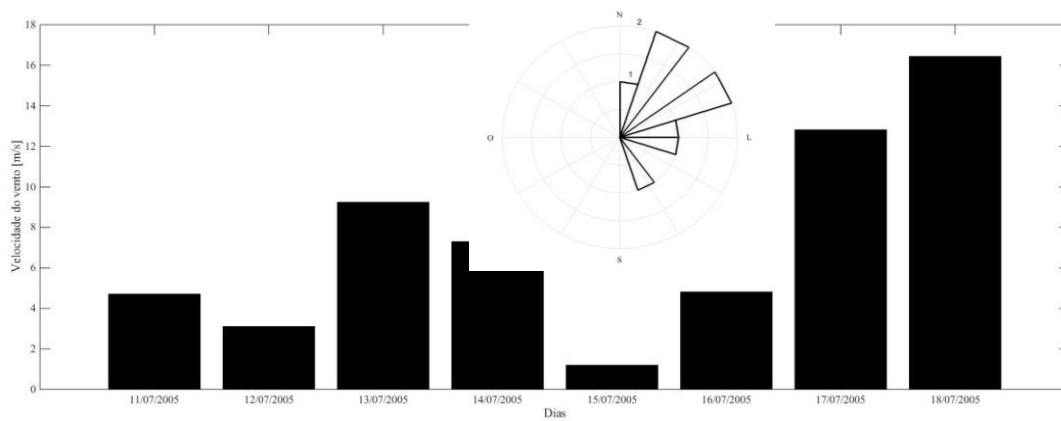
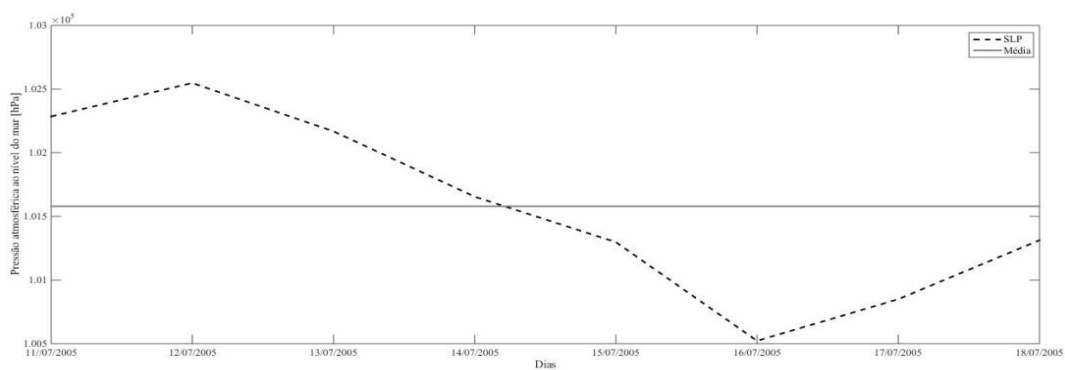


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2005. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.

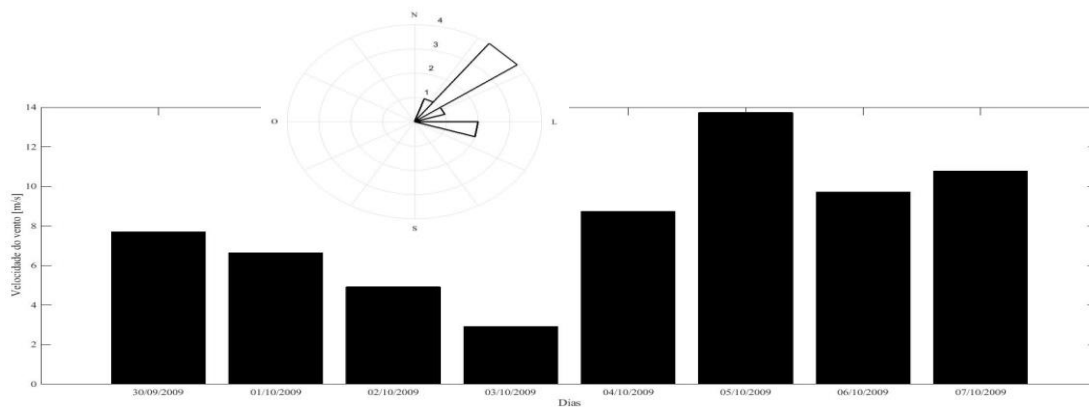
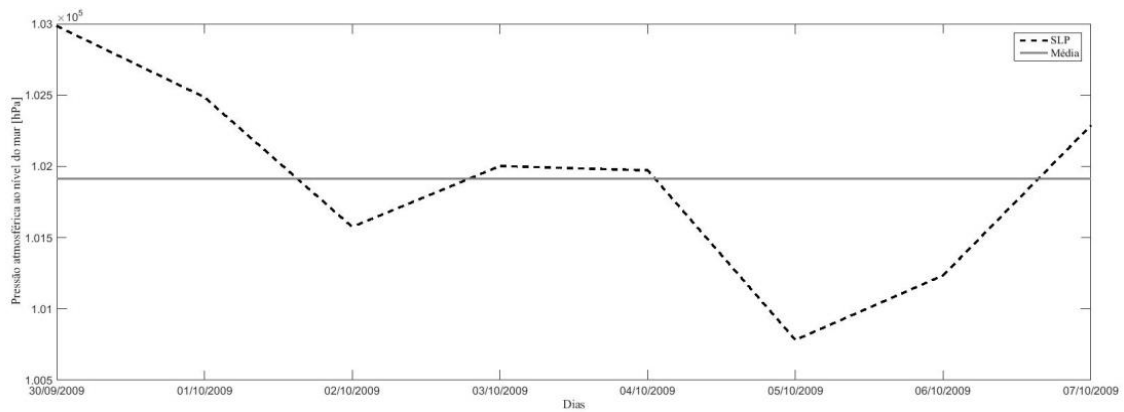


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2009. Fonte: Karine Bastos Leal.



Gráficos de representação da velocidade do vento e direção do vento para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2013. Fonte: Karine Bastos Leal.

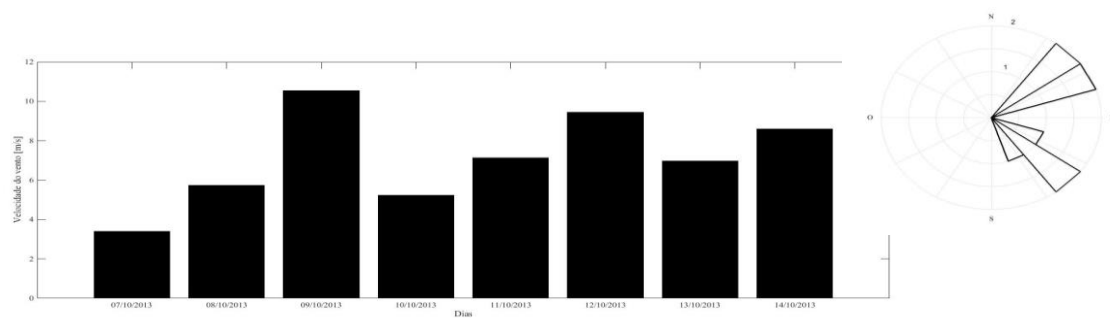


Gráfico da variação de pressão atmosférica ao nível do mar [hPa] para cada dia de análise dos dados meteorológicos. Balneário da Barra do Chuí, 2013. Fonte: Karine Bastos Leal.

