

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LIGIA DE FREITAS TEBECHRANI

COMPORTAMENTO MORFO-SEDIMENTAR DE UMA PRAIA DE  
DESEMBOCADURA ESTUARINA NO LITORAL DO PARANÁ

PONTAL DO PARANÁ

2018

LIGIA DE FREITAS TEBECHRANI

COMPORTAMENTO MORFO-SEDIMENTAR DE UMA PRAIA DE  
DESEMBOCADURA ESTUARINA NO LITORAL DO PARANÁ

Monografia apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia no  
curso de graduação em Oceanografia, Centro de  
Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Renato Lamour.

PONTAL DO PARANÁ

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE:  
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar  
Elda Lopes Lira – CRB 9/1295

T254c Tebechrani, Ligia de Freitas  
Comportamento morfo-sedimentar de uma praia de desembocadura estuarina no Litoral do Paraná. / Ligia de Freitas Tebechrani. – Pontal do Paraná, 2018.  
48f.: il.; 29 cm.

Orientador: Profº. Dr. Marcelo Renato Lamour

Monografia (Graduação) – Curso de Oceanografia, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

1. Oceanografia. 2. Erosão Costeira. 3. Geomorfologia Costeira. I. Título. II. Lamour, Marcelo Renato. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 551.46

# TERMO DE APROVAÇÃO

Ligia de Freitas Tebechrani

## “COMPORTAMENTO MORFO-SEDIMENTAR DE UMA PRAIA DE DESEMBOCADURA ESTUARINA NO LITORAL DO PARANÁ”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:



Prof. Dr. Carlos Roberto Soares - CEM/UFPR



Prof. Dr. Carlos Alberto Borzone - CEM/UFPR



Prof. Dr. Marcelo Renato Lamour  
Presidente

Pontal do Paraná, 04 de dezembro de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Aziz e Denise, por serem minha base e minhas inspirações. Espero retribuir tudo o que vocês já fizeram e ainda fazem por mim, e espero que tenham orgulho de quem eu estou me tornando a cada dia. Agradeço também aos meus irmãos, Aziz e Mauricio, pela parceria de sempre e aos meus avós, Catarina, Rose e Alberto, por serem meus segundos pais. Tem um pedacinho de cada um de vocês em quem eu sou hoje.

Ao meu orientador, Marcelo Lamour, por todo o apoio e ensinamentos que me passou durante esses anos, por sempre ter paciência e pelas longas conversas sobre tudo (e pela areia do Sahara que é a mais legal da minha coleção atualmente). E toda a equipe do LOGeo, Anna, Vitória e Yan, obrigada pelos dias de companheirismo, por estarem sempre dispostos a me ajudar, por tornarem nosso ambiente de trabalho tão confortável e acolhedor, pelas tardes de café e de conversas descontraídas e por todo o apoio nos campos e no laboratório.

Preciso agradecer nominalmente todos que acordaram cedo para estarem nas minhas coletas. Mari (não te agradeço pela chuva), Vitória (que quase virou um rango legal dos urubus), Anna, Jana, Yan, Adam, Caio, Aika e Luana. Obrigada por estarem lá por mim. Espero que isso tenha acrescentado na vida de vocês de alguma forma também.

Agradeço à minha banca composta pelos professores Carlos Borzone e Carlos Soares por aceitarem colaborar com a melhoria do meu trabalho e por todas as sugestões.

A todo o GRR2014 (e agregados) por ser uma turma tão divertida de conviver. Foi incrível passar por essa com vocês.

Agradeço à Maris por me transformar tanto durante a graduação, pessoal e profissionalmente. Por todas as oportunidades e todo o aprendizado. A todos que foram das gestões de 2014, 2015, 2016 e 2017, vocês fizeram parte da oceanógrafa que estou me tornando. Muito obrigada.

Por último, mas não menos importante, meus colegas e irmãos durante esses cinco anos em Pontal do Sul, compartilhando os momentos divertidos e os não tão bons. Caio, obrigada por estar comigo em todos os momentos (sério, todos mesmo) e por ser meu maior e melhor parceiro de festas e de rolês. Janayne, você foi a minha maior confidente na vida, obrigada por todas as conversas sobre tudo e

qualquer coisa, pelos almoços e jantas, por me socorrer nos meus piores momentos, eu sempre serei grata a você e ao universo por ter te colocado na minha vida. Mariana, obrigada por sempre divagar e viajar nas ideias comigo desde o primeiro ano. Taw, obrigada por me aguentar nos nossos dois anos de colegas de casa e pelos cinco anos de amizade. Brendo e Patrick, valeu pelos churrascos e pelos esquentas que sempre eram mais legais que as festas, e por cuidarem de mim. Aika, Isabelle e Julia, obrigada pelas conversas, pela parceria nas festas, nas jantas e nos momentos aleatórios da vida que sempre ficavam mais legais com vocês. Ana Emília, agradeço por toda a ajuda e por estar sempre por perto, mesmo de longe. Juliana, você fez a diferença durante os anos que estive em Pontal e foi uma ótima vizinha, com momentos divertidos e muitos desabafos e fofocas.

Espero reencontrar todos vocês pelo mundo afora.

Diz-se que,  
mesmo antes de um rio cair no oceano,  
ele treme de medo.  
Olha para trás,  
para toda a jornada que percorreu,  
os cumes, as montanhas,  
o longo caminho sinuoso que trilhou  
através de florestas e povoados,  
e vê à sua frente um oceano tão vasto  
que entrar nele nada mais é  
do que desaparecer para sempre.  
Mas não há outra maneira.  
O rio não pode voltar.  
Ninguém pode voltar.  
Voltar é impossível na existência.  
O rio precisa se arriscar e entrar no oceano.  
E somente quando ele entra no oceano  
é que o medo desaparece,  
porque apenas então o rio saberá que  
não se trata de desaparecer no oceano,  
mas de tornar-se oceano.

*Osho*

## RESUMO

A erosão costeira é um processo que afeta aproximadamente 70% das praias arenosas do planeta, e torna-se um problema principalmente quando atinge áreas de interesse socioeconômico e ecológico. O balneário Pontal II está localizado na desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (25°33'34"S/48°21'41"W), onde a dinâmica natural é complexa pela interação de forçantes oceanográficas (ondas, marés, correntes de maré e correntes de deriva longitudinal) e intervenções antrópicas, como diversas obras costeiras, tráfego de embarcações e dragagem do canal de acesso aos portos. O objetivo deste trabalho foi compreender a dinâmica morfo-sedimentar da praia arenosa do balneário Pontal II, pelo comportamento dinâmico da costa associado às diversas intervenções humanas. Foram efetuadas três campanhas de campo (abril, junho e agosto de 2018) nas quais houveram medições de quatro perfis topográficos para verificar a variação morfológica ao longo da praia, e coleta de sedimentos em cada perfil, que foram analisados em laboratório por difração laser e forneceu informações sobre parâmetros estatísticos granulométricos. Para a identificação de mudanças na linha de costa, utilizou-se imagens de satélite dos anos de 2002 e 2017 disponibilizadas no Google Earth, que foram redesenhadas para a comparação entre os anos. Entre 2002 e 2017, a linha de costa apresentou uma variação compatível com as obras costeiras da praia e a corrente de deriva longitudinal. Nos segmentos em que a linha de costa já estava fixada por enrocamentos em 2002, não houve variação significativa. Na porção à sotamar de um canal de drenagem artificial (Canal do DNOS), houve um recuo da linha de costa, indicando erosão provavelmente por causa da obstrução da corrente de deriva longitudinal. Por fim, a margem oposta da praia apresentou avanço de linha de costa, indicando acreção devido ao aprisionamento de sedimentos no píer construído. As topografias de praia representaram o padrão de praias de desembocadura estuarina, com face praial estreita e íngreme e planícies de maré extensas e com presença de barras e canais longitudinais. Constatou-se erosão em quase todos os perfis, sendo que apenas o ponto localizado à barlamar de um enrocamento artificial normal à praia apresentou tendência de deposição, indicando a influência da estrutura na morfologia do local.

Palavras-Chave: Erosão costeira. Geomorfologia costeira. Intervenção antrópica. Praia arenosa.

## ABSTRACT

Coastal erosion is a process that affects approximately 70% of sandy beaches on the planet and becomes a problem, especially, when it reaches areas of socioeconomic and ecological interest. The balneario of Pontal II is located at the outfall of the Paranaguá Estuarine Complex (25°33'34"S/48°21'41"W), where the natural dynamics is complex due to the interaction of oceanographic forcing (waves, tides, tidal currents and longitudinal drift currents) and anthropogenic interventions, as several coastal constructions, vessel traffic and dredging of the port access channel. The goal of this work was the understanding of the morphological and sedimentary dynamics of the sandy beach in the balneario of Pontal II, by the dynamic behavior of the coast associated to diverse human interventions. Three field campaigns (april, june and august 2018), in which measurements were taken of four topographic profiles to verify the morphological variation along the beach and the collection of sediments in each profile, which were analyzed in laboratory by laser diffraction which provided information on granulometric statistical parameters. For the identification of changes in the coastline were used satellite images of the years 2002 and 2017, available in Google Earth, which were redesigned for comparison between the years. Between 2002 and 2017, the coast line presented a variation consistent with coastal beach constructions and the longitudinal drift current. In the segments where the coastline was already fixed by rockfalls in 2002, there was no significant variation. In the portion under the slope of an artificial drainage channel (DNOS Channel), there was a retreat from the coastline, indicating erosion probably due to obstruction of the longitudinal drift current. Finally, the opposite shore of the beach presented coastline advance, indicating accretion due to the imprisonment of sediments in the built pier. Beach topographies represented the pattern of estuarine beaches, with a narrow, steep beachfront and extensive tidal plains with the presence of longitudinal bars and channels. Erosion was found in almost all profiles, and only the point located at the barlamar of an artificial rock-formation normal to the beach showed a tendency of deposition, indicating the influence of the structure on the morphology of the site.

Keywords: Coastal Erosion. Coastal Geomorphology. Anthropic Intervention. Sandy Beach.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO COM FEIÇÕES DEPOSICIONAIS DE UM PERFIL PRAIAL. ....	16
FIGURA 2 – DEFESA LONGITUDINAL EDIFICADA COM ROCHAS DE TAMANHOS DIFERENTES (ENROCAMENTO).....	18
FIGURA 3 – MOLHES ONDE PODE-SE OBSERVAR ACREÇÃO DE UM LADO E EROÇÃO DE OUTRO. ....	19
FIGURA 4 – QUEBRA-MARES COM DEPOSIÇÃO DE AREIA ENTRE A ESTRUTURA E A COSTA.....	20
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DO BALNEÁRIO PONTAL II, NA DESEMBOCADURA DO CEP, ENTRE O PÍER DA UNIDADE OFFSHORE TECHINT E O CANAL DNOS. ....	21
FIGURA 6 – OBRAS DE CONTENÇÃO IDENTIFICADAS NO BALNEÁRIO PONTAL II, SENDO: A) ENROCAMENTOS PARA PROTEÇÃO DE CASA DE ALTO PADRÃO; B) OBRA DE CONTENÇÃO MISTA CONSTITUÍDA DE ROCHAS E SACOS PREENCHIDOS COM CIMENTO; C) MURO DE GABIÕES; D) MURO EM CONSTRUÇÃO. ....	24
FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DAS RÉ S TOPOGRÁFICAS NO BALNEÁRIO PONTAL II. ....	25
FIGURA 8 - RÉ DO PERFIL #1 ESTABELECIDO NO CANTO ESQUERDO DA GRADE DE UMA CASA. ....	26
FIGURA 9 – RÉ DO PERFIL #2 ESTABELECIDO NO CANTO ESQUERDO DO DÉCIMO DEGRAU DA ESCADA.....	27
FIGURA 10 – RÉ DO PERFIL #3 ESTABELECIDO NA ESTRUTURA DE CONCRETO.....	27
FIGURA 11 –RÉ DO PERFIL #4 ESTABELECIDO EM CIMA DE UM TRONCO EM POSIÇÃO DE VIDA. ....	28
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO DA POSIÇÃO DAS LINHAS DE COSTA ENTRE OS ANOS DE 2002 (LINHA TRACEJADA) E 2017 (LINHA CONTÍNUA) COM A INDIÇÃO DOS DIFERENTES COMPORTAMENTOS DINÂMICOS NO ARCO PRAIAL.....	30
FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DAS FOTOS AÉREAS DE 1954 E 1980 E AS IMAGENS DE SATÉLITE DE 2002 E 2017. ....	33
FIGURA 14 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #1 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO . ....	34

FIGURA 15 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DO PERFIL #1. ....	34
FIGURA 16 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #2 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO. ....	35
FIGURA 17 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DO PERFIL #2. ....	35
FIGURA 18 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #3 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO. ....	36
FIGURA 19 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DO PERFIL #3. ....	36
FIGURA 20 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #4 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO. ....	37
FIGURA 21 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL #4. ....	37
FIGURA 22 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA TOTAL. ....	38
FIGURA 23 – FEIÇÕES COSTEIRAS E INDICADORES DE EROÇÃO ENCONTRADOS AO LONGO DE PONTAL II, SENDO ELAS: A) FALÉSIA DO PERFIL #1 EM AGOSTO; B) QUEBRA-MARES E VEGETAÇÃO NÃO NATIVA; C) PEDAÇOS DE CONCRETO E TIJOLOS MISTURADOS COM A AREIA; D) E E) ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO F) RAÍZES E ÁRVORES EM POSIÇÃO DE VIDA.....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1	MORFOLOGIA DE PRAIAS ESTUARINAS .....	15
3.2	EROSÃO COSTEIRA .....	16
3.3	OBRAS COSTEIRAS .....	18
<b>4</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>21</b>
4.1	CLIMA .....	22
4.2	ONDAS E MARÉS.....	22
4.3	OBRAS COSTEIRAS .....	23
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
6.1	MUDANÇAS NA LINHA DE COSTA.....	30
6.2	MORFOLOGIA DA PRAIA.....	33
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>
	<b>ANEXO 1 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Aproximadamente 20% da costa do planeta é formada por praias arenosas, sendo que 70% dessas estão em processo de erosão por motivos naturais e/ou antrópicos (BIRD, 1985). Por sua vez, a erosão praiial é caracterizada como a retirada de sedimentos pela ação das ondas, correntes de marés, correntes de deriva litorânea, vento e/ou elevação do nível do mar, e ocorre quando a quantidade de sedimentos retirados do sistema praiial é maior do que a quantidade de aporte, ou seja, um balanço sedimentar negativo (SOUZA et al., 2005).

Esse sistema é desestabilizado, principalmente, quando há interferência antrópica que impede a dinâmica natural dos agentes atuantes (SUGUIO, 1992). Suas causas são diversas, assim como seus efeitos, sendo que muitas vezes os fatores naturais e antrópicos estão correlacionados, tornando difícil identificar como cada um age no processo (SOUZA et al., 2005).

No litoral do Paraná, o Balneário Pontal II, localizado próximo à desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá, é um exemplo de praia com problemas de erosão costeira, onde ocorre a coexistência de ações naturais e antrópicas. As desembocaduras estuarinas apresentam ambientes dinamicamente complexos, caracterizados pela interação entre ondas, marés e suas correntes, nas quais os processos de erosão e deposição na costa são intensos e estão relacionados com a mobilidade dos deltas de maré (ANGULO et al., 2018).

No entanto, a associação entre erosão costeira e as obras para a sua contenção reduzem progressivamente a beleza cênica de Pontal II. Em muitos casos as obras são fruto da intervenção dos proprietários para conter a ação das ondas, como instalações de sacos preenchidos por areia e/ou enrocamentos longitudinais e normais à costa, além da retirada da vegetação nativa, que de acordo com o Projeto Orla (2004) não foram autorizadas pelos órgãos competentes.

As edificações localizadas nas extremidades da praia (Canal do Departamento Nacional de Obras e Saneamento e o Píer da Unidade *Offshore* Techint) modificaram significativamente a dinâmica costeira e interferem diretamente no transporte sedimentar longitudinal, causando intensos processos erosivos nas praias próximas (AMB, 2007). Além das diversas estruturas construídas no balneário Pontal II, há também a atividade de dragagem do canal para os portos do estado e o

intenso tráfego de navios, que geram ondas e podem acarretar na intensificação da erosão (HUGHES et al., 2007).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A erosão costeira se torna um problema severo quando atinge áreas de interesse socioeconômico e ecológico. Reconhecer e avaliar o papel dos processos que influenciam a costa evita interferências sem o devido planejamento. Na maioria dos casos, medidas de contenção agravaram ainda mais a problemática de erosão costeira, de modo que as áreas urbanizadas, como casas e ruas, continuam ameaçadas.

A praia de Pontal II, que inclui um contexto de influência da intensa corrente longitudinal para o interior do estuário (ANGULO, 1993) que se soma à corrente marginal de maré enchente (ANGULO, 1999) e bancos de areia e da Ilha do Mel nas características hidrodinâmicas (SOARES et al., 1994), unido às diversas interferências antrópicas, tornam o ambiente complexo e vulnerável.

Sabendo da situação confusa da região em que o balneário Pontal II se localiza, com alterações constantes no seu contexto, incluindo mudanças futuras que estão previstas, torna-se importante um monitoramento ambiental da região, que pode servir como base para comparação com trabalhos posteriores a essas mudanças e, assim, colaborar para o maior entendimento de como diversas forças interferem nos processos de mudança morfológica neste contexto praial.

Além disso, estudos relacionados à erosão costeira podem ser úteis para embasamento de políticas públicas nas cidades litorâneas, de modo a incentivar o bom uso do espaço e evitar consequências negativas nos âmbitos ambiental, social e econômico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a dinâmica morfo-sedimentar de uma praia de desembocadura estuarina no litoral do Paraná, verificando o efeito da ação de forçantes naturais e das intervenções antrópicas nos processos de erosão, transporte e deposição costeira.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o comportamento morfo-sedimentar da praia estuarina do balneário Pontal II, identificando áreas críticas de variação na linha de costa;
- Avaliar os efeitos dos processos naturais e das intervenções antrópicas no balneário Pontal II.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 MORFOLOGIA DE PRAIAS ESTUARINAS

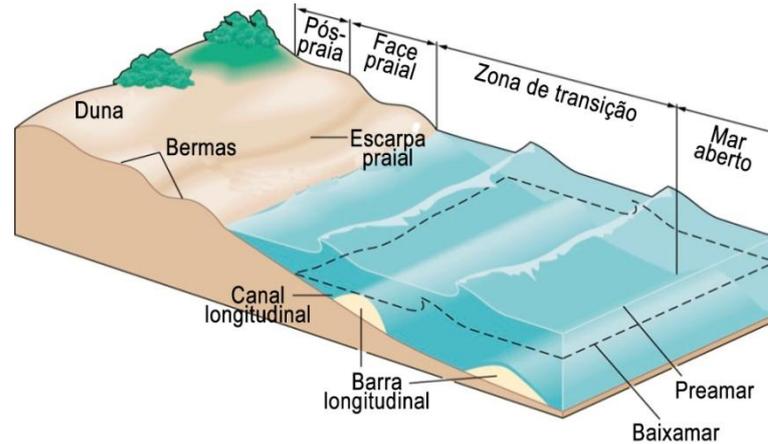
O ambiente de praias é definido como uma zona de acumulação de material inconsolidado e depositado, em geral arenoso, associada a um corpo aquoso de grandes dimensões que se estende desde o nível de baixamar média até onde há mudanças bruscas na fisiografia, como a linha de vegetação permanente, dunas ou falésias (SUGUIO, 1992).

As praias estuarinas são identificadas como praias de “baixa energia”, “abrigadas” ou “limitadas” por estarem localizadas em um ambiente protegido da ação direta de ondas oceânicas (JACKSON et al., 2002). Esses ambientes podem ser parcialmente ou totalmente encobertos pela ação da maré, com a ocorrência de planícies de maré na zona entre-marés, as quais formam parte do ambiente característico de praias estuarinas (BIRD, 2008).

Nesses locais, a altura das ondas significativas são geralmente menores que 1 m em condições normais, sendo que essas ondas podem possuir origem local e não local simultaneamente. Dessa forma, o efeito da maré se torna importante nas praias estuarinas, pois pode influenciar na morfologia e afetar o tempo em que a ação das ondas age em cada porção da praia, devido a variação de altura do alcance do mar. Essa frequente inundação e o retrabalhamento dos sedimentos pelas ondas na variação da maré geralmente resulta em uma superfície costeira homogênea com sedimentos melhor selecionados, ou seja, de uma mesma classe de tamanho na praia (JACKSON et al., 2002).

A morfologia dessas praias é geralmente alterada nas marés altas e/ou em eventos de alta energia, quando a costa é atingida pelos ventos que amplificam a ação de ondas, correntes de maré e de deriva litorânea. A corrente deriva litorânea em geral ocorre em direção ao interior do estuário, e pode ser responsável pelo crescimento de esporões (BIRD, 2008).

FIGURA 1 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO COM FEIÇÕES DEPOSICIONAIS DE UM PERFIL PRAIAL.



FONTE: Adaptado de Thomson (2005).

Os perfis de praias arenosas de baixa energia são caracterizados pela ausência de pós-praia, zona de transição estreita e íngreme, seguida de um “terraço de maré baixa” longo e com baixo declive, onde pode haver vegetação e um substrato com bioturbação. Dentre as feições morfológicas mais comuns em praias de baixa energia, encontra-se barras longitudinais e transversais, características biogênicas, pequenas dunas eólicas e acúmulo de vegetação (JACKSON et al., 2002).

Após eventos de alta energia, a recuperação da praia muitas vezes é prejudicada devido à insuficiência de energia das ondas em condições normais para reabastecer a praia, o que a deixa com *déficit* de sedimentos e fora de sua condição de equilíbrio (JACKSON et al., 2002).

### 3.2 EROSÃO COSTEIRA

Os fatores climáticos, como frentes frias, ciclones extratropicais e ciclones subtropicais, podem intensificar as forçantes de marés e ondas, agitando o mar em eventos de alta energia meteorológica, que são indiscutivelmente os principais moduladores das praias arenosas (ANGULO et al., 2018). Além disso, outras causas naturais que geram erosão costeira são irregularidades na linha de costa (como mudanças acentuadas na orientação da linha de costa e presença de pontais rochosos) e modificação da deriva litorânea por causa de desembocaduras ou obstáculos próximos à praia, como ilhas e bancos de areia (SOUZA et al., 2005).

Em períodos de ressaca geralmente ocorrem as principais modificações morfológicas e perda de sedimentos em ambientes de praia (JACKSON et al., 2002), sendo que este fenômeno ocorre quando há um aumento do nível do mar provocado pela força gravitacional dos astros, principalmente o sol e a lua (maré astronômica) e/ou empilhamento da água na costa causado pela força do vento (maré meteorológica), gerando ondas maiores que o normal. Esse aumento na altura das ondas geralmente está relacionado aos sistemas de baixa pressão (ciclones extratropicais) (POND & PICKARD, 1986).

Em regiões costeiras e estuarinas, a ação antrópica tende a causar alterações na morfologia das praias, principalmente erosão de ambientes costeiros como marismas, manguezais, planícies de maré e praias estuarinas adjacentes (BIRD, 2008).

Dentre os fatores antrópicos, a ocupação das áreas costeiras, implantação de estruturas, estabilização de desembocaduras, retirada de areia da praia e dragagem reduzem significativamente a disponibilidade sedimentar para recarga do sistema de transporte costeiro (SOUZA et al., 2005). Outra fonte antrópica de impacto são as ondulações provenientes de embarcações. Essas ondulações intensificam a energia das ondas naturais e podem representar mudanças morfológicas nas praias próximas, sendo mais representativas em momentos de mar calmo (HUGHES et al., 2007).

Dentre as diversas consequências da erosão costeira, encontram-se a diminuição da largura da praia, a perda e desequilíbrio de habitats naturais, a maior frequência de inundações provenientes de ressacas, a destruição de estruturas urbanísticas e a perda do potencial turístico do local. Outras características de praias com problemas erosivos são a retrogradação da linha de costa, presença de falésias, presença de minerais pesados, entre outros (SOUZA et al., 2005).

Para os estudos relacionados ao assunto, o método mais utilizado no Brasil é o monitoramento das praias por meio de perfis topográficos somado a caracterizações morfológicas, sedimentológicas e análise de dados meteorológicos e oceanográficos (SOUZA et al., 2005). Outro método em crescente uso é a utilização de imagens de satélite para verificação da variação da linha de costa (LUIJENDIJK et al., 2018).

### 3.3 OBRAS COSTEIRAS

As obras de contenção costeira têm o objetivo de estabilizar ou ampliar a linha de costa, evitando problemas com a erosão. Antes de construir uma estrutura dessas, é necessário levar em consideração diversos fatores, como: análise de custo-benefício, influência nas áreas adjacentes e questões ambientais socioeconômicas, ecológicas e estéticas (ALFREDINI, 2005). É comum em situações de emergência não haver o planejamento adequado para essas construções, o que pode provocar o desequilíbrio no balanço sedimentar e consequentemente a intensificação da erosão (OLIVEIRA, 2003).

Os métodos mais utilizados de contenção costeira são: defesas longitudinais aderentes, molhes, quebra-mares e alimentação artificial de praia (FORTUNATO et al., 2008).

As defesas longitudinais (FIGURA 2) são utilizadas principalmente em situações de emergência para proteger as construções urbanas em risco e evitar o recuo da praia (FORTUNATO et al., 2008). A estrutura geralmente é feita de enrocamentos, peças de concreto, gabiões ou sacos de polipropileno preenchidos com areia. Esse método tem caráter provisório, pois em longo prazo pode resultar na erosão da própria base e consequente rebaixamento da praia, além de efeitos erosivos nas praias próximas (ALFREDINI, 2005).

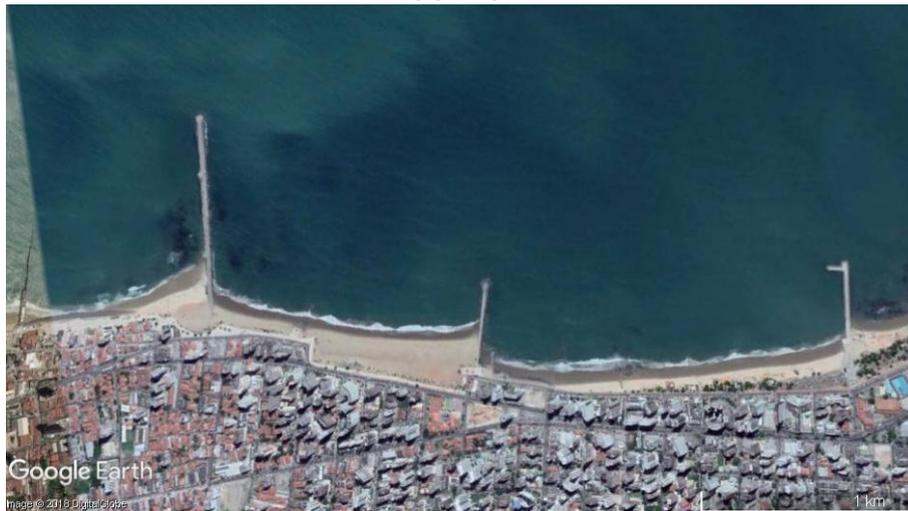
FIGURA 2 – DEFESA LONGITUDINAL EDIFICADA COM ROCHAS DE TAMANHOS DIFERENTES (ENROCAMENTO).



FONTE: A Autora (2018).

Os molhes ou espigões (FIGURA 3) são estruturas transversais utilizadas para reter o material sedimentar em praias com balanço negativo e/ou para reorientar e estabilizar a costa, sendo frequente a erosão na sotamar da estrutura e acreção a barlamar. É comum o uso de molhes em zonas de desembocadura de rios e canais com o objetivo de estabilizar o fluxo (FORTUNATO et al., 2008). Os molhes podem ser construídos isoladamente ou em conjunto, e é considerado o método mais comum para defesa dos litorais (ALFREDINI, 2005).

FIGURA 3 – MOLHES ONDE PODE-SE OBSERVAR ACREÇÃO DE UM LADO E EROSÃO DE OUTRO.



FONTE: Google Earth (2018).

Os quebra-mares (FIGURA 4) são estruturas paralelas e não aderente à costa, emersas ou imersas, utilizadas principalmente em zonas de energia moderadas e maré com amplitudes reduzidas para diminuir a incidência de energia na praia, gerando a deposição de areia entre a estrutura e a linha de costa (FORTUNATO et al., 2008). Não é um método indicado em locais com grande variação de maré nem com alta declividade, pois demandaria uma estrutura maior e conseqüentemente menos viável economicamente, além de oferecer risco à navegação (ALFREDINI, 2005).

FIGURA 4 – QUEBRA-MARES COM DEPOSIÇÃO DE AREIA ENTRE A ESTRUTURA E A COSTA.



FONTE: Google Earth (2018).

Por fim, a alimentação artificial, método em crescente uso por ser mais viável técnica e economicamente (PHILLIPS & JONES, 2005), é utilizado em áreas de grande importância turística, em praias com moderada agitação marítima, com reservas de areia semelhante na proximidade e sem condicionantes ecológicos e ambientais (FORTUNATO et al., 2008). Dentre as limitações do método, pode-se incluir o esforço de manutenção e a possível necessidade de uma obra estrutural para manter a longevidade do projeto (ALFREDINI, 2005).

#### 4 ÁREA DE ESTUDO

O litoral do Paraná está localizado entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. Angulo & Araújo (1996) classificaram a costa em três tipos principais, de acordo com suas características fisiográficas e dinâmicas: (a) oceânicas ou de mar aberto, cuja dinâmica é controlada principalmente por ondas, (b) estuarinas ou protegidas, com influência principal da maré e (c) sob influência de desembocaduras, que fazem a ligação entre os outros dois tipos e possuem influência de ondas e de marés.

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) possui dois eixos principais: um formado pelas baías de Antonina e Paranaguá (E-W), e outro pela baía das Laranjeiras (N-S). Esse complexo possui duas desembocaduras separadas pela Ilha do Mel, e cada uma associada a um delta-de-maré vazante (ANGULO, 1999), que acarretam em problemas de assoreamento no Canal da Galheta, no eixo E-W (LAMOUR, 2000). As áreas mais rasas do CEP encontram-se nas margens (NOERNBERG & LANA, 2002), enquanto a porção central apresenta canais naturais que são dragados para o acesso aos portos de Paranaguá e Antonina. O canal de acesso principal aos portos (Canal da Galheta) possui 55 km de extensão e é dragado quase que inteiramente, com exceção do trecho disposto entre as Ilhas do Mel e da Galheta, que apresenta profundidade natural de 38 m (LAMOUR, 2000).

FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DO BALNEÁRIO PONTAL II, NA DESEMBOCADURA DO CEP, ENTRE O PÍER DA UNIDADE OFFSHORE TECHINT E O CANAL DNOS.



FONTE: A Autora (2017).

O balneário Pontal II (25°33'52"S/48°21'20"W a 25°33'13"S/48°21'55"W) está localizado na desembocadura sul do CEP, no município de Pontal do Paraná (PR), entre Pontal do Sul e a Ponta do Poço (FIGURA 5), onde a dinâmica é complexa pela influência de ondas, marés, correntes de marés e correntes de deriva longitudinal (ANGULO, 1993). Os sedimentos encontrados na praia possuem características marinhas e pertencem à classe areias finas (0,125 – 0,250 mm), e um grau de seleção que varia de muito bem selecionado a moderadamente selecionado, sem distinção sazonal destas características (LAUBE, 2009).

#### 4.1 CLIMA

O litoral do Paraná apresenta os maiores índices pluviométricos do estado, chegando a mais de 2.000 mm por ano. As chuvas predominam nos meses de verão, representando aproximadamente 40% do total pluviométrico anual, enquanto que nos meses de inverno a precipitação diminui consideravelmente. Os ventos dominantes no litoral paranaense são provindos dos quadrantes leste, sudeste e sul, sendo que os mais intensos são do quadrante sul. As velocidades médias são de 2,7 m.s<sup>-1</sup> durante todo o ano (OLIVEIRA & DOURADO, 2010), enquanto as máximas chegam a 25 m.s<sup>-1</sup> nas passagens de frentes frias (BIGARELLA et al., 1978).

A ocorrência de frentes frias é relativamente alta durante todo o ano e, devido à ação da Serra do Mar como uma barreira a sua progressão, se concentram na região do CEP e geram chuvas frequentes (MARONE & CAMARGO, 1994). Define-se como frente fria o encontro de uma massa de ar fria com uma massa de ar quente, provocando queda de temperatura, chuvas e ventos fortes (POND & PICKARD, 1986).

#### 4.2 ONDAS E MARÉS

Em relação aos parâmetros físicos, o litoral paranaense apresenta um regime de maré semidiurna com amplitudes de micromarés na desembocadura do CEP, sendo duas preamares e duas baixamares em um dia lunar (MARONE & JAMIYANAA, 1997), as quais acompanham a direção do canal de navegação (NOERNBERG et al., 2007), com maior intensidade das correntes durante as marés

vazantes que alcançam os 48% de diferença na intensidade média das correntes (MANTOVANELLI et al., 2004).

Na Ponta do Poço, há um encontro de fluxos d'água, sendo um provindo do Canal da Cotinga e o outro do lado leste da Ilha da Cotinga, fato que intensifica a corrente na região (UEDA, 2008). Além disso, há um canal marginal de enchente do delta de maré na desembocadura, que interfere na hidrodinâmica da região (ANGULO, 1999). Somado a isso, a praia de Pontal II também é influenciada pela intensa deriva longitudinal que atua em direção ao interior do estuário, no sentido noroeste (ANGULO, 1993).

A direção preferencial das ondas entre a Ilha da Galheta e o balneário Pontal do Sul é do quadrante sudeste, com alturas próximas a 0,4 m e períodos que variam entre 5 e 12 segundos. Esses valores são diferentes dos encontrados nos balneários adjacentes (MARTINS et al., 2004), visto que as Ilhas do Mel e da Galheta e os diversos bancos arenosos da área fazem com que a situação do sistema de circulação seja mais complexa na região de Pontal II (SOARES et al., 1994).

#### 4.3 OBRAS COSTEIRAS

As principais obras identificadas no local estão fixadas nas extremidades da praia, sendo elas os molhes do canal do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) e o píer da Unidade Offshore Techint (UOT) (LAUBE, 2009).

O Canal do DNOS, construído no final da década de 1950, tem seus molhes de fixação da desembocadura constituído de concreto e acredita-se que seja o principal agente antrópico causador da erosão no balneário Pontal II, já que seu fluxo muito provavelmente interrompe a corrente de deriva longitudinal da praia (SOARES et al., 1994).

A Unidade *Offshore* Techint (UOT) teve seu píer construído em Pontal do Paraná durante a década de 80, com ampliação de 40% de sua área em 2012, chegando a 215.000 m<sup>2</sup> e um cais de 300 m de comprimento e 9 m de calado. Em 2016, a unidade flutuante (navio FPSO P-76) atracou no píer, aumentando ainda mais sua área de interferência (TECHINT, 2018; PETROBRAS, 2018).

Além disso, o local apresenta diversas estruturas de contenção como uma tentativa de evitar problemas costeiros. Laube (2009) identificou 20 obras ao longo da praia do balneário Pontal II, sendo elas construídas por rochas, concreto, sacos

preenchidos de areia ou concreto e até madeira ou pneus (FIGURA 6). Das 20 obras, a maior parte era composta por enrocamentos, além de muros de contenção, um pequeno espigão e outras obras de contenção.

FIGURA 6 – OBRAS DE CONTENÇÃO IDENTIFICADAS NO BALNEÁRIO PONTAL II, SENDO: A) ENROCAMENTOS PARA PROTEÇÃO DE CASA DE ALTO PADRÃO; B) OBRA DE CONTENÇÃO MISTA CONSTITUÍDA DE ROCHAS E SACOS PREENCHIDOS COM CIMENTO; C) MURO DE GABIÕES; D) MURO EM CONSTRUÇÃO.



FONTE: Adaptado de Laube (2009).

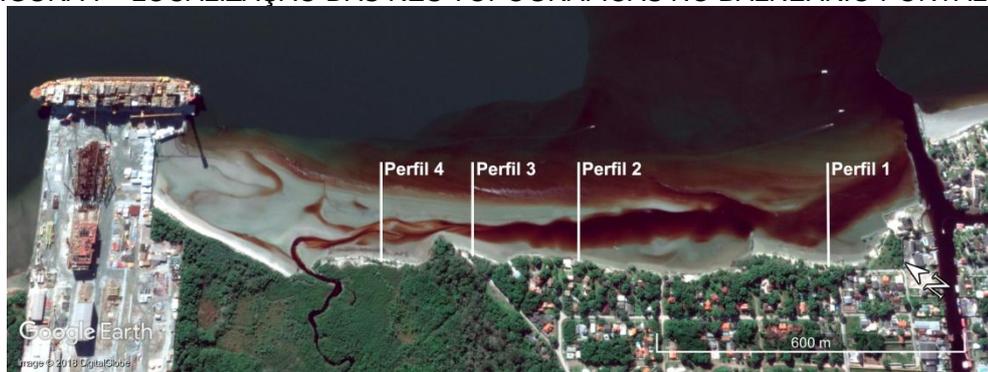
Ainda há algumas perspectivas de mudanças na região. O Canal da Galheta está sendo aprofundado desde 2017 e passará a ter 16 m de profundidade, enquanto que as bacias de evolução (local de manobras de navios) terão um aumento de 12 para 14 m e as áreas intermediárias terão entre 14 e 15 m de profundidade, sendo que ao todo serão dragados 14,2 milhões de metros cúbicos de sedimentos. Com isso, pretende-se aumentar o fluxo de embarcações maiores, visto que cada navio poderá carregar 10,5 mil toneladas a mais. Além disso, está previsto um aumento de 160.000 m<sup>3</sup> de cais portuário (APPA, 2017). Em relação ao Canal do DNOS, há planos para seu aprofundamento e alargamento, cuja mudança poderá gerar problemas de erosão nas áreas próximas de sua desembocadura (ENGEMIM, 2015). Outro empreendimento previsto é o Terminal Portuário de Pontal do Paraná a ser implementado na região da Ponta do Poço, adjacente à Pontal II, que demandará de dragagem ao longo do cais e dos berços de atracação. Considera-se, inclusive, utilizar o material dragado como aterro e recomposição de áreas como Pontal II (AMB, 2007).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

As campanhas de campo foram efetuadas em três etapas (17 de abril, 13 de junho e 14 de agosto de 2018), sempre nas baixamares de sizígia, quando ocorreram as medições de perfis topográficos e coleta de amostras dos sedimentos superficiais, e também foram registradas informações meteorológicas e climáticas, que posteriormente foram correlacionados para a mensuração das suas influências.

Para verificar a variação morfológica da praia, foram definidos quatro transectos na praia para a medição dos perfis topográficos realizados nas zonas de face praial e planície de maré. Cada perfil teve pontos espaçados de 10 m e pontos extras a cada mudança notável de inclinação do terreno, sendo que as distâncias foram medidas com uma trena. A topografia foi executada com um nível de precisão Leica, modelo AZ-2S, e régua topográfica. Os transectos foram demarcados com rés fixas, que representaram o zero relativo de cada perfil. A definição das rés, assim como as distâncias e os azimutes, foi baseada no trabalho de Laube (2009), com o intuito da comparação entre dados atuais e pretéritos. Das 4 rés utilizadas por Laube (2009) (TABELA 1), apenas duas foram localizadas. As demais tiveram novas rés estabelecidas, considerando as descrições indicativas do trabalho de referência (FIGURA 7).

FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DAS RÉS TOPOGRÁFICAS NO BALNEÁRIO PONTAL II.



FONTE: A Autora (2018).

TABELA 1 – LATITUDES E LONGITUDES DAS RÉS DOS PERFIS PRAIAIS REESTABELECIDOS.

Coordenadas UTM – SAD69		
<b>Perfil #1</b>	765.440	7.169.992
<b>Perfil #2</b>	765.156	7.170.402
<b>Perfil #3</b>	765.040	7.170.575
<b>Perfil #4</b>	764.916	7.170.725

O perfil #1 está localizado a sotamar do Canal do DNOS. A ré encontra-se no canto esquerdo da base de concreto da cerca de uma casa, entre o pilar e o muro vizinho (FIGURA 8). A casa está localizada na esquina da Alameda Artur João de Campos. O primeiro ponto do perfil está a 21 m da ré, onde o terreno com gramado termina, seguindo o azimute de  $180^{\circ}$  que corresponde ao alinhamento dos pilares da cerca.

FIGURA 8 - RÉ DO PERFIL #1 ESTABELECIDO NO CANTO ESQUERDO DA GRADE DE UMA CASA.



FONTE: A Autora (2018).

O perfil #2 está localizado no centro do balneário. A ré encontra-se no canto interno esquerdo do décimo degrau (contado de cima para baixo) da escada de uma casa na beira da praia (FIGURA 9), a direita da Rua Cangata. O primeiro ponto do perfil está a 10 m da ré, onde é o final do enrocamento, seguindo a direção da lateral da escada, com azimute de  $173^{\circ}$ .

FIGURA 9 – RÉ DO PERFIL #2 ESTABELECIDO NO CANTO ESQUERDO DO DÉCIMO DEGRAU DA ESCADA.



FONTE: A Autora (2018).

O perfil #3 está localizado a barlar de um enrocamento normal à praia, e sua ré fixa encontra-se em cima de uma pequena estrutura de concreto, a qual era a base de uma antiga lixeira (FIGURA 10). A estrutura de concreto está no final da Avenida Marumbi. A distância do primeiro ponto do perfil é de 7,5 m, onde está o final do enrocamento, seguindo o azimute de  $175^\circ$ , que corresponde ao alinhamento com o Farol das Conchas da Ilha do Mel.

FIGURA 10 – RÉ DO PERFIL #3 ESTABELECIDO NA ESTRUTURA DE CONCRETO.



FONTE: A Autora (2018).

O quarto perfil está a sotamar da estrutura normal à praia, próximo à desembocadura do rio Penedo, e sua ré fixa está localizada em cima de um tronco, a oeste da cavidade central (FIGURA 11). O tronco está em posição de vida e estabelecido em meio ao manguezal desde 2008, sendo também referencia para Laube (2009) e, por isso, acredita-se que está bem fixado. O primeiro ponto do perfil a 10 m da ré, onde acaba a vegetação de mangue e com o azimute de 90°.

FIGURA 11 –RÉ DO PERFIL #4 ESTABELECIDO EM CIMA DE UM TRONCO EM POSIÇÃO DE VIDA.



FONTE: A Autora (2018).

Em relação à variação volumétrica, o cálculo foi feito através da diferença dos valores referentes à Regra Trapezoidal do *software Surfer 7*, igualando as distâncias dos perfis de cada ponto e utilizando a largura de um metro.

A coleta de sedimentos para a análise granulométrica foi feita nos mesmos dias em que a topografia dos perfis foi executada. Foram coletadas três amostras por perfil ao longo da face praial e da planície de maré. Estes materiais foram armazenados em recipientes plásticos e identificados para análise laboratorial.

Em laboratório, as amostras de sedimentos foram preparadas para o cálculo de porcentagem da matéria orgânica e de carbonatos contidos, seguindo respectivamente os métodos de oxidação com peróxido de hidrogênio e digestão ácida com ácido clorídrico (HCl) 10% (GROSS, 1971). Após a retirada da matéria orgânica e dos carbonatos das amostras, os parâmetros estatísticos granulométricos foram obtidos pelo método de difração *laser* (diâmetro médio de grão, graus de

seleção, assimetria e curtose). Os resultados foram dispostos em uma planilha do Microsoft Excel para a comparação dos valores.

Por fim, para a identificação de mudanças na linha de costa, utilizou-se imagens de satélite dos anos de 2002 e 2017 disponibilizadas no *Google Earth*, que foram redesenhadas no Adobe Photoshop CS6 para a comparação entre os anos. Os dados de distâncias foram medidos com a ferramenta régua do *Google Earth* em espaçamentos iguais para a obtenção dos valores de variações máximas e médias.

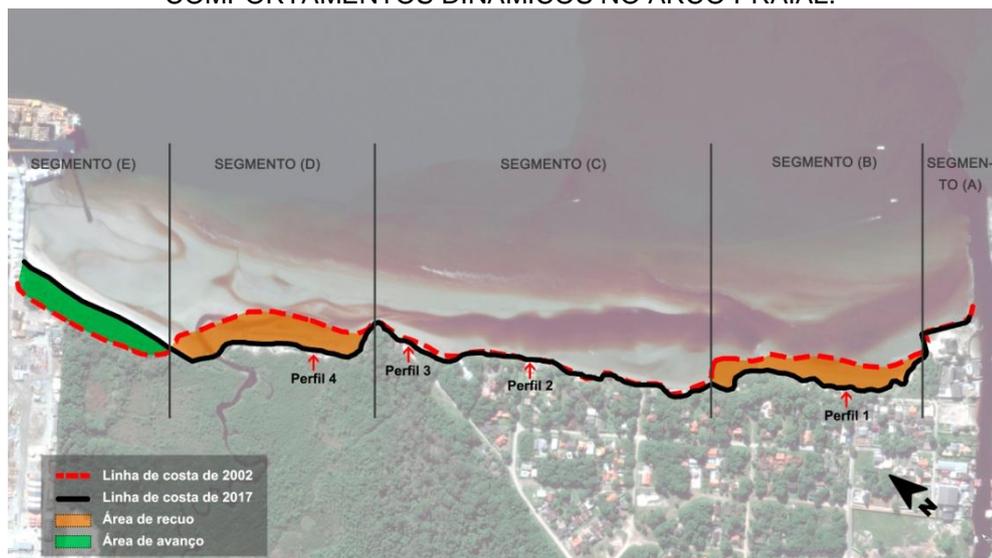
## 6 RESULTADOS

### 6.1 MUDANÇAS NA LINHA DE COSTA

Na comparação entre as imagens de satélite referentes aos anos de 2002 e 2017 foi possível segmentar a praia em cinco áreas (FIGURA 12), de acordo com o comportamento dinâmico ao longo de 15 anos.

Os segmentos #A e #C, localizados no extremo sul e na porção central do arco praial, respectivamente, mantiveram-se estáveis espacialmente. O segmento #B apresentou um recuo de até 49,3 m, com média de 32,8 m, exultando em uma taxa de  $2,2 \text{ m.ano}^{-1}$ . O segmento #D teve recuo de até 52,2 m de área, com média de 36,8 m e taxa de  $2,4 \text{ m.ano}^{-1}$ . Por fim, o segmento #E, no extremo norte da praia, foi o único com ganho de área, com valores chegando a 57 m, média de 40,8 m e taxa de aproximadamente  $2,7 \text{ m.ano}^{-1}$ .

FIGURA 12 – COMPARAÇÃO DA POSIÇÃO DAS LINHAS DE COSTA ENTRE OS ANOS DE 2002 (LINHA TRACEJADA) E 2017 (LINHA CONTÍNUA) COM A INDIÇÃO DOS DIFERENTES COMPORTAMENTOS DINÂMICOS NO ARCO PRAIAL.



FONTE: A Autora (2018).

Em relação à mudança de linha de costa analisada, os segmentos #A e #C já estavam urbanizados e fixados com estruturas de contenção desde 2002. O segmento #B em 2002 apresentava uma área de vegetação entre a praia e as residências fixas, sendo que essa área de vegetação foi perdida até 2017 e também

agora está fixada por estruturas. A costa dos segmentos #D e #E não continham estruturas fixas em nenhum dos anos analisados.

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com Angulo et al. (2018), cujas análises correspondem com os segmentos #B e #E e indica erosão com taxa anual de 3 m no segmento #B no período entre 2002 e 2015 e acreção no #E de 4,15 m.ano<sup>-1</sup> no mesmo período.

No mapa de mudanças globais na linha de costa de Luijendijk et al. (2018), que considera o período de 1984 a 2016, os resultados são similares. O segmento #B apresentou características erosivas, com um recuo de 2,1 m.ano<sup>-1</sup>; no segmento #C, a variação foi mínima, com avanço de 0,2 m.ano<sup>-1</sup>; o segmento #D foi classificado como o mais erosivo da praia, com recuo de 2,4 m.ano<sup>-1</sup> e; o segmento #E foi indicado como acrecivo, com avanço de 1 m.ano<sup>-1</sup>. Neste último, a análise feita entre 2002 e 2017 foi consideravelmente maior (2,7 m.ano<sup>-1</sup>), e esse aumento na taxa de acreção anual pode ser justificada pela ampliação do píer da UOT em 2012 e a atracação da unidade flutuante em 2016.

Uma comparação dos valores encontrados pelos autores é mostrada na tabela a seguir.

TABELA 2 – QUADRO COMPARATIVO ENTRE TAXAS ANUAIS DE VARIAÇÃO DE LINHA DE COSTA DEFINIDAS POR ESTE ESTUDO, POR ANGULO ET AL. (2018) E POR LUIJENDIJK ET AL. (2018).

	2002 – 2017 (m.ano <sup>-1</sup> )	(ANGULO et al., 2018) 2002 – 2015 (m.ano <sup>-1</sup> )	(LUIJENDIJK et al., 2018) 1984 – 2016 (m.ano <sup>-1</sup> )
<b>Seg. #A</b>	*	*	*
<b>Seg. #B</b>	-2,2	-3,0	-2,1
<b>Seg. #C</b>	*	*	+0,2
<b>Seg. #D</b>	-2,4	*	-2,4
<b>Seg. #E</b>	+2,7	+4,15	+1,0

FONTE: A Autora (2018).

Considerando uma análise mais ampla da região (FIGURA 23), em 1954, o canal do DNOS e o píer da UOT ainda não haviam sido construídos, assim como nenhuma outra estrutura costeira pôde ser reconhecida, não se observando alterações abruptas na linha de costa. Também foi possível verificar que havia a formação dos esporões arenosos que indicam o sentido da deriva litorânea (FIGURA 13A). A região continha uma área de vegetação predominante, sendo que apenas algumas ruas de areia são reconhecidas na imagem. Na segunda de 1980, o canal do DNOS já está construído, e no balneário Pontal II, a jusante do canal, forma-se

uma planície arenosa (Angulo et al., 2018) (FIGURA 13B). A formação dessa planície coincide também com o início das dragagens para a abertura do Canal da Galheta, em 1973 (APPA, 2017). A urbanização continua incipiente, porém um pouco mais visível.

Em 2002, pode-se observar o avanço de linha de costa em Pontal do Sul, enquanto que em Pontal II, logo após o Canal do DNOS, houve uma alteração brusca no comportamento da linha de costa, com a perda de sedimentos (FIGURA 13C). Já havia o píer da UOT, e a sua jusante, na Ponta do Poço, também há uma mudança brusca de recuo da linha de costa. Em Pontal II, é possível verificar a formação das barras e canais longitudinais, que não eram observadas em 1980. Nessa imagem, observa-se uma área urbanizada maior que a dos anos anteriores.

A última imagem demonstra que em 2017 o píer da UOT foi ampliado, a linha de costa da região de Pontal do Sul avança mais e o balneário Pontal II já não mostra alterações aparentes em sua linha de costa, visto que a urbanização está bem estabelecida e a costa fixada com estruturas de contenção (FIGURA 13D). No entanto, estudos na região (KRUEGER, 1996; LAUBE, 2009); indicam uma tendência de erosão vertical da planície de maré, mostrando que as estruturas de contenção e fixação da costa não são efetivas ao problema de erosão.

Em relação ao comportamento da desembocadura do Rio Penedo, pode-se observar nas imagens que sua foz é variável. Em 1954 sua direção estava para o interior do estuário, seguindo a deriva litorânea, enquanto que nos anos de 1980 e 2002 seu percurso está mais retilíneo e em 2017 está na direção oposta à deriva litorânea. O Rio Penedo pode ser considerado um sangradouro perene, ou seja, um curso de água de fluxo ativo, cuja desembocadura migra na planície de maré e pode estar relacionado com processos de erosão e deposição no sistema praiial. Seu fluxo contínuo, mesmo que não tão intenso, pode causar modificações na morfologia praiial (NOVAK, 2017). A intensidade do seu fluxo tende a corresponder à pluviosidade, sendo que em períodos mais chuvosos seu fluxo é mais intenso (PEREIRA DA SILVA, 2003).

FIGURA 13 – COMPARAÇÃO DAS FOTOS AÉREAS DE 1954 E 1980 E AS IMAGENS DE SATÉLITE DE 2002 E 2017.



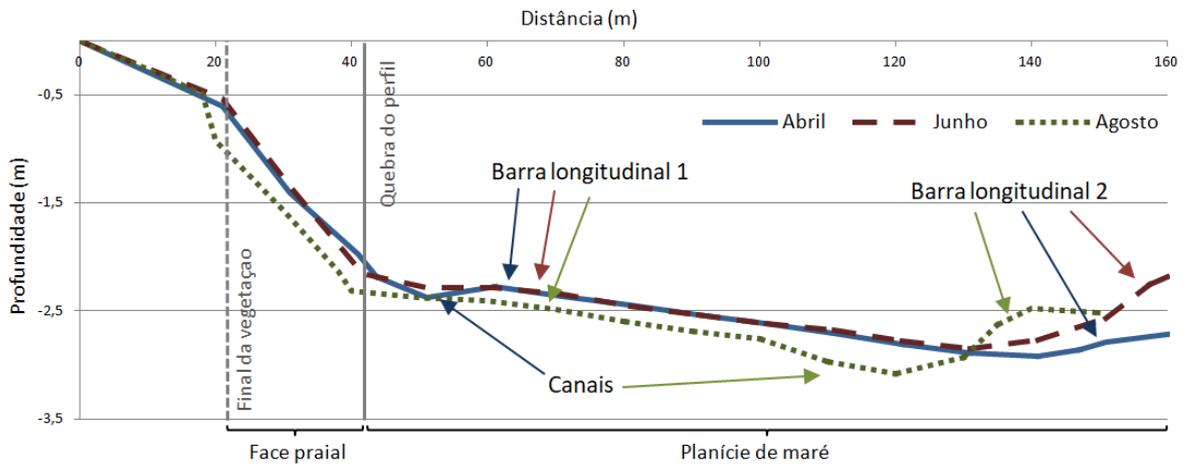
FONTE: A Autora, adaptado de Angulo et al. (2018) e Google Earth (2018).

## 6.2 MORFOLOGIA DA PRAIA

No perfil #1 (FIGURA 14) houve pouca variação vertical entre os meses de abril e junho. Observa-se que em abril ocorreu um canal longitudinal no início da planície de maré, com uma largura de 18 m, o qual não apareceu nos outros meses, e a barra longitudinal registrada no final do perfil, a partir da distância de 141 m no perfil, possui uma altura de 0,2 m. Em junho, a barra longitudinal no final do perfil iniciou-se aos 131 m de distância, com uma altura de 0,7 m, sendo então mais alta e mais larga que a barra encontrada em abril. Já em agosto, foi registrada uma falésia de 0,4 m no início da face praial e um rebaixamento de cerca de 0,3 m no terreno da

face praial e metade da planície de maré, em comparação com o mês de junho. Entre as distâncias de 100 e 130 m do perfil, havia um canal longitudinal de aproximadamente 0,32 m de profundidade, seguido de uma barra longitudinal com altura de 0,6 m.

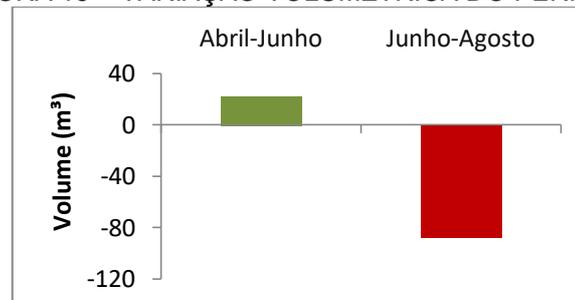
FIGURA 14 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #1 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO .



FONTE: A Autora (2018).

Em relação à variação volumétrica do perfil #1 (FIGURA 15), constatou-se um total de 22,4 m<sup>3</sup> de acréscimo sedimentar entre abril e junho, os quais representam o aumento da barra longitudinal 2 em junho e a ausência do canal de abril, enquanto que de junho para agosto, houve uma perda de 87,9 m<sup>3</sup> de sedimento, que pode ser observada ao longo de todo o perfil e com o canal longitudinal que formou-se em agosto.

FIGURA 15 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DO PERFIL #1.



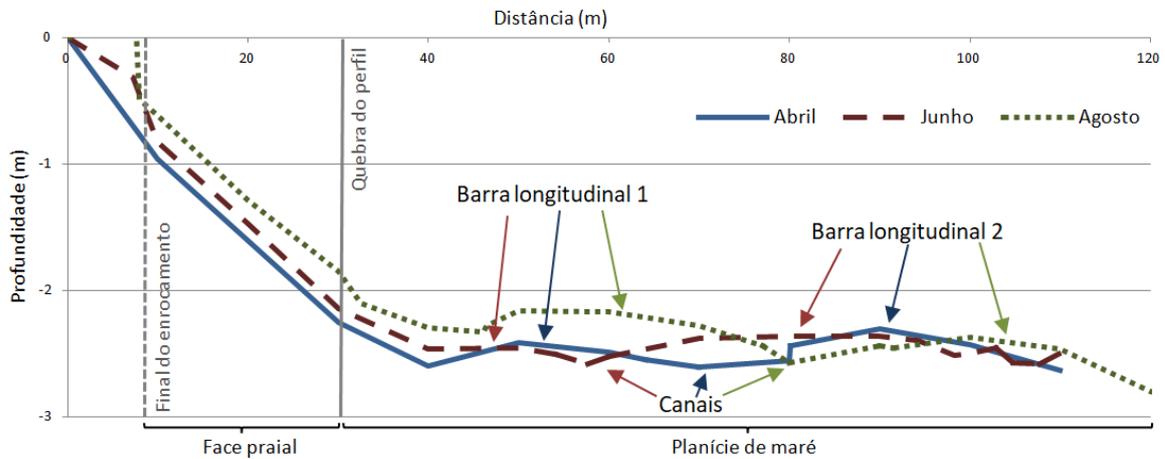
FONTE: A Autora (2018).

No perfil #2 (FIGURA 16), em abril havia um canal longitudinal de 27 m de comprimento entre as distâncias de 52 e 79 m do perfil, com profundidade de 0,2 m, seguido de uma barra de cerca de 0,5 cm de altura. A segunda barra do perfil, com



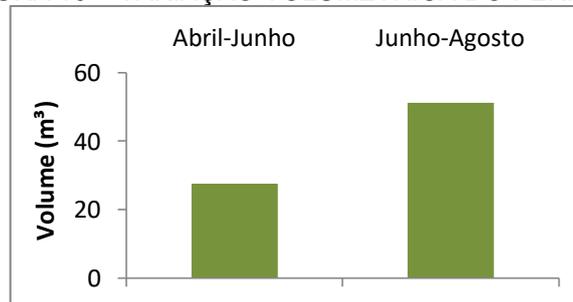
Em junho, houve um ganho de até 0,15 m de altura do terreno até os 40 m em comparação com abril, e em agosto mais elevação do terreno de cerca de 0,3 m até a mesma distância.

FIGURA 18 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #3 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO.



A variação volumétrica do perfil #3 (FIGURA 19) indicou acreção nos dois períodos, sendo 27,5 m<sup>3</sup> entre abril e junho e 51,1 m<sup>3</sup> entre junho e agosto, com a elevação do perfil e aumento das barras longitudinais entre os períodos.

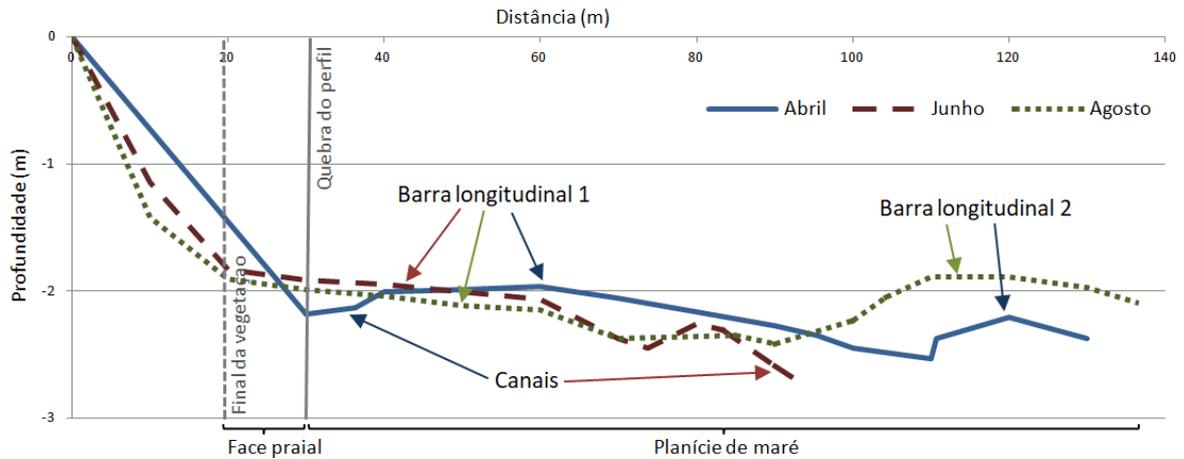
FIGURA 19 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DO PERFIL #3.



Por fim, o perfil #4 (FIGURA 20), apresentou em abril um canal na quebra do perfil, com uma profundidade de 0,2 m, seguido por duas barras longitudinais ao longo do perfil. Em junho, houve um rebaixamento do terreno em quase todo o perfil, comparado ao mês de abril, chegando a uma diferença de até 0,5 m na região da face praial. Neste mês, houve um ganho de sedimento apenas na linha d'água, aos 30 m de perfil, onde em abril continha a passagem do sangradouro do rio Penedo. Em agosto, o perfil rebaixou aproximadamente 0,1 m até os 60 m do perfil, em

comparação com junho. Entre abril e agosto, houve um acréscimo de 0,3 m na altura da segunda barra longitudinal dos perfis, e um aumento de 12 m na sua largura.

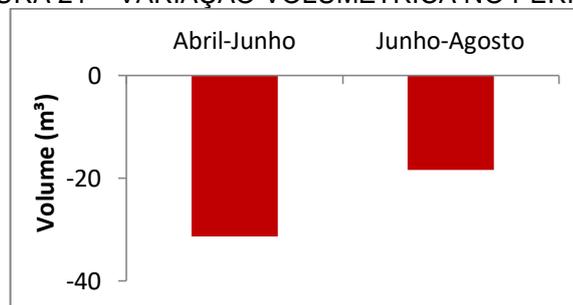
FIGURA 20 – PERFIS DE PRAIA E FEIÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTO #4 EM ABRIL, JUNHO E AGOSTO.



FONTE: A Autora (2018).

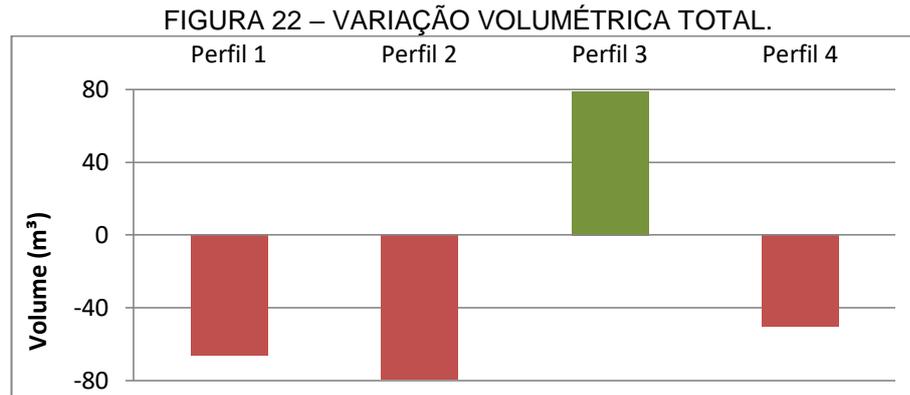
A variação volumétrica do perfil #4 (FIGURA 21), cujo cálculo foi realizado apenas até os 90 m do perfil para igualar com o perfil mais curto de junho, também foram observados resultados de erosão, com  $-31,3 \text{ m}^3$  de abril a junho, devido ao rebaixamento da face praial e a presença do canal longitudinal em junho, e  $-18,4 \text{ m}^3$  de junho a agosto, com o rebaixamento do terreno ao longo do perfil.

FIGURA 21 – VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA NO PERFIL #4.



FONTE: A Autora (2018).

No total, entre os três períodos, os perfis #1, #2 e #4 apresentaram tendências erosivas, com perda de  $65,5 \text{ m}^3$ ,  $78,9 \text{ m}^3$  e  $49,8 \text{ m}^3$ , respectivamente, na variação volumétrica. Em contrapartida, o perfil #3 foi caracterizado com acreção de sedimentos, com  $78,7 \text{ m}^3$  ao longo do perfil. A FIGURA 22 ilustra a variação total encontrada.



FONTE: A Autora (2018)

Em relação às características sedimentológicas da praia, todos os perfis apresentaram uma predominância de areias finas e bem selecionadas, sem distinção significativa espacial e sazonal. Quanto ao teor de matéria orgânica, os valores variaram de 1,74 e 5,54%, enquanto os valores de carbonato de cálcio variaram de 1,15 a 6,25%. A tabela com os resultados da análise sedimentológica encontra-se no Anexo 1.

No geral, foram identificadas diversas feições costeiras ao longo da praia (FIGURA 23), sendo as mais frequentes falésias, faces praias estreitas, presença de estruturas de contenção e raízes e troncos em posição de vida. Além disso, havia outros indicadores antrópicos de erosão costeira, como a destruição de estruturas artificiais.

**FIGURA 23 – FEIÇÕES COSTEIRAS E INDICADORES DE EROSIÃO ENCONTRADOS AO LONGO DE PONTAL II, SENDO ELAS: A) FALÉSIA DO PERFIL #1 EM AGOSTO; B) QUEBRA-MARES E VEGETAÇÃO NÃO NATIVA; C) PEDAÇOS DE CONCRETO E TIJOLOS MISTURADOS COM A AREIA; D) E E) ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO F) RAÍZES E ÁRVORES EM POSIÇÃO DE VIDA.**



FONTE: A Autora (2018).

## 7 DISCUSSÃO

Em relação aos perfis praiais, de acordo com a classificação de Rosa e Borzone (2008), que levou em consideração características de geometria e feições morfológicas, os perfis realizados em Pontal II se adéquam ao grupo de praias estuarinas próximas a desembocaduras, com a face praial estreita em formato convexo e a planície longa com a presença de barras e canais. O grupo de praias estuarinas apresentam perfis mais retilíneos e sem a presença de bancos ou cavas na planície de maré.

As barras e canais longitudinais são formadas pelo desenvolvimento de esporões pela corrente de deriva litorânea (BIRD, 2008) e tendem a se deslocar de acordo com a energia de ondas no local, podendo indicar a entrada ou saída de sedimentos na praia (HOEFEL, 1998). Jackson et al. (2002) mostra que em períodos de incidência de ondas com menor energia, as barras tendem a se deslocar para a direção da praia, indicando ganho de sedimentos. Em contrapartida, períodos de maior energia deslocam a barra na direção oposta à praia, indicando perda de sedimentos.

No perfil #1, o aumento da barra longitudinal 2 entre abril e junho pode indicar um aporte de sedimentos. A variação volumétrica deste período também indica entrada de sedimentos no sistema. Porém em agosto, apesar da barra 2 estar localizada mais próxima à praia, aventa-se que não seja a mesma dos meses anteriores, e sim uma nova barra formada a partir do material erodido ao longo do perfil, devido à ocorrência de ressacas no período que antecedeu a campanha de campo, sendo que a variação volumétrica negativa no período indicaria isso. No mesmo período, as barras longitudinais registradas por Laube (2009) apresentaram o mesmo comportamento. Este perfil topográfico é provavelmente o mais influenciado pelo efeito de molhe hidráulico do canal do DNOS, que interrompe a corrente de deriva litorânea (SOARES et al., 1994), e foi o que apresentou a maior variação ao longo do perfil em agosto com o aparecimento de uma falésia.

O perfil #2, que demonstra rebaixamento do terreno em todo o perfil praial, indicou migração da barra longitudinal em direção à praia em todas as campanhas de campo, sendo que provavelmente as barras longitudinais na planície de maré receberam os sedimentos retirados da face praial, visto que em eventos de tempestade, frequentes no período em que as coletas de campo foram realizadas,

pode ocorrer erosão da parte superior da face praial e deposição na parte inferior (WIJNBERG & KROON, 2002). Nos registros de Laube (2009), a barra do perfil se deslocou em direção à praia apenas no mês de agosto. A perda sedimentar do perfil pode estar relacionada com a presença de enrocamentos fixados, já que estruturas de defesa longitudinal acarretam em uma maior reflexão das ondas e turbulência, resultando numa erosão vertical (Short, 1999).

Os perfis topográficos #3 e #4 estão localizados em lados opostos de um promontório rochoso artificial e os resultados mostraram sua influência, já constatada na variação de linha de costa. O perfil #3, localizado a barlar do promontório, apresentou acreção e o perfil #4, a sotamar, evidenciou erosão, como descrito por Short (1999) em situações de construções que interrompem a deriva longitudinal.

O perfil #3, com duas barras longitudinais, mostra tendências de deslocamento das barras em direção à face praial, onde pode-se dizer que a primeira barra de abril foi depositada na face praial até junho, e a primeira barra de junho foi depositada na face praial até agosto. As barras registradas por Laube (2009) também apresentaram uma movimentação em direção à praia no mês de agosto.

Por fim, no perfil #4, que apresentou tendência de erosão, a barra 2, sendo a mais visível do perfil, teve seu aumento de altura e largura. Assim como no perfil #2, este aumento da barra provavelmente está relacionado com a retirada de sedimentos da face praial que se depositou na região da barra, seguindo a lógica já apresentada de Wijnberg & Kroon (2002). Nos registros de Laube (2009), a barra longitudinal teve seu deslocamento em direção oposta à praia no mesmo período.

Em comparação com o estudo feito por Laube (2009) no mesmo local e aproximadamente mesmo período, alguns resultados de variação volumétrica não apresentaram compatibilidade. Como apresentado na TABELA 3, o perfil #1, em ambos os estudos, apresentou tendência erosiva, assim como o perfil #4. No entanto, o perfil #2 apresentou tendência de acreção e o perfil #3 erosão no estudo de Laube (2009), diferentemente dos resultados encontrados no presente estudo.

TABELA 3 – QUADRO COMPARATIVO ENTRE OS RESULTADOS DE VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA OBTIDOS NESTE TRABALHO E NO TRABALHO DE LAUBE (2009).

	Abril/2018 – Agosto/2018 (m <sup>3</sup> )	Dezembro/2007- Agosto/2008 (Laube, 2009) (m <sup>3</sup> )
<b>PERFIL #1</b>	-65,5	-26,9
<b>PERFIL #2</b>	-78,9	1,7
<b>PERFIL #3</b>	78,7	-15,6
<b>PERFIL #4</b>	-49,8	-19,9

FONTE: A Autora (2018).

As diferenças encontradas podem estar relacionadas às distintas sazonalidades que cada estudo contemplou, visto que Laube (2009) abrangeu o verão, outono e inverno, enquanto que este as campanhas de campo para este trabalho foram realizadas apenas no outono e inverno. Calliari et al. (1998) indica que as praias arenosas do sul do Brasil estão em período de erosão entre as estações de outono, inverno e primavera (entre abril e novembro), devido à maior incidência de eventos extremos na região, enquanto que o verão tende a ser um período mais depositivo.

No geral, Angulo (1992) e Krueger et al. (1996) observaram que as causas da erosão do local são antrópicas devido às barreiras físicas, como o Canal do DNOS, o píer da UOT e os enrocamentos. Como solução, sugeriu-se a implantação de um sistema de transferência (*by-pass*) dos sedimentos dragados na desembocadura do canal.

As feições costeiras encontradas ao longo da praia podem sinalizar processos de erosão ou acreção. Aquelas identificadas na região dos perfis praias, que compreendem aos segmentos #B, #C e #D (falésias, pós-praia estreita, destruição de estruturas artificiais e raízes e troncos em posição de vida), de acordo com Souza et al. (2005), são indicadoras de erosão.

Em relação às características sedimentológicas dos perfis estudados, os resultados foram praticamente os mesmo daqueles encontrados por Laube (2009), com areias finas bem selecionadas ao longo de toda a praia, sem distinção significativa espacial e sazonal. Jackson et al. (2002) destacaram que esse padrão é característico de praias estuarinas, onde a baixa energia de ondas pode retrabalhar melhor os sedimentos e o alagamento diário devido à variação da maré mantém a homogeneidade da praia. Rosa e Borzone (2008) indicaram que areias finas bem selecionadas são comumente encontradas nas praias de desembocadura do CEP, com o aumento do tamanho do grão e diminuição do grau de seleção em direção ao interior do estuário. Isso porque essas características estão associadas com a fonte

dos sedimentos e, assim, as areias finas da desembocadura possuem origem marinha (ANGULO, 1992). A quantidade de matéria orgânica foi maior na região próxima a desembocadura do rio Penedo e do manguezal, e os valores de carbonatos encontrados foram relativamente parecidos com o resultado encontrado por Laube (2009), que ficou entre 0,5 e 7,9%, o qual também indicou a influência da proximidade com o manguezal, área mais rica em nutrientes e conseqüentemente mais rica em organismos.

## 8 CONCLUSÃO

Entre os meses de abril, junho e agosto de 2018, pode-se observar a predominância de erosão na praia de Pontal II. A análise granulométrica indicou predominância de areias finas e bem selecionadas, não havendo, portanto, alteração no padrão sedimentológico da praia nos últimos 10 anos.

As intervenções antrópicas na praia do balneário Pontal II modificam significativamente o transporte de sedimentos do local. A análise das imagens de satélite e as feições costeiras encontradas demonstram que há diferenças entre as extremidades da praia estudada. A porção localizada ao interior do estuário, caracterizada pela presença de manguezal, apresenta tendência depositiva, enquanto que a outra margem, cuja linha de costa é fixada pela urbanização, é considerada erosiva. A característica erosiva provavelmente está relacionada com a obstrução da corrente de deriva longitudinal através da fixação da desembocadura do canal de drenagem continental artificial (o canal do DNOS). Já a característica depositiva na margem oposta está relacionada com o píer construído, que atua como uma barreira e aprisiona os sedimentos.

Além disso, as estruturas de menor escala construídas ao longo da praia influenciam no seu comportamento morfológico, sendo que as regiões com obras de enrocamento para contenção ocasionaram em erosão vertical e estruturas normais às praias resultaram em deposição à barlar e erosão à sotamar.

## REFERÊNCIAS

- AMB Planejamento Ambiental e Biotecnologia. **RIMA do Terminal Portuário localizado no município de Pontal do Paraná, PR.** Porto Pontal Paraná. 2007. Relatório de Impacto Ambiental.
- ALFREDINI. P. **Obras e gestão de portos e costa.** São Paulo: Edgard Blüncher, 2005.
- ANGULO, R.J. **Geologia da planície costeira do estado do Paraná.** 334 f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- ANGULO, R. J. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 41, p. 73-81. 1993.
- ANGULO, R. J. Morphological Characterization of the Tidal Deltas on the Coast of the State of Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1999.
- ANGULO, R. J; ARAÚJO, A. D. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p. 7-17. 1996.
- ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C.; MÜLLER, M. E. J.; NOERNBERG, M. A.; OLIVEIRA, L. H. S.; SOARES, C. R.; BORZONE, C. A.; MARONE, E. Paraná. In: MUEHE, D (organizador). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil.** Brasília: MMA, 2018.
- APPA, Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **Planejamento Estratégico da Infraestrutura Marítima dos Portos do Paraná – PEIM/PR.** 2017. Relatório técnico.
- BIGARELLA, J. J. Nota sobre os depósitos arenosos recentes do litoral sul-brasileiro. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 5, n. 1/2. p. 233-236. 1955.
- BIGARELLA, J. J; BEKER, R. D.; DE MATOS, D. J.; WENER, A. **A Serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná:** um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional). Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA). Curitiba, 1978. 248p.
- BIRD, E. C. F. 1985. **Coastline changes.** A global review. Chichester, UK: Wiley Interscience, 219 p.
- BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology:** an introduction. Segunda edição. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, 2008.

CALLIARI, L. J.; TOZZI, H. A. M.; KLEIN, A. H. F. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surge in Southern Brazil – Rio Grande to Chuí, RS. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70(2), p. 231-247, 1998.

ENGEMIN engenharia e geologia. **Faixa de infraestrutura de Pontal do Paraná**. Paraná, 2015. Relatório de Impacto Ambiental.

FORTUNATO, A. B.; CLÍMACO, M.; OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA, A.; SANCHO, F.; FREIRE, P. Dinâmica fisiográfica da orla costeira: estudos de reabilitação e proteção. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 8, p. 45-53. 2008.

GROSS, M. G. Carbon Determination. In: CARVER, R. E. (ed). **Procedures in Sedimentary Petrology**, Wiley: New York, 1971, p. 573-596.

HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas: Uma Revisão Bibliográfica**. Itajaí: Editora da Univali, 1998.

HUGHES, Z. J.; FITZGERALD, D. M.; HOWES, N. C.; ROSEN, P. S. The impact of natural waves and ferry wakes on bluff erosion and beach morphology, Boston Harbor, USA. **Journal of Coastal Research**. Austrália, v. 50, p. 497-501. 2007.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F.; ELIOT, I; MASSELINK, G. 'Low energy' Sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. **Geomorphology**, v. 48, p. 147-162, 2002.

KRUEGER, C. P.; SOARES, C. R.; MARONE, E.; RIESEMBERG, C. E.; PILATI, F. P.; KRUGER, M. M.; PRADO, A.; MASUKO, H. A. **Levantamento com GPS da linha de costa na área erosiva da Ponta do Poço (PR)**. 2º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, 1996. p. 184-192.

LAMOUR, M. R. **Dinâmica sedimentar do Canal da Galheta, via de acesso ao Porto de Paranaguá – PR**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LAUBE, D. M. **Morfodinâmica praias do balneário Pontal II, município de Pontal do Paraná (PR)**. 101 f. Graduação (Bacharelado em Oceanografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2009.

LUIJENDIJK, A. P.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; FEDOR, B. DONCHYTS, G.; AAMINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Nature**, Scientific Reports, 2018.

MANTOVANELLI, A.; MARONE, E.; DA SILVA, E. T.; LAUTERT, L. F.; KLINGENFUSS, M. S.; PRATA JR., V. P.; NOERNBERG, M. A.; KNOPPERS, B. A.; ANGULO, R. J. Combined 25 tidal velocity and duration asymmetries as a determinant of water transport and residual flow in Paranaguá Bay estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Elsevier, v. 59, p. 523-537. 2004.

MARONE, E.; CAMARGO, R. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: O evento e 18 de agosto de 1993. **Nerítica**, Curitiba, v. 8, n. 1-2, p. 73-85. 1994.

MARONE, E.; JAMIYANAA, D. Tidal characteristics and a numerical model for the M2 tide at the Estuarine Complex of the Bay of Paranaguá, Paraná, Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v. 11, p. 95-107. 1997.

MARTINS, G. J.; MARONE, E.; ANGULO, R. J.; NOERNBERG, M. A.; QUADROS, C. J. L. Dinâmica da zona rasa de shoaling e o transporte de sedimentos na desembocadura sul do Coplexo Estuarino de Paranaguá – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 54, p. 51-64. 2004.

NOERNBERG, M. A.; LANA, P. C. A sensibilidade de manguezais e marismas a impactos por óleo: fato ou mito? Uma ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas costeiros a derrames de óleo. **Geografares**, Vitória, n. 3, p. 109-122. 2002.

NOERNBERG, M. A.; MARONE, E.; ANGULO, R. J. Coastal currents and sediment transport in paranagua estuary complex navigation channel. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 60, p. 45-54. 2007.

NOVAK, L. P. **Risco á erosão costeira na orla dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná – PR**, Brasil. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

OLIVEIRA, E.; DOURADO, M. **Caracterização Sazonal do Vento na Baía de Paranaguá-PR**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia. Rio Grande, 2010.

OLIVEIRA, F. S. B. F. Impact of anthropological pressure on the coastal area: cross-shore beach analysis, a case study. **CoastGIS'03**, Genova, Italy, 2003.

PEREIRA DA SILVA, R., The influence of washouts on the erosive susceptibility of Rio Grande do Sul between Cassino and Chuí beaches, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 332-338. 2003.

PETROBRÁS. Casco da plataforma P-76 chega ao estaleiro Inhaúma (11 de mar. De 2015). Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/casco-da-plataforma-p-76-chega-ao-estaleiro-inhauma.htm>. Acesso em: 5 nov. 2018.

PHILLIPS, M. R.; JONES, A. L. Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: problems, consequences and management. **Tourism Management**, v. 27, p. 517-524. 2006.

POND, S.; PICKARD, G. L. **Introductory Dynamical Oceanography**. New York, Pergamom Press, 1986.

MMA Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima de Pontal do Paraná – PROJETO ORLA**. 2004.

ROSA, L. C.; BORZONE, C. A. Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38(2), p. 237-245. 2008.

SOARES, C. R.; PARANHOS FILHO, A. C.; SOUZA, M. C.; BRANCO, J. C.; FABIANOVICS, R.; PRAZERES FILHO, H. J.; KOGUT, J. S. Variações da linha de cosra no Balneário Pontal do Sul (PR) no período de 1953-1993: um balanço sedimentar. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 42, p. 161-172. 1994.

SOUZA, C. R. G.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ESTEVES, L. S.; VITAL, H.; DILLENBURG, S. R.; PATCHINEELAM, S. M.; ADDAD, J. E. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos, 2005. p. 130-152.

SHORT, A. D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. Austrália: Wiley, 1999.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia marinha**: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992.

TECHINT Engenharia e Construção. Unidade Offshore Techint. Disponível em: <http://www.techint-engenharia.com/UOT/UOT.html#p=1>. Acesso em: 5 nov. 2018.

THOMSON. Coasts of erosion. Disponível em: <http://thebritishgeographer.weebly.com/coasts-of-erosion-and-coasts-of-deposition.html>. Acesso em: 18 set. 2018.

UEDA, G. M. **Caracterização da dinâmica hídrica da desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá**. 130 f. Graduação (Bacharelado em Oceanografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2008.

WIJNBERG, K. M.; KROON, A. Barred Beaches. **Geomorphology**, v.48. p. 103–120. 2002.

## ANEXO 1 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

<b>17.ABRIL.2018</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Grau de Seleção</b>	<b>MO (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
P 1.1	areia fina (224,7)	bem selecionado (55,82)	1,75	1,96
P 1.2	areia fina (148,6)	bem selecionado (36,85)	5,12	6,04
P 1.3	areia média (202,5)	moderadamente selecionado (53,46)	4,31	6,25
P 2.1	areia fina (186,7)	bem selecionado (40,70)	3,25	3,68
P 2.2	areia fina (192,4)	bem selecionado (47,16)	3,30	4,69
P 2.3	areia fina (158,7)	muito bem selecionado (34,02)	3,20	5,23
P 3.1	areia média (230,9)	moderadamente selecionado (51,57)	2,92	2,17
P 3.2	areia fina (186,8)	bem selecionado (44,07)	3,15	4,25
P 3.3	areia fina (176,1)	bem selecionado (38,43)	3,58	4,57
P 4.1	areia fina (167,4)	bem selecionado (46,97)	5,54	4,17
P 4.2	areia fina (182,8)	bem selecionado (39,26)	3,58	4,07
P 4.3	areia fina (174,2)	bem selecionado (40,52)	3,69	3,89
<b>13.JUNHO.2018</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Grau de Seleção</b>	<b>MO (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
P 1.1	areia fina (204,6)	bem selecionado (48,32)	1,74	2,51
P 1.2	areia fina (155,5)	bem selecionado (39,14)	3,73	5,57
P 1.3	areia fina (182,5)	bem selecionado (42,04)	3,80	4,91
P 2.1	areia fina (188,4)	bem selecionado (41,83)	2,89	3,72
P 2.2	areia fina (171,8)	bem selecionado (43,99)	4,18	5,16
P 2.3	areia fina (181,6)	bem selecionado (39,46)	3,72	5,08
P 3.1	areia fina (186,9)	bem selecionado (41,97)	3,17	3,40
P 3.2	areia fina (185,5)	bem selecionado (46,11)	3,70	4,00
P 3.3	areia fina (185,9)	bem selecionado (43,59)	3,79	4,82
P 4.1	areia fina (177,5)	bem selecionado (39,03)	3,29	4,41
P 4.2	areia fina (181,8)	bem selecionado (39,79)	3,50	3,87
P 4.3	areia fina (174,1)	bem selecionado (36,86)	3,32	4,07
<b>14.AGOSTO.2018</b>				
<b>Amostra</b>	<b>Tamanho (µm)</b>	<b>Grau de Seleção</b>	<b>MO (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
P 1.1	areia fina (189,9)	bem selecionado (45,94)	2,66	1,15
P 1.2	areia fina (160,1)	bem selecionado (43,44)	5,19	5,91
P 1.3	areia fina (188,1)	bem selecionado (47,53)	3,48	4,71
P 2.1	areia fina (214,2)	moderadamente selecionado (50,9)	3,55	3,56
P 2.2	areia fina (184,1)	bem selecionado (40,43)	3,39	4,26
P 2.3	areia fina (166,8)	bem selecionado (39,42)	3,93	4,27
P 3.1	areia fina (210,4)	bem selecionado (39,32)	2,47	2,53
P 3.2	areia fina (182,4)	bem selecionado (40,89)	3,40	4,17
P 3.3	areia fina (178,9)	bem selecionado (37,95)	3,34	3,36
P 4.1	areia fina (192,2)	bem selecionado (43,70)	5,44	3,85
P 4.2	areia fina (182,0)	bem selecionado (42,33)	2,85	4,37
P 4.3	areia fina (176,0)	bem selecionado (36,86)	3,78	3,95