

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região
Marinha e Costeira Adjacente**

**SUPLEMENTO DO RELATÓRIO SEMESTRAL DE EVOLUÇÃO - RSE
ANEXO 4 – PRAIAS
S1 MORFODINÂMICA**

Coordenação

Jacqueline Albino

Equipe

Dieter Muehe

Luiz Henrique Sielski de Oliveira

Denise de Sousa Paiva Tagliari

Brenda Silva de Souza

Lucas Bermudes de Castro

Alexandre Burini

Luísa da Silva Lopes

Bernardo Gasperazzo Urquia

Pedro Henrique Ferreira Atanásio

Vitória,

Junho de 2020

SUMÁRIO

1 CONTRIBUIÇÃO PARA ALTERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL E DA PERIODICIDADE DAS COLETAS	5
1.1 ANO 1	5
1.2 CAMPANHAS AMOSTRAIS DURANTE A TRANSIÇÃO	6
2 SOBRE OS INDICADORES	7
3 RELATORIO SEMESTRAL DE EVOLUÇÃO - PRAIAS.....	9
3.1 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS DURANTE O MONITORAMENTO	9
3.2 VARIAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DOS COMPARTIMENTOS	12
3.2.1 Destaques dos compartimentos geográficos quanto ao impacto do aporte do rio Doce..	12
3.2.2 Descrição e alterações temporais dos compartimentos	13
4 DETALHAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PRAIAS	22
5 DETALHAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DAS PRAIAS	38
6 REFERÊNCIAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das 13 estações amostrais durante a fase de transição.	6
Figura 2: Série temporal de altura significativa, período de pico e direção entre julho de 2019 a fevereiro de 2020. Períodos destacados pelas linhas pontilhadas em cinza correspondem às campanhas de dezembro 2019 e fevereiro de 2020.	9
Figura 3: Histogramas direcionais de altura significativa e período de pico para os períodos entre campanhas.	10
Figura 4: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes as quatro campanhas amostrais de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	11
Figura 5: Dados hidrológicos de 24/08/2018 a 29/02/2020. As áreas destacadas com pontilhado correspondem aos períodos de coleta de dados em campo.	12
Figura 6: Perfis topobatimétrico das estações S1, S2 e S3, Compartimento A. Fotos: fevereiro, 2020.	14
Figura 7: Espraçamento máximo (<i>run up</i>) e altura média, máxima e mínima da berma observadas ao longo do primeiro ano de monitoramento e do período de transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.	15
Figura 8: Caracterização composicional e granulométrica média das areias das praias ao longo das campanhas realizadas durante o Ano 1 e o período de Transição. Dados granulométricos da praia submersa referentes a campanha de dezembro de 2019 estão em análise. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.	16
Figura 9: Principais componentes bioclásticos (A) e minerais pesados (B) identificados nas praias em estudo. Valores médios para os compartimentos identificados. Outros*: Tubo de verme, crustáceo, ostracoide e alga Halimeda. Outros**: Rutilo, epidoto, estauroilita e zircão.	17
Figura 10: Teor de lama observado nas isóbatas de 5 e 10 m durante o Ano 1 do monitoramento e o período de Transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.	17
Figura 11: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo – Ano 1 e Transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.	18
Figura 12: Perfis topobatimétrico das estações S4, S5, S6, S7 e N1, Compartimento B. Estação S7 foi incluída na malha amostral no período de transição. Fotos: dezembro, 2019 e fevereiro, 2020.	19
Figura 13: Perfis topobatimétrico das estações N2, N3, N4, N5 e N6, Compartimento C. Estação N6 foi incluída na malha amostral no período de transição. Fotos: dezembro, 2019 e fevereiro, 2020.	21

Figura 14: Perfil de praia da estação S1 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	23
Figura 15: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S1 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	23
Figura 16: Perfil de praia da estação S2 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	24
Figura 17: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S2 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	25
Figura 18: Perfil de praia da estação S3 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	25
Figura 19: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S3 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	26
Figura 20: Perfil de praia da estação S4 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	27
Figura 21: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S4 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	27
Figura 22: Perfil de praia da estação S5 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	28
Figura 23: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S5 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	28
Figura 24: Perfil de praia da estação S6 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	29
Figura 25: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S6 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	30
Figura 26: Perfil de praia da estação S7 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	30
Figura 27: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S7 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	31
Figura 28: Perfil de praia da estação N1 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	32
Figura 29: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N1 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	32

Figura 30: Perfil de praia da estação N2 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	33
Figura 31: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N2 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	33
Figura 32: Perfil de praia da estação N3 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	34
Figura 33: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N3 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	34
Figura 34: Perfil de praia da estação N4 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	35
Figura 35: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N4 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	35
Figura 36: Perfil de praia da estação N5 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	36
Figura 37: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N5 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	37
Figura 38: Perfil de praia da estação N6 das campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.	37
Figura 39: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N6 das campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.	38

1 CONTRIBUIÇÃO PARA ALTERAÇÃO DA MALHA AMOSTRAL E DA PERIODICIDADE DAS COLETAS

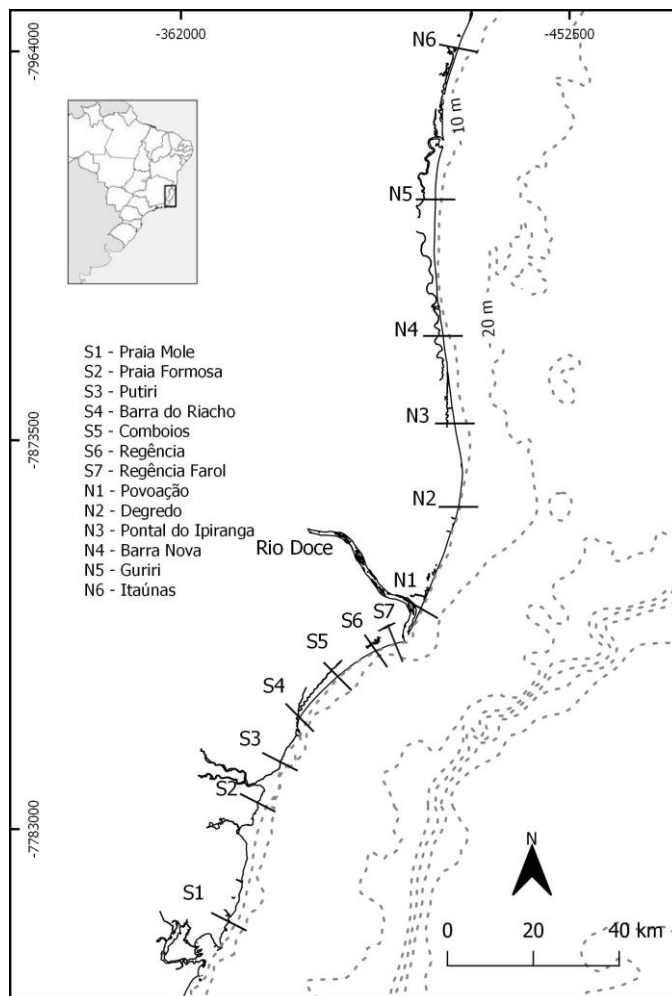
1.1 ANO 1

Durante o Ano 1 do monitoramento, as campanhas de campo dos subprojetos Morfodinâmica e Geoquímica foram realizadas trimestralmente, abrangendo as variações sazonais no padrão de ondas, enquanto os levantamentos do subprojeto Bentos obedeceram ao período seco e chuvoso, realizados concomitantemente aos levantamentos abióticos. Vale ressaltar que, no Ano 1 o monitoramento foi realizado em 11 estações amostrais e que no período de transição foram inseridas as estações de Regência Farol (S7) e Itaúnas (N6), totalizando assim 13 estações amostrais ao longo do litoral norte do Espírito Santo, entre os municípios de Serra e Conceição da Barra, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1: Coordenadas das estações amostrais em UTM SIRGAS 2000.

Nome da Estação Amostrai	Código da Estação	Norte	Leste
S1 PRAIA MOLE	S1	7761498,3	373218,0
S2 PRAIA FORMOSA	S2	7790273,4	380536,4
S3 PUTIRI	S3	7798481,8	385022,4
S4 BARRA DO RIACHO	S4	7808955,4	389632,1
S5 COMBOIOS	S5	7818548,4	398483,5
S6 REGÊNCIA	S6	7824486,8	407367,1
S7 REGÊNCIA (FAROL)	S7	7826697,9	413504,3
N1 POVOAÇÃO	N1	7834371,4	417840,05
N2 DEGREDADO	N2	7857327,5	426483,8
N3 PONTAL DO IPIRANGA	N3	7879288,0	425449,6
N4 BARRA NOVA	N4	7898015,1	423038,2
N5 GURIRI	N5	7929487,6	421281,6
N6 ITAÚNAS	N6	7964483,9	426628,78

Figura 1: Localização das 13 estações amostrais durante a fase de transição.



1.2 CAMPANHAS AMOSTRAIS DURANTE A TRANSIÇÃO

Durante o período de transição foram realizadas quatro campanhas amostrais incluindo as campanhas previstas para o Ano 2, quando a periodicidade passou a ser semestral e de eventos extremos:

- Campanha realizada nos dias 12 a 14 de novembro de 2019: a equipe esteve em campo visando especificamente à instalação dos marcos geodésicos nas estações amostrais de Regência Farol (S7), Povoação (N1) e Itaúnas (N6). As estações S7 e N6 foram inseridas na malha amostral já em consonância com a proposta de monitoramento para o Ano 2, incluindo-se, assim, o município de Conceição da Barra na área de abrangência do projeto. Especificamente na estação N1, o marco geodésico foi reinstalado, uma vez que este foi retirado de sua posição original devido a problemas erosivos.

- Campanha semestral realizada nos dias 20 de novembro a 06 de dezembro de 2019: na primeira campanha do Ano 2 houve a inclusão de duas estações amostrais, Regência Farol (S7) e Itaúnas (N6),

totalizando 13 estações, conforme a sugestão de alteração do monitoramento para o Ano 2. Para o subprojeto Bentos houve ainda a inclusão de coletas nas isóbatas de 5 e 10 m.

- Campanha emergencial realizada nos dias 29 e 30 de janeiro de 2020: neste período foi realizada uma campanha emergencial, na qual foram coletadas amostras de sedimentos somente na porção emersa da praia em algumas estações, a saber: Regência (S6), Regência Farol (S7), Povoação (N1) e Degredo (N2). O objetivo dessa campanha foi verificar in loco possíveis alterações/interferências no ambiente praias próximo à desembocadura do rio Doce e na área criticamente impactada, após a cheia do rio observada durante este período com consequente possibilidade de um novo aporte de sedimentos com contaminantes.

- Campanha de evento realizada nos dias 06 a 18 de fevereiro de 2020: ainda em função das cheias do rio Doce, intensificação de chuvas e ondas, foi realizada uma campanha, já prevista para o Ano 2 (campanha de evento), com levantamento de dados e coletas em todas as 13 estações amostrais na praia emersa e antepraia.

Além destas campanhas, destaca-se, ainda, a realização de um levantamento amostral do subprojeto Bentos, logo após a campanha trimestral dos subprojetos Morfodinâmica e Geoquímica, em agosto de 2019. Este levantamento, que foi realizado em todas as estações monitoradas pelos dois outros subtemas, teve como objetivo impedir a existência de uma lacuna entre períodos secos e úmidos, considerando a adoção semestral do levantamento do Ano 2 e que a última campanha de Bentos havia ocorrido em dezembro de 2018. Os dados desta campanha são integrados aqui aos dados do levantamento dos outros dois subtemas.

Assim como no Ano 1, durante o período de transição foi realizado o levantamento topobatimétrico dos perfis praias, a coleta de sedimentos para as análises geoquímicas, composicionais e físicas e a coleta de sedimentos para a triagem e descrição das comunidades bentônicas. Após as coletas de campo, parte dos dados foi processada nos diferentes laboratórios temáticos, sendo que as análises foram interrompidas em função do cenário atual de pandemia da COVID-19.

2 SOBRE OS INDICADORES

O presente documento apresenta a análise dos dados obtidos pelo Anexo 4 – Praias no âmbito do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I durante a fase de transição (setembro de 2019 a março de 2020), bem como a evolução dos resultados tendo como base as informações apresentadas no relatório do Ano 1 do referido monitoramento.

O Anexo 4 – Praias integra três diferentes temas: a morfodinâmica e sedimentologia das praias, a geoquímica dos sedimentos e os padrões ecológicos da fauna bentônica e, consequentemente, três

indicadores de impactos ao rejeito na área de estudo do Anexo 4 – Praias são adotados, sendo um para cada grupo de parâmetros analisados nos diferentes temas:

- Morfodinâmica de praia: morfologia, sedimentologia e processos (Abiótico):

A concentração de lama na antepraia pode atuar no sentido de amortecer a energia das ondas e alterar o clima de espraiamento e refluxo da onda na face praial, levando a um reajuste da morfologia da praia. Alcances mais altos dos espraiamentos das ondas e o transporte da lama para a praia alta, decorrente do ajuste morfodinâmico, pode reduzir a permeabilidade dos sedimentos com alteração na composição e diversidade da fauna bentônica e permitir o alcance do material do rejeito na restinga adjacente.

Destaca-se ainda que faixas arenosas úmidas e estreitas podem alterar os processos reprodutivos das tartarugas marinhas.

- Geoquímica: concentração elementar (Abiótico):

A concentração de elementos químicos nas amostras de sedimentos pode ser utilizada como um indicador abiótico da presença do rejeito, além de permitir a realização de inferências sobre a contaminação do ambiente, bem como seus efeitos sobre a comunidade bentônica. Ainda, a análise por difração de raio X permitirá realizar uma avaliação da composição mineralógica que será utilizada como um indicador da presença do rejeito.

- Diversidade da fauna bentônica (Biótico e Integrador):

A introdução de lama no ambiente praial interfere diretamente na composição e distribuição da fauna bentônica, por alterar a granulometria do sedimento praial, ou indiretamente, devido aos elementos traços associados. Abordagens e testes robustos no monitoramento da biodiversidade associadas aos parâmetros da morfodinâmica e aos elementos traços presentes no local permitirão responder se as modificações observadas na comunidade bentônica estão relacionadas aos impactos por estas experimentados.

A morfodinâmica da praia e os processos costeiros atuantes são responsáveis pela distribuição dos elementos químicos, o que reflete sobre a diversidade da comunidade bentônica, seja pela tipologia das praias, seja pelos impactos em função da concentração elementar dos sedimentos. A análise integrada dos três indicadores permite identificar variações espaciais e geográficas ao longo do litoral monitorado e subdividi-lo em três diferentes compartimentos, com influências distintas em relação ao aporte de sedimentos do rio Doce e, conseqüentemente, do potencial de contaminação pelos rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Mariana.

As forçantes oceanográficas e fluviais, que variam em escala temporal, são as responsáveis, por sua vez, pelas alterações morfológicas, aporte, mobilidade e transporte de sedimentos para as praias, incluindo a lama depositada na antepraia, seja pela intensidade das ondas incidentes, que atuam sobre a adaptação morfológica das praias, seja pelas alterações na carga e descarga do rio, que influencia o volume e granulometria dos sedimentos e os níveis das águas.

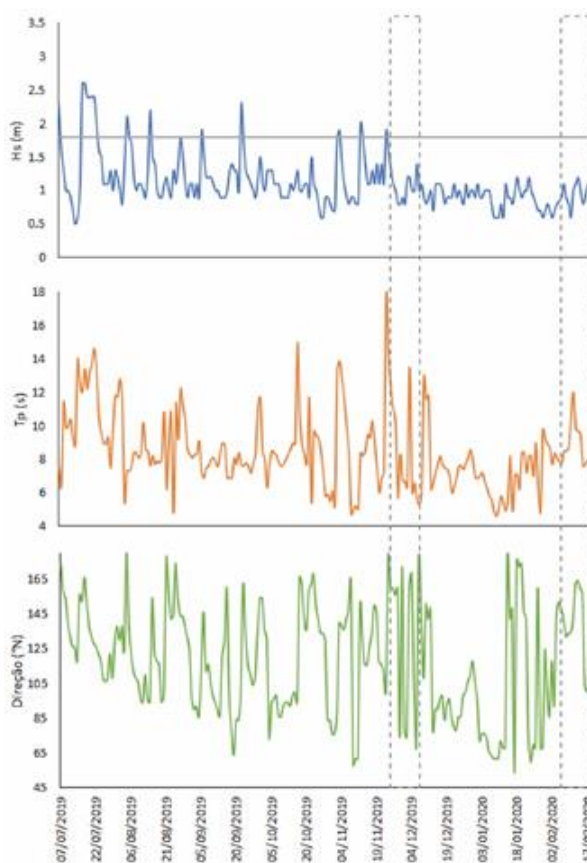
3 RELATORIO SEMESTRAL DE EVOLUÇÃO - PRAIAS

3.1 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS DURANTE O MONITORAMENTO

Durante o Ano 1 do monitoramento, os resultados indicaram que houve a predominância de ondas abaixo da média histórica, porém com eventos significativos de alta energia. Ondas de E a ESE, com alturas significativas abaixo de 1 m e período de pico abaixo de 8 s, predominaram entre o final de novembro de 2018 e início de março de 2019, enquanto que os meses de setembro a novembro de 2018 e março a julho de 2019 foram marcados por eventos de maior energia com ondas de altura significativa e período de pico acima do regime médio (1,6 m e 9,6 s) provenientes dos quadrantes S–SE (RRDM, 2019; RT20; Pág. 35).

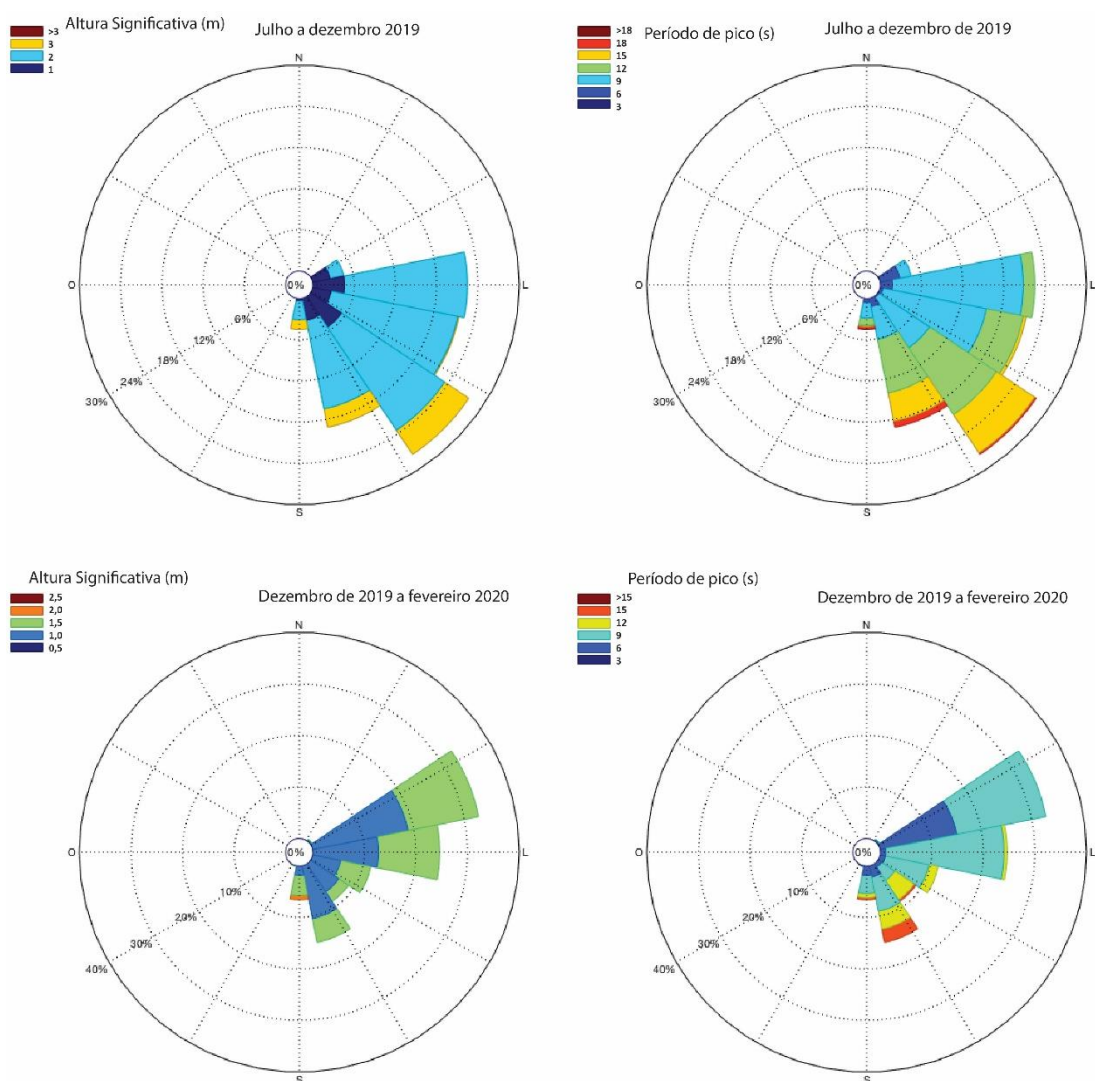
O período analisado compreende os meses de julho de 2019 a fevereiro de 2020 abrangendo duas campanhas, uma semestral realizada em dezembro de 2019 e outra de evento realizada em fevereiro de 2020 deflagrada pela condição do rio Doce ter atingido sua cota de inundação. Este período foi caracterizado por uma redução na frequência e intensidade de eventos de maior energia, assim como esperado na transição do inverno para o verão (Figura 2).

Figura 2: Série temporal de altura significativa, período de pico e direção entre julho de 2019 a fevereiro de 2020. Períodos destacados pelas linhas pontilhadas em cinza correspondem às campanhas de dezembro 2019 e fevereiro de 2020.



As alturas significativas e os períodos de pico das ondas reduziram drasticamente. Os valores de $H_s > 1,5$ m e $T_p > 10$ s entre julho e dezembro de 2019 passaram a valores em torno de 1,0 m e 8 s entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020. Na primeira situação as alturas de ondas significativas ainda ultrapassaram o limite de $H_s > 1,8$ m, correspondente a 25% das maiores ondas observadas na série histórica. Já a partir de dezembro de 2019, este limite não é ultrapassado nenhuma vez. Porém, a duração destes eventos entre julho e dezembro é menor se comparado ao período anterior (maio a julho de 2019), quando H_s manteve-se acima do limite de 1,8 m por mais de 3 dias por cinco vezes. As direções predominantes também passaram de S a SE, entre julho e dezembro, para E a NE, entre dezembro e fevereiro (Figura 3).

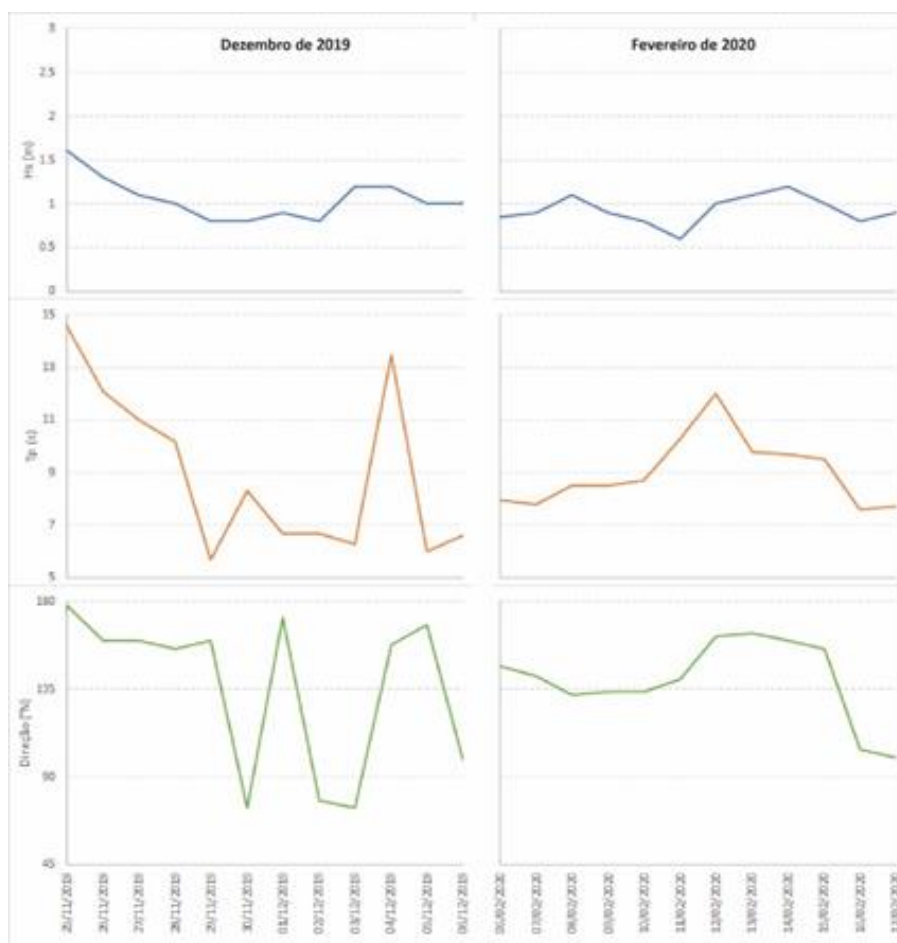
Figura 3: Histogramas direcionais de altura significativa e período de pico para os períodos entre campanhas.



Na campanha de dezembro de 2019, as ondas atingiram no máximo 1,7 m de altura significativa com período de pico máximo de 17,1 s e direção variando de ENE a SSE (56° a 178°). As ondas predominantes tiveram alturas significativas entre 1,0 e 1,5 m com período de 9 s provenientes do quadrante S. No início da campanha houve maior influência de ondas do quadrante S com maior período e altura (Hs 1,5 m e Tp 12 s) passando para E-NE com altura significativa em torno de 1 m e períodos menores que 9 s.

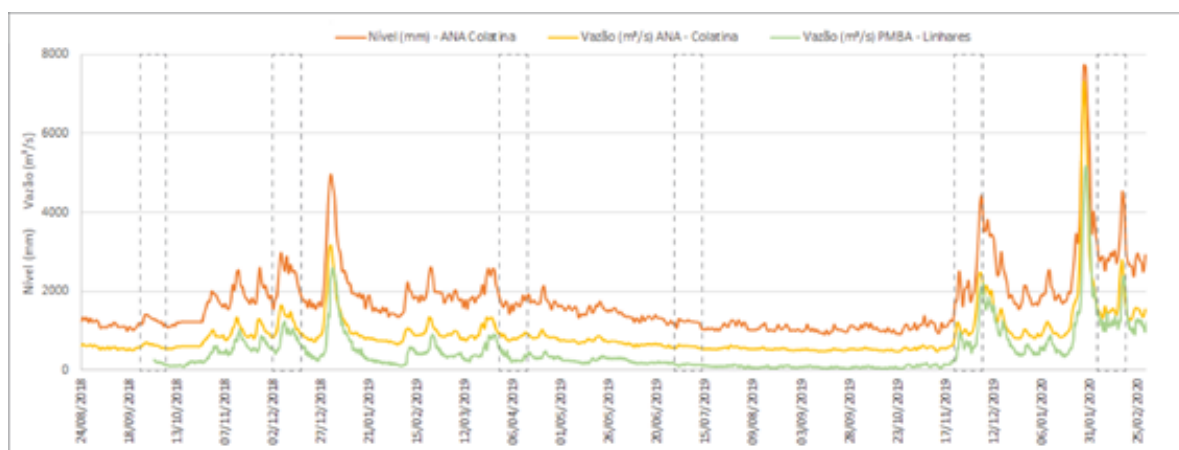
Na campanha de fevereiro de 2020, as ondas atingiram altura significativa máxima de 1,3 m período de pico de 12,4 s e direção variando de ENE a S (Figura 4). A altura significativa predominante foi em torno de 1 m e período de pico de 9 s. As direções predominantes foram dos quadrantes S a SE. Esta situação é bem representativa do período de verão. Apesar de sua direção predominantemente S-SE, as ondas apresentaram valores de Hs e Tp relativamente baixos quando comparados aos valores observados no período da campanha de dezembro de 2019.

Figura 4: Altura significativa, direção e período de pico das ondas correspondentes as quatro campanhas amostrais de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O regime de cheias e de maior vazão do rio Doce apresenta sazonalidade bem definida. Durante o período analisado, o rio apresentou níveis mais elevados e maior vazão entre os dias 25/10/2018 e 25/06/2019 atingindo sua cota máxima de 4,69 m em 02/01/2019 na estação ANA – Colatina (Figura 5). A vazão atingiu 3173 m³/s no dia 31/12/2018 em Colatina e 2529 m³/s no dia 02/01/2019 na estação PMBA - Linhares. O período de cota mais baixa estendeu-se de 25/06/2019 a 15/11/2019 sem grandes variações de nível, que se manteve em torno de 1 m com vazão entre 720 e 480 m³/s na estação ANA – Colatina e entre 325 e 41 m³/s na estação PMBA – Linhares (Figura 5). O período de cota mais elevada ocorreu a partir de novembro com um primeiro pico coincidindo com o final da campanha de dezembro de 2019 em 06/12/2019. Nesta data a cota atingiu 4,41 m e vazão de 2358 m³/s na estação ANA – Colatina e 2095 m³/s na estação PMBA - Linhares. O pico de maior vazão e cota mais elevada para o período analisado ocorreram em 29/01/2020 com nível de 7,68 m e vazão de 7309 m³/s na estação ANA – Colatina e 5053 m³/s na estação PMBA – Linhares (Figura 5).

Figura 5: Dados hidrológicos de 24/08/2018 a 29/02/2020. As áreas destacadas com pontilhado correspondem aos períodos de coleta de dados em campo.



3.2 VARIAÇÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DOS COMPARTIMENTOS

3.2.1 Destaques dos compartimentos geográficos quanto ao impacto do aporte do rio Doce

Compartimento A

O compartimento A compreende as praias associadas a falésias e terraços de abrasão, localizadas ao sul da planície deltaica do rio Doce, no litoral dos municípios de Serra e Aracruz (Estações S1, S2 e S3). O transporte longitudinal de sedimento predominantemente para norte ao longo da costa, a distância da desembocadura do rio Doce e as barreiras representadas pelos terraços de abrasão dificultam o alcance da lama de rejeitos neste compartimento. A morfodinâmica destas praias e a sedimentologia das areias bioclásticas refletem as particularidades geológicas locais, que favorecem o empilhamento de ondas junto à praia e, consequentemente, processos inundacionais e o alcance das ondas na porção da retropraia.

Compartimento B

O compartimento B é representado pelas praias ao sul da planície do rio Doce incluindo a praia de Povoação ao norte da desembocadura (S4, S5, S6, S7 e N1). Este setor recebe a influência direta do rio Doce, com a deposição de areias nas praias emersas e lama na antepraia. Neste compartimento, a proximidade em relação à desembocadura fluvial atua espacial e temporalmente na morfodinâmica e na sedimentologia das praias. Soma-se à influência dos processos fluviais, a influência do alto grau de exposição às ondas incidentes nas alterações morfodinâmicas. As praias são caracterizadas por areias grossas, com alta porosidade e permeabilidade, que apresentam alta mobilidade e velocidades de refluxo das ondas, responsável pela retirada dos sedimentos finos e dos contaminantes da porção emersa. Esta característica confere as praias deste compartimento alta resiliência aos impactos relacionados aos contaminantes de proveniência fluvial. A lama na antepraia, por sua vez, amortece as ondas e contribui para novos ajustes morfodinâmicos, aplainamento das praias, desenvolvimento de processos erosivos e inundacionais nos perfis mais próximos à desembocadura do rio Doce e constitui fonte sazonal de contaminantes para a praia e restingas associadas.

Compartimento C

O Compartimento C compreende as praias ao norte da planície deltaica do rio Doce (N2, N3, N4, N5 e N6), área criticamente afetada, onde os processos costeiros favorecem a deposição dos sedimentos fluviais, a partir da deriva litorânea sentido norte (Oliveira et al., 2015). A presença de areias mais finas e lama na antepraia, além de perfis de menor inclinação favorecem a permanência e distribuição horizontal dos contaminantes, deste a antepraia até restingas e manguezais.

3.2.2 Descrição e alterações temporais dos compartimentos

Compartimento A

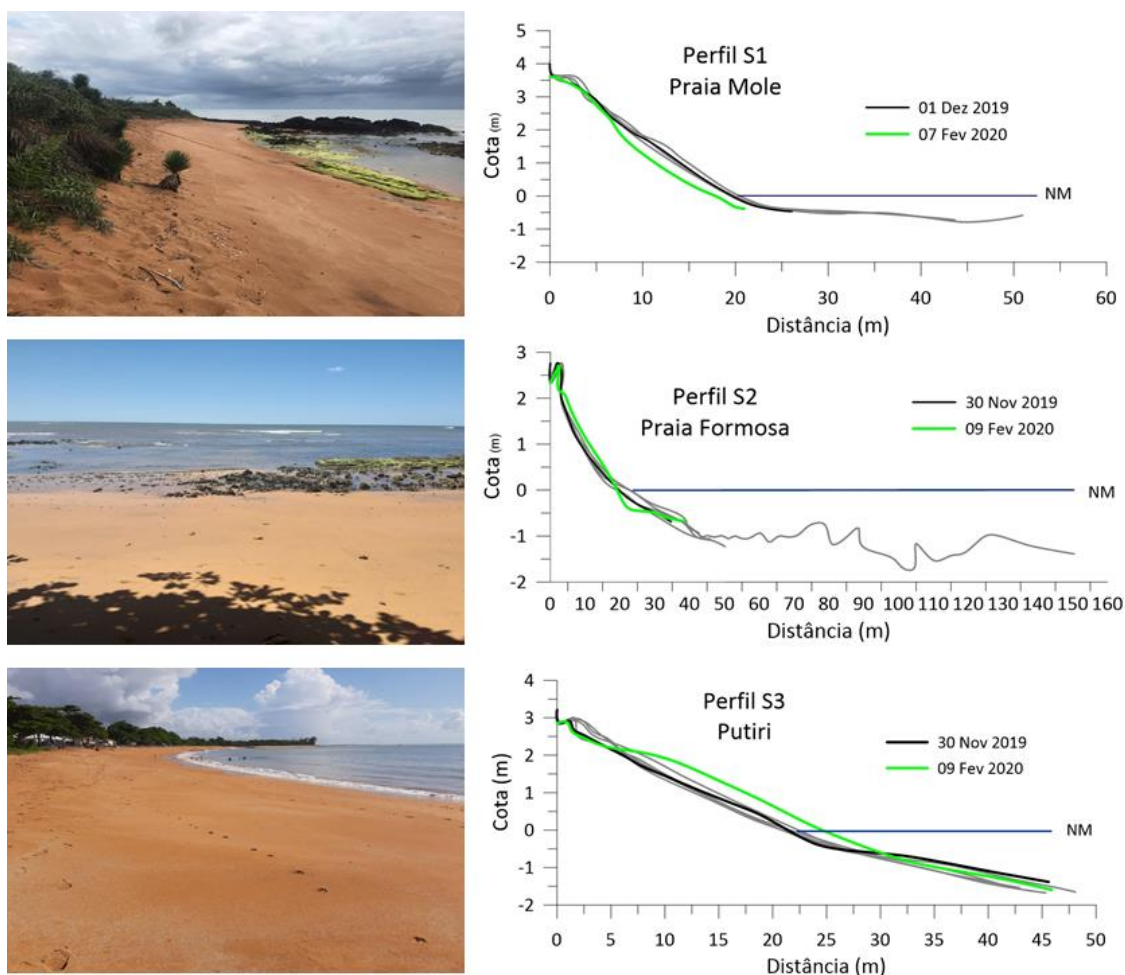
Nas praias associadas aos terraços de abrasão a atenuação das ondas ao longo da antepraia reduz a quantidade total de energia que chega à face da praia, favorecendo a formação de perfis praias com maiores inclinações (Muñoz-Péres et al., 1999). Simultaneamente, os terraços de abrasão limitam o espaço de acomodação da praia, o que promove a acumulação vertical dos sedimentos junto à costa e a formação de perfis altos e estreitos (Albino et al., 2016).

A impermeabilidade dos terraços de abrasão reduz parte da infiltração do espraçamento, o que torna a praia mais propensa ao empilhamento das ondas junto à costa e ao transporte transversal em direção à antepraia, durante eventos de moderada à alta energia (Jackson & Cooper, 2009), o que promove o aplainamento da praia emersa. O aplainamento das praias e o alcance das ondas na porção à retropraia pode ser observado e associado ainda ao maior nível das águas por variáveis pluviométricas e fluviais. Além disso, a disposição irregular dos terraços pode proporcionar a convergência das ortogonais de

ondas, promovendo o aumento da energia praial e a erosão de feições do pós-praia (Albino et al., 2001; 2006).

Nas campanhas realizadas durante o período de transição, pôde-se observar que os perfis praias apresentaram pouca variação morfológica, mesmo com as alterações nas condições de ondas em dezembro de 2019 e fevereiro de 2020 (Figura 6). Devido à alta dissipação das ondas sobre os terraços de abrasão, somente condições mais extremas de ondas podem representar um incremento do nível relativo do mar. Contudo, altos índices pluviométricos podem estar associados ao incremento do nível das águas e serem responsáveis pelo aplainamento dos perfis e pelo alcance do espraio máximo sobre a restinga erodindo o cordão arenoso (Figura 6).

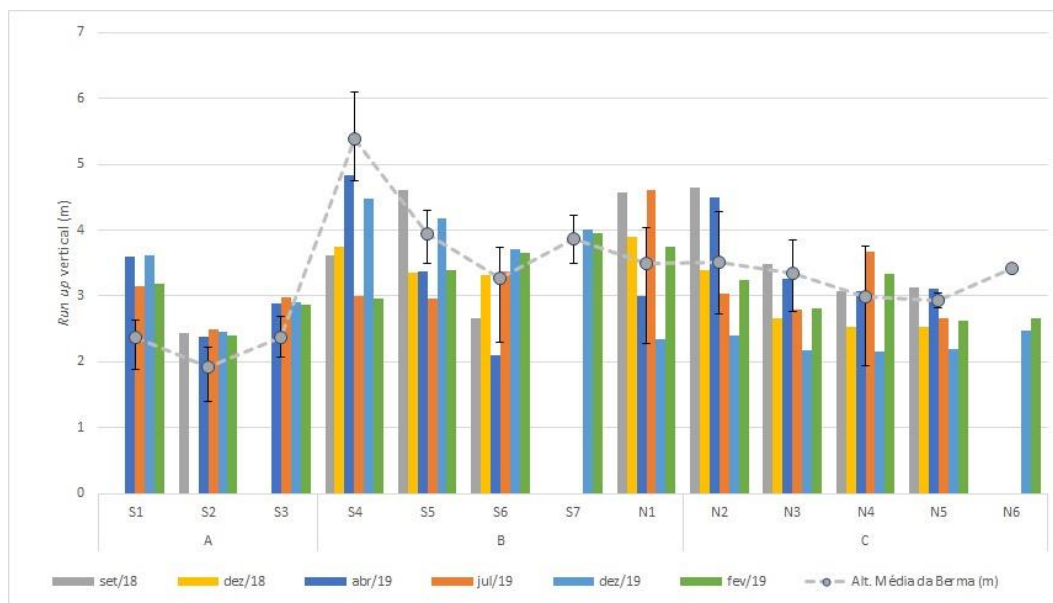
Figura 6: Perfis topobatimétrico das estações S1, S2 e S3, Compartimento A. Fotos: fevereiro, 2020.



Quando se comparara a média dos espraio máximos com a altura da berma, que constitui uma barreira natural contra a inundação da praia, observa-se que os perfis praias desse compartimento são frequentemente inundados, já que os *run ups* são sempre mais altos do que a altura máxima da berma (Figura 7).

Neste compartimento, processos de inundação, acompanhados de erosão, são comumente associados à morfodinâmica dos terraços de abrasão e pouco se alteraram com as condições dos níveis das águas, já que a presença deste substrato rígido empilha, porém dissipa a energia das ondas, o que “normaliza” as alturas dos *run ups*.

Figura 7: Espreadimento máximo (*run up*) e altura média, máxima e mínima da berma observadas ao longo do primeiro ano de monitoramento e do período de transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.



Quanto à sedimentologia, as praias deste compartimento são compostas por areias biosiliciclásticas resultado da fragmentação das carapaças de organismos que se fixam sobre os terraços de abrasão (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Os principais componentes carbonáticos identificados incluem algas coralíneas e moluscos (Figura 9). Com relação ao teor de minerais pesados, observou-se teores médios inferiores a 5%, com predomínio dos minerais opacos, anfíbios, cianitas e silimanitas (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 9).

Quanto à granulometria, as areias de praia Mole foram classificadas como areias grossas na porção emersa, contudo areias mais finas e lama foram observadas na isóbata de 10 m (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 10). As praias Formosa e de Putiri apresentaram predominância de areias médias a finas (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

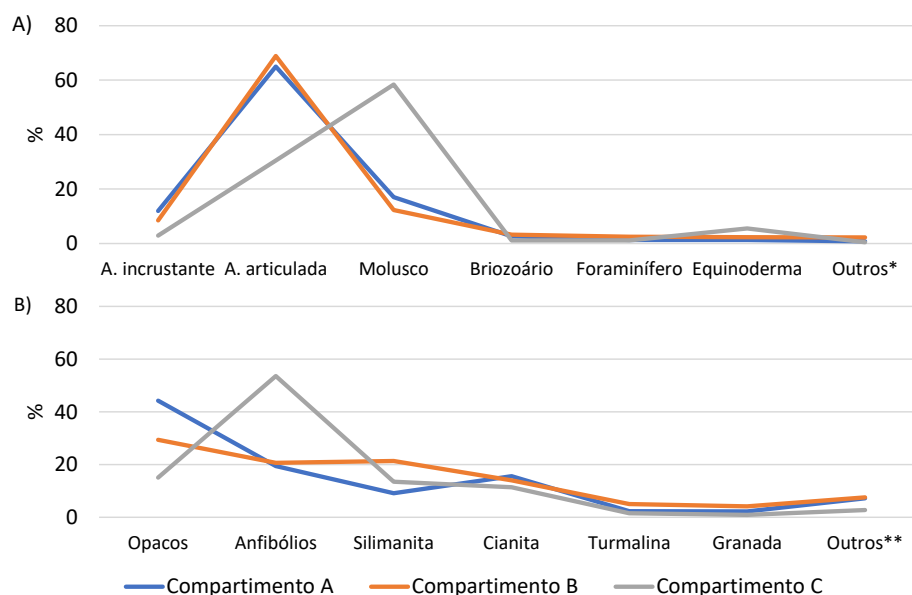
Figura 8). Na praia Formosa foram observados sedimentos mais finos em torno de 5 m de profundidade (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 10).

O aporte fluvial fino de estuários próximos tem sido observado entre as rugosidades dos terraços de abrasão na antepraia, onde a baixa mobilidade pelas ondas permite esta deposição (Figura 10). A lama proveniente do rio Doce é passível de alcançar este compartimento nas condições de alteração da deriva litorânea para o sentido norte-sul, que representa 30% da frequência atual (Oliveira et al, 2015). Contudo, devido à barreira representada pelos terraços e à alta agitação das ondas em águas rasas, esta potencial presença se dá apenas na antepraia. Esse fato sugere uma baixa vulnerabilidade desta área ao impacto decorrente da incorporação dos rejeitos, quando analisados os indicadores relativos aos processos morfodinâmicos.

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, se manteve predominantemente angulosos e sub-angulosos durante o ano 1 e o período de transição (

Figura 9: Principais componentes bioclásticos (A) e minerais pesados (B) identificados nas praias em estudo. Valores médios para os compartimentos identificados. Outros*: Tubo de verme, crustáceo, ostracoide e alga Halimeda. Outros**: Rutilo, epidoto, estauroлита e zircão.

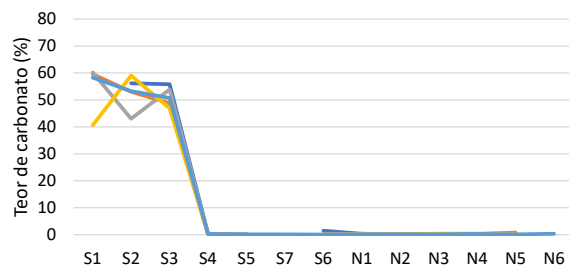


), corroborando o aporte próximo e a pouca mobilidade em função da rugosidade dos terraços (RRDM, 2019; RT20; Pág. 51).

De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8: Caracterização composicional e granulométrica média das areias das praias ao longo das campanhas realizadas durante o Ano 1 e o período de Transição. Dados granulométricos da praia submersa referentes a campanha de dezembro de 2019 estão em análise. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.

Praia emersa



Praia submersa

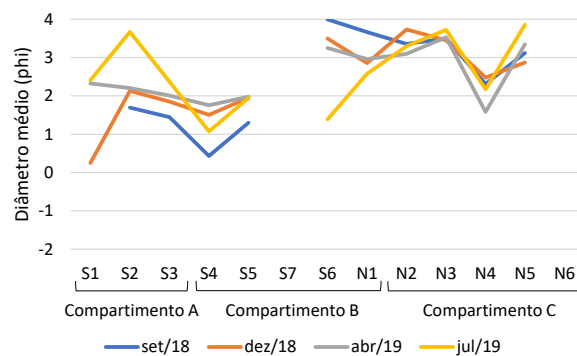
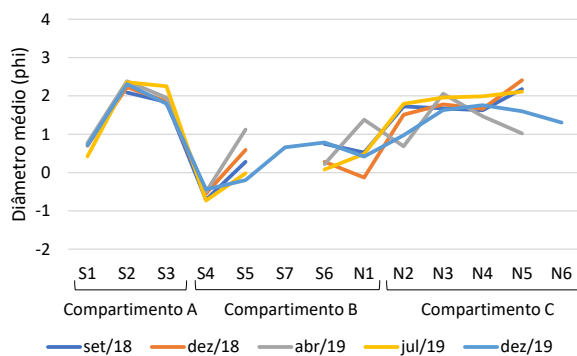
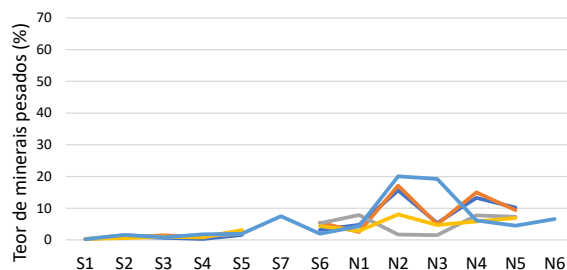
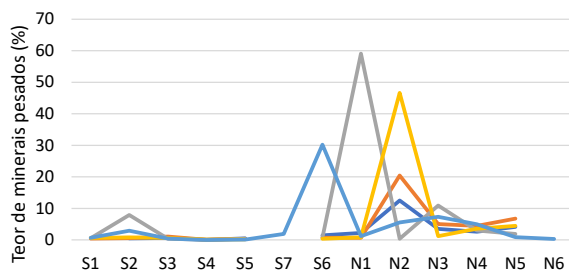
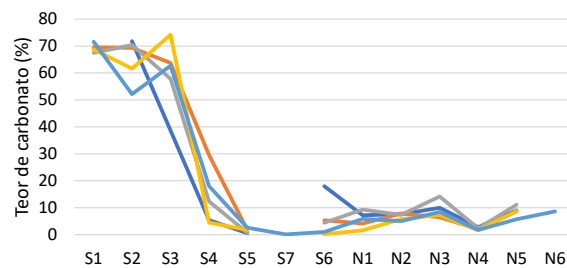


Figura 9: Principais componentes bioclásticos (A) e minerais pesados (B) identificados nas praias em estudo. Valores médios para os compartimentos identificados. Outros*: Tubo de verme, crustáceo, ostracoide e alga Halimeda. Outros**: Rutilo, epidoto, estauroлита e zircão.

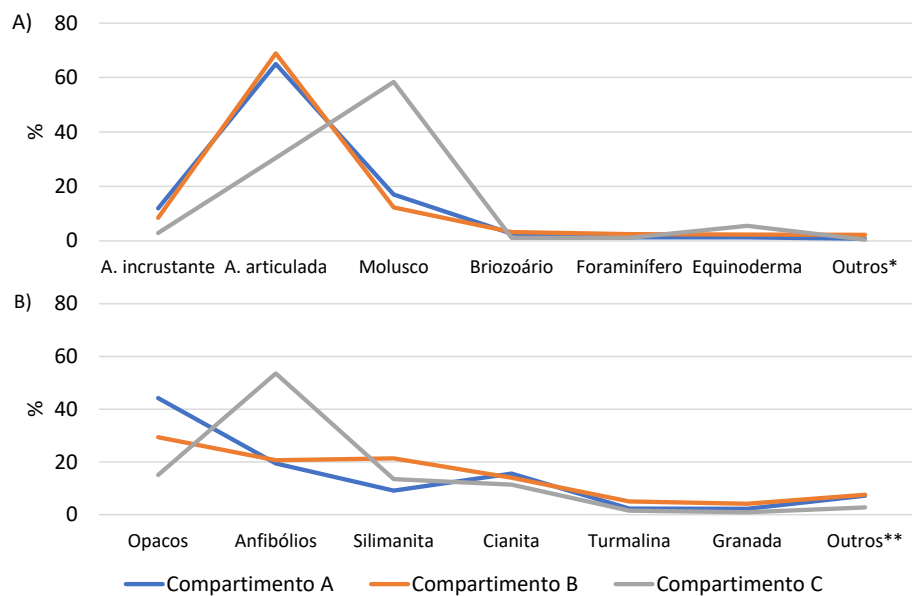


Figura 10: Teor de lama observado nas isóbatas de 5 e 10 m durante o Ano 1 do monitoramento e o período de Transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.

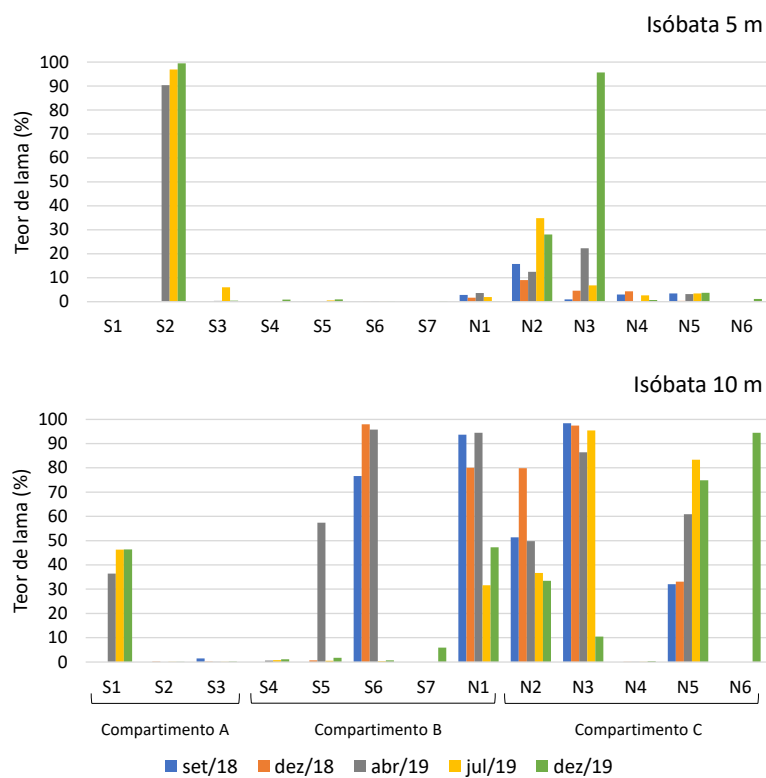
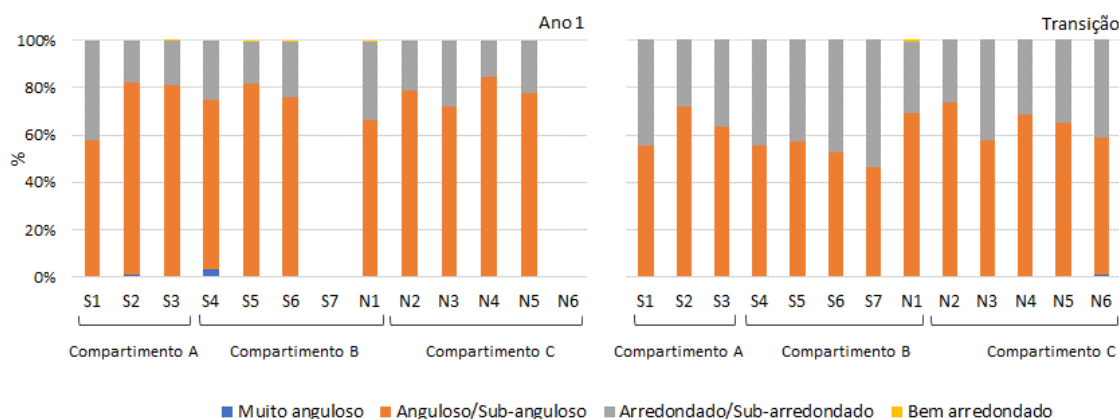


Figura 11: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo – Ano 1 e Transição. Estações S7 e N6 foram incluídas na malha amostral no período de transição.



Compartimento B

A plataforma continental adjacente às praias do Compartimento B sofre considerável estreitamento e a inflexão da linha de costa para E-SE torna este compartimento mais exposto à ação das ondas de maior energia provenientes deste quadrante. Devido ao maior aporte de sedimentos pelo rio Doce, estas praias apresentaram grande largura e alta mobilidade, associada, além do grau de exposição às ondas, às alterações hidrológicas e sedimentológicas da desembocadura. Na retropraia podem ser observadas cristas de praia vegetadas, formadas durante posições anteriores da berma praial, cuja formação se deve à evolução Quaternária (RRDM, 2019; RT20; Pág. 43).

Ao longo do monitoramento, a alta mobilidade dos perfis praias foi observada principalmente nas praias mais próximas a desembocadura do rio Doce, mais propícias ao aplainamento e aos processos de erosão e inundação (Figura 12). Assim, com o intuito de avaliar a influência direta do rio Doce sobre a morfologia e os processos morfodinâmicos das praias, durante o período de transição, foi adicionada à malha amostral a estação Regência Farol (S7) localizada próxima a margem sul da desembocadura do rio (Figura 1).

O aumento do nível das águas devido aos altos índices pluviométricos e fluviométricos do período de transição incrementaram o alcance dos espraamentos das ondas que alcançam a berma alta, dunas e cordões gerando o recuo dos perfis (Figura 7). A praia de Povoação (N1) recuou aproximadamente 12 m, com a perda das dunas frontais gerando a necessidade de reposicionar o margo geodésico (Figura 12).

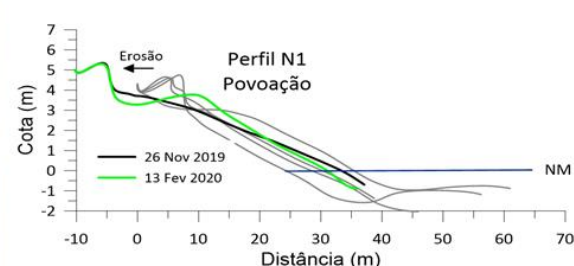
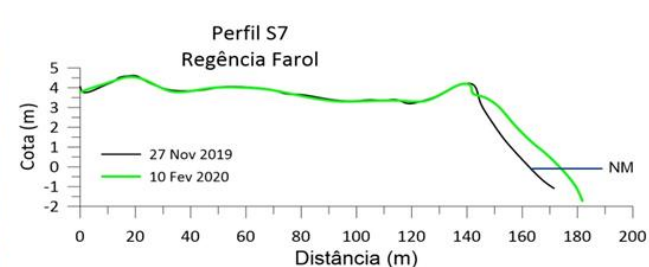
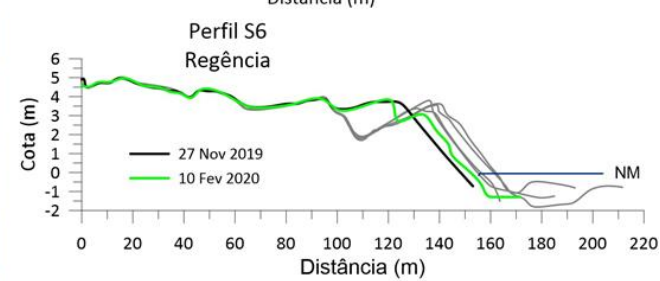
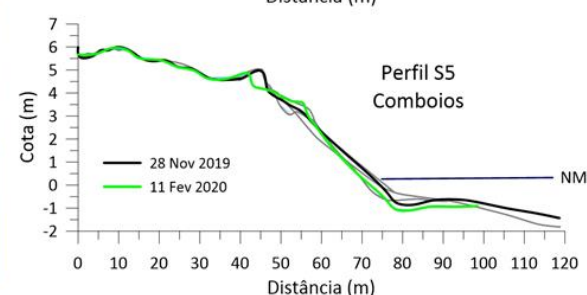
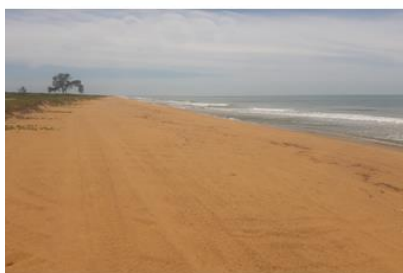
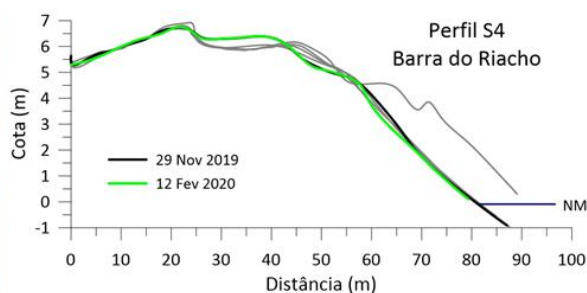
Quanto à sedimentologia, as praias deste compartimento são essencialmente compostas por areias siliciclásticas, provenientes predominantemente do rio Doce (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Contudo, eventuais aumentos nos teores de carbonato foram observados na antepraia, provavelmente associados à contribuição marinha proveniente da plataforma (Albino, 1999; Quaresma et al., 2015) (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Os principais grãos bioclásticos identificados incluem algas coralinas, seguidos por moluscos (Figura 9). Em comparação ao Compartimento A, há um acréscimo dos teores médios de minerais pesados, inferiores a 10%, e aumento da diversidade da composição, indicando aporte continental atual (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 9).

Figura 12: Perfis topobatimétrico das estações S4, S5, S6, S7 e N1, Compartimento B. Estação S7 foi incluída na malha amostral no período de transição. Fotos: dezembro, 2019 e fevereiro, 2020.



Quanto a granulometria as areias foram classificadas como areias médias a muito grossas, na praia emersa, e médias a muito finas, na antepraia (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Nos perfis mais próximos a desembocadura foi observada ainda a presença de lama na profundidade de 10 m (Figura 10) sugerindo a contribuição fluvial associada às condições de menor energia no ambiente deposicional (RRDM, 2019; RT20; Pág. 53 e 54).

Neste compartimento, as areias grossas conferem às praias alta porosidade e permeabilidade e, consequentemente, maior facilidade de mobilização. A elevada velocidade do refluxo da onda é então capaz de carrear de volta ao mar as partículas de sedimentos mais finos (Short & Wright, 1984). Esta morfodinâmica confere às praias deste compartimento maior competência de expulsar elementos finos associados aos contaminantes e, portanto, maior resiliência.

Os grãos de quartzo apresentaram moderado a baixo grau de arredondamento, devido à proximidade da área fonte fluvial e leve incremento do grau de trabalhamento no sentido sul, mais distante da desembocadura, o que sugere a diminuição do aporte fluvial recente (Figura 11). A menor contribuição do rio Doce para a porção mais ao sul da planície é corroborada ainda pelos baixos teores de minerais pesados e ausência da lama na antepraia (RRDM, 2019; RT20; Pág. 53 e 54).

Nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento B (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A).

Figura 8). Altos teores de minerais pesados observados na estação Regência Farol (S7) evidenciam a contribuição direta do rio Doce para as praias mais próximas a desembocadura (Figura 8). Observou-se ainda menores teores de lama na antepraia provavelmente relacionado às condições hidrodinâmicas do período de amostragem que atuam, por sua vez, em sua mobilização (Figura 10). Quanto ao grão de arredondamento dos grãos de quartzo, predominaram grãos angulosos/sub-angulosos com uma maior contribuição dos grãos arredondados e sub-arredondados em comparação ao Ano 1 (Figura 11).

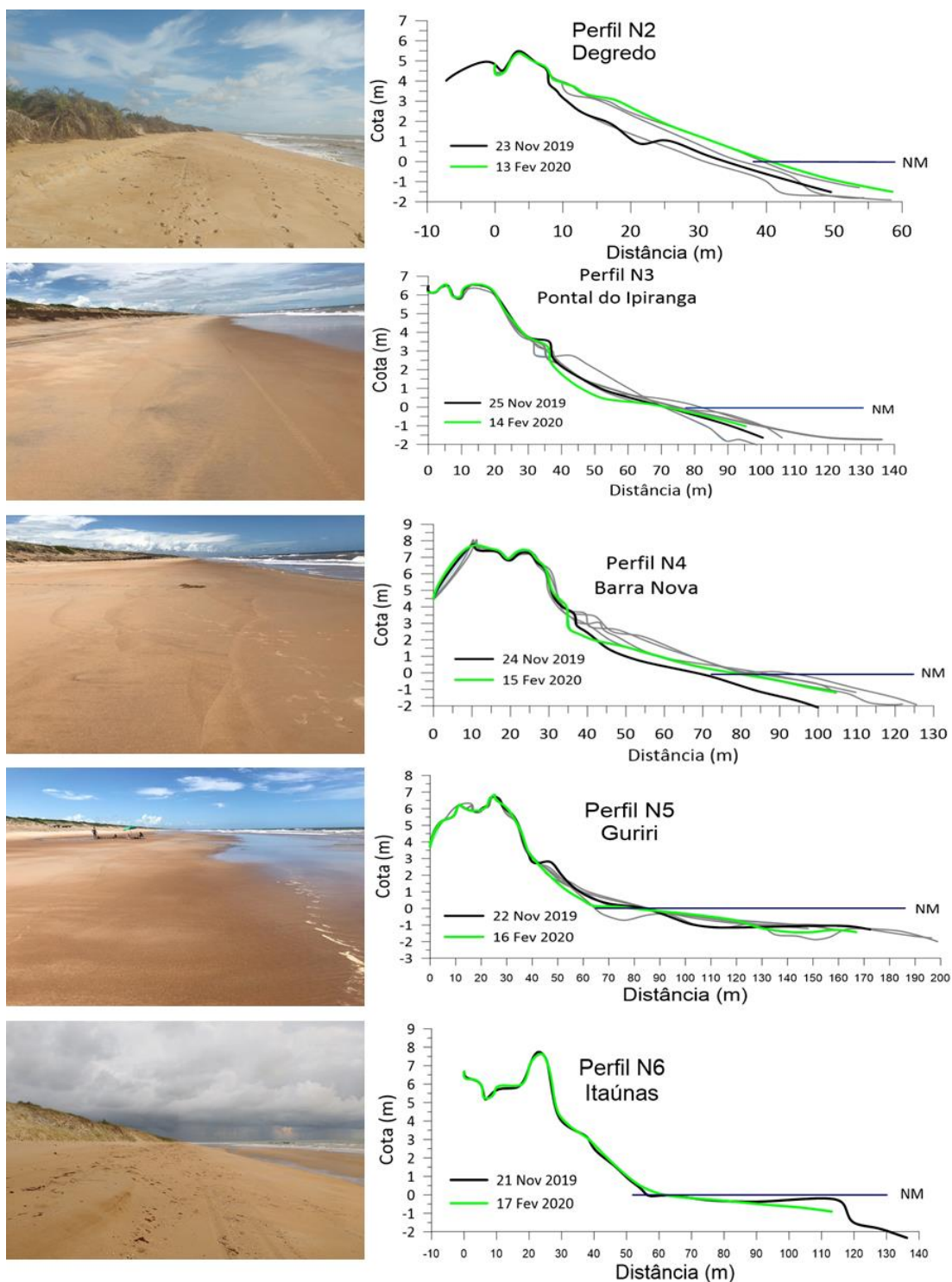
Compartimento C

O alargamento da plataforma continental e o baixo gradiente da antepraia identificados nas praias do Compartimento C favorecem a deposição dos sedimentos finos do rio Doce transportados pela deriva litorânea. A saliência da linha de costa e as taxas de transporte longitudinal endossam ainda este padrão. Uma vez depositados na praia emersa, os sedimentos finos favorecem o desenvolvimento de dunas, como observado em todos os perfis praias (RRDM, 2019; RT20; Pág. 47).

Nesse compartimento, as praias caracterizam-se por serem mais bem desenvolvidas e apresentarem as maiores larguras e as menores declividades entre as praias analisadas (RRDM, 2019; RT20; Pág. 47). O baixo gradiente das praias permite sua constante inundação e o alcance do espriamento sobre as dunas e restinga, evidenciando processos erosivos (Figura 7). No período de transição, as praias

não apresentaram significativa variação morfológica quando comparado ao observado no Ano 1, com exceção da praia de Degredo (N2) que apresentou acreção após o incremento da vazão do rio Doce entre dezembro e fevereiro de 2020 (Figura 13).

Figura 13: Perfis topobatimétrico das estações N2, N3, N4, N5 e N6, Compartimento C. Estação N6 foi incluída na malha amostral no período de transição. Fotos: dezembro, 2019 e fevereiro, 2020.



As praias do Compartimento C são compostas por areias siliciclásticas, com eventuais aumentos nos teores de carbonato nas isóbatas de 5 e 10 m (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Os principais grãos bioclásticos identificados foram moluscos, algas articuladas e equinodermas (Figura 9). Neste compartimento, observa-se ainda o incremento nos teores de minerais pesados e em sua diversidade composicional (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 9). Nestas praias, os minerais pesados representados majoritariamente por minerais pesados instáveis sugerem a deposição atual de carga do rio Doce neste compartimento (Figura 9) (RRDM, 2019; RT20; Pág. 59).

Granulometricamente, as areias são classificadas como médias a finas, na porção emersa da praia, e finas a muito finas, na antepraia, com elevados teores de lama na isóbata de 10 m (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8 e Figura 10). Os teores de lama na antepraia neste compartimento, como no anterior, indicam o aporte do rio Doce na antepraia e ainda destacam o sentido preferencial das correntes costeiras e deriva litorânea, para o norte. O baixo gradiente do perfil praial permite trocas sedimentares entre a praia emersa e a antepraia, o que é responsável pela presença de lama na porção emersa, com percentuais em torno de 1% e torna esse compartimento o mais criticamente impactado dentro da área de estudo (RRDM, 2019; RT20; Pág. 124).

Nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características granulométricas das areias das praias deste compartimento (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). No entanto, observou-se um aumento nos teores de minerais pesados em algumas subfeições das praias de Pontal do Ipiranga (N3) e Barra Nova (N4) (De maneira geral, nas campanhas realizadas no período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais e granulométricas das areias das praias do Compartimento A.

Figura 8). Com relação ao grão de arredondamento dos grãos de quartzo, predominaram grãos angulosos/sub-angulosos com uma maior contribuição dos grãos arredondados e sub-arredondados em comparação ao Ano 1 (Figura 11). A estação Itaúnas (N6), adicionada à malha amostral com o intuito

de avaliar o alcance, no sentido norte, da lama de rejeitos mostrou-se em consonância com as características sedimentológicas das praias deste compartimento.

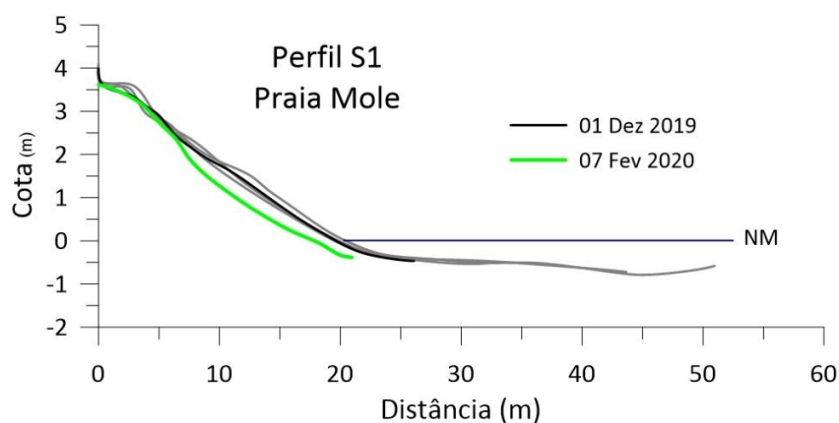
4 DETALHAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PRAIAS

- Estação S1 – Praia Mole

Os perfis topográficos levantados na Estação S1 tiveram origem no cordão vegetado da retropraia, na cota de 3,9 m, e se estenderam sobre as concreções lateríticas na antepraia rasa, até aproximadamente 0,5m de profundidade (Figura 14). A praia emersa, que compreende o trecho entre o final da vegetação e o nível médio do mar (NMM), apresentou comprimento médio de 14,4 m. A declividade do perfil é relativamente alta, com valor médio de 9,6°.

Entre dezembro de 2018 e dezembro de 2019 a praia sofreu sucessiva remoção de sedimento da berma, acompanhada da acreção na face praial. Na campanha de dezembro de 2019 os processos de espraçamento da onda atingem seu alcance máximo, com *run up* modelado de 3,6m, e atingindo o cordão arenoso e solapando a base da restinga na retropraia. Posteriormente, em fevereiro de 2020, a face praial sofre recuo máximo, tornando o perfil convexo, reduzindo o comprimento da praia.

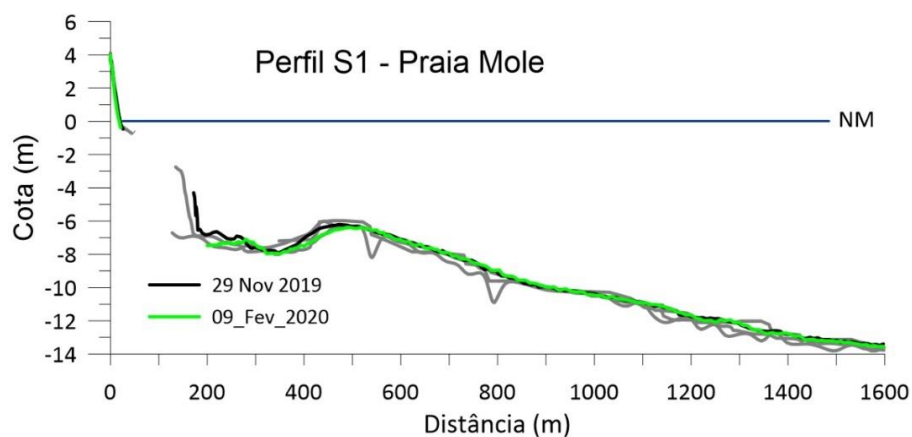
Figura 14: Perfil de praia da estação S1 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



A antepraia rasa dessa estação apresenta relevo aplainado com declividade média de 0,3°. Esta característica manteve-se inalterada ao longo das amostragens, em função da presença dos terraços de abrasão, mineralogicamente representados pelas concreções lateríticas. A superfície irregular dos terraços de abrasão promove a dissipação da energia das ondas, principalmente durante a baixa-mar, quando a praia apresenta características dissipativas. Na preamar, a praia assume características refletivas, com ondas do tipo ascendentes sobre e apresentando elevada inclinação da face.

Os perfis submersos foram levantados até a profundidade de 15 m, se estendendo de 300 a 2000 m de distância da costa, aproximadamente (Figura 15). A partir dos 8 m de profundidade, a declividade do leito torna-se mais suave em direção à costa, indicando ser essa a provável profundidade de mobilização dos sedimentos pelas ondas na antepraia (perfil de fechamento).

Figura 15: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S1 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

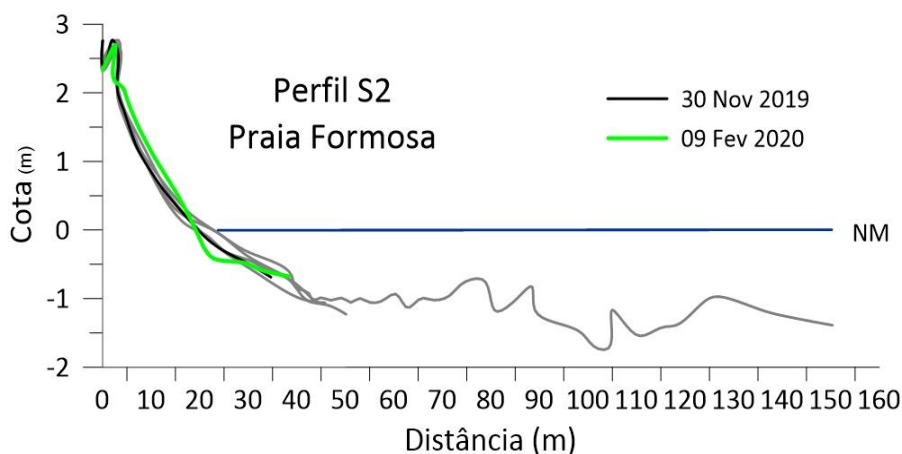


- Estação S2 - Praia Formosa

O perfil praiial abrange o cordão vegetado até a antepraia rasa, com comprimento médio da praia em 17 m (Figura 16). Na parte submersa da praia o perfil ainda se estende por alguns metros evidenciando a presença de concreções lateríticas no assoalho marinho. A declividade apresentou entre as campanhas valores variando entre $7,2^\circ$ (fev./2020) e $2,3^\circ$ (set./2019) e valor médio de $4,7^\circ$. A maior variação morfológica do perfil pode ser notada na campanha de fevereiro de 2020, onde a praia apresentou maior declividade, com perfil côncavo, com consequente aumento no volume de sedimento presente na praia.

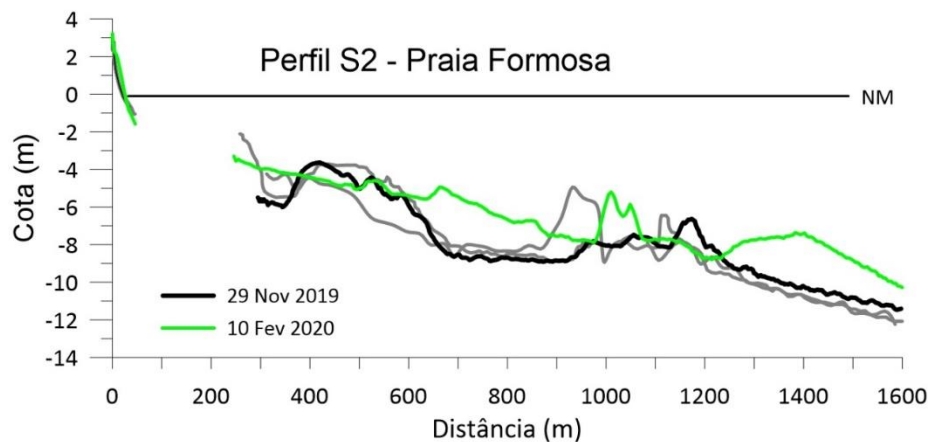
A praia Formosa pode ser classificada como dissipativa, com redução da energia das ondas sobre as concreções lateríticas da antepraia e faixa praiial estreita. A berma ao longo do período de monitoramento deslocou em altura e posição em relação ao NMM, com a altura variando entre 1,4 m e 2,2 m e valor médio de 1,8 m demonstrando a mobilidade do perfil durante o monitoramento. A face praiial também recuou e avançou ao longo do período monitorado sugerindo trocas sedimentares transversais e longitudinais. Apesar da mobilidade do perfil na face e na berma praiial, o cordão arenoso em retropraia não foi perturbado ao longo do período monitorado, apesar do alcance do espraçamento em sua base (2,5m o *run up* máximo em julho de 2019). Em fevereiro de 2020 a base do cordão apresenta-se mais escarpada e face praiial sofre a máxima acreção ao longo do período monitorado.

Figura 16: Perfil de praia da estação S2 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil submerso foi levantado até uma profundidade de 18 m, com comprimento total de cerca de 2400 m (Figura 17). O perfil eleva-se gradativamente em direção à praia com uma declividade de $0,45^\circ$ até atingir a profundidade de 8 m abaixo do nível médio do mar, quando se inicia um incremento da declividade em direção à costa sugerindo ser esta a profundidade de fechamento do perfil da antepraia. A presença do substrato rígido pode ser inferida devido à rugosidade verificada no perfil da antepraia (Figura 17). As variações observadas no perfil submerso devem-se à navegação realizada para se contornar áreas muito rasas com risco de encalhe da embarcação.

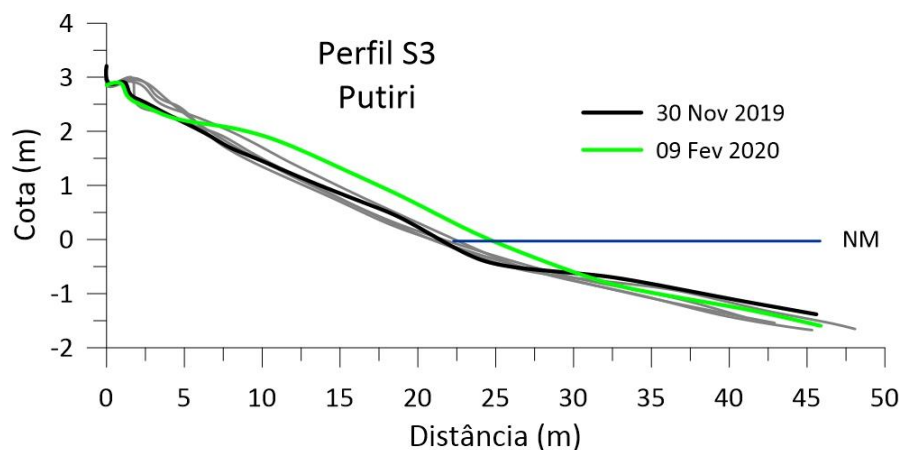
Figura 17: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S2 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



- Estação S3 – Praia de Putiri

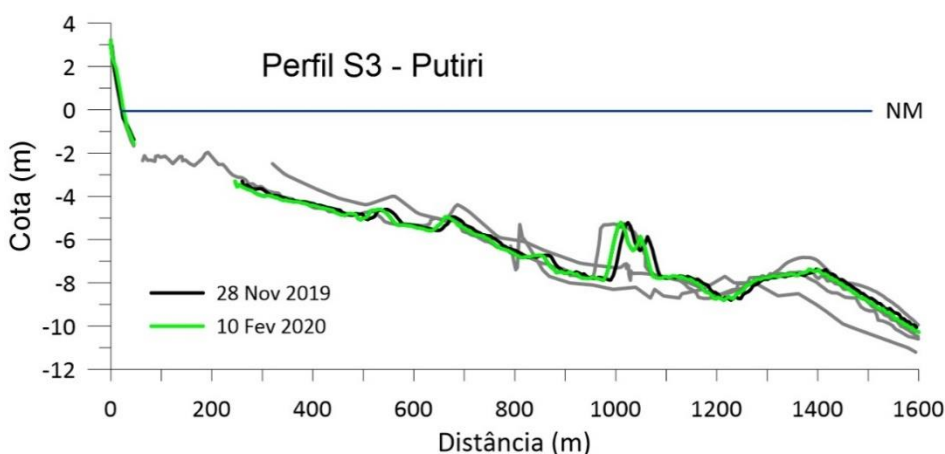
A praia emersa de Putiri apresenta comprimento médio de 23 m e o perfil praial se estendeu em direção à antepraia até a profundidade aproximada de 1,5 m, abaixo do nível médio do mar, em contato com os terraços de abrasão (Figura 18). A praia pode ser classificada como intermediária a dissipativa com desenvolvimento de calhas e bancos arenosos longitudinais sobre os terraços e declividade da face praial com valor médio em 7.3° . A berma, assim como a face praial, apresentou pequena variação de posição e altura entre as campanhas, mantendo valor médio em 2,2 m acima do NMM. Na campanha de julho de 2019, o cordão arenoso sofreu abalo e tornou mais escarpado em relação às campanhas anteriores acompanhado da elevação batimétrica na antepraia rasa, demonstrando a troca de sedimento entre essas feições (Figura 18). Entre julho de 2019 e fevereiro de 2020 o cordão arenoso continuou a sofrer erosão, com a sua total desestabilização e acompanhado do maior avanço da face no período monitorado.

Figura 18: Perfil de praia da estação S3 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil da antepraia foi levantado até a profundidade de 14 m a 2000 m de distância da praia emersa (Figura 19). Devido às condições de mar e proximidade do fundo rígido e rugoso, o perfil teve que ser interrompido a uma profundidade de 7 m e distância de 1300 m da praia. O perfil se elevou gradativamente em direção à costa com uma declividade de 0,5°. A profundidade de fechamento da antepraia aparentemente se localizou à profundidade de 10 m, considerando uma tendência de incremento desta declividade. A presença do substrato rígido pôde ser inferida devido à rugosidade verificada no perfil da antepraia. As variações observadas no perfil submerso devem-se à navegação realizada para se contornar áreas muito rasas com risco de encalhe da embarcação.

Figura 19: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S3 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

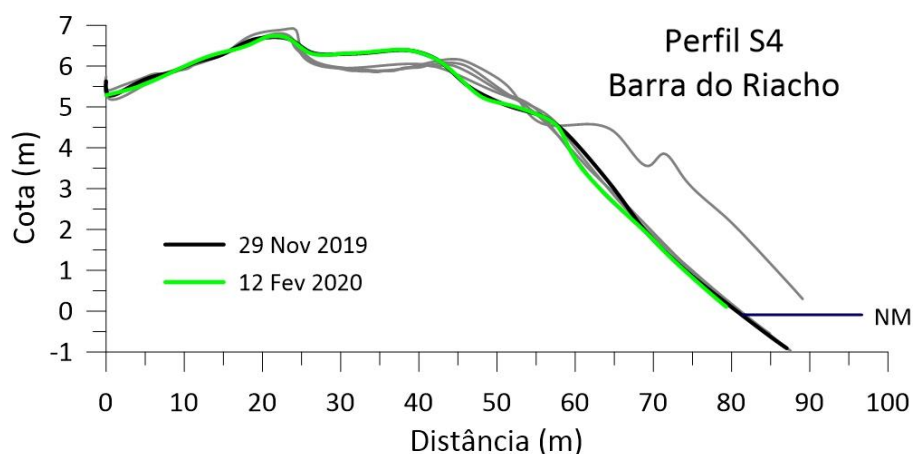


- Estação S4 – Barra do Riacho

A Estação S4 pode ser classificada quanto ao seu estado morfodinâmico como refletiva, apresentando elevado gradiente na face praial, com média de 10°, ausência de zona de surf e ondas ascendendo sobre a face praial. O perfil emerso, com início na retropraia (cordões litorâneos), ao longo das campanhas amostrais apresentou comprimento médio de 81 m, sendo o comprimento médio da praia de 46 m. A altura da berma entre as campanhas variou entre o mínimo 4,7 m e o máximo de 6,0 m, com valor médio de 5,3 m acima do nível médio do mar local. (Figura 20). Nessa estação amostral o levantamento topográfico da praia emersa não avança sobre a antepraia em função da alta incidência de ondas, que compromete a segurança da operação.

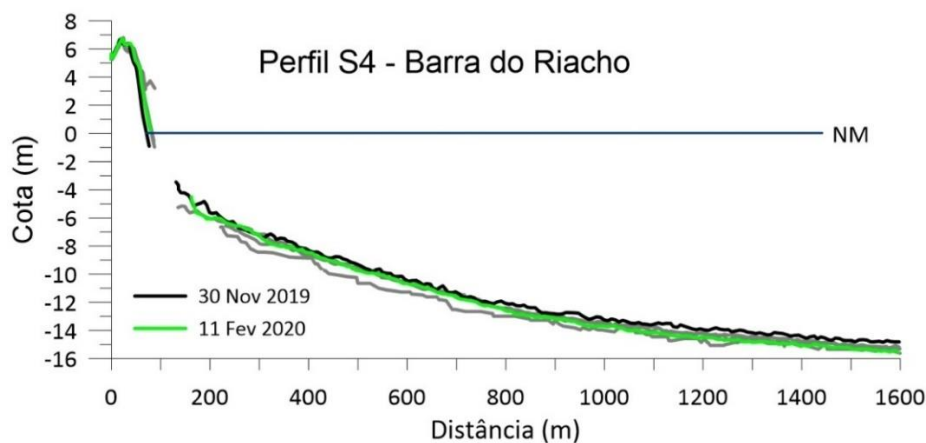
Comparativamente entre campanhas a morfologia da praia apresentou pequena variação excetuando na campanha de setembro de 2018 que a face se apresenta avançada em relação às demais campanhas, associada à formação de cúspides que alteram em poucos metros a morfologia longitudinal da praia. A partir de outubro de 2019 a depressão presente no pós-praia nas campanhas anteriores é preenchido por sedimento, sugerindo um maior alcance do espraio da onda.

Figura 20: Perfil de praia da estação S4 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil praial submerso foi levantado de 100 a 2000 m de distância da costa, até a profundidade de 16 m (Figura 21). A profundidade de fechamento da antepraia superior foi observada em torno de 8 m abaixo do nível médio do mar e o limite da antepraia inferior em torno dos 14 m.

Figura 21: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S4 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



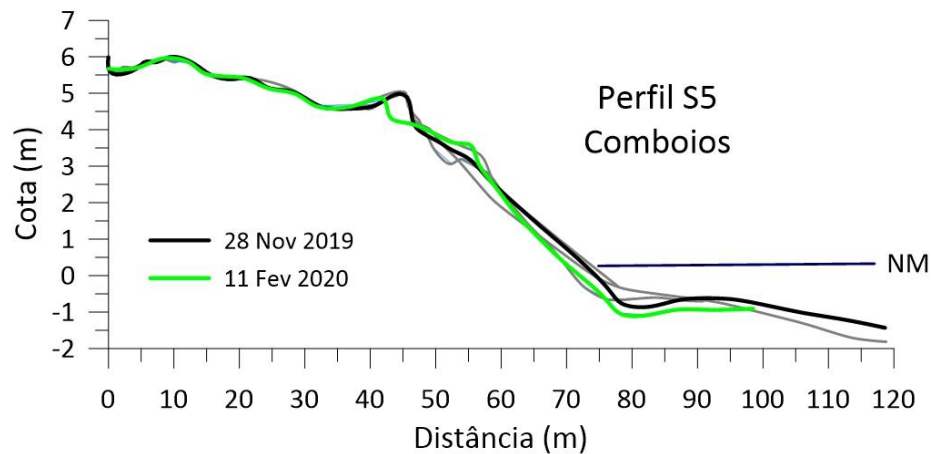
- Estação S5 - Comboios

Na Estação S5 é possível notar a ocorrência de cordões vegetados na parte mais elevada do perfil, podendo alcançar altura aproximada de 5,9 m, acima do nível médio do mar (Figura 22). A praia apresenta comprimento médio de 25,7 m e altura média da berma de 3,95 m. A declividade da face praial nessa estação variou entre o mínimo de 6,5° e o máximo de 11,3°, reforçando a grande variação morfológica praial ao longo das campanhas amostrais.

A praia de Comboios pode ser classificada quanto ao estado morfodinâmico como intermediária com desenvolvimento de larga zona de surf, em geral superior a 100 m e ondas que se alternam entre

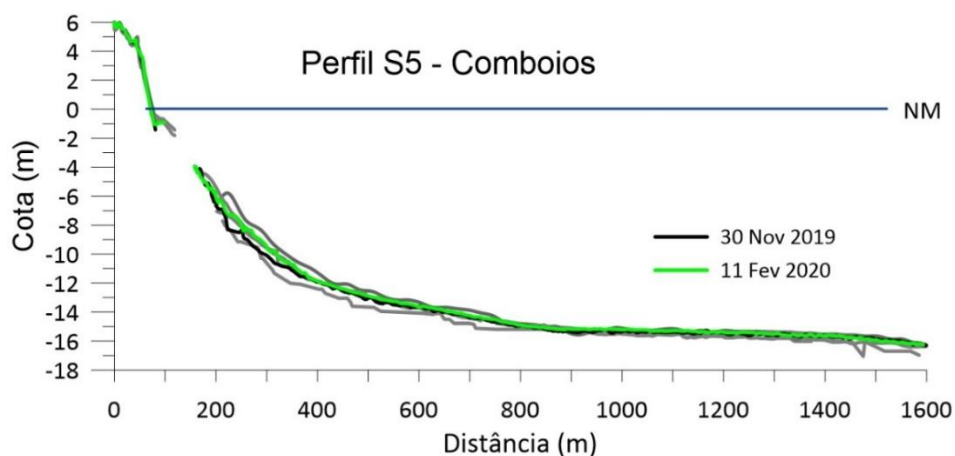
mergulhante e colapsante. É possível notar na praia uma grande mobilidade de sedimento entre a praia emersa e submersa, além do desenvolvimento e migração bancos e calhas longitudinais na antepraia (Figura 22). Nas campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020 a porção frontal do cordão arenoso foi removida, promovendo o aplainamento da pós-praia.

Figura 22: Perfil de praia da estação S5 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil da antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2300 m e alcançou a profundidade máxima de 18 m (Figura 23). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de $0,2^\circ$ até atingir a profundidade de 7,2 m, abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 80 m de distância da costa. A profundidade de fechamento da antepraia se localizou em torno dos 13 m, refletindo a alta energia das ondas para este segmento do litoral.

Figura 23: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S5 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

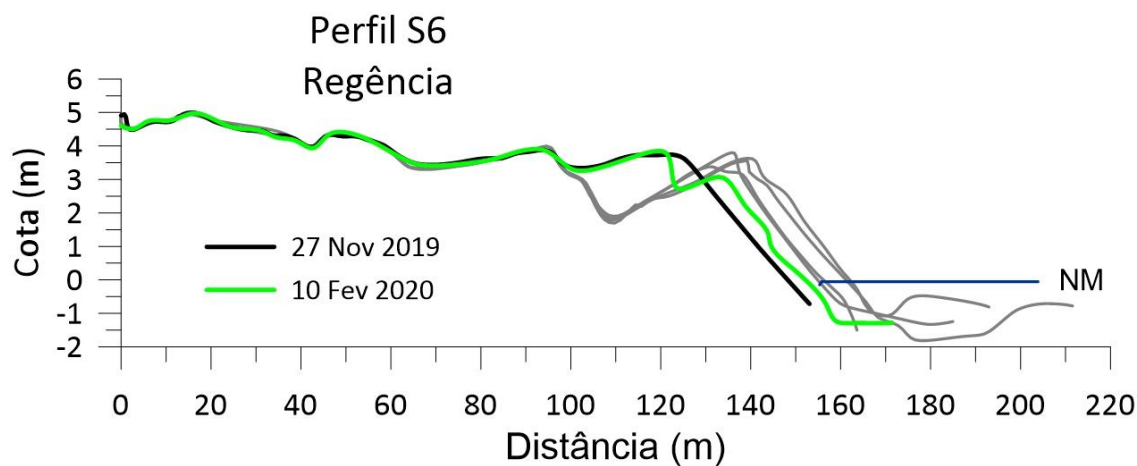


- Estação S6 – Regência

Em Regência o perfil levantado apresenta maior extensão alcançando 200 m de comprimento, com início nos cordões arenosos vegetados da retropraia e alcançando os bancos e calhas da antepraia. A praia se apresenta bem desenvolvida alcançando até 77 m de extensão. É possível notar a ocorrência de cordões vegetados na parte mais elevada do perfil, com o cordão atingindo altura máxima de 4,9 m acima do nível médio do mar (Figura 24). Em todas as campanhas amostrais a face praial apresenta alta declividade, com valores variando entre o mínimo de 8,8° e máximo de 9,9°, os maiores valores quando comparados com os demais pontos amostrais, e altura da berma média de 3,2 m.

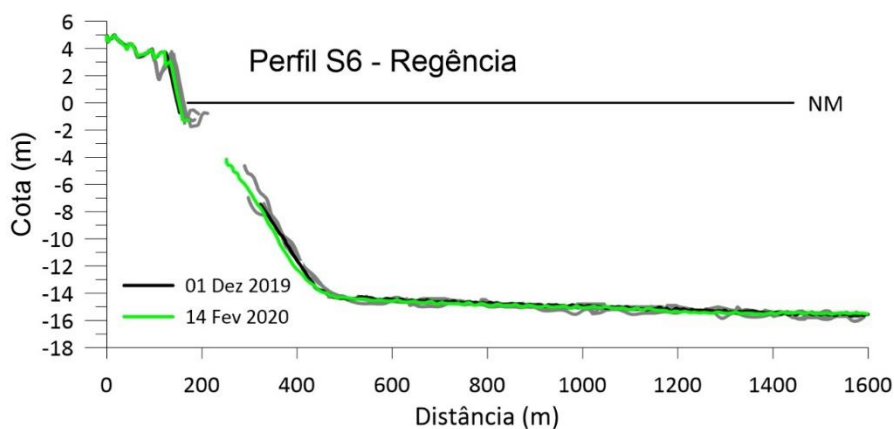
A praia pode ser classificada quanto ao seu estado morfodinâmico como intermediária com formação de bancos e calhas longitudinais (Figura 24), zona de surf bem desenvolvida, alcançando até aproximadamente 100 m, e ocorrência de ondas do tipo mergulhante em todas as campanhas. Na antepraia rasa foi possível notar a formação de bancos e calhas longitudinais com grande variabilidade morfológica ao longo das campanhas, aproximando e se afastando da base da face praial. Entre setembro de 2018 e julho de 2019, além da mobilidade dos bancos e calhas na antepraia, é possível notar o achatamento do topo da berma associada à entrada de eventos de maior energia no período de inverno (julho 2019). A partir de novembro de 2019 o espreadimento da onda sobre a praia determinou o preenchimento da depressão na pós-praia presentes nas campanhas anteriores, acompanhado da maior retração da face praial.

Figura 24: Perfil de praia da estação S6 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil praial submerso apresentou comprimento total de aproximadamente 1900 m e alcançou a profundidade máxima de 16 m (Figura 25). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de 0,18° até atingir a profundidade de fechamento em torno de 14 m abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 300 m de distância da costa.

Figura 25: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S6 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

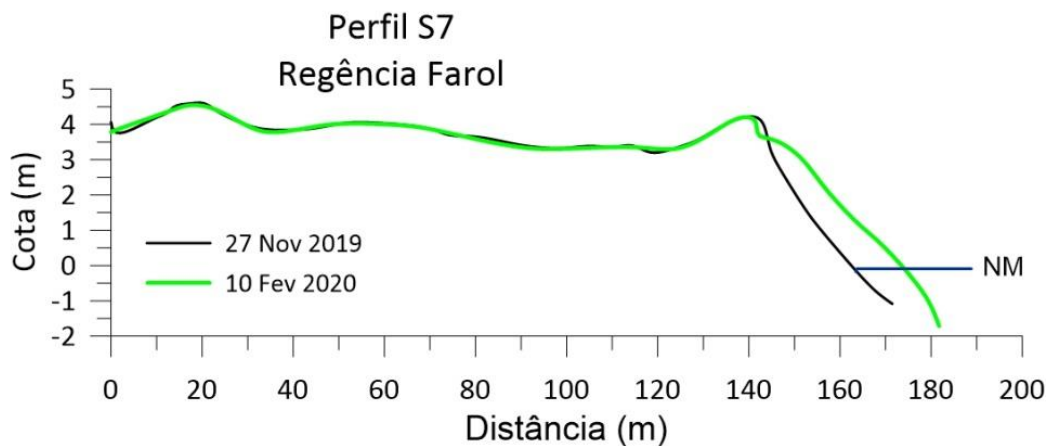


- Estação S7 – Regência Farol

A estação amostral S7 localiza-se próximo à porção sul da foz do rio Doce e passou a ser monitorada em novembro de 2019, sendo novamente amostrada em fevereiro de 2020. O perfil praial apresenta comprimento aproximado de 177 m, com início nos cordões arenosos na retropraia (cota aproximada de 4,5m) e se estende até poucos metros na antepraia rasa, tendo a praia comprimento médio de 42 m (Figura 26). A praia nessa estação apresenta características que variam entre intermediária e refletiva, quanto ao estágio morfodinâmico, com inclinação média da face praial de 8,5° e altura média da berma de 3,7 m.

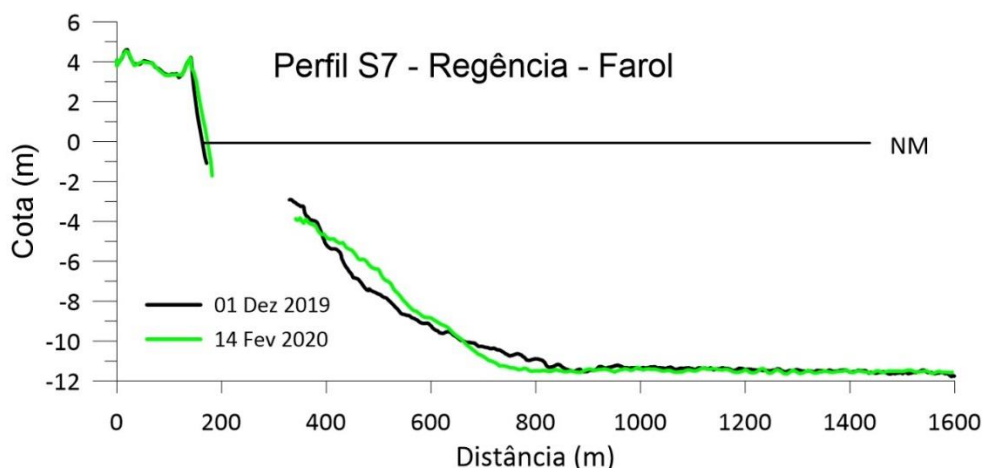
Entre as campanhas de outubro de 2019 e fevereiro de 2020 a face praial sofre significativo avanço em direção ao mar, na ordem de 10 m, e passa, quanto a forma do perfil na face, de convexo para côncavo, indicando aporte de sedimento para o setor (Figura 26).

Figura 26: Perfil de praia da estação S7 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil praiial submerso atingiu a profundidade máxima aproximada de 12m a partir da qual o perfil se eleva gradativamente. A aproximadamente 750m da costa o perfil se eleva por volta dos 11m de profundidade, sugerindo essa ser a profundidade de fechamento do perfil (Figura 27).

Figura 27: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral S7 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



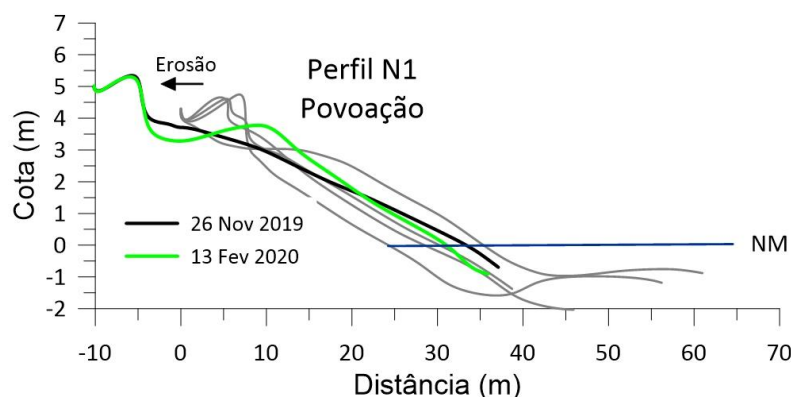
- Estação N1 - Povoação

Em Povoação o perfil emerso se estende do cordão arenoso em uma altura aproximada de 4,5 m acima do nível mar, cobrindo toda a praia e alcançando a antepraia rasa a uma profundidade aproximada de 1,5 m. A praia de Povoação pode ser classificada como intermediária com formação de bancos e calhas longitudinais, presença de extensa zona de surf (na ordem de 100 m) e ondas do tipo mergulhante na quebra. Características de praias refletivas podem ser observada nessa estação dada à elevada inclinação observada na face praiial (Figura 28), variando entre o mínimo de 8,5° e o máximo de 9,4°. A altura da berma apresentou grande variação entre o máximo de 5,5 m na campanha de abril de 2019 e o mínimo de 2,3 m na campanha de setembro de 2018, demonstrando a grande mobilidade sedimentar da estação.

Além das variações na praia é possível notar grande mobilidade das feições submersas da antepraia rasa, com as calhas e bancos afastando e aproximando da base face praiial (Figura 28). A grande mobilidade observada nos perfis na praia de Povoação está associada à exposição da costa e a proximidade da estação amostral com a foz do rio, com a morfodinâmica praiial refletindo às variações nos regimes de ondas e vazão do rio.

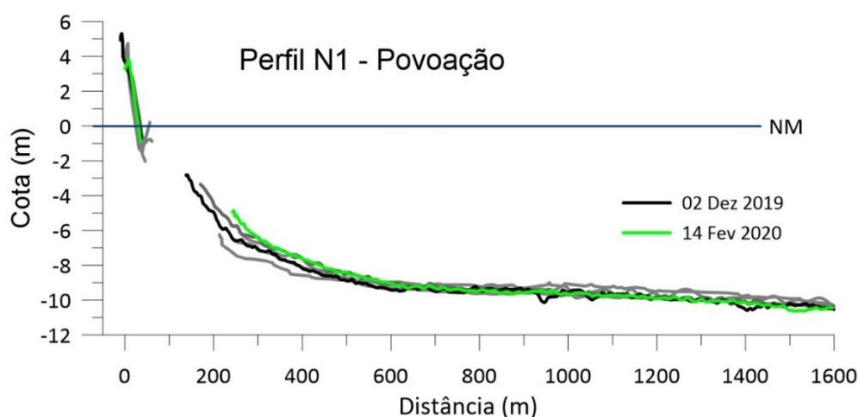
A partir de julho de 2019 a atuação das ondas promoveu a erosão total do cordão arenoso e a avanço do mar sobre a vegetação de restinga e construções, inclusive o referencial topográfico de monitoramento, que necessitou ser realocado. Essa retração da costa se deu em aproximadamente 15 m, tornando a praia levemente mais aplainada e extensa.

Figura 28: Perfil de praia da estação N1 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil submerso da praia, com início a 200 m da praia, apresentou comprimento total de cerca de 3200 m, alcançando a profundidade de 13 m (Figura 29). O perfil elevou-se gradativamente, com uma declividade de $0,08^\circ$, até atingir a profundidade de fechamento em torno de 10 m, abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 500 m de distância da costa (Figura 29).

Figura 29: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N1 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



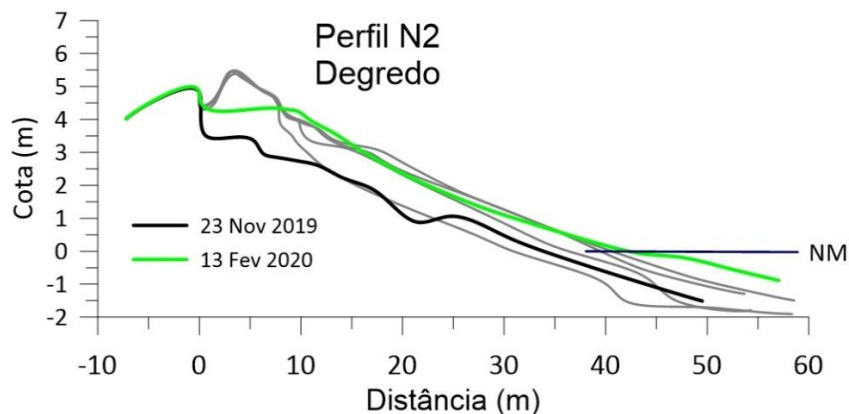
- Estação N2 - Degredo

Em Degredo é possível observar o desenvolvimento de dunas frontais a 5,5 m acima do nível do mar, e a praia com comprimento médio de 29 m. O topo da berma apresentou altura média de 3,5 m, e a face relativamente inclinada, com valor médio de $6,9^\circ$. Quanto ao estado morfodinâmico a praia pode ser classificada como intermediária com formação de bancos e calhas longitudinais, com eventual formação de cúspide e ondas variando entre mergulhante e colapsante.

Entre as campanhas de setembro de 2018 e dezembro de 2018 a praia apresentou pequena variação morfológica na face praial, com a feição recuando nas campanhas de abril e julho de 2019. Em novembro de 2019 a praia sofreu erosão aproximada de 10m e removendo totalmente a duna frontal

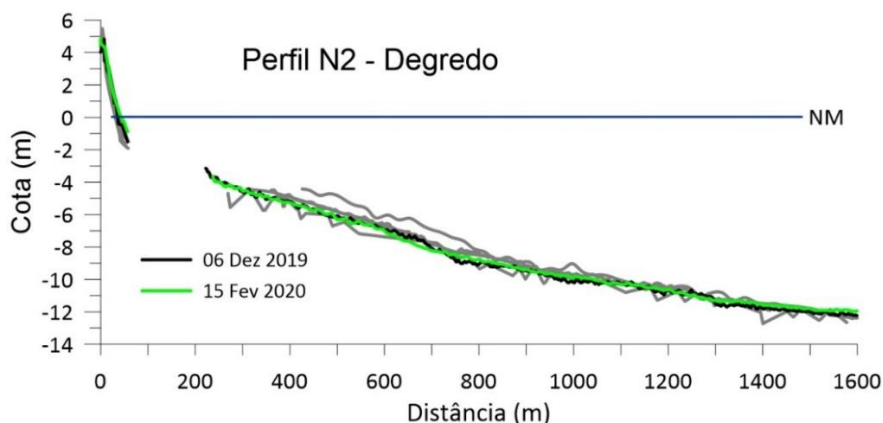
vegetada da costa. Já em fevereiro de 2020 é possível notar a reconstituição da berma e a acreção da face, indicando chegada de sedimento à estação, opôs processo erosivo (Figura 30).

Figura 30: Perfil de praia da estação N2 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O levantamento do perfil na antepraia foi iniciado a 200 m de distância da praia e se estendeu até a distância de 3800 m e profundidade de 14 m abaixo do nível médio do mar (Figura 31). A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno de 13 m de profundidade. Entre as duas campanhas observa-se uma leve diminuição de sedimentos na berma mais baixa / início da face praial.

Figura 31: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N2 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

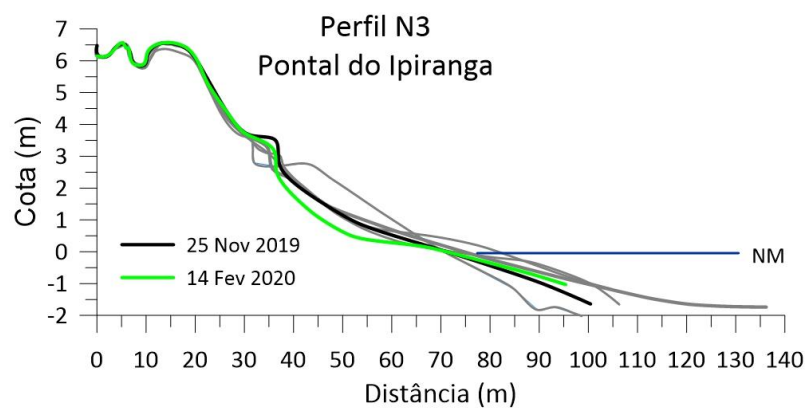


- Estação N3 – Pontal do Ipiranga

Na praia de Pontal do Ipiranga a formação de dunas, na retropraia, é bem desenvolvida elevando a topografia do perfil até a cota de 6,4 m acima do nível médio do mar. (Figura 32). A praia, em média, apresenta comprimento de 53.9 m, com cota do topo da berma em 3,3 m e declividade da face praial com 3,0°.

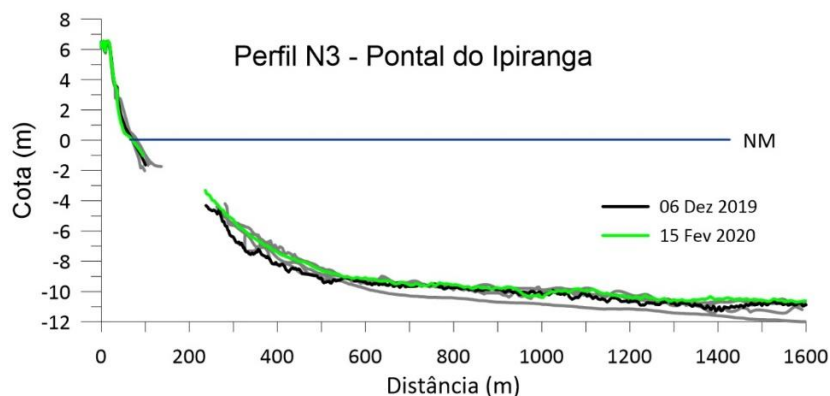
A praia pode ser classificada como dissipativa com baixa declividade da face praial desenvolvimento de extensa zona de surf e ondas durante a quebra variando entre mergulhante e colapsante. De modo geral em Pontal do Ipiranga a morfologia da praia no perfil levantado apresentou pouca variação nas primeiras três campanhas (set/2018, dez/2018 e abr/2019), alterando significativamente durante a campanha de julho de 2019 com formação de escarpa na base da duna, remoção de sedimentos na antepraia rasa e aumento na declividade da face praial de 2° para $5,4^\circ$. A morfologia da berma em julho de 2019 também se alterou reduzindo a altimetria e deslocando rumo ao mar. Entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020 a face praial atinge seu máximo recuo e a praia o menor volume de sedimento.

Figura 32: Perfil de praia da estação N3 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 3600 m, iniciando-se a cerca de 200 m da praia e alcançando a profundidade máxima em 15 m (20). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de $0,12^\circ$ até atingir a profundidade de 5 m abaixo do nível médio do mar (Figura 33). A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno dos 11 m.

Figura 33: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N3 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

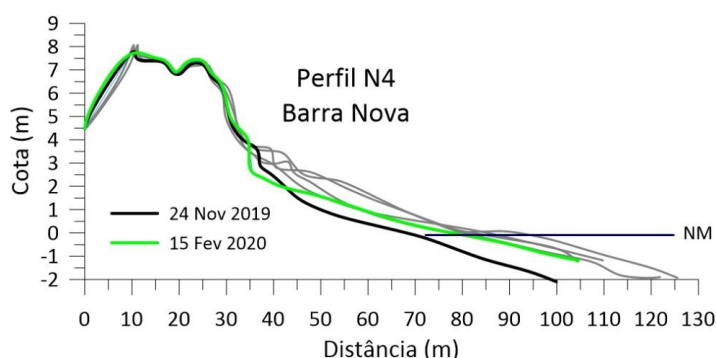


- Estação N4 – Barra Nova

Em Barra Nova a origem do perfil está sobre a duna frontal, com altimetria do topo dessa feição alcançando 8 m acima do nível do mar. A praia apresenta comprimento médio de 49,6 m, com a berma em cota média de 2,9 m. A praia quanto ao seu estado morfodinâmico pode variar de intermediária a dissipativa, com inclinação média de 2,9°, máxima de 4,0° em julho de 2019 e mínima de 1,6° em dezembro 2018 (Figura 34).

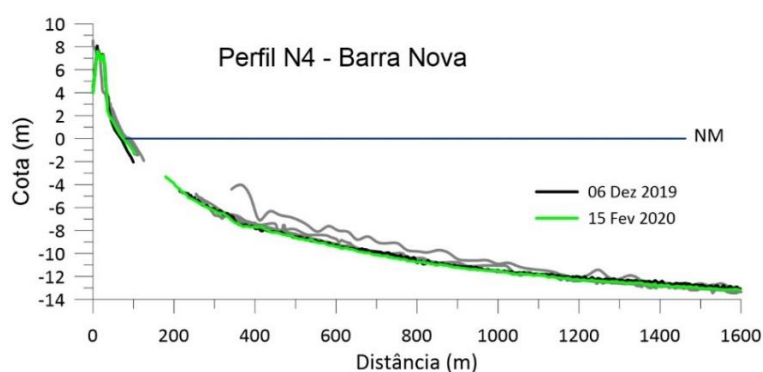
Variações morfológicas do perfil ao longo das campanhas foram observadas na berma, face e antepraia rasa, sendo mais significativa na campanha de julho de 2019, com a formação de escarpa abrupta no início da praia, próximo à base da duna. Em fevereiro de 2020 a base da duna sofre o máximo recuo, no mesmo momento que a face retoma a acreção rumo ao mar.

Figura 34: Perfil de praia da estação N4 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2800 m e alcançou a profundidade máxima em 18 m. O perfil praiial elevou-se gradativamente com uma declividade de 1,5° até atingir a profundidade de 6 m abaixo do nível médio do mar, a 116 m de distância da costa (Figura 35). A profundidade de fechamento da antepraia se localiza em torno de 8 m.

Figura 35: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N4 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.

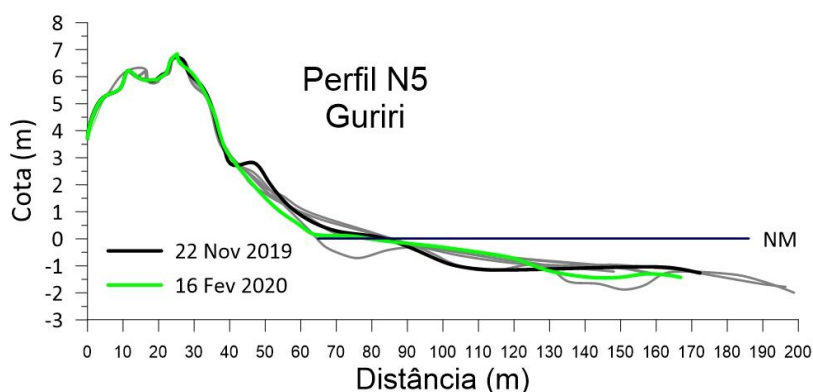


- Estação N5 - Guriri

A praia na estação N5 pode ser classificada como dissipativa, com extensa zona de surf, baixa declividade da face praial e presença majoritária nas amostragens em campo de ondas do tipo colapsante. O perfil inicia-se na retropraia, sobre as dunas frontais e elevando-se até a cota aproximada de 6,5m. A praia tem comprimento médio de 41m, com declividade da face variando entre 1,2° e 2,8° nas campanhas de setembro de 2018 e abril de 2019, respectivamente. A altura da berma teve pouca variação com valor médio de 2,9m.

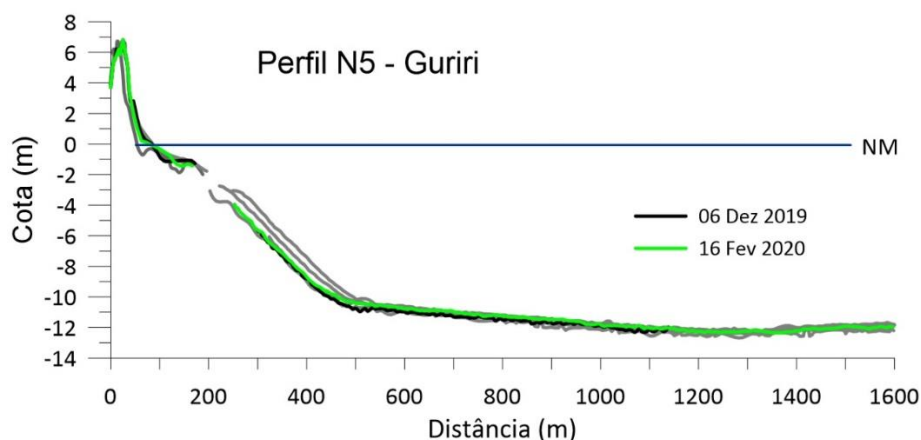
Em Guriri, quando comparada com as demais praias monitoradas, apresentou menor variação morfológica na berma e face praial, com o relevo alterando mais significativamente na antepraia rasa onde é possível notar a construção e deslocamento de bancos e calhas na base da face praial (Figura 36). A partir de novembro de 2019 o perfil sofre a maior ação do espraimento da onda e torna o perfil na base da duna escarpado, já em fevereiro de 2020 o face praial apresenta o máximo recuo verificado ao longo do período monitorado.

Figura 36: Perfil de praia da estação N5 com destaque para as campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



O perfil na antepraia apresentou comprimento total de aproximadamente 2900 m e alcançou profundidade máxima de 14,5 m (Figura 37). O perfil elevou-se gradativamente com declividade de 1,7° até a profundidade de 3,8 m abaixo do nível médio do mar, a aproximadamente 60 m de distância da costa. A profundidade de fechamento da antepraia foi observada em torno de 11 m, caracterizada por um brusco incremento da declividade.

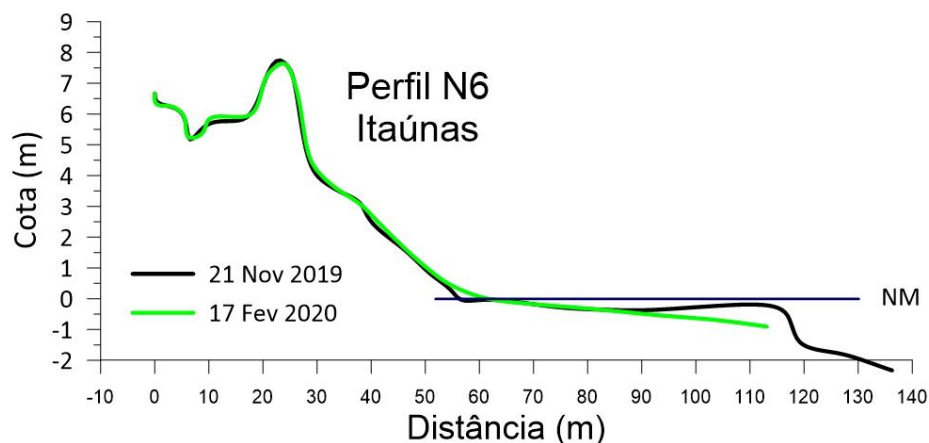
Figura 37: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N5 com destaque para as campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



- Estação N6 - Itaúnas

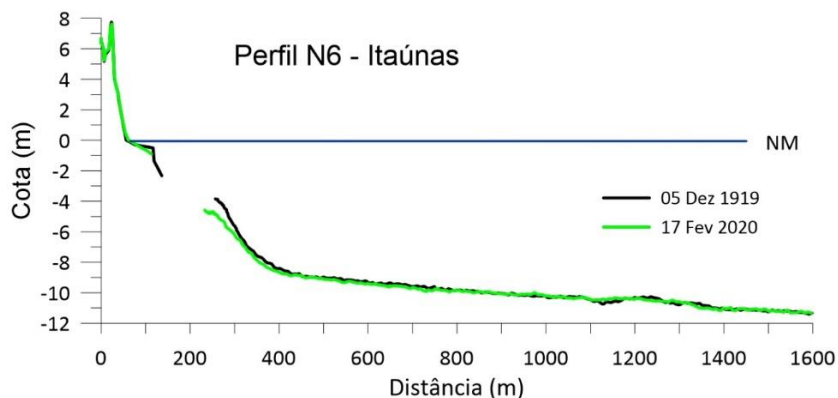
A estação de amostral de Itaúnas (N6) foi incluída posteriormente ao monitoramento sendo visitada em novembro de 2019 e fevereiro de 2020, caracterizando nesse período por uma pequena mobilidade de sedimento, restrito a base da face e a antepraia rasa. O perfil tem seu início na porção posterior da retropraia e abrange toda a morfologia da duna frontal elevando o perfil até a cota de 7,7m no topo dessa feição (Figura 38). A praia apresenta comprimento de 26m e declividade da face praial próximo a 2,2°.

Figura 38: Perfil de praia da estação N6 das campanhas de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020.



A antepraia na estação N6 apresenta declividade do relevo submarino elevando-se gradativamente de 12m a 8,5m de profundidade, a aproximadamente 400m da costa, o qual, a partir dessa profundidade, eleva-se mais acentuadamente sugerindo essa ser a profundidade de fechamento (Figura 39).

Figura 39: Perfil batimétrico da antepraia na estação amostral N6 das campanhas de novembro de 2019 e fevereiro de 2020.



5 DETALHAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DAS PRAIAS

De maneira geral, as características sedimentológicas das areias subsuperficiais da berma se assemelharam as características das areias superficiais desta feição. Eventuais diferenças neste padrão são destacadas no texto.

- Estação S1 - Praia Mole

A praia Mole é composta por areias biosiliciclásticas, com teor médio de carbonato de 56,01%. Os principais componentes bioclásticos identificados nesta praia foram algas coralinas (79,46%), seguidos por moluscos (14,47%) e briozoários (3,37%). Equinodermas, foraminíferos, tubos de verme, crustáceos, corais, ostracoides e algas Halimeda apresentaram ocorrência inferior a 1,16%. Com relação ao teor de minerais pesados, observou-se um valor médio de 0,46% nos sedimentos superficiais da praia. Contudo, teores de 18,80% a 46,34% foram observados nos sedimentos subsuperficiais da berma ao longo do monitoramento. Os minerais pesados mais frequentemente observados foram os minerais opacos (70,55%), seguidos por epidotos (8,43%), granadas (7,40%) e anfibólios (5,28%). Cianitas, turmalinas, silimanitas e estaurolitas, por sua vez, apresentaram ocorrência média inferior a 5%. Destaca-se, durante período de transição, um incremento no teor de cianitas (77,19%) e monazitas (17,54%) em dezembro de 2019.

De maneira geral, as areias desta praia foram classificadas como areias grossas (0,136 a 0,943 phi), com distribuição granulométrica simétrica ou com assimetria negativa (-0,269 a 0,088) e moderado a bom grau de seleção (0,321 a 0,784 phi). Esta classificação manteve-se durante o período de transição. Contudo, observou-se areias mais finas (3,945 a 3,977 phi) na isóbata de 10 m durante as campanhas de abril, julho e dezembro de 2019, com teores de lama variando entre 36,40 e 46,40% e matéria orgânica entre 2,50% e 3,23%.

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada uma maior frequência de grãos angulosos e sub-angulosos (média de 60,68%), seguidos por grãos sub-arredondados e arredondados (38,83%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação S2 - Formosa

A praia Formosa é composta predominantemente por areias biosiliciclásticas, com teor médio de carbonato de 55,27%. Os principais componentes bioclásticos identificados foram algas coralinas (79,30%) e moluscos (16,41%). Foraminíferos, equinodermas, briozoários, crustáceos, tubos de verme, ostracoides, corais e algas Halimeda apresentaram ocorrência inferior a 1,26%. A praia apresentou teor médio de minerais pesados de 1,61% e máximo de 16,82%, este último observado na berma superficial durante a campanha de abril de 2019. Os principais minerais pesados identificados foram os minerais opacos (ocorrência média de 63,38%), seguidos por anfibólios (17,71%) e cianitas (11,67%). Turmalinas, silimanitas, granadas, zircões e rutilos apresentaram ocorrência média inferior a 4% ao longo do primeiro ano do monitoramento. Durante período de transição, observou-se a predominância de silimanitas (57,14%), opacos (21,43%) e estaurolitas (21,43%) em dezembro de 2019.

Em geral, as areias da praia foram classificadas como areias médias a finas (1,108 a 2,909 phi), com distribuição simétrica ou com assimétrica negativa (-0,565 a 0,087) e moderado a bom grau de seleção (0,307 a 0,995 phi). Esta classificação manteve-se durante o período de transição. Contudo, foi observado areia muito fina a silte muito fino (3,018 a 7,344 phi) entre 5 e 8 m de profundidade, com teores de lama variando entre 2,23% a 96,94% e matéria orgânica entre 13,85% a 16,89%. Durante a campanha de dezembro de 2019, foram observados sedimentos finos na profundidade de 7 m, com teor de lama de 99,47% e teor de matéria orgânica de 9,68%. Areias grossas (0,701 a 0,875 phi) foram observadas na profundidade de 10 m em setembro de 2018 e abril e julho de 2019 associadas aos maiores teores de carbonato.

Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominantemente anguloso e sub-anguloso (média de 73,87%), seguido de sub-arredondado e arredondado (25,24%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação S3 – Putiri

A praia de Putiri é composta por areias biosiliciclásticas, com teor médio de carbonato de 57,47%. Os principais componentes bioclásticos identificados foram algas coralinas (80,54%) e moluscos (14,97%). Outros componentes como briozoários, foraminíferos, equinodermas, algas Halimeda, tubos de verme, ostracoides, crustáceos e corais apresentaram ocorrência inferior a 1,55%. O teor médio de minerais pesados foi de 0,67% e máximo de 2,63%, este último observado na antepraia rasa na campanha de dezembro de 2018. Os minerais pesados de maior ocorrência foram os minerais opacos (35,37%),

anfibólios (29,87%), cianitas (14,93%), silimanitas (8,68%) e turmalinas (5,41%). Epidotos, estauroлитas e rutilos apresentaram ocorrência média inferior a 3%. Durante o período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais.

Em geral, as areias variaram entre areias médias a finas (1,323 a 2,779 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,830 a 0,050) e moderado a bom grau de seleção (0,288 a 0,968 phi). No entanto, observou-se areias muito finas (3,043 a 3,391 phi) na antepraia rasa e na profundidade de 5 m e areias grossas (0,675 a 0,714 phi) nas profundidades de 7 e 10 m. De maneira geral, houve manutenção das características granulométricas das areias desta praia durante o período de transição.

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observada maior frequência de grãos sub-angulosos e angulosos (72,69%), seguidos de grão sub-arredondados e arredondados (27,04%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação S4 - Barra do Riacho

A praia de Barra do Riacho é composta predominantemente por areias siliciclásticas, no entanto observou-se elevados teores de carbonato nas profundidades de 5 e 10 m (8,44 a 41,76%). Neste caso, os principais componentes bioclásticos identificados foram algas corallinas (77,41%) e moluscos (12,32%), seguidos de briozoários (3,23%), foraminíferos (2,44%) e equinodermas (2,35%). Tubos de verme, crustáceos, corais e ostracoides apresentaram ocorrência inferior a 1%. Com relação a ocorrência de minerais pesados, o teor médio calculado foi de 0,24% e máximo de 2,09%, este último observado na isóbata de 10 m em abril de 2019. Os minerais pesados de maior ocorrência foram os minerais opacos (média de 46,06%), zircões (13,74%), cianitas (13,02%), turmalinas (10,12%), silimanitas (9,38%) e anfibólios (4,66%). Epidotos, rutilos e granadas apresentaram ocorrência inferior a 1%. Durante o período de transição, observou-se a predominância de cianitas (41,67%), silimanitas (25%) e epidotos (16,67%) em dezembro de 2019.

De maneira geral, as areias da praia emersa foram classificadas como areias muito grossas (-0,876 a -0,214 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,341 a 0,082) e moderado a bom grau de seleção (0,326 a 0,678 phi). A porção submersa da praia caracterizou-se por areias médias a finas (1,380 a 2,109 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,284 a 0,022) e moderado a bom grau de seleção (0,278 a 0,725 phi). Nos meses de setembro de 2018 e julho de 2019, no entanto, foram observadas areias grossas (0,043 a 0,236 phi) na profundidade de 5 m. Em geral, houve manutenção das características granulométricas das areias desta praia durante o período de transição.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior frequência de grãos angulosos e sub-angulosos (57,84%) e sub-arredondados e arredondados (39,15%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação S5 – Comboios

A praia de Comboios é composta essencialmente por areias siliciclásticas, contudo, observou-se um teor de 23,25% de carbonato na profundidade de 14 m em abril de 2019. O teor médio de minerais pesados registrado foi de 1,03% e máximo de 6,19%, este último observado no mês de dezembro de 2018 na profundidade de 5 m. Os principais minerais pesados identificados foram os minerais opacos (35,93%) e anfibólios (33,65%), seguidos por silimanitas (22,85%) e cianitas (4,92%). Turmalinas, zircões, epidotos, estaurolitas, rutilos e granadas apresentaram ocorrência inferior a 1%. Durante o período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características composicionais.

Em geral, as areias da praia emersa e da antepraia rasa foram classificadas como areias médias a muito grossas (-0,754 a 1,575 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,095 a 0,229) e moderado a bom grau de seleção (0,415 a 0,890 phi). Nas profundidades de 5 e 10 m, foram observadas areias médias a finas (1,291 a 2,665 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,080 a 0,143) e moderado a bom grau de seleção (0,446 a 0,861 phi). Na campanha de abril de 2019, foi observado silte grosso (5,074 phi) com pobre grau de seleção e teor de matéria orgânica de 5,58% na profundidade de 14 m. De maneira geral, houve manutenção das características granulométricas das areias desta praia durante o período de transição.

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observado maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (69,49%) e grãos sub-arredondados e arredondados (29,74%). Durante o período de transição, observou-se uma maior frequência de grãos sub-arredondados e arredondados (43%) na campanha de dezembro de 2019.

- Estação S6 – Regência

A praia de Regência é composta predominantemente por areias siliciclásticas, porém observou-se teores de carbonatos de 10,89% a 29,64%, a partir da profundidade de 10 m. O teor médio de minerais pesados calculado foi de 2,15% e o máximo registrado de 14,25%, na profundidade de 5 m em dezembro de 2019, campanha realizada durante o período de transição. Os principais minerais pesados identificados foram os minerais opacos (50,50%), seguidos por silimanitas (20,39%), anfibólios (15,22%) e cianitas (7,64%). Granadas, turmalinas, estaurolitas, epidotos e zircões ocorreram menos que 2,56%. De maneira geral, houve manutenção das características composicionais desta praia.

De modo geral, a praia emersa e a antepraia rasa apresentaram areias médias a muito grossas (-0,700 a 1,688 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,092 a 0,167) e moderado a bom grau de seleção (0,413 a 0,898 phi). Os sedimentos da praia submersa foram classificados como areias finas a silte (2,258 a 6,668 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (0,012 a 0,257)

e moderado a pobre grau de seleção (0,532 a 1,939 phi). Durante o período de transição não foram observadas variações significativas em relação às características granulométricas.

Quanto ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (71,40%) e grãos sub-arredondados e arredondados (26,93%). Durante o período de transição, observou-se uma maior frequência de grãos sub-arredondados e arredondados (47,06%) na campanha de dezembro de 2019.

- Estação S7 – Regência Farol

O trecho da praia de Regência, situado mais próximo à margem sul da desembocadura do rio Doce, é composto essencialmente por areias siliciclásticas. Altos teores de minerais pesados foram observados nos sedimentos superficiais da berma (29,61%) e da face superior (59,61%) em dezembro de 2019. Os principais minerais pesados identificados foram os minerais opacos (25,25%) e as cianitas (22,90%), além dos anfibólios (13,13%), sillimanitas (11,45%), granadas (10,44%) e estaurolitas (10,44%).

Em geral, as areias da praia emersa foram classificadas como areias médias a grossas (0,341 a 1,328 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,023 a -0,010) e moderado a bom grau de seleção (0,419 a 0,770 phi). Na antepraia rasa foi observado cascalho muito fino (-1,105 phi), com distribuição assimétrica negativa (-1,188) e moderado grau de seleção (0,962 phi). Nas profundidades de 5 e 10 m, as areias foram classificadas como areias médias a finas (1,802 a 2,917 phi), com distribuição assimétrica (-0,224 a 0,121) e moderado a bom grau de seleção (0,686 a 0,828 phi).

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior ocorrência de grãos sub-arredondados e arredondados (53,47%) e grãos angulosos e sub-angulosos (46,53%).

- Estação N1 – Povoação

A praia de Povoação é composta predominantemente por areias siliciclásticas, porém, ao longo do monitoramento, observou-se teores de carbonato de até 19,39% na profundidade de 10 m. O teor médio de minerais pesados calculado para esta praia foi de 9,83% e máximo de 90,55%, este último observado na face superior da praia em abril de 2019. Os principais minerais pesados identificados foram os minerais opacos (48,20%), seguidos pelas sillimanitas (15,21%), anfibólios (14,22%), cianitas (12,98%) e granadas (4,12%). Estaurolitas, turmalinas, zircões, epidotos e rutilos apresentaram ocorrência inferior a 2,40%. Durante o período de transição, observou-se a predominância de sillimanitas (64,29%) em relação aos opacos (28,57%).

Em geral, as areias da praia emersa e da antepraia rasa foram classificadas como areias médias a muito grossas (-0,518 a 1,919 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,278 a 0,091) e moderado a bom grau de seleção (0,292 a 0,967 phi). Na praia submersa foram observadas

areias finas a muito finas (2,871 a 3,375 phi) na profundidade de 5 m com assimetria negativa (-0,116 a -0,327) e moderado a bom grau de seleção (0,413 a 0,694 phi). Em 10 m de profundidade, os sedimentos foram classificados como areias muito finas a silte grosso (3,897 a 5,925 phi), com assimetria positiva (0,315 a 0,581), moderado a pobre grau de seleção (0,818 a 1,986 phi) e teores de matéria orgânica variando entre 1,72% a 9,24%. De maneira geral, houve manutenção das características granulométricas desta praia durante o período de transição.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, observou-se maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (67,67%) seguido de sub-arredondados e arredondados (30,83%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação N2 – Degredo

A praia de Degredo é composta por areias siliciclásticas, no entanto, durante o monitoramento, observou-se teores de carbonato de até 18,06% na profundidade de 10 m. Com relação ao teor de minerais pesados, observou-se um valor médio de 17,04% nos sedimentos superficiais da praia. Teores de até 94,21% foram observados nos sedimentos subsuperficiais da berma, em abril de 2019. Os minerais pesados de maior ocorrência foram os anfibólios (44,06%), seguidos pelos minerais opacos (38,72%), sillimanitas (4,16%), cianitas (3,49%), granadas (3,26%), turmalinas (2,63%), estauroilitas (2,66%) e epidotos (1,02%). Em dezembro de 2019, durante o período de transição, foi observado um incremento na ocorrência de cianitas (34,26%) e sillimanitas (8,33%) em relação aos minerais opacos (0,93%).

As areias da porção emersa da praia foram classificadas como areias médias a grossas (0,250 a 1,973 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,070 a 0,407) e moderado a bom grau de seleção (0,422 a 0,947 phi). Na antepraia rasa e na profundidade de 5 m foram observadas areias médias a muito finas (1,225 a 3,904 phi), com assimetria variando entre -0,241 a 0,399 e moderado a bom grau de seleção (0,432 a 0,889 phi). Na profundidade de 10 m, os sedimentos variaram de areias muito finas a silte grosso (3,483 a 5,004 phi), com assimetria positiva (0,221 a 0,654), pobre grau de seleção (1,408 a 2,070 phi) e teor de matéria orgânica entre 2,71% e 6,90%. De maneira geral, houve manutenção das características granulométricas desta praia durante o período de transição.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observado maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (72,40%) e sub-arredondados e arredondados (25,69%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação N3 – Pontal do Ipiranga

A praia de Pontal do Ipiranga é composta essencialmente por areias siliciclásticas, no entanto, observou-se teores de carbonato de até 30,40% na profundidade de 10 m, durante a campanha de abril

de 2019. Os principais componentes bioclásticos identificados foram moluscos (77,08%), equinodermas (10,42%), alga coralinas (10,42%) e briozoários (2,08%). Com relação ao teor de minerais pesados, observou-se um valor médio de 6,42% nos sedimentos superficiais da praia. Teores de até 42,37% foram observados nos sedimentos subsuperficiais da berma. Durante o período de transição, foi observado um valor médio de 12,11% e máximo de 21,73% na antepraia rasa. Os principais minerais pesados identificados foram os anfibólios (44,84%), seguidos pelos minerais opacos (25,57%), cianitas (12,71%) e sillimanitas (12,08%). Turmalinas, estaurolitais, rutilos, epidotos, granadas e zircões apresentaram ocorrência inferior a 1,66%. De maneira geral, houve manutenção das características composicionais desta praia.

As areias da praia emersa foram classificadas como areias médias a finas (1,026 a 2,324 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,070 a 0,288) e moderado a bom grau de seleção (0,355 a 0,755 phi). Na antepraia rasa e na profundidade de 5 m foram observadas areias médias a finas (1,460 a 3,808 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,098 a 0,456) e moderado a bom grau de seleção (0,438 a 0,951 phi). Em dezembro de 2019, foi observado a presença de sedimentos mais finos na profundidade de 5 m com teor de 95,70% de lama 7,58% de matéria orgânica. Na profundidade de 10 m os sedimentos foram classificados como silte médio a grosso (5,319 a 6,264 phi), com simetria positiva (0,349 a 0,421) e pobre grau de seleção (1,527 a 1,847 phi).

Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominantemente anguloso e sub-anguloso (70,81%) e sub-arredondado e arredondado (27,05%). Na campanha de dezembro de 2019, observou-se um incremento na frequência de grãos sub-arredondados (42%).

- Estação N4 – Barra Nova

As areias da praia de Barra Nova são essencialmente siliciclásticas, com teor médio de minerais pesados de 5,73% e máximo de 24,65%, este último registrado na antepraia rasa. Os principais minerais pesados identificados foram os anfibólios (48,57%), seguidos pelos minerais opacos (27,41%), sillimanitas (11,93%) e cianitas (7,06%). Estaurolitais, turmalinas, zircões, granadas, rutilos e epidotos apresentaram ocorrência inferior a 1,57%. Em dezembro de 2019, durante o período de transição, foi observado um incremento na ocorrência de sillimanitas (18,40%) em relação aos minerais opacos (3,30%).

De modo geral, as areias da berma e da face superior foram classificadas como areias médias a grossas (0,527 a 1,944 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria positiva (-0,096 a 0,324) e moderado grau de seleção (0,511 a 0,874 phi). As areias da face inferior e da antepraia foram classificadas como areias médias a muito finas (1,004 a 3,348 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,292 a 0,075) e grau de seleção variando entre 0,437 a 1,068 phi. Durante o período de transição, as areias da praia foram classificadas como areias médias a finas (1,441 a 2,602 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,458 a 0,849 phi) e assimetria variando entre -0,150 a

0,129. Na isóbata de 5 m, no entanto, foram observadas areias muito grossas (-0,042 phi), com pobre grau de seleção (1,005 phi) e assimetria positiva (0,277).

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observado maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (78,91%) e sub-arredondados e arredondados (20,17%). Este comportamento se manteve durante o período de transição.

- Estação N5 – Guriri

A praia de Guriri é composta predominantemente por areias siliciclásticas, contudo, ao longo do monitoramento, observou-se teores de carbonato de até 31,66% na profundidade de 10 m. Os componentes bioclásticos de maior ocorrência foram as algas coralinas (56,42%), seguidos pelos moluscos (39,70%) e foraminíferos (2,31%). Crustáceos, equinodermas e briozoários, por sua vez, apresentaram ocorrência inferior a 1%. O teor médio de minerais pesados calculado foi de 5,04% e máximo de 13,04%, este último observado na antepraia rasa. Os principais minerais identificados ao longo do primeiro ano de monitoramento foram os anfibólios (37,62%), minerais opacos (23,96%), cianitas (20,87%) e sillimanitas (15,05%). Demais minerais como turmalinas, estauroлитas, rutilos, zircões e granadas ocorreram menos que 1,56%. Em dezembro de 2019, durante o período de transição, foi observado maior ocorrência de anfibólios (37,75%), seguidos pelas sillimanitas (33,77%) e cianitas (24,50%).

Na porção emersa da praia, as areias foram classificadas como areias grossas a finas (0,556 a 2,759 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,415 a 0,872 phi) e assimetria variando entre -0,412 a 0,443. Na porção submersa da praia, foram observadas areias finas a muito finas (2,026 a 3,351 phi), com assimetria variando entre -0,279 a 0,423 e grau de seleção entre 0,355 a 2,646. Durante as campanhas de abril e julho de 2019, foi observado, na profundidade de 10 m, silte grosso a muito grosso (4,838 a 5,902 phi), com distribuição simétrica (0,054 a 0,077) e pobre grau de seleção (2,354 a 2,682 phi). Sedimentos mais finos, com teor de lama de 74,91% e teor de matéria orgânica de 2,36%, também foram observados na profundidade de 10 m durante a campanha realizada em dezembro de 2019. Em geral, houve manutenção das características granulométricas desta praia.

Os grãos de quartzo apresentaram grau de arredondamento predominante anguloso e sub-anguloso (78,45%) e sub-arredondado e arredondado (20,01%). Na campanha de dezembro de 2019, observou-se um leve incremento na frequência de grãos sub-arredondados (34,65%).

- Estação N6 - Itaúnas

A praia de Itaúnas é composta predominantemente por areias siliciclásticas, contudo, observou-se teor de carbonato de 23,41% na profundidade de 10 m, na campanha de dezembro de 2019. O teor médio de minerais pesados calculado foi de 2,70% e o máximo registrado de 10,46% na antepraia rasa. Os

principais minerais identificados foram os anfibólios (66,15%) e as silimanitas (15,22%), seguidos pelos minerais opacos (9,01%) e cianitas (8,70%).

Na porção emersa da praia, as areias foram classificadas como areias médias a finas (0,743 a 1,897 phi), com moderado a bom grau de seleção (0,567 a 0,967 phi) e assimetria variando entre -0,515 a 0,198. Na porção submersa da praia, foram observadas areias finas a muito finas (2,690 a 3,168 phi), com distribuição simétrica ou com assimetria negativa (-0,065 a -0,269) e bom grau de seleção (0,373 a 0,419 phi). Na profundidade de 10 m, em particular, foi observado teor de lama de 94,42% com teor de matéria orgânica de 7,69%.

Com relação ao grau de arredondamento dos grãos de quartzo, foi observado maior ocorrência de grãos angulosos e sub-angulosos (58%) e sub-arredondados (41%).

6 REFERÊNCIAS

- ALBINO, J. **Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES**. 1999. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALBINO, J.; CONTTI NETO, N.; OLIVEIRA, T. C. A. The beaches of Espírito Santo. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (Eds). **Brazilian beach systems**. Sydney: Springer, 2016, p. 333-361.
- ALBINO, J., GIRARDI, G., NASCIMENTO, A. K. Atlas de Erosão e Progradação Costeira do Litoral do Espírito Santo. In: MUEHE, D. (Org). **Atlas de erosão e progradação do litoral brasileiro**. MMA, Brasília-DF, pp. 227-264, 2006.
- ALBINO, J; PAIVA, D. S.; MACHADO, G. M. Geomorfologia, tipologia, vulnerabilidade erosiva e ocupação urbana das praias do litoral do Espírito Santo, Brasil. **Geografares**, n. 2, p. 63-69, 2001.
- JACKSON, D. W. T.; COOPER, J. A. G. Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics. **Journal of Coastal Research**, p. 69-72, 2009.
- MUÑOZ-PÉREZ, J. J.; TEJEDOR, L.; MEDINA, R. Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches. **Journal of Coastal Research**, p. 950-957, 1999.
- OLIVEIRA, T.C.A, ALBINO, J., VENANCIO, I.D. Littoral longshore sediment transport along the deltaic plain of Rio Doce. **Quaternary Environmental Geosciences**, v. 6, n. 1, p. 20–25, 2015.
- QUARESMA, V D. S. et al. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 4, p. 635-644, 2015.
- WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine geology**, v. 56, n. 1-4, p. 93-118, 1984.