

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

GABRIEL GINESTE DA SILVA

**ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DO TRANSPORTE
SEDIMENTAR NO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC.**

CURITIBA

2018

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

GABRIEL GINESTE DA SILVA

**ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DO TRANSPORTE
SEDIMENTAR NO MUNICÍPIO DE ITAPOÁ-SC.**

Projeto apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (GC-132), sob orientação da Prof (a). Dr (a). Maria Cristina de Souza e coorientação do Prof. Dr. Carlos Conforti Ferreira Guedes.

**CURITIBA
2018**

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, que garantiu um ensino de excelência através de professores e funcionários altamente capacitados, além de estrutura que viabiliza o aprendizado geológico.

Um agradecimento ao Laboratório de Estudos Costeiros (LECOST) e ao Laboratório de Estudos Sedimentológicos (LabESed) pela estrutura e equipamentos fornecidos, essenciais para a realização deste trabalho.

Agradeço a orientadora Dr (a). Maria Cristina de Souza e o coorientador Prof. Dr. Carlos Conforti Ferreira Guedes, pelo apoio, paciência e, principalmente, pelos conhecimentos adquiridos. A doutoranda Fernanda Avelar, o Dr. Luiz Henrique Sielski de Oliveira e o graduando Geovanne Oliveira Marcola pelo auxílio e amizade durante as etapas de campo. Agradeço também o funcionário do LabESed, Daniel César Antunes Paredes, que forneceu bastante do seu tempo e boa vontade para me ajudar com as análises sedimentológicas realizadas no laboratório.

Agradecimento especial a todos os meus amigos, tanto do curso de Geologia quanto da vida, que são essenciais para minha realização. Agradeço também a Livia Peliche de Lima Passos, pelo amor, companheirismo e paciência durante parte desta trajetória.

Minha família pelo apoio, suporte, cuidado e amor incessante durante a realização deste trabalho, bem como ao longo de toda a graduação. Especialmente, agradeço ao Guilherme José Campos da Silva (pai), a Karina Ferrer Gineste da Silva (mãe) e a Ana Vitória Gineste da Silva (irmã). Não posso deixar de agradecer minha vó, Nilcea Maria Campos da Silva, que sempre foi um exemplo, e que está sendo uma guerreira nesta fase tão desafiadora de sua vida. Meu avô, Alceu Gineste, que sempre foi um dos maiores incentivadores do meu desenvolvimento profissional. Em memória a minha amada vó Noeli Gineste, que nos deixou pouco antes de eu iniciar esta trajetória... a conquista é em sua homenagem.

Finalmente, um agradecimento especial à Geologia, ciência que me proporciona oportunidades incríveis de aprimoramento pessoal e profissional, além de uma nova visão do mundo.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a análise da morfodinâmica costeira e do transporte sedimentar no município de Itapoá-SC. Para a análise da morfodinâmica costeira foram realizados levantamentos planialtimétricos de oito perfis de praia, em duas etapas de campo distintas (março e setembro de 2018). Através da comparação entre estes levantamentos calculou-se o balanço sedimentar de cada perfil, possibilitando a quantificação e identificação de dois focos erosivos principais, um a norte e próximo ao pontal rochoso conhecido como “terceira pedra”, e outro na extensão de praia a sul da “primeira pedra”. Também foi realizada a comparação entre os levantamentos altimétricos deste e de outros trabalhos, para a maior abrangência da série temporal de análise das taxas erosivas e compreensão do contexto regional. A partir desta abordagem, identificou-se que o processo erosivo no município está sendo intensificado. Na face praial de cada perfil foi coletada uma amostra superficial dos sedimentos costeiros para posterior análise granulométrica e separação dos minerais pesados, permitindo a caracterização granulométrica dos sedimentos ao longo da praia e a obtenção de índices que permitem qualificar a seleção hidráulica dos sedimentos, além de fazer inferências sobre a direção de transporte sedimentar predominante na região. Os sedimentos costeiros de Itapoá-SC foram caracterizados pela fração granulométrica areia fina (havendo engrossamento dos sedimentos para norte), com boa seleção, apresentando deriva longitudinal predominante para norte, além de possíveis derivas longitudinais resultantes para sul em certas localidades. O trabalho fornece dados e discussões úteis para a compreensão do processo erosivo que afeta o município, além de orientar a aplicação de futuras obras de contenção e/ou remediação do mesmo.

Palavras chave: Erosão; Perfis de Praia; Balanço Sedimentar; Minerais Pesados.

ABSTRACT

This project aims to analyze the coastal morphodynamics and the sediment transport along the beach of Itapoá-SC. Topographic surveys of eight beach profiles were done to analyze the coastal morphodynamics, in two different phases (March and September of 2018). The comparison between these surveys allowed the calculation of the sediment budget and the erosion process quantification, identifying two main erosional hot spots: one located north of the feature known as “Terceira Pedra” and the other located south of the feature known as “Primeira Pedra”. Also, these surveys were compared with those performed in previous studies, providing the update of erosive rates and a better understanding of the regional context. Sediment samples were collected in each beach profile, specifically at the beach face. These samples were submitted to grain size analysis, in order to get a sediment characterization along the coastal area. Aiming at sediment transport analysis, the heavy minerals were separated and indexes were calculated from these data, in order to qualify the hydraulic sorting of these sediments and discuss the prevalent direction of sediment transport. The coastal sediments of Itapoá were classified as well sorted fine sands, presenting prevalent longshore drift direction toward north, with resulting longshore drift toward south in some locations. This project provides useful data to the understanding of the increasing erosion process, and also serves as a guide to future projects of erosion control.

Keywords: Erosion; Beach Profile; Sediment Budget; Heavy Minerals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A) Enrocamentos utilizados para controlar o processo erosivo na praia de Itapoá-SC localizados no Perfil-06 deste trabalho (visada para sul). B) Erosão acentuada em praia adjacente ao enrocamento (visada para norte).....	3
Figura 2: Figura de localização do projeto, evidenciando as principais vias de acesso e os perfis planialtimétricos realizados na praia de Itapoá-SC, utilizando fotografia aérea obtida pela extensão IMAGERY do software ArcGIS 10.3.1.	4
Figura 3: Perfil de praia hipotético com os subambientes litorâneos e as principais feições encontradas, adaptado de Angulo (1996).....	9
Figura 4: Principais feições morfológicas do Perfil-01 durante a segunda etapa dos levantamentos planialtimétricos (visada para norte).	14
Figura 5: A) Ponto de referência próximo ao Perfil-02. B) Principais feições morfológicas do Perfil-02 durante o levantamento da segunda etapa (visada para sul).	15
Figura 6: A) Localização do Perfil-03, atrás dos enrocamentos (visada para norte). B) Utilização de enrocamentos em região próxima ao Perfil-03 (visada para sul).	16
Figura 7: Ponto de amarração do Perfil-04. B) Perfil-04 durante a primeira etapa (visada para sul).	17
Figura 8: A) Instalação da estação base para o levantamento do Perfil-05, sob antiga construção destruída pelo processo erosivo. B) Perfil-05 durante a segunda etapa, evidenciando o grande impacto da erosão (visada para sul).	18
Figura 9: A) Desenvolvimento de escarpa incipiente na interface entre a face pós-praia e a face praial durante a primeira etapa (visada para sul). B) Perfil-06 durante a primeira etapa (visada para sul).	19
Figura 10: A) Perfil-07 durante a primeira etapa, evidenciando a quase ausência do perfil de praia (visada para sul). B) Perfil-07 durante a segunda etapa (visada para sul).	20
Figura 11: A) Perfil-08 durante a primeira etapa (visada para sul). B) Praia que dista 50 metros a norte do Perfil-08, durante a segunda etapa, evidenciando o desenvolvimento de um perfil praticamente estável (visada para norte).	21
Figura 12: Análise granulométrica da amostra do Perfil-01 e gráfico de curva granulométrica.....	25

Figura 13: Análise granulométrica da amostra do Perfil-02 e gráfico de curva granulométrica.....	26
Figura 14: Análise granulométrica da amostra do Perfil-03 e gráfico de curva granulométrica.....	26
Figura 15: Análise granulométrica da amostra do Perfil-04 e gráfico de curva granulométrica.....	27
Figura 16: Análise granulométrica da amostra do Perfil-05 e gráfico de curva granulométrica.....	27
Figura 17: Análise granulométrica da amostra do Perfil-06 e gráfico de curva granulométrica.....	28
Figura 18: Análise granulométrica da amostra do Perfil-07 e gráfico de curva granulométrica.....	28
Figura 19: Análise granulométrica da amostra do Perfil-08 e gráfico de curva granulométrica.....	29
Figura 20: A) Imagem aérea da desembocadura da Baía da Babitonga em 2014. B) Imagem aérea da desembocadura em 2018. Visualmente é possível identificar mudanças na configuração destas feições deposicionais de areia, além do acúmulo de sedimentos na área do Perfil-08, concordante com os dados aqui apresentados.....	33
Figura 21: Mapa esquemático com os principais focos erosivos identificados.	34
Figura 22: Volume de sedimentos dragados no canal da Baía da Babitonga entre 1979 e 1991, extraído do INPH (2015).	38
Figura 23: A) Localidade próxima ao Perfil-06, evidenciando os problemas decorrentes da erosão costeira. B) Praia próxima ao Perfil-06, evidenciando a quase ausência de perfil de praia. C) Base estrutural de construção afetada pelo processo erosivo, entre os perfis 02 e 03.....	40
Figura 24: A) Canal de esgoto em contato com o oceano, associado a feições erosivas em praia localizada entre os perfis 02 e 03. B) Praia próxima ao Perfil-03, com contaminantes desembocando no oceano.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-01 (Exagero vertical de 3x).	14
---	----

Gráfico 2: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-02 (Exagero vertical de 3x).	15
Gráfico 3: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-03 (Exagero vertical de 3x).	16
Gráfico 4: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-04 (Exagero vertical de 3x).	17
Gráfico 5: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-05 (Exagero vertical de 3x).	18
Gráfico 6: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-06 (Exagero vertical de 3x).	19
Gráfico 7: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-07 (Exagero vertical de 3x).	20
Gráfico 8: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-08 (Exagero vertical de 3x).	21
Gráfico 9: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-01, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).	23
Gráfico 10: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-02, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).	23
Gráfico 11: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-03, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).	24
Gráfico 12: A) Gráfico com a porcentagem das frações granulométricas areia grossa, areia média e areia muito fina, evidenciando as tendências de engrossamento. B) Gráfico com a porcentagem do diâmetro médio das amostras, evidenciando as tendências de engrossamento.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de amarração dos perfis planialtimétricos, no dátum SIRGAS 2000.	13
Tabela 2: Cálculo volumétrico do saldo sedimentar dos perfis de praia realizados neste trabalho.	22
Tabela 3: Resultado do balanço sedimentar dos perfis 01, 02 e 03 exibidos em m ³ , considerando como saldo 1 o relativo ao período entre o levantamento de 2016 e 2018, e como saldo 2 o relativo ao período entre o levantamento de 2009 e 2018.	24

Tabela 4: Resultado integrado das análises granulométricas dos perfis de praia (A.M.G = areia muito grossa, A.G = areia grossa, A.M = areia média, A.F = areia fina e A.M.F = areia muito fina).....	25
Tabela 5: Resultado da análise de minerais pesados. O peso total das frações de interesse corresponde a areia fina e muito fina. Amostras sinalizadas em vermelho apresentaram problemas laboratoriais.....	29
Tabela 6: Resultado integrado das análises granulométricas e de minerais pesados deste trabalho. A escala de cores reflete em vermelho os valores maiores e em azul os menores (com exceção do diâmetro médio, pois o menor valor representa maiores granulometrias).	35
Tabela 7: Cálculo aproximado da perda de sedimentos costeiros do município de Itapoá-SC, na área abrangente desta pesquisa, considerando os dados planialtimétricos do presente trabalho. A distância de influência 1 é a utilizada no cálculo volumétrico mostrada anteriormente neste trabalho, enquanto a distância de influência 2 corresponde a utilizada nesta aproximação.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA	2
1.1 LOCALIZAÇÃO	3
1.2 OBJETIVOS	4
2 ESTADO DA ARTE.....	5
2.1 ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DO TRANSPORTE SEDIMENTAR.....	5
2.2 GEOLOGIA LOCAL.....	6
2.3 TERMINOLOGIA ADOTADA.....	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
4 RESULTADOS.....	13
4.1 PERFIS PLANIALTIMÉTRICOS	13
4.2 BALANÇO SEDIMENTAR.....	22
4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	24
4.4 MINERAIS PESADOS.....	29
5 DISCUSSÃO	30
5.1 MORFODINÂMICA COSTEIRA E TRANSPORTE SEDIMENTAR.....	30
5.2 PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA

Ambientes costeiros são de extrema relevância para a sociedade, seja para sua ocupação ou obtenção de recursos. A crescente ocupação das zonas costeiras, que por vezes ocorre de forma desordenada, resulta em problemas que podem ser melhor elucidados através de pesquisas científicas. Como exemplo disto, Angulo (2000) discute a ocupação de áreas costeiras no litoral paranaense sob a luz de temas como os ciclos de erosão e sedimentação costeiros. O autor faz constatações a respeito da dinâmica costeira que devem ser utilizadas como guia para a ocupação litorânea. Segundo Angulo (2000), a linha de costa é instável por natureza e por isso é necessário que a ocupação respeite uma faixa de recuo da mesma, a fim de evitar a acentuação dos processos erosivos.

A presente pesquisa tem como objeto de estudo a região costeira do município de Itapoá-SC, que gradativamente vêm observando a evolução de suas taxas erosivas. De acordo com Souza (1999), a acentuação dos processos erosivos foi evidenciada por levantamentos altimétricos de perfis de praia (de aproximadamente 100 metros de extensão), realizados entre 1996 e 1998. A mesma tendência foi constatada em levantamentos realizados entre 2008 e 2009, nos quais, segundo Cruz (2010), registraram um balanço negativo de $-186,40 \text{ m}^3$ de sedimentos, e em etapa de julho de 2016, que de acordo com Ligeski (2016), ao serem comparados com os perfis de 2009, determinaram um déficit sedimentar de $-283,3 \text{ m}^3$. Constata-se que o problema erosivo na região de interesse está em evolução, justificando a necessidade de monitoramento dos processos associados.

A gravidade do problema é perceptível ao observar o elevado número de obras de contenção ao longo da praia de Itapoá, como estruturas tipo *bagwall* e enrocamentos (Figura 1). É importante ressaltar que há alternativas para o controle ou remediação dos processos erosivos, como por exemplo, a engorda de praia. Apesar do custo elevado, a atratividade deste método é crescente devido a “primeiro, o desejo de residir em áreas costeiras está aumentando e o valor da infraestrutura costeira é

elevado, de modo que custos adicionais que proporcionem proteção a tempestades e acrescentem áreas de lazer são justificados” (DEAN, 1981, tradução livre, pg.1). Além disso, “secundariamente, se aplicada corretamente, esta técnica traz apenas efeitos benéficos para as áreas costeiras adjacentes. Por fim, este método pode restaurar habitats naturais que possam ter sido degradados pela erosão” (DEAN, 1981, tradução livre, pg.1). Dentro deste contexto, a presente pesquisa espera fornecer dados e apresentar discussões que possam orientar a escolha do método mais adequado para a solução do problema.

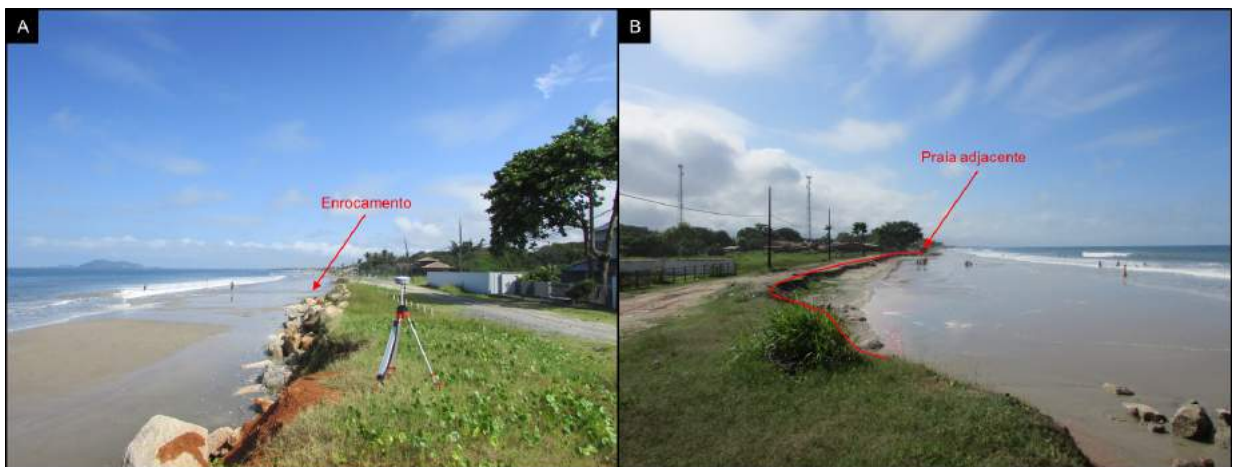


Figura 1: A) Enrocamentos utilizados para controlar o processo erosivo na praia de Itapoá-SC localizados no Perfil-06 deste trabalho (visada para sul). B) Erosão acentuada em praia adjacente ao enrocamento (visada para norte).

1.1 LOCALIZAÇÃO

A cidade de Itapoá está localizada no litoral norte do estado de Santa Catarina, em sua divisa com o estado do Paraná. Na porção norte, Itapoá faz divisa municipal com Guaratuba-PR, enquanto a sul faz divisa com o município de São Francisco do Sul-SC. A área deste projeto é delimitada a sul pela desembocadura da Baía da Babitonga e a norte pela desembocadura do Rio Saí Mirim (Figura 1). O acesso a região é iniciado pela rodovia BR-101 em direção ao município de Garuva. Após a entrada no município, é necessário acessar a rodovia SC-412 em direção à Guaratuba. A partir desta rodovia, há dois acessos possíveis para o município de Itapoá.

Aproximadamente 12 km após a cidade de Garuva há um trevo que permite a entrada na rodovia estadual SC-416, com direção ao Porto de Itapoá e, posteriormente, ao centro da cidade de interesse. Outra opção é continuar pela rodovia SC-412 até o trevo de acesso a Avenida Saí Mirim, localizado próximo à um posto policial. A Avenida Saí Mirim termina na praia de Itapema do Norte, entre os perfis 01 e 02 deste trabalho.

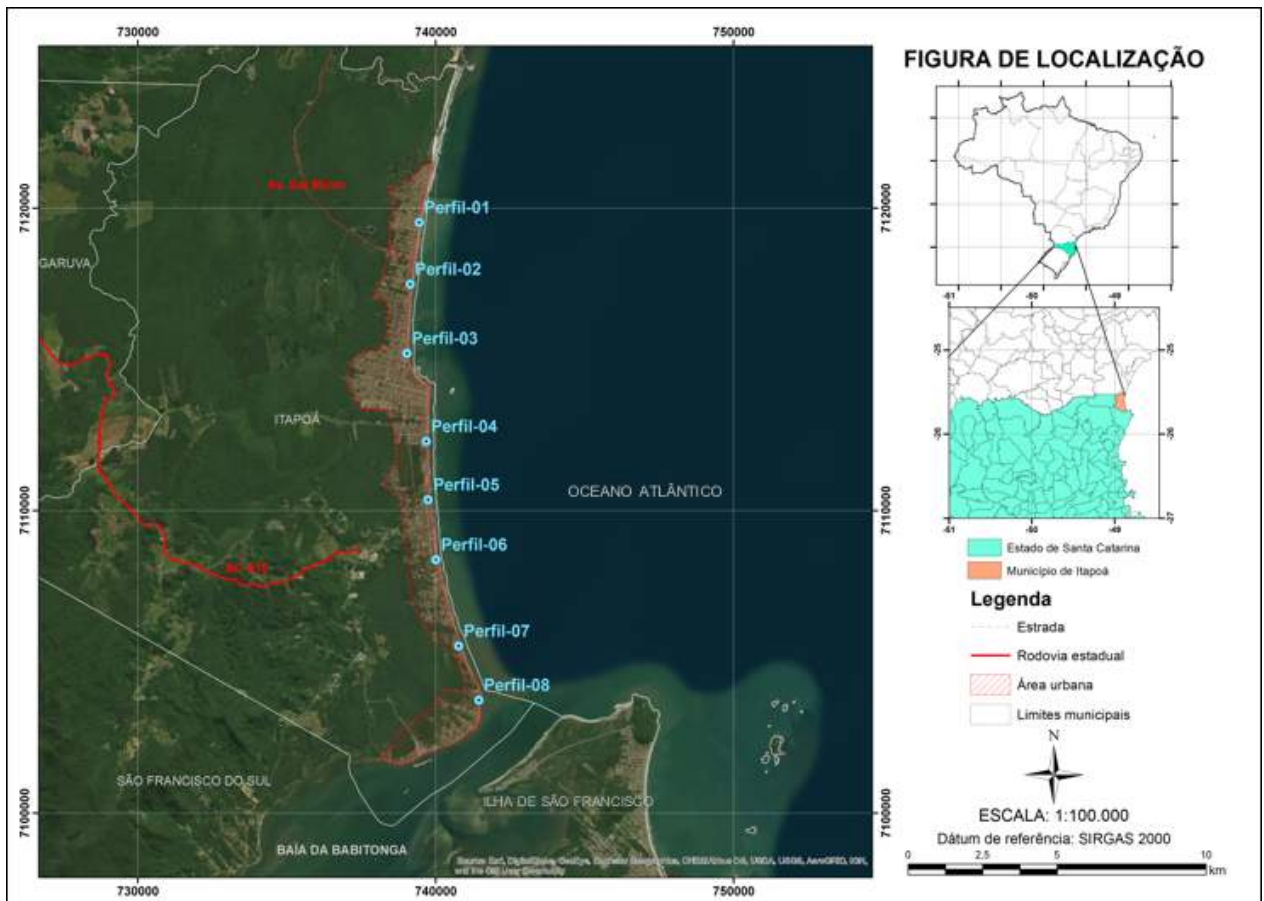


Figura 2: Figura de localização do projeto, evidenciando as principais vias de acesso e os perfis planialtimétricos realizados na praia de Itapoá-SC, utilizando fotografia aérea obtida pela extensão IMAGERY do software ArcGIS 10.3.1.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é a análise da morfodinâmica costeira e do transporte sedimentar na região proposta, através de dados quantitativos e qualitativos.

Os objetivos específicos propostos pela pesquisa são:

1) Determinação do balanço volumétrico de oito perfis de praia, pela comparação entre levantamentos planialtimétricos transversais obtidos em duas etapas de campo distintas. Na sequência, pretende-se comparar os levantamentos planialtimétricos aqui propostos com os realizados na região em pesquisas anteriores.

2) Quantificação do saldo sedimentar, identificação dos principais focos erosivos e atualização das taxas erosivas.

3) Inferências a respeito do transporte sedimentar costeiro na região proposta, a partir de dados granulométricos e de minerais pesados.

4) Discussão sobre as possíveis causas dos processos observados.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DO TRANSPORTE SEDIMENTAR

A principal análise proposta pela pesquisa é sobre as variações da morfologia costeira na região, e conseqüentemente sobre os condicionantes de tais variações. De acordo com Komar (1998), a morfologia costeira é um reflexo de diversos fatores, sendo o arranjo tectônico o fator primordial, seguido da combinação de agentes e processos locais. Dentro deste contexto, a morfologia da praia seria o reflexo da “composição dos sedimentos e dos processos físicos de ondas, correntes e transporte sedimentar” (KOMAR, 1998, tradução livre, pg.45). Entre os agentes locais que influenciam na morfodinâmica costeira, destaca-se a influência da ação antrópica, que segundo Souza (1999), controla, por exemplo, o favorecimento de processos deposicionais ou erosionais em certa localidade, ponto de fundamental importância para compreender a dinâmica costeira de Itapoá.

Qualquer tipo de remediação dos processos erosivos demanda o estudo detalhado do histórico das taxas erosivas da região, fato que demonstra a relevância da presente pesquisa. O método de engorda de praia, por exemplo, de acordo com Dean (1981), geralmente se aplica em regiões com históricos erosivos persistentes, e se utiliza de dados das medições realizadas para a confecção do seu design. Outro ponto

de interesse da pesquisa diretamente relacionado a aplicação do método de engorda é a caracterização granulométrica dos sedimentos de praia. Segundo Dean (1981) a aplicação de tal método demanda que exista compatibilidade sedimentológica, que seria a semelhança granulométrica, entre os sedimentos do perfil de praia original e da área fonte.

Com relação a análise do transporte e proveniência dos sedimentos costeiros, destaca-se aqui a importância do estudo de minerais pesados. De acordo com Morton e Hallsworth (1999), a composição da assembleia de minerais pesados não é apenas controlada pela fonte, mas também por seleção física, abrasão mecânica e dissolução. Ainda de acordo com os autores, a análise destes minerais seria uma das técnicas mais utilizadas para estudar a proveniência de arenitos. De acordo com Garzanti e Andò (2007), dentro do estudo de minerais pesados há parâmetros definidos que permitem expressar quantitativamente os mesmos. Entre eles, resalta-se o HMC (*Heavy Mineral Concentration Index*) e o tHMC (*transparent Heavy Mineral Concentration Index*), métodos que relacionam de forma satisfatória a assembleia de minerais pesados com o processo de seleção hidráulica. Além destes há o SRD (*Source Rock Density Index*) e outros parâmetros que são baseados em contrastes de densidade e estabilidade dos minerais pesados.

2.2 GEOLOGIA LOCAL

A área de estudo localiza-se no Domínio Tectônico Paranaguá definido por Siga Jr. *et al* (1993), especificamente em sua cobertura sedimentar do Cenozoico. De acordo com Angulo & Souza (2004), a planície costeira localizada entre a Baía de São Francisco e o Rio Saí-Guaçu é dividida em depósitos continentais e depósitos costeiros. Dentro deste contexto, segundo Angulo & Souza (2004), os depósitos continentais são representados pelas seguintes unidades:

1) **Formação Mina Velha:** Composta por cascalhos suportados por matriz ou por clastos, além de lamas.

2) **Leques e Colúvios:** Associados às encostas de morros e serras.

3) **Terraços e Planícies fluviais:** Ocorrem associados à rios, sendo caracterizados por relevos planos com altitudes entre 3 m e 50 m.

Ainda de acordo com os autores, os depósitos costeiros são definidos por:

1) **Terraços costeiros:** De distribuição ampla, os terraços ocorrem entre o sopé da serra e o oceano, atingindo largura de até 12 km.

2) **Planícies paleoestuarinas:** Superfícies planas, com altitude variando entre 0,5 m e 5 m.

3) **Dunas:** De ocorrência restrita, são caracterizadas por dunas frontais, com altura que varia de 0,5 m e 2 m, e *nebkhas*, que possuem altura inferior a um metro.

O presente trabalho tem como objeto de estudo os sedimentos inseridos na unidade denominada de Praias, por Angulo & Souza (2004), que possuem aproximadamente 32 km de extensão entre a Baía de São Francisco e o Rio Saí-Guaçu. Segundo os autores, as praias a norte possuem orientação N-S, enquanto as do sul, próximas à Baía de São Francisco, apresentam direção NE-SW.

Há interrupções ao longo da praia, cabendo destaque para a desembocadura do Rio Saí-Mirim (limite norte da área de estudo deste trabalho) e os três pontais rochosos que ocorrem em Itapema do Norte. De acordo com Souza (1999) as praias da região apresentam sedimentos de granulação areia fina, bem selecionadas, com diâmetro médio de 2,43 phi e desvio-padrão médio de 0,46. Além disso, possuem declive que varia entre 2 e 3°, podendo aumentar conforme a proximidade com a Baía de São Francisco.

2.3 TERMINOLOGIA ADOTADA

Objetivando a melhor organização do presente trabalho, discute-se aqui os termos e definições tangentes a morfologia costeira, para no fim definir-se qual a terminologia adotada. A definição de praia, segundo King (1972), é de um ambiente transicional entre o marinho e terrestre, composto por sedimentos de diferentes composições e granulometrias (principalmente areia), no qual há a interação entre as ondas incidentes e a costa. De acordo com Komar (1998), praia é a área de acúmulo de sedimentos inconsolidados de diferentes granulometrias, localizada entre a linha de

maré baixa média até alguma mudança fisiográfica, que pode ser o desenvolvimento de vegetação permanente ou a ocorrência de dunas ou falésias, por exemplo. O autor também define o termo litoral, como sendo denotativo do ambiente total, abrangendo tanto a área emersa quanto submersa, até a profundidade na qual os sedimentos não são ativamente transportados pela ação de ondas.

Segundo Wright & Short (1984), as praias podem ser classificadas como reflexivas, dissipativas ou em estados intermediários entre elas. Praias reflexivas são influenciadas por ondas de baixa energia (controladas por ondas incidentes e ondas sub-harmônicas), enquanto as praias dissipativas são controladas por ondas de alta energia. Morfologicamente as praias reflexivas possuem alto gradiente, enquanto as praias dissipativas tendem a ser mais planas. Ainda de acordo com Wright & Short (1984), condições persistentes de alta energia de onda, associadas à sedimentos de granulação mais fina, tendem a manter um estado altamente dissipativo, com pouca mobilidade de sedimentos. A maior mobilidade está associada à uma variação nas condições das ondas, além de sedimentos de granulação média e um aporte sedimentar baixo ou moderado.

Diante da gama de termos e definições sobre os subambientes costeiros, tanto no âmbito nacional quanto internacional, este trabalho irá adotar exclusivamente a proposta de Angulo (1996), que define os subambientes, de acordo com os processos hidrodinâmicos envolvidos, em:

1) **Pós praia (*backshore*)**: Constituída principalmente pela feição da berma (*berm*), esta porção está situada acima do nível médio de preamar, localizando-se entre a zona de espraiamento das ondas desta preamar (*swash of high water level waves*), e o limite alcançado por ondas de marés altas e tempestades (*swash of storm or spring tide waves*). Pode ocorrer uma ou mais bermas que, por vezes, são limitadas por escarpas de praia (*beach scarp*).

2) **Face praial (*foreshore*)**: Situa-se entre a face anterior e a face litorânea, sob ação direta do espraiamento de ondas (*swash zone*). Possui como característica uma alta declividade em sua porção superior, reduzindo a declividade conforme o avanço em direção ao oceano. Esta face localiza-se entre o limite inferior da Pós praia e o nível

de maré baixa (*mean low water level*). Entre as feições encontradas destacam-se os canais de praia (*beach runnels*) e os bancos de areia (*beach bars*).

3) **Face litorânea (*shoreface*)**: Localizada entre a face praias e a transição do litoral com a zona de costa afora, esta face é afetada pela zona de surf em sua porção proximal (*surf zone*), pela zona de arrebentação em sua porção intermediária (*breaker zone*) e pela zona de início da interação entre ondas e sedimentos (*shoaling wave zone*). Como feições é possível identificar a presença de barras e canais longitudinais (*longshore or submarine bars e longshore or submarine runnels*), além da barra de arrebentação (*break point bar*).

4) **Transição litoral costa-afora (*transition offshore*)**: Localizada entre a face litorânea e a plataforma continental.

5) **Plataforma continental (*offshore*)**: Localiza-se na costa afora, não é considerada como subambiente litorâneo.

A espacialização destes subambientes costeiros pode ser visualizada no perfil de praia hipotético a seguir, extraído de Angulo (1996), e adaptado pelo autor deste trabalho (Figura 3):

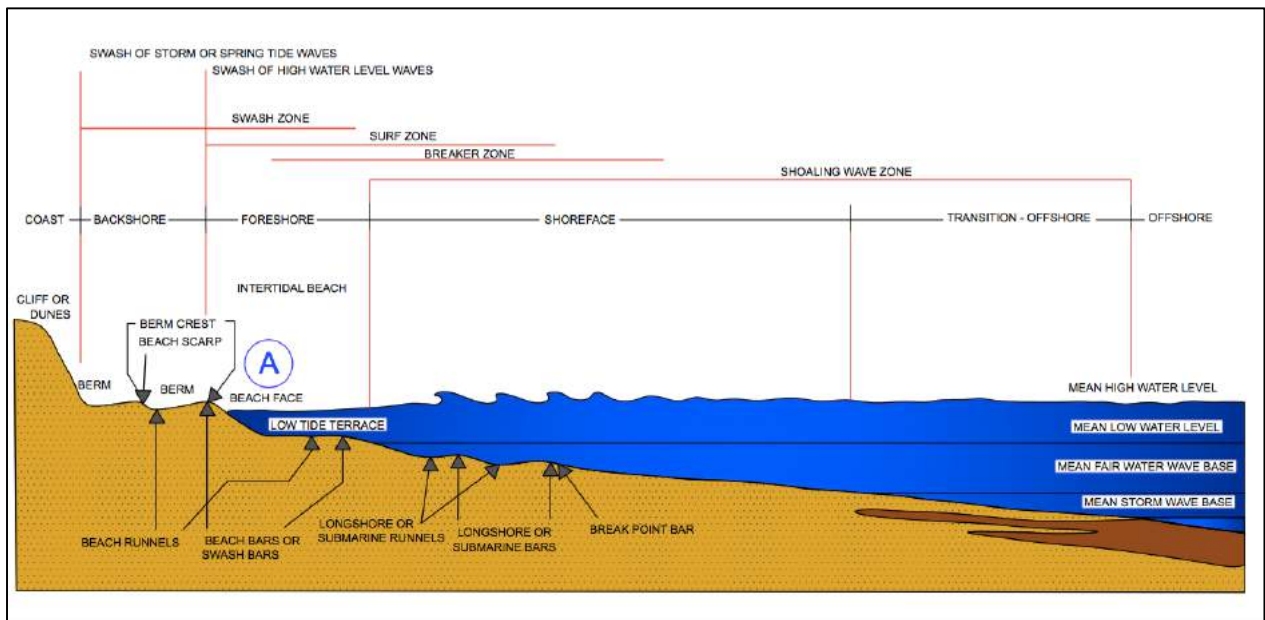


Figura 3: Perfil de praia hipotético com os subambientes litorâneos e as principais feições encontradas, adaptado de Angulo (1996).

Um conceito bastante discutido, que possui relevância no presente trabalho, é o de linha de costa. De acordo com Boak e Turner (2005), a aplicação do conceito de linha de costa é desafiadora, apesar da simplicidade da definição desta como sendo uma interface física entre o continente e o oceano. Segundo os autores, a posição da linha de costa muda constantemente, devido à movimentação dos sedimentos litorâneos e, especialmente, em função da natureza dinâmica dos níveis da água nestas regiões. Desta forma, sugere-se que o termo seja considerado temporalmente, sendo a escala temporal definida de acordo com o contexto da pesquisa.

Como a variação da linha de costa não é um dos focos deste trabalho (apesar do reconhecimento de que esta abordagem acrescentaria muito na pesquisa), define-se aqui linha de costa como o limite onde não há mais interação entre o oceano e o continente, representado pelo início de desenvolvimento de vegetação permanente ou pela base de dunas. No caso das praias antropizadas, considerou-se a linha de costa como sendo a base das construções (enrocamentos, por exemplo) e, conseqüentemente, o início dos sedimentos de praia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise da morfodinâmica costeira foi realizado levantamento bibliográfico da temática proposta, com enfoque nos processos atuantes em ambientes costeiros e, principalmente, nos trabalhos realizados anteriormente sobre Itapoá. Após esta fase, foram programadas duas etapas de campo para aplicação do método da planialtimetria, objetivando quantificar o balanço volumétrico de perfis de praia. O levantamento planialtimétrico foi feito utilizando o GPS RTK, para oito perfis de praia longitudinais pré-determinados, em duas etapas de campo, realizadas em março e setembro de 2018. Os perfis foram realizados perpendicularmente a linha de costa, e possuem espaçamento de aproximadamente 2 km.

Os perfis de praia realizados neste trabalho possuem como referência os levantamentos planialtimétricos realizados por Souza (1999). Em alguns deles não foi possível estabelecer a correlação exata com o ponto de amarração original, seja em função da destruição dos perfis (caso do Perfil-08 original, que está completamente

submerso) ou de problemas para localização dos pontos de referência. Quando não estabelecida a correlação direta, buscou-se a locação dos perfis em posição próxima aos originais, através das coordenadas geográficas dos mesmos. O material utilizado para a realização desta fase foi disponibilizado pelo Lecost-UFPR (Laboratório de estudos costeiros).

Durante o levantamento dos perfis de praia, cada marcação foi realizada indicando a feição morfológica correspondente, de modo a facilitar o processamento dos dados. Foi necessária a correção dos dados das porções submersas, pois o equipamento coletor foi erguido na altura da cintura, sendo então subtraído um metro no valor da cota destas marcações (equivalente à altura da cintura da pessoa que operava a estação coletora).

Os dados foram processados no próprio laboratório do Lecost-UFPR, utilizando softwares específicos para dados planialtimétricos, objetivando a conversão dos arquivos para outros formatos. Na sequência foram utilizados os softwares Excel e AutoCAD para a elaboração dos perfis. O cálculo volumétrico foi realizado no software AutoCAD, a partir das áreas de intersecção entre os dois levantamentos, multiplicando este valor pela distância de influência dos perfis, definida como sendo de um metro. Desta forma, os números aqui identificados equivalem ao volume por metro linear de praia. Os perfis apresentados no corpo deste trabalho possuem exagero vertical, para uma melhor visualização do leitor. Por fim, comparou-se os dados deste levantamento com os de pesquisas anteriores, quando possível, para a compreensão da evolução do balanço sedimentar. Como ferramenta de auxílio para a visualização da morfodinâmica costeira utilizou-se imagens aéreas disponíveis no software Google Earth Pro. Os mapas foram confeccionados no software ArcGIS 10.3.1.

Para a análise do transporte sedimentar buscou-se na etapa de levantamento bibliográfico por estudos com ênfase em transporte e proveniência dos sedimentos em ambiente costeiro. Posteriormente, definiu-se a necessidade de caracterização dos intervalos granulométricos dos sedimentos da praia, bem como a separação dos minerais pesados. Foram coletadas oito amostras superficiais de sedimentos, uma para cada perfil de praia do levantamento planialtimétrico, especificamente em sua face praial.

A amostragem ocorreu concomitantemente às etapas de campo do levantamento altimétrico. Em função dos problemas enfrentados para a execução do cronograma deste projeto no prazo estabelecido, apenas foi possível realizar a análise granulométrica das amostras coletadas durante a primeira etapa (março de 2018). Desta forma, totalizou-se oito análises granulométricas, uma para cada perfil de praia, representando quantitativamente a distribuição granulométrica dos sedimentos costeiros de Itapoá-SC. Os cálculos dos parâmetros estatísticos aqui utilizados são baseados no método gráfico de Folk e Ward (1957).

Os materiais utilizados na fase de coleta foram sacos plásticos e canetas de tinta permanente. Os equipamentos necessários para a análise granulométrica e separação dos minerais pesados (peneira, béquer, sacos plásticos, balança de precisão, etc.), foram disponibilizados pelo laboratório Labesed-UFPR (Laboratório de estudos sedimentológicos).

A análise granulométrica foi realizada pelo método de peneiramento. As amostras foram preparadas em laboratório, de acordo com os seguintes procedimentos: Lavagem com água deionizada para retirada de sais solúveis; elutriação; pesagem da amostra úmida; fragmentação do material; secagem em estufa entre 100 e 110° C e pesagem da amostra seca. Não foi necessária a remoção de matéria orgânica e carbonato de cálcio. Em seguida inicia-se o peneiramento, utilizando-se 11 peneiras em ordem decrescente (do topo para base), nas seguintes granulometrias: 2,000 mm; 1,410 mm; 1,000 mm; 0,707 mm; 0,500 mm; 0,354 mm; 0,250 mm; 0,177 mm; 0,125 mm; 0,088 mm e 0,062 mm. Coloca-se a amostra seca na peneira do topo, deixando-a vibrar (foi utilizado vibrador mecânico acoplado) por cerca de 15 minutos. Após este procedimento, o material retido em cada peneira é coletado para pesagem. Parte do material é descartada, preservando-se apenas as frações de interesse para a separação de minerais pesados (entre granulação areia fina e muito fina).

A separação foi feita utilizando bromofórmio (densidade de 2,89 g/cm³), em procedimento que é iniciado depositando o reagente químico em funis, para em seguida, inserir as frações granulométricas de interesse. Os sedimentos devem ficar submersos no material por duas horas, sendo agitados a cada dez minutos. O material mais denso, concentrado ao fundo, deve ser retirado e lavado com álcool comum,

assim como o material mais leve, e deixado para secar durante 6 horas em papel filtro, para enfim serem pesados. É importante ressaltar que todas as etapas para separação dos minerais pesados foram conduzidas utilizando-se os devidos EPI's (equipamento de proteção individual). Inicialmente seriam confeccionadas oito lâminas petrográficas (uma cada amostra) para a contagem dos minerais pesados e caracterização mineralógica. Devido a problemas laboratoriais e de cronograma de atividades, esta etapa não foi realizada.

4 RESULTADOS

4.1 PERFIS PLANIALTIMÉTRICOS

Foram realizados oito perfis planialtimétricos ao longo da praia de Itapoá, espacialmente distribuídos de maneira a representar o contexto da morfodinâmica costeira do município. A locação dos perfis foi orientada por trabalhos anteriores, conforme explicado anteriormente, possuindo como base o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 (Tabela 1). A partir da comparação entre os levantamentos das duas etapas (março e setembro de 2018) foi possível identificar variações morfológicas sensíveis, que serão discutidas no capítulo seguinte.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de amarração dos perfis planialtimétricos, no datum SIRGAS 2000.

Coordenadas UTM dos perfis planialtimétricos		
Perfil	Coordenada X	Coordenada Y
Perfil-01	739443	7119525
Perfil-02	739141	7117480
Perfil-03	739028	7115197
Perfil-04	739677	7112288
Perfil-05	739761	7110357
Perfil-06	740047	7108378
Perfil-07	740837	7105514
Perfil-08	741446	7103735

O Perfil-01, no levantamento realizado em março de 2018, era constituído essencialmente pela face pós-praia, com desenvolvimento de berma, e pela face praial,

apresentando uma leve escarpa de 40 cm de altura na transição entre as faces. A etapa de setembro de 2018 não evidenciou grandes mudanças nas feições morfológicas, com exceção da ausência da escarpa de transição (Figura 4). O cálculo volumétrico determinou um déficit de $-4,91 \text{ m}^3$ no período entre as etapas, indicando um perfil relativamente estável, mas sob processo erosivo (Gráfico 1). É importante ressaltar o desenvolvimento de vegetação nativa no início do perfil, possibilitando a determinação da linha de costa.



Figura 4: Principais feições morfológicas do Perfil-01 durante a segunda etapa dos levantamentos planialtimétricos (visada para norte).

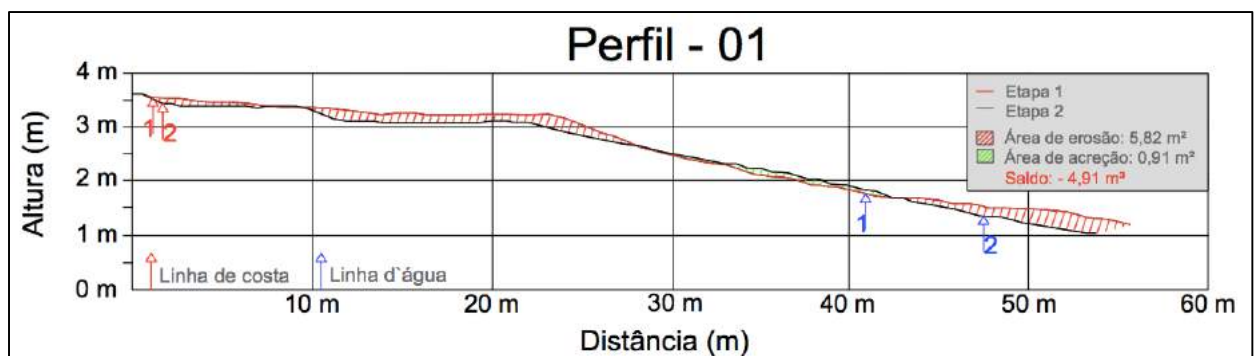


Gráfico 1: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-01 (Exagero vertical de 3x).

O Perfil-02 caracteriza-se por ser o mais extenso do levantamento, atingindo uma distância longitudinal de quase 70 metros. Durante a primeira etapa observou-se a presença de dunas frontais acima da face pós-praia, que apresentava berma bem desenvolvida. Também era identificada a face praial. A principal mudança observada no segundo levantamento foi a migração de grande parte de sedimentos que constituíam a berma para uma porção mais distal da face pós-praia (Figura 5). O saldo sedimentar foi de $- 8,94 \text{ m}^3$, indicando certa estabilidade sob efeito do processo erosivo, assim como o perfil anterior (Gráfico 2).



Figura 5: A) Ponto de referência próximo ao Perfil-02. B) Principais feições morfológicas do Perfil-02 durante o levantamento da segunda etapa (visada para sul).

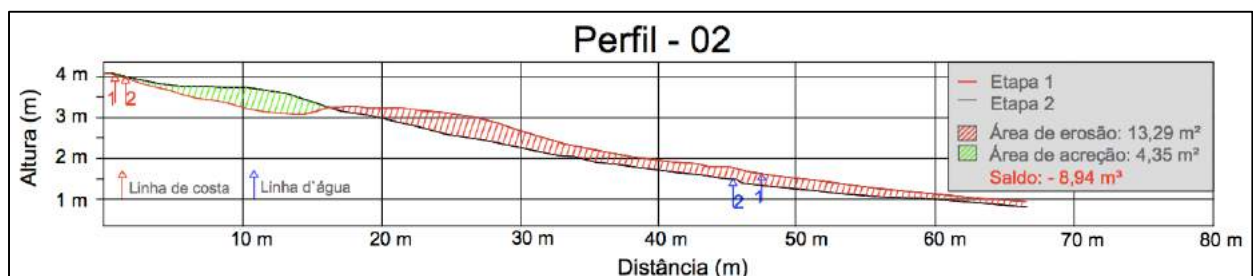


Gráfico 2: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-02 (Exagero vertical de 3x).

O Perfil-03 é um perfil curto, com 35 metros de extensão, que não apresentou variação morfológica entre as etapas de campo, sendo possível a identificação de apenas uma parte inferior da face pós-praia, em ambas as etapas, além da face praial.

Considerando a extensão do perfil, o processo erosivo é considerável. O problema é facilmente observável pela utilização de enrocamentos, que marcam o início do perfil, como tentativa de remediação (Figura 6). O balanço volumétrico determinou um déficit de $-5,85 \text{ m}^3$ de sedimentos (Gráfico 3). Não há desenvolvimento de vegetação nativa permanente, sendo a linha de costa determinada pela base dos enrocamentos e início dos sedimentos de praia.



Figura 6: A) Localização do Perfil-03, atrás dos enrocamentos (visada para norte). B) Utilização de enrocamentos em região próxima ao Perfil-03 (visada para sul).

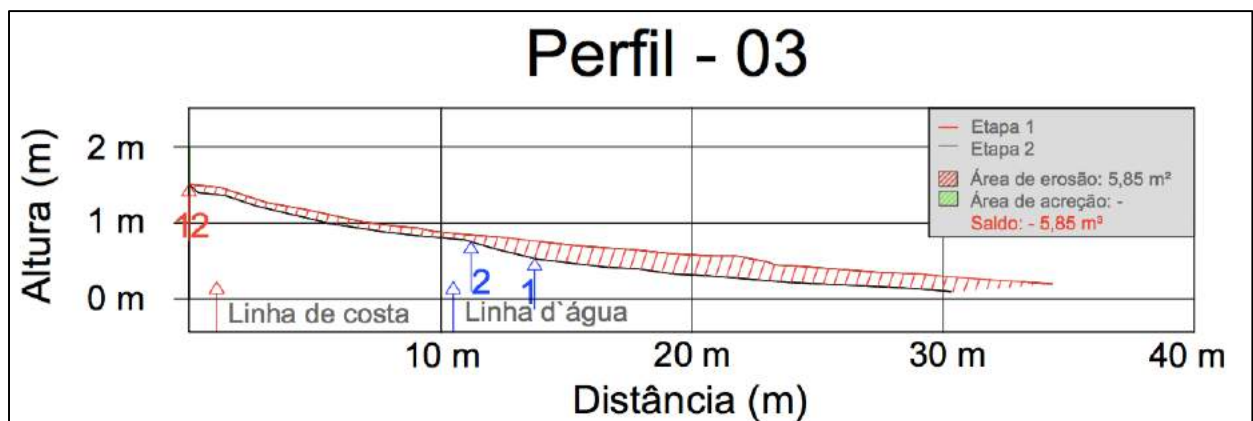


Gráfico 3: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-03 (Exagero vertical de 3x).

O Perfil-04 é um perfil de pequena dimensão, que atinge em torno de 45 metros de extensão longitudinal, e inicia-se em um enrocamento (Figura 7). É possível

identificar a porção inferior da face pós-praia, com desenvolvimento de berma incipiente. Apesar de não apresentar variações morfológicas consideráveis entre as etapas, o saldo sedimentar foi de $-25,44 \text{ m}^3$, maior déficit entre os perfis levantados (Gráfico 4).



Figura 7: Ponto de amarração do Perfil-04. B) Perfil-04 durante a primeira etapa (visada para sul).

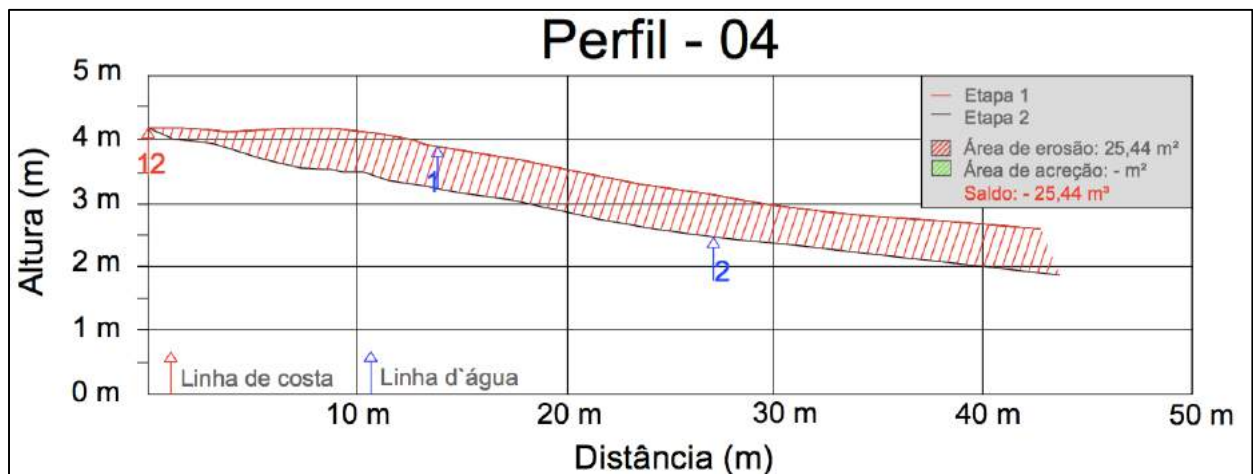


Gráfico 4: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-04 (Exagero vertical de 3x).

Assim como o Perfil-03, o Perfil-05 não possui grande extensão (aproximadamente 35 metros de comprimento longitudinal) e inicia-se em um enrocamento (Figura 8). Não é possível determinar a existência da face pós-praia,

havendo apenas uma formação de berma incipiente durante a primeira etapa, já ausente na etapa seguinte. O cálculo volumétrico identificou um déficit sedimentar de - 15,68 m³ (Gráfico 5). A acentuação do processo erosivo impacta gravemente a população local, sendo possível observar resquícios de antigas construções destruídas por ressacas pretéritas, em áreas adjacentes ao Perfil-05.



Figura 8: A) Instalação da estação base para o levantamento do Perfil-05, sob antiga construção destruída pelo processo erosivo. B) Perfil-05 durante a segunda etapa, evidenciando o grande impacto da erosão (visada para sul).

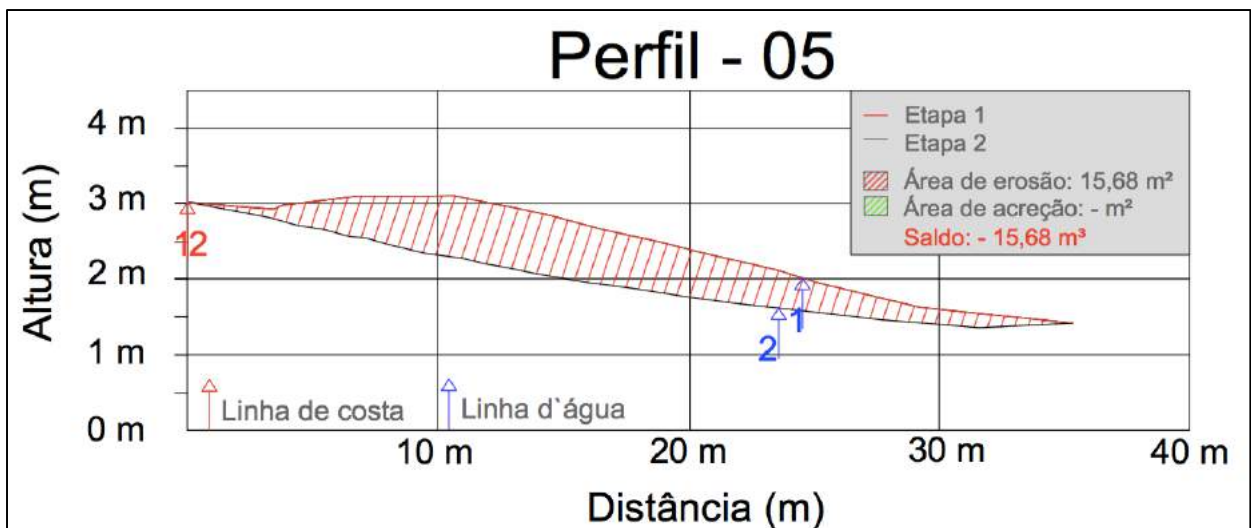


Gráfico 5: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-05 (Exagero vertical de 3x).

O Perfil-06 possui aproximadamente 35 metros de extensão, e caracteriza-se por ser o último perfil do levantamento (de norte para sul) a apresentar domínio pela ação de ondas de mais alta energia. Na primeira etapa foi possível identificar a porção inferior da face pós-praia, com desenvolvimento incipiente de berma (Figura 9), além da face praial, com uma leve escarpa na interface entre as faces. Durante a segunda etapa foi possível observar apenas a face praial. O cálculo volumétrico determinou um déficit de $-21,37 \text{ m}^3$ para este perfil (Gráfico 6).



Figura 9: A) Desenvolvimento de escarpa incipiente na interface entre a face pós-praia e a face praial durante a primeira etapa (visada para sul). B) Perfil-06 durante a primeira etapa (visada para sul).

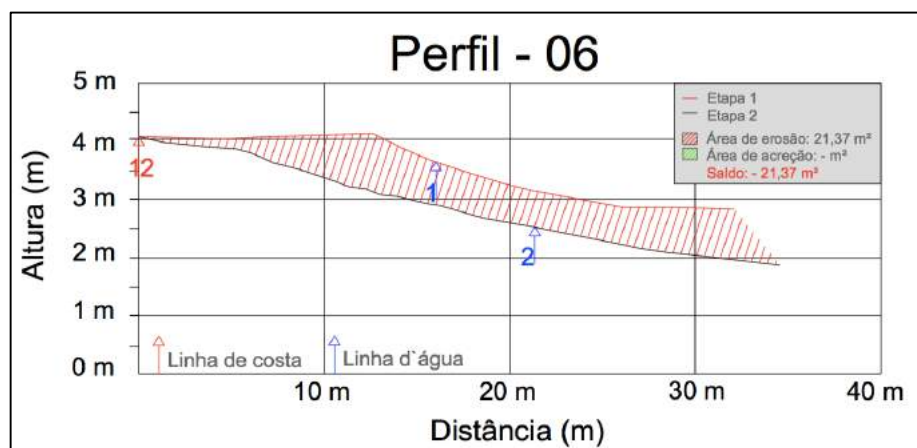


Gráfico 6: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-06 (Exagero vertical de 3x).

Durante a primeira etapa o Perfil-07 apresentava-se com apenas 25 metros de extensão, iniciando em um enrocamento. Durante a segunda etapa, foi possível obter mais medidas de controle, tanto pela diferença entre marés na hora da coleta (a coleta ocorreu com uma diferença de 3 horas), tanto pelo processo de acreção observado no perfil durante o intervalo entre as etapas, resultando em um perfil de aproximadamente 38 metros (Figura 10). O balanço volumétrico foi de + 5,16 m³ (Gráfico 7). O perfil localiza-se em região próxima a desembocadura da Baía da Babitonga, e demonstra uma tendência que destoa dos perfis anteriores. A hidrodinâmica desta parte da praia ainda é controlada pela ação de ondas, porém de baixa energia.



Figura 10: A) Perfi-07 durante a primeira etapa, evidenciando a quase ausência do perfil de praia (visada para sul). B) Perfil-07 durante a segunda etapa (visada para sul).

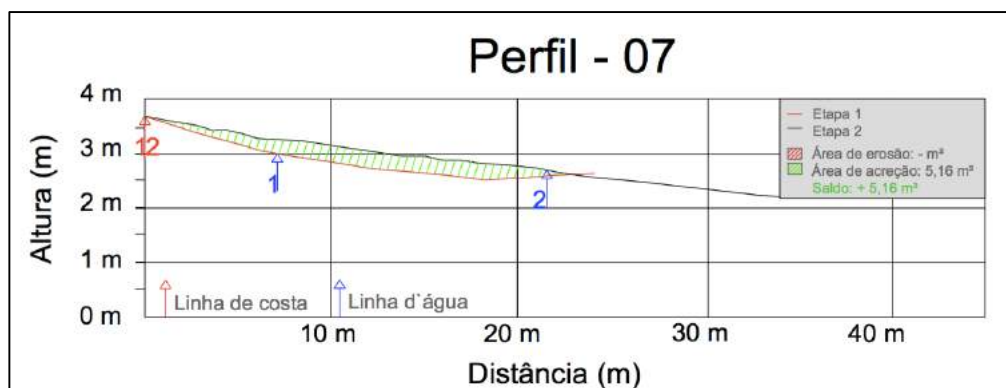


Gráfico 7: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-07 (Exagero vertical de 3x).

O Perfil-08 é o mais próximo da desembocadura da Baía da Babitonga. Já durante a primeira etapa o Perfil-08 apresentava-se como um perfil estável, com desenvolvimento de vegetação permanente na linha de costa e uma face pós-praia com desenvolvimento de berma (Figura 11). Após a segunda etapa, verificou-se uma acreção significativa, exibindo um saldo de + 18,44 m³, resultando em um perfil de praia de aproximadamente 55 metros de extensão, com a face pós-praia apresentando berma bem desenvolvida, além de face praial com um gradiente mais acentuado (Gráfico 8).



Figura 11: A) Perfi-08 durante a primeira etapa (visada para sul). B) Praia que dista 50 metros a norte do Perfil-08, durante a segunda etapa, evidenciando o desenvolvimento de um perfil praticamente estável (visada para norte).

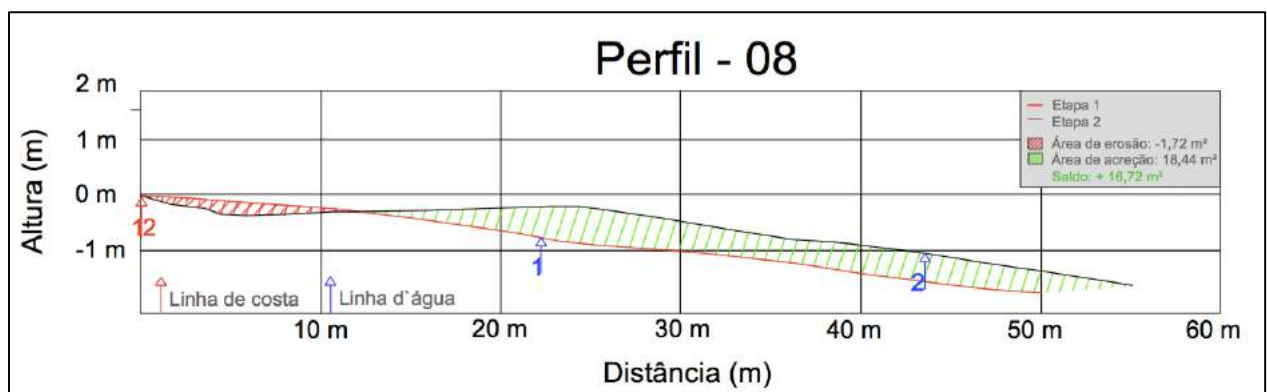


Gráfico 8: A) Comparativo entre os levantamentos planialtimétricos do Perfil-08 (Exagero vertical de 3x).

4.2 BALANÇO SEDIMENTAR

Após a execução das duas etapas de campo e a comparação entre os levantamentos planialtimétricos obtidos, identificou-se balanço sedimentar negativo em seis perfis de praia e positivo em apenas dois (Tabela 2), constatando-se que os perfis 01, 02 e 03 encontram-se parcialmente estáveis morfologicamente, porém apresentam uma tendência erosiva. Os perfis mais afetados pelo processo erosivo são os perfis 04, 05 e 06, com déficit sedimentar máximo de $-25,44 \text{ m}^3$ no Perfil-04. Já os perfis mais próximos à desembocadura da Baía da Babitonga apresentam tendência contrária durante o período analisado, com balanço volumétrico positivo. O volume total dos sedimentos erodidos ao longo dos perfis, considerando a distância de influência de um metro, entre as etapas de março e setembro de 2018 foi de $-60,31 \text{ m}^3$.

Tabela 2: Cálculo volumétrico do saldo sedimentar dos perfis de praia realizados neste trabalho.

Cálculo volumétrico	
Perfil	Volume (m^3)
Perfil-01	-4.91
Perfil-02	-8.94
Perfil-03	-5.85
Perfil-04	-25.44
Perfil-05	-15.68
Perfil-06	-21.37
Perfil-07	5.16
Perfil-08	16.72
TOTAL	-60.31

Utilizou-se os dados planialtimétricos levantados por Cruz (2010) e Ligeski (2016) dos perfis 01 (Gráfico 9), 02 (Gráfico 10) e 03 (Gráfico 11) para comparação com os dados aqui apresentados, visando obter informações importantes a respeito do histórico erosivo da área de estudo. A escolha dos perfis se deu pela constatação de que estes são mais estáveis, portanto permitem uma abordagem geral do processo

erosivo. A locação destes perfis no presente trabalho possui aderência com as coordenadas originais, o que permite esta comparação.

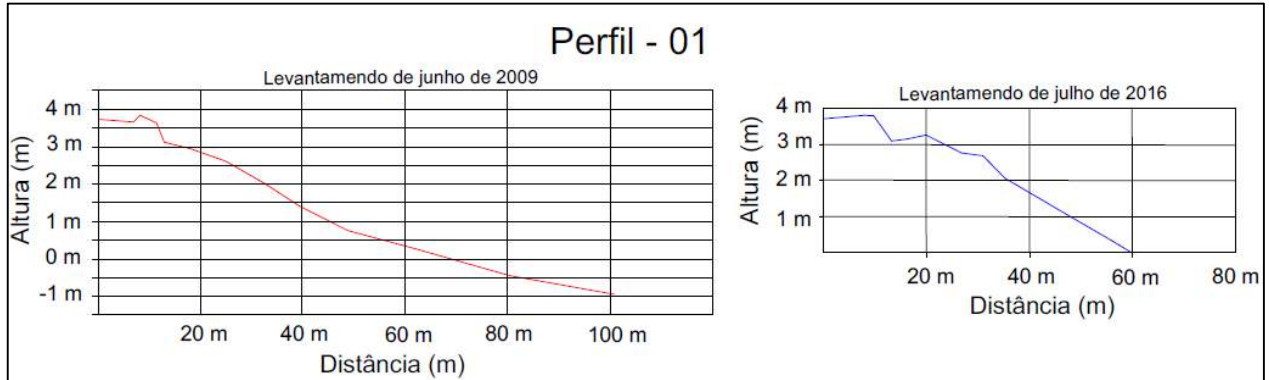


Gráfico 9: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-01, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).

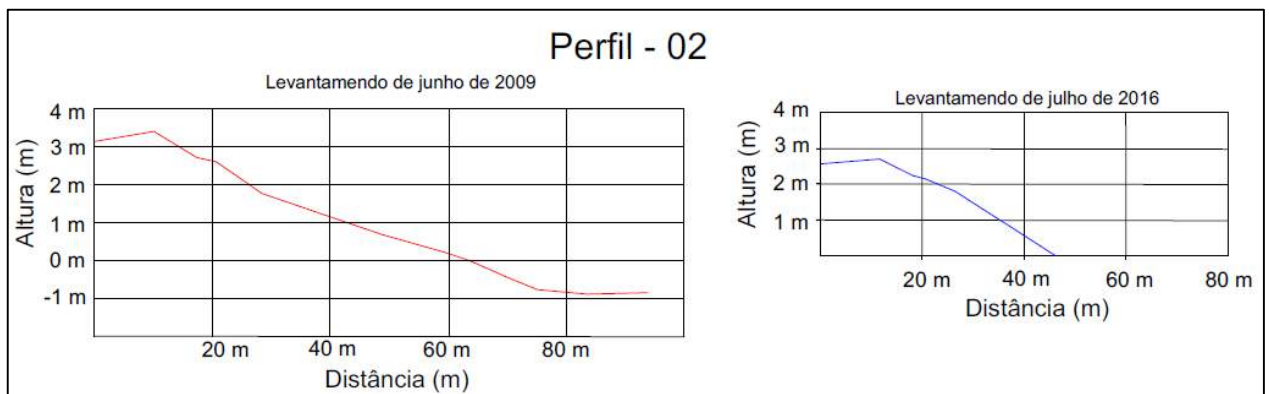


Gráfico 10: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-02, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).

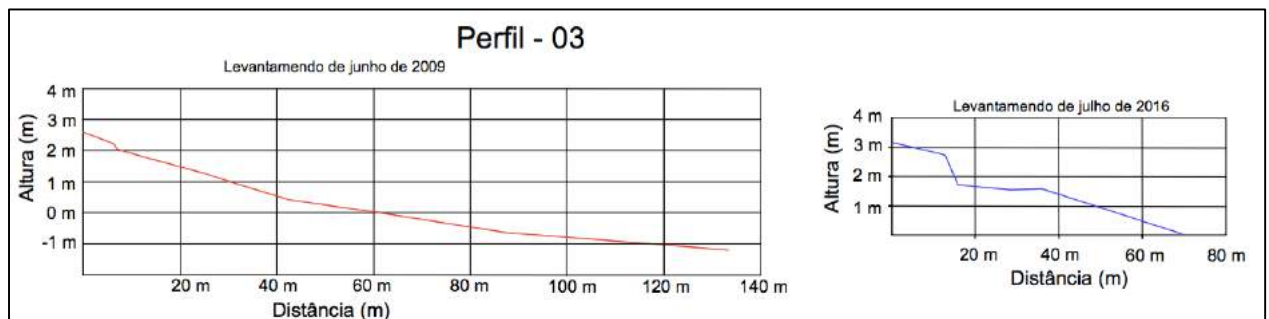


Gráfico 11: A) Levantamentos planialtimétricos do Perfil-03, nas etapas de 2009 e 2016, respectivamente, adaptado de Ligeski (2016).

O cálculo volumétrico realizado nesta comparação seguiu a técnica utilizada por Ligeski (2016), na qual calcula-se o volume total de sedimentos de cada perfil, para então subtraí-los, obtendo o respectivo saldo sedimentar em um dado período de tempo. O volume aqui considerado também é equivalente à um metro linear de praia. Para tanto, utilizou-se a volumetria dos perfis 01, 02 e 03 da etapa de setembro deste trabalho. O resultado pode ser visualizado na tabela a seguir (Tabela 3):

Tabela 3: Resultado do balanço sedimentar dos perfis 01, 02 e 03 exibidos em m³, considerando como saldo 1 o relativo ao período entre o levantamento de 2016 e 2018, e como saldo 2 o relativo ao período entre o levantamento de 2009 e 2018.

Cálculo volumétrico dos perfis (m³)					
Perfil	9-Jun	16-Jul	set/18	SALDO 1	SALDO 2
Perfil-01	192.70	136.90	136.10	-0.80	-56.60
Perfil-02	172.00	82.99	114.50	31.51	-57.50
Perfil-03	195.40	102.10	40.24	-61.86	-155.16

Observa-se que, quando comparados ao levantamento de 2009, todos os perfis tiveram perda de volume de sedimentos, o que indica uma tendência erosiva persistente no longo prazo, principalmente no Perfil-03. Já em relação ao levantamento de 2016, observa-se que o Perfil-01 teve um déficit sedimentar pouco expressivo, enquanto o Perfil-02 exibiu comportamento contrário a tendência, apresentando um saldo positivo de +31,51 m³. O Perfil-03 apresentou déficit sedimentar considerável.

4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os sedimentos costeiros de Itapoá-SC são classificados, de maneira geral, como areia fina (diâmetro médio de 2 phi), bem selecionada (desvio padrão médio de 0,43) e com assimetria classificada como aproximadamente simétrica, de média de -0,13. O

resultado integrado das análises granulométricas, evidenciando as medidas de tendência central e de dispersão, pode ser visualizado na tabela a seguir (Tabela 4):

Tabela 4: Resultado integrado das análises granulométricas dos perfis de praia (A.M.G = areia muito grossa, A.G = areia grossa, A.M = areia média, A.F = areia fina e A.M.F = areia muito fina).

Amostra	A.M.G (%)	A.G (%)	A.M (%)	A.F (%)	A.M.F (%)	Diâmetro médio (Φ)	Desvio padrão	Assimetria
Perfil-01	0.28	1.48	19.81	78.20	0.23	1.91	0.44	-0.13
Perfil-02	0.56	7.26	26.35	62.17	0.57	1.66	0.73	-0.37
Perfil-03	-	0.02	12.71	85.68	1.60	2.08	0.33	-0.27
Perfil-04	-	0.45	14.92	78.49	6.14	2.07	0.43	-0.18
Perfil-05	-	1.29	45.12	50.88	2.71	1.56	0.44	-0.24
Perfil-06	0.06	0.17	23.59	75.94	0.24	1.86	0.35	-0.06
Perfil-07	-	0.04	11.31	74.28	14.37	2.35	0.40	0.46
Perfil-08	-	0.13	2.04	25.55	72.25	2.54	0.34	-0.27

A amostra do Perfil-01 foi classificada como areia, pelas classificações de Shepard (1954) e Flemming (2000), assim como as amostras de todos os outros perfis. Na classificação nominal de Folk e Ward (1957) a amostra é classificada como areia média. Possui teores médios de: 78,20% de areia fina; 19,81% de areia média; 1,48% de areia grossa; 0,28% de areia muito grossa; 0,23% de areia muito fina (Figura 12). A partir do cálculo dos parâmetros estatísticos determinou-se um diâmetro médio de 1,91 phi, desvio padrão de 0,44 (bem selecionada) e assimetria negativa de valor -0,13.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva		Amostra: Perfil 01		
Dados teste		peso de seixos 0,00		
Peso total: 98,45 g				
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida	
			%simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,13	0,13	0,13
1.400	-0,5	0,15	0,16	0,28
1.000	0,0	0,26	0,26	0,55
0.710	0,5	1,20	1,21	1,76
0.500	1,0	3,58	3,64	5,40
0.350	1,5	15,92	16,17	21,57
0.250	2,0	39,31	39,93	61,50
0.177	2,5	37,68	38,27	99,77
0.125	3,0	0,06	0,06	99,93
0.088	3,5	0,17	0,17	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0,004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00		% de silte=0,00		
% de grãos=0,13		% de argila=0,00		
% de areia=99,87				
Classificação de Flemming (2000):			areia	
Classificação de Shepard (1954):			areia	

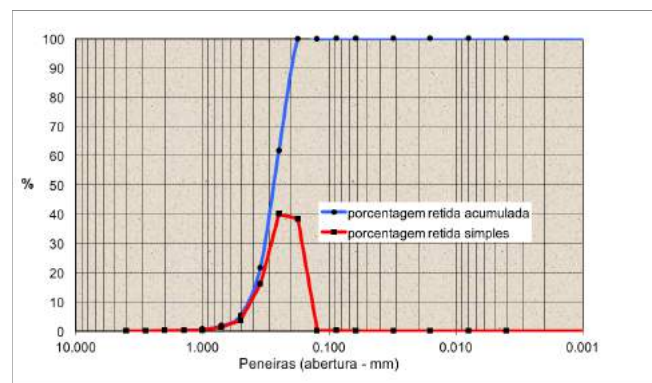


Figura 12: Análise granulométrica da amostra do Perfil-01 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-02 classifica-se como areia média e possui teores médios de: 62,17% de areia fina; 26,35% de areia media; 7,26% de areia grossa; 0,57% de areia muito fina; 0,56% de areia muito grossa (Figura 13). Diâmetro médio de 1,66 phi, desvio padrão de 0,73 (moderadamente selecionada) e assimetria negativa, de -0,37.

Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva				
Dados teste		Amostra: Perfil 02		
Peso total: 97,21 g		peso de seixos: 0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,13	0,14	0,14
1.400	-0,5	0,42	0,43	0,56
1.000	0,0	2,87	2,95	3,51
0.710	0,5	7,91	8,14	11,65
0.500	1,0	9,63	9,91	21,56
0.350	1,5	15,98	16,44	38,00
0.250	2,0	26,67	27,44	65,43
0.177	2,5	33,05	34,00	99,43
0.125	3,0	0,32	0,33	99,77
0.088	3,5	0,23	0,23	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0,004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00			% de silte=0,00	
% de grânulos=0,14			% de argila=0,00	
% de areia=99,86				
Classificação de				
Flemming (2000):		areia		
Classificação de				
Shepard (1954):		areia		

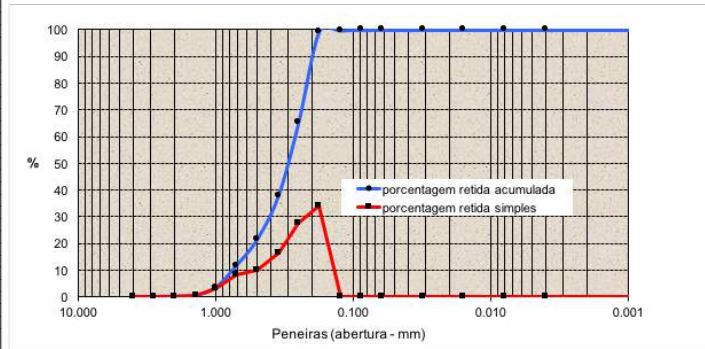


Figura 13: Análise granulométrica da amostra do Perfil-02 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-03 classifica-se como areia fina e possui teores médios de: 85,68% de areia fina; 12,71% de areia média; 1,60% de areia muito fina; 0,02% de areia grossa (Figura 14). Apresenta diâmetro médio de 2.08 phi e desvio padrão de 0,33 (amostra muito bem selecionada), além de assimetria negativa de -0,27.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva				
Dados teste		Amostra: Perfil 03		
Peso total: 98,42 g		peso de seixos: 0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1.400	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.000	0,0	0,00	0,00	0,00
0.710	0,5	0,02	0,02	0,02
0.500	1,0	0,27	0,27	0,29
0.350	1,5	12,23	12,43	12,72
0.250	2,0	26,37	26,80	39,52
0.177	2,5	57,95	58,88	98,40
0.125	3,0	0,03	0,03	98,44
0.088	3,5	1,54	1,56	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0,004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00			% de silte=0,00	
% de grânulos=0,00			% de argila=0,00	
% de areia=100,00				
Classificação de				
Flemming (2000):		areia		
Classificação de				
Shepard (1954):		areia		

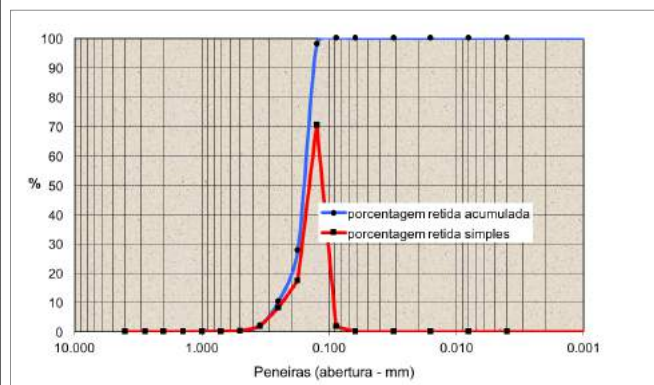


Figura 14: Análise granulométrica da amostra do Perfil-03 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-04 enquadra-se como areia fina e possui teores médios de: 78,49% de areia fina; 14,92% de areia média; 6,14% de areia muito fina e 0,45% de areia grossa (Figura 15). Possui diâmetro médio de 2,07 phi, desvio padrão de 0,43 (amostra bem selecionada) e assimetria negativa de -0,18.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva				
Dados teste		Amostra: Perfil 04		
Peso total: 99,54 g		peso de seixos 0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1.400	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.000	0,0	0,05	0,05	0,05
0.710	0,5	0,40	0,40	0,45
0.500	1,0	2,20	2,21	2,66
0.350	1,5	12,65	12,71	15,37
0.250	2,0	24,70	24,81	40,18
0.177	2,5	53,43	53,68	93,86
0.125	3,0	4,31	4,33	98,19
0.088	3,5	1,81	1,81	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0,004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00		% de silte=0,00		
% de grânulos=0,00		% de argila=0,00		
% de areia=100,00				
Classificação de Flemming (2000):		areia		
Classificação de Shepard (1954):		areia		

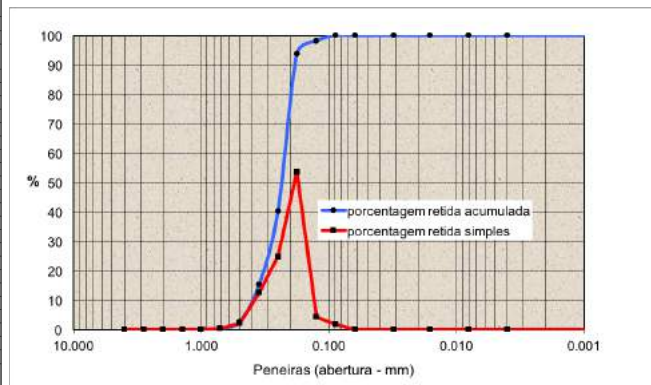


Figura 15: Análise granulométrica da amostra do Perfil-04 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-05 é classificada como areia média e possui teores médios de: 50,88% de areia fina; 45,12% de areia média; 2,71% de areia muito fina; 1,29% de areia grossa (Figura 16). Apresenta diâmetro médio de 1,56 phi e desvio padrão de 0,44 (amostra bem selecionada), além de assimetria negativa de -0,24.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva				
Dados teste		Amostra: Perfil 05		
Peso total: 96,70 g		peso de seixos 0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1.400	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.000	0,0	0,10	0,11	0,11
0.710	0,5	1,14	1,18	1,29
0.500	1,0	8,78	9,08	10,37
0.350	1,5	34,84	36,04	46,41
0.250	2,0	39,38	40,72	87,13
0.177	2,5	9,82	10,16	97,29
0.125	3,0	2,56	2,65	99,93
0.088	3,5	0,06	0,07	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0,004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00		% de silte=0,00		
% de grânulos=0,00		% de argila=0,00		
% de areia=100,00				
Classificação de Flemming (2000):		areia		
Classificação de Shepard (1954):		areia		

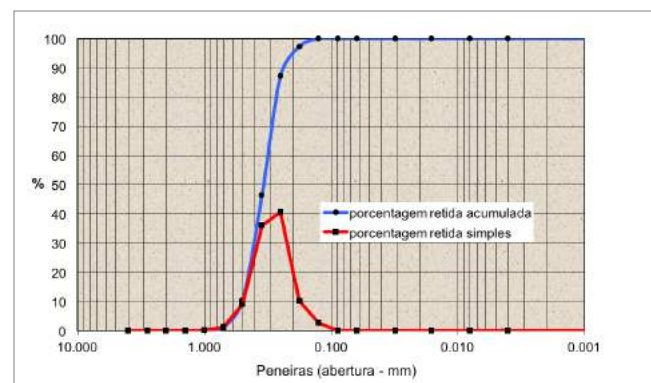


Figura 16: Análise granulométrica da amostra do Perfil-05 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-06 é classificada como areia média e possui teores médios de: 75,94% de areia fina; 23,59% de areia média; 0,24% de areia muito fina; 0,17% de areia grossa; (Figura 17). Diâmetro médio de 1,86 phi, desvio padrão de 0,35 (bem selecionada) e assimetria aproximadamente simétrica de -0,06.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva		Amostra: Perfil 06		
Dados	teste	peso de seixos		
Peso total:	98,33 g	0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,02	0,02	0,02
1.400	-0,5	0,03	0,03	0,06
1.000	0,0	0,06	0,06	0,11
0.710	0,5	0,11	0,11	0,23
0.500	1,0	0,68	0,69	0,91
0.350	1,5	22,52	22,90	23,82
0.250	2,0	45,54	46,31	70,13
0.177	2,5	29,13	29,63	99,76
0.125	3,0	0,09	0,10	99,85
0.088	3,5	0,14	0,15	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0.004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00		% de silte=0,00		
% de grãos=0,02		% de argila=0,00		
% de areia=99,98				
Classificação de Flemming (2000):		areia		
Classificação de Shepard (1954):		areia		

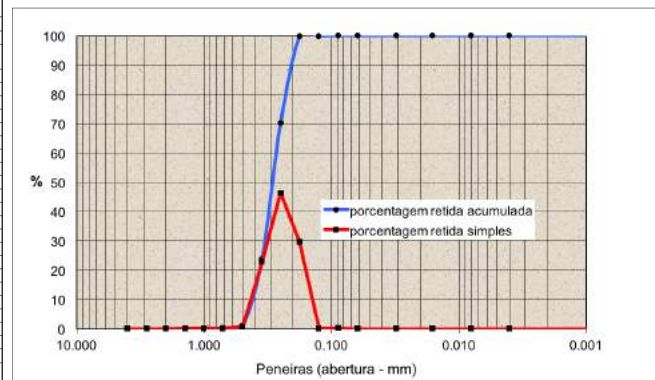


Figura 17: Análise granulométrica da amostra do Perfil-06 e gráfico de curva granulométrica.

A amostra do Perfil-07 classifica-se como areia fina e apresenta teores médios de: 74,28% de areia fina; 14,37% de areia muito fina; 11,31% de areia média; 0,04% de areia grossa (Figura 18). Apresenta também diâmetro médio de 2,35 phi, desvio padrão de 0,40 (amostra bem selecionada), além de assimetria muito positiva de 0,46.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva		Amostra: Perfil 07		
Dados	teste	peso de seixos		
Peso total:	96,49 g	0,00		
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida %simples	%acumulada
4.000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2.800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2.000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1.400	-0,5	0,00	0,00	0,00
1.000	0,0	0,00	0,00	0,00
0.710	0,5	0,04	0,04	0,04
0.500	1,0	0,72	0,73	0,78
0.350	1,5	10,42	10,58	11,36
0.250	2,0	51,53	52,32	63,67
0.177	2,5	21,63	21,96	85,63
0.125	3,0	11,59	11,77	97,41
0.088	3,5	2,56	2,59	100,00
0.062	4,0	0,00	0,00	100,00
0.031	5,0	0,00	0,00	100,00
0.016	6,0	0,00	0,00	100,00
0.008	7,0	0,00	0,00	100,00
0.004	8,0	0,00	0,00	100,00
<0.004	>12,0	0,00	0,00	100,00
% de seixos=0,00		% de silte=0,00		
% de grãos=0,00		% de argila=0,00		
% de areia=100,00				
Classificação de Flemming (2000):		areia		
Classificação de Shepard (1954):		areia		

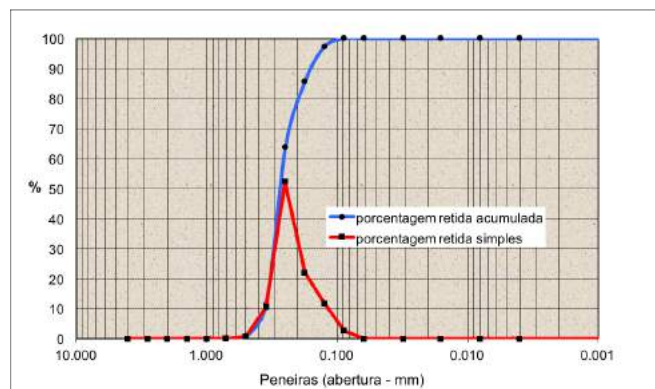


Figura 18: Análise granulométrica da amostra do Perfil-07 e gráfico de curva granulométrica.

A análise da amostra do Perfil-08 classificou-a como areia fina apresentando teores médios de: 72,25% de areia muito fina; 25,55% de areia fina; 2,04% de areia média; 0,13% de areia grossa (Figura 19). Apresenta diâmetro médio de 2,54 phi, desvio padrão de 0,34 (amostra muito bem selecionada) e assimetria negativa de -0,27.

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento				
TCC - Gabriel Gineste da Silva				
Dados teste		Amostra: Perfil 08		
Peso total:	97.65 g	peso de seixos		0.00
Peneiras (mm)	fi	Peso (g)	Porcentagem retida	
			%simples	%acumulada
4.000	-2.0	0.00	0.00	0.00
2.800	-1.5	0.00	0.00	0.00
2.000	-1.0	0.01	0.01	0.01
1.400	-0.5	0.02	0.02	0.03
1.000	0.0	0.03	0.03	0.06
0.710	0.5	0.10	0.10	0.16
0.500	1.0	0.20	0.21	0.37
0.350	1.5	1.79	1.83	2.20
0.250	2.0	7.98	8.17	10.37
0.177	2.5	16.97	17.38	27.75
0.125	3.0	68.75	70.41	98.16
0.088	3.5	1.80	1.84	100.00
0.062	4.0	0.00	0.00	100.00
0.031	5.0	0.00	0.00	100.00
0.016	6.0	0.00	0.00	100.00
0.008	7.0	0.00	0.00	100.00
0.004	8.0	0.00	0.00	100.00
<0,004	>12.0	0.00	0.00	100.00
% de seixos=0.00		% de silte=0.00		
% de grânulos=0.01		% de argila=0.00		
% de areia=99.99				
Classificação de Pierning (2000):		areia		
Classificação de Shepard (1954):		areia		

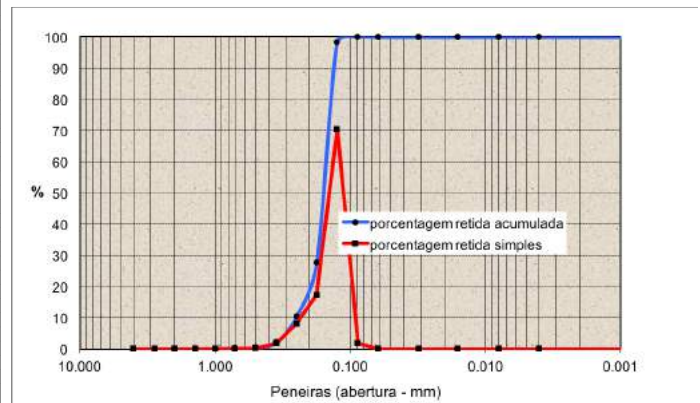


Figura 19: Análise granulométrica da amostra do Perfil-08 e gráfico de curva granulométrica.

4.4 MINERAIS PESADOS

A partir da separação dos minerais pesados, foi possível obter a porcentagem de frequência dos mesmos (H%) nas oito amostras previamente analisadas (Tabela 5). O resultado foi satisfatório em apenas cinco amostras, pois as outras três apresentaram problemas laboratoriais durante a separação, o que diminuiu a confiabilidade do índice para estas.

Tabela 5: Resultado da análise de minerais pesados. O peso total das frações de interesse corresponde a areia fina e muito fina. Amostras sinalizadas em vermelho apresentaram problemas laboratoriais.

Amostra	Peso total fração de interesse (g)	Peso dos minerais pesados (g)	H%
Perfil-01	37.68	0.12	0.32
Perfil-02	62.75	0.20	0.31
Perfil-03	87.28	1.23	1.41
Perfil-04	84.24	0.47	0.55
Perfil-05	51.82	0.21	0.41

Perfil-06	74.91	0.75	1.00
Perfil-07	87.31	0.13	0.15
Perfil-08	95.50	0.60	0.63

5 DISCUSSÃO

5.1 MORFODINÂMICA COSTEIRA E TRANSPORTE SEDIMENTAR

Analisando os resultados dos perfis planialtimétricos, foi possível obter informações significativas a respeito da dinâmica costeira da região. Primeiramente, o cálculo volumétrico confirma a acentuação do processo erosivo, tanto no monitoramento sazonal realizado por este trabalho (verão e inverno), quanto no contexto geral, apresentado no comparativo com os levantamentos de Cruz (2010) e Ligeski (2016). Porém, internamente percebe-se que há variação espacial ao longo da praia, com comportamentos distintos para os trechos a norte dos pontais rochosos (Perfis 01, 02 e 03), imediatamente a sul dos pontais rochosos (Perfis 04, 05 e 06) e próximo a desembocadura da Baía da Babitonga (Perfis 07 e 08).

Com relação aos perfis 01 e 02, as mudanças morfológicas e o balanço sedimentar identificados entre as etapas de março e setembro de 2018 podem estar associados à uma migração de sedimentos esperada entre as estações de verão e inverno, com ciclos de reconstrução e destruição de bermas. É perceptível que ambos os perfis assumem características mais dissipativas durante a segunda etapa, havendo uma diminuição no gradiente e aplainamento da face praias. Esta variação é esperada, considerando que as ondulações de inverno são mais energéticas.

De maneira geral, observam-se nestes perfis feições características de estabilidade, como a presença de dunas frontais e o desenvolvimento de vegetação permanente. Porém, no longo prazo (comparação com o levantamento de 2010), percebe-se que, apesar de estáveis, estes perfis são afetados por um processo erosivo acentuado, com déficit sedimentar de $-56,60$ e $-57,50$ m³, respectivamente. Este processo indica problemas com relação ao aporte sedimentar na região. O saldo positivo do Perfil-02, localizado mais a norte da área de estudo, no comparativo com o

levantamento de Ligeski (2016) pode refletir mudanças sazonais e localizadas neste perfil, que requerem estudos posteriores para serem interpretadas.

O Perfil-03 enquadra-se em um contexto diferente. O monitoramento sazonal indica um déficit sedimentar de $-5,85 \text{ m}^3$, e o quadro erosivo é comprovado ao se analisar o saldo sedimentar em relação aos anos de 2016 e 2010, de $-61,86$ e $-155,16 \text{ m}^3$, respectivamente. Estas taxas explicam a diferença entre as extensões alcançadas nos levantamentos planialtimétricos do Perfil-03, que em 2010 possuía aproximadamente 140 metros de distância, em 2016 não atingiu 65 metros, e em 2018 teve extensão máxima de 35 metros, no levantamento realizado em março.

Este processo pode estar relacionado ao posicionamento do Perfil-03. Possivelmente o direcionamento da praia nesta região, influenciada pelos pontais rochosos próximos ao perfil, principalmente o conhecido por “terceira pedra”, interfira no ponto de refração das ondas incidentes. Desta forma, a porção da praia próxima a estes pontais, a norte, estaria protegida da ação direta das ondulações de sul e sudeste, que são predominantes na região, o que conseqüentemente afeta o transporte de sedimentos para esta área. É importante salientar que este é um cenário natural da dinâmica costeira da região, que por si só, não explica o baixo aporte de sedimentos em um contexto geral, que já foi indicado na análise dos perfis anteriores.

Os perfis 04, 05 e 06 localizam-se a sul da “primeira pedra”, e foram os perfis que apresentaram os maiores déficits de sedimentos no levantamento. Os dados confirmam um processo que é visualizado em campo, sendo esta uma das principais áreas afetadas pelo processo erosivo, com praias de pouca extensão, que possuem diversos enrocamentos e construções destruídas. Esta região foi uma das mais afetadas pela ressaca que ocorreu no final do mês de setembro deste ano, que inclusive causou o decreto de situação de emergência no município.

Os processos associados à acentuação do processo erosivo nesta porção da praia são difíceis de serem determinados. Uma possibilidade seria a existência de derivas de transporte internas para sul, inseridas dentro do contexto regional de transporte sedimentar que, de acordo com Souza (1999), é caracterizado pela deriva litorânea para norte. Esta possibilidade poderia inclusive estar relacionada à acreção de sedimentos verificada nos perfis situados à sul do Perfil-06, sendo estes perfis a própria

área fonte destes sedimentos. Também é possível que este processo esteja associado à uma variação na dinâmica de desembocadura da Baía da Babitonga que interfira no aporte sedimentar desta área. De fato, o que se observa nitidamente nestes perfis é que durante a primeira etapa há o desenvolvimento de leves escarpas, com gradiente mais alto, características de praias reflexivas, enquanto durante a segunda etapa há o aplainamento da face praial, caracterizando um perfil mais dissipativo. Novamente, estas variações são totalmente plausíveis e concordantes com as alterações esperadas para a estação do inverno.

O Perfil-07 é um perfil intermediário entre a porção de praia influenciada diretamente pela ação de ondas (a partir do Perfil-06, para norte) e a porção que sofre influência direta da dinâmica de desembocadura do canal estuarino da Baía da Babitonga. O saldo sedimentar revela um superávit de 5,16 m³ de sedimentos, que apesar de parecer baixo, é bastante expressivo no contexto regional. O cálculo volumétrico do Perfil-08 indicou um superávit de 16,72 m³ de sedimentos. Isto pode estar associado à existência de derivas internas para a direção sul.

Como o Perfil-08 está inserido no contexto da desembocadura da Baía da Babitonga, outra possibilidade seria que a própria dinâmica do *inlet* explique a acreção de sedimentos. A desembocadura de estuários é um ambiente dinâmico, que acordo com Angulo (1999), pode estar associada a feições deposicionais de areia, devido a interação entre os processos marinhos estuarinos. O autor discute a respeito da ocorrência destas feições de areia em diferentes *inlets* observados no estado do Paraná. Segundo Angulo (1999), a maioria destas deposições ocorre em regiões de mar aberto, em áreas rasas nas quais a ação de ondas é de difícil acesso. Ainda de acordo com o autor, este tipo de ambiente pode apresentar grandes variações em sua configuração, em um curto período de tempo, podendo causar impactos nas praias adjacentes, como a acentuação do processo erosivo.

É possível que a acreção de sedimentos no perfil durante este período esteja relacionada a estes eventos deposicionais de areia em canais estuarinos, que geram feições extremamente móveis em curtos períodos de tempo. Analisando fotografias aéreas da Baía da Babitonga identifica-se feições deste tipo, e constata-se que a acreção do Perfil-08 pode ter sido influenciada por este processo (Figura 20). Diante da

complexidade dos sistemas estuarinos, o significado dos resultados obtidos no Perfil-08 é de difícil interpretação, sendo necessário o monitoramento do perfil por um período de tempo maior do que o viabilizado neste projeto.



Figura 20: A) Imagem aérea da desembocadura da Baía da Babitonga em 2014. B) Imagem aérea da desembocadura em 2018. Visualmente é possível identificar mudanças na configuração destas feições deposicionais de areia, além do acúmulo de sedimentos na área do Perfil-08, concordante com os dados aqui apresentados.

A partir da análise da morfodinâmica costeira do município de Itapoá-SC foi possível confeccionar um mapa esquemático que delimita os principais focos erosivos da região, além de ilustrar os principais processos relacionados aos valores obtidos no cálculo volumétrico dos perfis de praia, conforme previamente discutido (Figura 21).

padrão médio de 0,43) e com assimetria aproximadamente simétrica, de média de -0,13 (Tabela 6). O resultado difere levemente dos resultados obtidos por Souza (1999), que identificou diâmetros médios de 2,41 phi, desvio padrão de 0,54 (moderadamente selecionada) e assimetria muito negativa de -0,80. A diferença pode estar relacionada a mudanças no contexto da morfodinâmica costeira, mas também pode ter influência do pequeno espaço amostral deste trabalho.

Tabela 6: Resultado integrado das análises granulométricas e de minerais pesados deste trabalho. A escala de cores reflete em vermelho os valores maiores e em azul os menores (com exceção do diâmetro médio, pois o menor valor representa maiores granulometrias).

Amostra	A.M.G (%)	A.G (%)	A.M (%)	A.F (%)	A.M.F (%)	Diâmetro médio (Φ)	Desvio padrão	Assimetria	HMCI
Perfil-01	0.28	1.48	19.81	78.20	0.23	1.91	0.44	-0.13	0.32
Perfil-02	0.56	7.26	26.35	62.17	0.57	1.66	0.73	-0.37	0.32
Perfil-03		0.02	12.71	85.68	1.60	2.08	0.33	-0.27	1.41
Perfil-04		0.45	14.92	78.49	6.14	2.07	0.43	-0.18	0.55
Perfil-05		1.29	45.12	50.88	2.71	1.56	0.44	-0.24	0.41
Perfil-06	0.06	0.17	23.59	75.94	0.24	1.86	0.35	-0.06	1.00
Perfil-07		0.04	11.31	74.28	14.37	2.35	0.40	0.46	0.15
Perfil-08		0.13	2.04	25.55	72.25	2.54	0.34	-0.27	0.63
MÉDIA									
	0.30	1.36	19.48	66.40	12.26	2.00	0.43	-0.13	0.60

É possível identificar duas tendências granulométricas nos resultados obtidos. A primeira é uma tendência geral de engrossamento dos sedimentos para norte, com o aumento da porcentagem das frações granulométricas areia média e areia grossa, enquanto para sul aumenta a concentração da fração areia muito fina. Este padrão também se verifica pela análise do diâmetro médio, observando-se os maiores valores nos perfis 07 e 08. Internamente, é possível identificar uma segunda tendência, entre os perfis 03 e 06, com o aumento da fração granulométrica areia média e a diminuição do valor de diâmetro médio, sendo que os maiores valores obtidos estão no Perfil-05 (Gráfico 12).

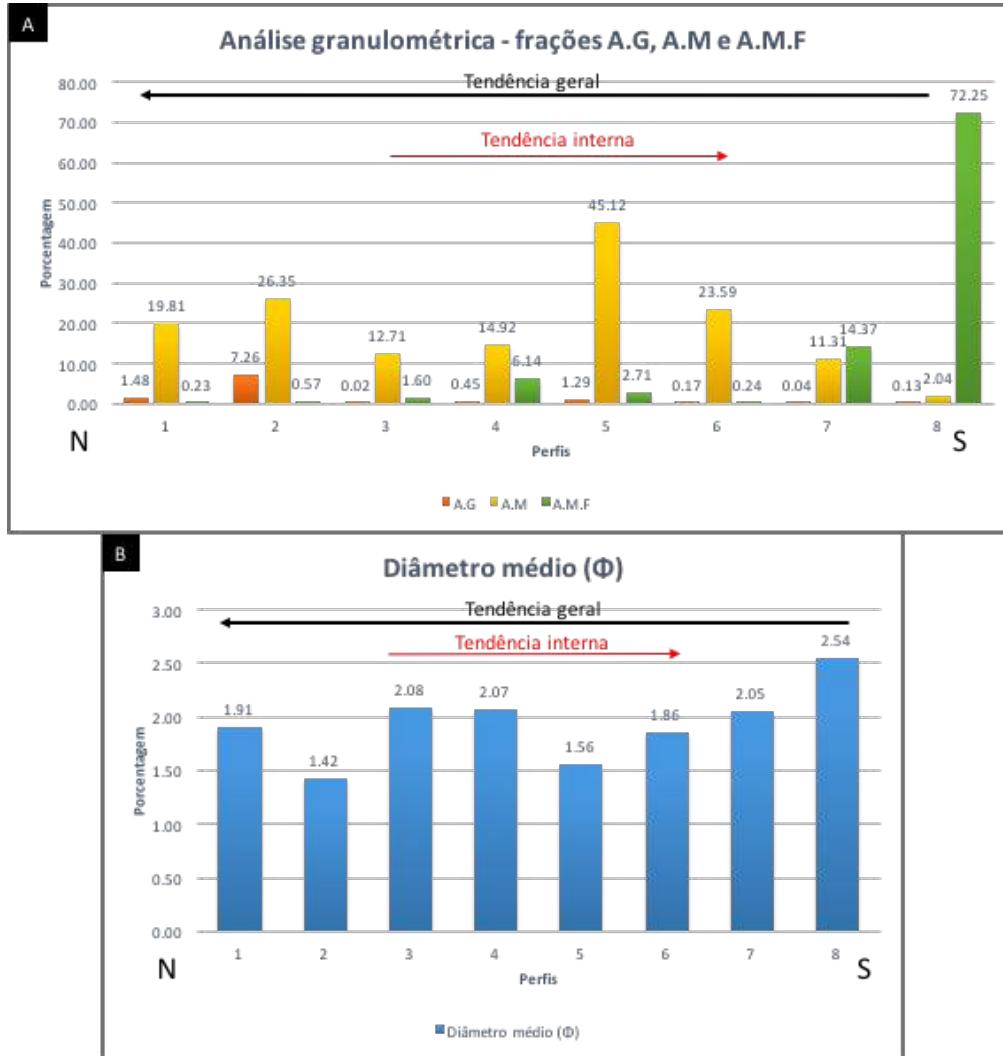


Gráfico 12: A) Gráfico com a porcentagem das frações granulométricas areia grossa, areia média e areia muito fina, evidenciando as tendências de engrossamento. B) Gráfico com a porcentagem do diâmetro médio das amostras, evidenciando as tendências de engrossamento.

Estes padrões podem estar relacionados com a possibilidade mencionada anteriormente de haver trechos com deriva longitudinal resultante para sul, dentro de um contexto de deriva litorânea para norte. Porém há ressalvas para esta interpretação, visto a baixa densidade de dados, sendo necessário um estudo mais detalhado do caso. Os parâmetros de desvio padrão e assimetria não refletiram a mesma tendência para a análise do transporte sedimentar, sendo inconclusivos. A análise da concentração dos minerais pesados permitiu a observação de concentrações elevadas em perfis que apresentaram alta taxa erosiva, como é o caso dos perfis 03 e 06. Como

certas amostras tiveram problemas laboratoriais que interferiram na determinação neste índice, esta avaliação é limitada.

Conclui-se que os resultados dos levantamentos planialtimétricos foram satisfatórios, determinando o balanço volumétrico dos oito perfis de praia e comparando-os com pesquisas anteriores, alcançando os dois primeiros objetivos propostos por este trabalho. O terceiro e quarto objetivo do trabalho foram parcialmente cumpridos, ao discutir a dinâmica do transporte sedimentar da região sob a luz dos dados granulométricos e de minerais pesados, alertando-se, porém, para a limitação destes dados na presente pesquisa, e indicando direcionamentos para futuros projetos.

5.2 PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL

Apesar de não ser objetivo direto da presente pesquisa, optou-se por apresentar aqui algumas questões sobre a dinâmica costeira de Itapoá-SC, relacionadas aos aspectos sociais e ambientais da região. Retomando a questão dos métodos de prevenção ou remediação do processo erosivo se mostra urgente a necessidade de repensar os métodos utilizados atualmente, que podem até resolver a questão, mas durante um curto período de tempo, além de gerar a acentuação do problema nas praias adjacentes. A possibilidade de aproveitamento de sedimentos dragados na Baía da Babitonga para a engorda da praia de Itapoá-SC se mostra como uma alternativa. De acordo com o Estudo de Sedimentação no Canal de Acesso ao Complexo Portuário de São Francisco do Sul, do INPH (2015), o volume de sedimentos dragados entre os períodos de 1979 e 1991 foi de 2.234.057 milhões de m³ (Figura 22). O volume dragado atualmente é possivelmente maior, visto que posteriormente foi instalado o Porto de Itapoá, que agora opera simultaneamente ao Porto de São Francisco do Sul.



Figura 22: Volume de sedimentos dragados no canal da Baía da Babitonga entre 1979 e 1991, extraído do INPH (2015).

Diante disso, a partir dos levantamentos planialtimétricos deste trabalho, calculou-se que seriam necessários 120.620 m³ de sedimentos para abastecer a praia de Itapoá-SC atualmente (na extensão da área de interesse desta pesquisa), de forma a igualar a perda volumétrica entre os meses de março e setembro de 2018 (Tabela 7). Este volume é perfeitamente compatível com a quantidade de sedimentos dragados, de acordo com os dados previamente discutidos. É importante ressaltar que este cálculo é apenas uma aproximação, extrapolando a distância de influência dos perfis para aproximadamente 1 km, e que desta forma desconsidera as taxas erosivas intermediárias. Também é necessário salientar que a viabilidade do aproveitamento dos sedimentos dragados depende de outros fatores, como a compatibilidade sedimentológica (espera-se que este trabalho forneça dados úteis para esta questão) e a qualidade dos sedimentos, além de demandar por estudos detalhados para a correta aplicação do método de engorda de praia.

Tabela 7: Cálculo aproximado da perda de sedimentos costeiros do município de Itapoá-SC, na área abrangente desta pesquisa, considerando os dados planialtimétricos do presente trabalho. A distância de influência 1 é a utilizada no cálculo volumétrico mostrada anteriormente neste trabalho, enquanto a distância de influência 2 corresponde a utilizada nesta aproximação.

Cálculo volumétrico				
Perfil	Distância de influência 1 (m)	Volume 1 (m³)	Distância de influência 2 (m)	Volume 2 (m³)
Perfil-01	1	-4.91	2,000.00	-9,820.00
Perfil-02	1	-8.94	2,000.00	-17,880.00
Perfil-03	1	-5.85	2,000.00	-11,700.00
Perfil-04	1	-25.44	2,000.00	-50,880.00
Perfil-05	1	-15.68	2,000.00	-31,360.00
Perfil-06	1	-21.37	2,000.00	-42,740.00
Perfil-07	1	5.16	2,000.00	10,320.00
Perfil-08	1	16.72	2,000.00	33,440.00
TOTAL		-60.31		-120,620.00

O processo erosivo gera danos irreparáveis para sociedade, e não unicamente materiais, colocando vidas em risco durante os eventos de ressaca. Durante as etapas de campo foram observadas diversas obras afetadas no município (Figura 23), gerando um prejuízo incalculável para a comunidade. O processo vem se acentuando consideravelmente e demanda urgentemente por mais estudos, monitoramento, e principalmente, por ações que possam resolver ou, ao menos, atenuar o problema. Dentro deste contexto, o geólogo tem papel fundamental, pois possui o embasamento científico necessário para a tomada de decisões.



Figura 23: A) Localidade próxima ao Perfil-06, evidenciando os problemas decorrentes da erosão costeira. B) Praia próxima ao Perfil-06, evidenciando a quase ausência de perfil de praia. C) Base estrutural de construção afetada pelo processo erosivo, entre os perfis 02 e 03.

A erosão também pode causar o assoreamento de córregos e rios que desembocam na praia, gerando alterações ambientais que impactam diretamente a fauna e flora nativa. Outro problema ambiental observado durante as etapas de campo foi a poluição da praia. A questão de saneamento básico em municípios litorâneos não se relaciona diretamente com os assuntos tratados neste trabalho, mas possui grande importância na gestão de ambientes costeiros, merecendo o devido alerta. Foram observados alguns esgotos desembocando na praia, que conseqüentemente acabam poluindo o oceano (Figura 24), podendo causar inclusive problemas de saúde às pessoas frequentadoras da praia. Espera-se que o presente trabalho traga contribuições que ultrapassem o ambiente acadêmico, integrando o desenvolvimento científico com as demandas da sociedade.



Figura 24: A) Canal de esgoto em contato com o oceano, associado a feições erosivas em praia localizada entre os perfis 02 e 03. B) Praia próxima ao Perfil-03, com contaminantes desembocando no oceano.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, R. J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. ANAIS-ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS, v. 71, n. 4 PART 2, p. 935-960.

ANGULO, R. J. 2011. As praias do Paraná: problemas decorrentes de uma ocupação inadequada. Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, n. 99, p. 97-103.

ANGULO, R. J.; ARAÚJO, A. D. 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. Boletim Paranaense de Geociências, v. 44, p. 7-17.

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. 2004. Mapa geológico da planície costeira entre o rio Saí-guaçu e a Baía de São Francisco, litoral norte do estado de Santa Catarina. Boletim Paranaense de Geociências, v. 55.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. Journal of coastal research, p. 688-703.

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

DEAN, R.G. 2003. Beach nourishment: theory and practice. World Scientific Publishing Company. Advanced Series on Ocean Engineering, v. 18, p. 1-396.

FLEMMING, B. W. 2000. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. Continental shelf research, v. 20, n. 10-11, p. 1125-1137.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Research, v. 27, n. 1, p. 3-26.

GARZANTI, E.; ANDÒ, S. 2007. Heavy mineral concentration in modern sands: implications for provenance interpretation. Developments in Sedimentology, v. 58, p. 517-545.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS, INPH. 2015. Estudo de sedimentação no canal de acesso ao complexo portuário de São Francisco do Sul-SC. São Francisco do Sul-SC, 92p.

JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; MACHIAVELLI, A. 1993. Evolução geotectônica da porção NE de Santa Catarina e SE do Paraná, com base em interpretações geocronológicas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, n. 3, p. 215-223.

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

KOMAR, P. D., 1998. *Beach processes and sedimentation*. Second edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 544 p.

LIGESKI, M. L. M. 2016. Quantificação da erosão costeira e balanço sedimentar das praias do município de Itapoá-SC. Trabalho de conclusão de curso. Graduação em Geologia, departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, trabalho de conclusão de curso, 46 p.

MORTON, A.C.; HALLSWORTH, C. R. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, v. 124, n. 1-4, p. 3-29.

SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Research*, v. 24, n. 3, p. 151-158.

SOUZA, M. C. 1999. Mapeamento da planície costeira e morfologia e dinâmica das praias do Município de Itapoá, Estado de Santa Catarina: subsídios à ocupação. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, dissertação de mestrado, 196 p.

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