

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

ACPMS1– Material Suplementar 1

Ambiente Costeiro – Tema Praias – Subprojeto Morfodinâmica

RT-42 / JAN 23

RSE2022 PMBA/Fest

Vitória,

Janeiro de 2023

Coordenador Ambiente Costeiro

Jacqueline Albino

Subprojeto

Morfodinâmica

Coordenador

Jacqueline Albino

Equipe

Dieter Muehe

Luiz Henrique Sielski de
OliveiraBrenda Silva de
Souza

Giseli Modolo Vieira
Machado Denise de
Sousa Paiva Tagliari
Lucas Bermudes de
Castro Maitê Noda
Zanotti

Alexandre Burini
Bernardo Gasperazzo
UrquiaLuísa da Silva
Lopes

Pedro Henrique Ferreira Atanásio

SUMÁRIO

1	ASPECTOS MORFODINÂMICOS	11
1.1	CONDIÇÕES METEOCEANOGRÁFICAS	11
1.2	MORFOLOGIA DAS PRAIAS	16
1.3	SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS.....	22
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Altura das ondas (a) e vazão fluvial (b) ao longo do monitoramento. As condições das ondas que precederam o período indicam ondas construtivas, de mar calmo, abaixo do nível de 1,8 m de Hs que denotam os eventos de maior agitação marinha (linha horizontal cinza). Essa situação de mar calmo se estende desde o final de outubro/2021 até o momento de realização da campanha, com Hs variando entre 0,5 e 1,5 m. As campanhas realizadas no período chuvoso, destacadas pelas áreas amarelas nos gráficos, respaldam as condições sazonais que são responsáveis pelas maiores vazões fluviais, como no período que precede a campanha realizada em janeiro/2022 que foi marcado pela maior vazão já registrada na estação do PMBA - Linhares durante o monitoramento, atingindo em torno $5.500,00 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Destaca-se, portanto, que o período chuvoso do Ano 04 se caracteriza por um padrão de ondas de baixa energia (mar calmo, com Hs abaixo de 1,5 m) e pela ocorrência de um evento de alta vazão do rio na região mais próxima da foz no município de Linhares. 11
- Figura 2: Rosas direcionais de Tp e Hs para a série temporal considerada na análise do clima de ondas (2008 – 2019). Destaque para a alternância e predomínio das ondas de Sul e Leste. Há predominância de Tp entre 6 e 12 s e Hs entre 1,0 e 2,5 m. 13
- Figura 3: Rosas direcionais de Tp e Hs para o Ano 01 de levantamentos em campo (outubro/2018 – setembro/2019). Em comparação à climatologia de ondas, há diferenças em relação a baixa incidência de ondas dos quadrantes Sul e Leste, predominando ondas do quadrante SE com Tp entre 6 e 12 s e Hs 0,5 e 1,5 m. 13
- Figura 4: Rosas direcionais de Tp e Hs para o Ano 02 de levantamentos em campo (outubro/2019 – setembro/2020). Destaca-se o predomínio de ondas de Nordeste com Tp entre 6 e 9 s e Hs entre 1,0 e 1,5 m. 14
- Figura 5: Rosas direcionais de Hs e Ts para o Ano 03 de levantamentos em campo (outubro/2020 – setembro/2021). Em comparação com o Ano 1 há menor incidência de ondas de Sul, mantendo o predomínio de SE com Hs entre 0,5 e 1,5 m e Tp entre 6 e 12 s. 14
- Figura 6: Rosas direcionais de Hs e Ts para o período chuvoso do Ano 4 de levantamentos em campo (outubro 2021 – fevereiro 2022). Em comparação com o período chuvoso do Ano 02 houve menor influência dos sistemas de Nordeste e aumento da predominância das ondas de Leste e Sudeste com Hs entre 0,5 e 1,5 e Tp entre 6 e 9 s. 15
- Figura 7: Comparação entre os parâmetros de ondas durante as campanhas dos 4 anos. Destaca-se que as ondas na campanha do período chuvoso do Ano 04 (retângulo azul) são bastante semelhantes ao ocorrido durante as campanhas dos períodos chuvosos antecedentes (Ano 02 e 03 destacados pelas elipses azuis), onde predominam ondas abaixo de 1,5 m de altura (linha azul pontilhada no gráfico Hs) e de período abaixo de 10 s (linha laranja pontilhada no gráfico de Tp) com direções variando entre Sul e Nordeste. A diferença entre as campanhas nos três períodos chuvosos analisados é justamente essa alternância de Sul para Nordeste nos períodos dos Anos 02 e 03 (destaque nas setas azuis) que não foi observada no período chuvoso do Ano 04. 15
- Figura 8: Regressão linear dos perfis batimétricos e a compartimentação das estações em função da declividade da antepraia (em radianos) de frente às estações amostrais, evidenciando a tendência de agrupamento morfológico dos perfis em diferentes compartimentos. A declividade da antepraia no compartimento A é mediana dentre as estações analisadas e dominada pela presença de couraças lateríticas recobrimo o leito marinho. No compartimento B, no flanco sul da planície do Rio Doce, em função do estreitamento da plataforma continental, a antepraia apresenta as maiores declividades, com a transição entre a antepraia e a praia se dando de forma abrupta. No compartimento B', principalmente nas estações S7 e N1, dada à proximidade com a desembocadura e sob aporte contínuo da carga fluvial disponibilizando sedimento para antepraia, apresentam as menores declividades. No compartimento C, ao norte da foz, é possível verificar a elevação suave da antepraia acompanhando o alargamento da plataforma continental nesse setor. 16
- Figura 9: Perfis topográficos das praias do Compartimento A (S1, S2 e S3). Neste

compartimento as praias apresentam perfis estreitos, com alta declividade na porção emersa da praia e baixa declividade na antepraia, associada à presença dos terraços de abrasão. Em janeiro/2022, a praia Mole (estação S1) apresentou maior variação morfológica da porção superior da praia, alcançando a base do cordão frontal. Em contrapartida, nota-se uma transferência deste material erodido para a face praial, que apresentou o maior desenvolvimento durante o monitoramento, acarretando no avanço da base da face praial sobre o assoalho laterítico. Na Praia Formosa (S2), a duna frontal também foi erodida, apresentando a menor cota ao longo do monitoramento, ao passo que a base da face apresentou também um avanço em relação ao NMM. Na praia de Putiri (S3) o perfil apresentou uma progradação geral em relação ao período seco anterior (julho/2021), o que gerou um perfil côncavo com maior volume de sedimento. Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento A nesta última campanha chuvosa (janeiro/2022), registraram de modo geral, avanço da base da face praial em direção ao assoalho laterítico, apesar dos registros de erosão da parte frontal do cordão (S1) e da berma (S2). Observa-se de maneira mais evidente na estação S3 um padrão de recuo do perfil no inverno (período seco) e progradação no verão (período chuvoso)..... 17

Figura 10: Perfis topográficos das praias do Compartimento B (S4 e S5). Estes perfis são formados por praias mais largas que as do compartimento A e com declividade da face praial mais elevada. Na campanha de verão de 2022 (período chuvoso) a praia de Barra do Riacho (S4) apresentou uma berma de tempestade e uma berma ativa, além do significativo recuo da face praial, o maior já registrado ao longo do período de monitoramento, assumindo a praia um perfil com concavidade voltada para cima, típica de um perfil erosivo. Na estação Terra Indígena (S5), a praia manteve-se relativamente estável, apesar da mobilidade morfológica comumente registrada na crista da berma e antepraia rasa, verificada pela presença ou não de bancose calhas. De todo modo, o perfil S5 tem apresentado uma estabilidade temporal na posição da face praial. Nesta última campanha destaca-se a erosão da base do cordão frontal e o bom desenvolvimento da berma, enquanto que a base da face da praial apresenta característica mais plana, sem a presença da calha comum à esta estação (S5). Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento B, nesta última campanha, não apresentaram o mesmo comportamento entre si: erosão clara na estação S4, com recuo do perfil emerso como um todo e transporte dos sedimentos dentro do perfil ativo na estação S5, indicando estabilidade dinâmica da morfologia da praia. 18

Figura 11 Perfis topográficos das praias do Compartimento B' (S6, S7 e N1). Estas praias são as que apresentam as maiores variações na morfologia entre as campanhas amostrais, dada a exposição do setor à chegada de ondas como também pelas flutuações sazonais na carga fluvial. Durante a campanha de janeiro/2022 estas praias apresentaram comportamentos semelhantes: acreção do perfil emerso, no sentido de que a face praial tendeu a avançar rumo ao mar em relação a campanha seca anterior (julho/2021), especialmente as estações S6 e N1, que progrediram na ordem de 20m, enquanto a praia de Regência (S7), após os sucessivos processos erosivos iniciados no período chuvoso passado (janeiro/2021), apresentou uma recuperação com progradação em torno de 5m. 19

Figura 12: Perfis topográficos das praias do Compartimento C (N2, N3, N4, N5 e N6). As praias deste compartimento apresentam os perfis com as mais baixas declividades, o que expõe a face praial à ação dos ventos e permite o desenvolvimento de dunas frontais na retropraia, o que eleva a topografia até aproximadamente 8m a cima do NMM. Na campanha de janeiro/2022 (período chuvoso) a praia de Degredo(N2), manteve a tendência erosiva registrada no monitoramento. Apesar da erosão da base da duna frontal e redução da largura da praia até o NMM, a topografia da face superior da praia apresentou-se com característica retilínea a levemente côncava, sugerindo uma tentativa de recuperação, verificada pelo desenvolvimento (ganho de altura) da berma. Nas praias de Pontal do Ipiranga (N3) e Barra Nova (N4), registra-se, nesta campanha, erosão acentuada dos perfis emersos com recuo da berma na ordem de 7-10 m em relação à campanha anterior (julho/ 2021). Na praia de Guriri (N5), o perfil manteve-se com certa estabilidade morfológica, sem grandes alterações na topografia. Na praia de Itaúnas (N6), observa-se o registro de erosão da praia com transferência de sedimentos da face da praia para a antepraia, confirmada pela formação de

um banco submerso. Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento C, nesta última campanha chuvosa (janeiro/2022), registraram de modo geral, erosão da face praial em relação à campanha anterior (julho/2021), assumindo característica mais convexa, exceto o N2, que apresentou uma sutil capacidade de reconstrução. 20

Figura 13: Gráfico comparativo entre a altura da berma (m) e o *runup* (m) em cada estação amostral ao longo do monitoramento, agrupadas por compartimento, e a frequência de eventos em que o *runup* transpõe a berma praial (gráfico inferior), o que indica a chegada de água nas feições superiores da praia. Nas praias do Compartimento A há uma maior frequência de eventos inundacionais, superior a 85% de ocorrência ao longo do monitoramento, fato que pode estar associado a baixa declividade dos perfis e à impermeabilização do fundo marinho devido à presença de couraças lateríticas na antepraia, que potencializam o empilhamento da onda junto a costa. Todas as praias do compartimento A durante a campanha de janeiro/2021, segundo a modelagem do espraçamento máximo da onda, indicam a ocorrência de processos de transposição da berma praial, o que refletiu na erosão das dunas frontais dessas praias durante o período chuvoso. Nos Compartimentos B e B', a areia grossa com alta permeabilidade, a alta inclinação da face e berma alta, restringem o desenvolvimento do espraçamento, com ocorrências inferiores a 15%. Durante a campanha não houve a transposição da berma em nenhuma das praias desses setores. No Compartimento C, a menor declividade e afinamento da areia, potencializam o efeito do espraçamento. A transposição da berma pelo espraçamento apresenta frequência média de ocorrência de 25% ao longo do monitoramento. Em janeiro/2022 apenas as praias de Degredo (N2) e de Pontal do Ipiranga (N3) apresentaram eventos de transposição da berma. 21

Figura 14: . Diâmetro médio (ϕ), desvio padrão (ϕ) e teor de lama (%) dos Compartimentos A, B, B' e C. A praia emersa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes de cada Compartimento. Com exceção do Compartimento B, há uma maior distribuição de valores – box-plots mais alongados – nas antepraias em comparação com as praias emersas, o que significa uma maior diferença nos valores de diâmetro médio, desvio padrão e teor de lama, entre as antepraias de um mesmo compartimento, enquanto as praias emersas são mais semelhantes. As praias emersas do **Compartimento A** são caracterizadas por areias médias (DM = 1,892 ϕ), moderadamente selecionadas e com teores baixos de lama (entre 0 e 0,5%), enquanto nas antepraias, os sedimentos são compostos por areias finas a muito finas (DM = 2,242 ϕ), moderadamente a mal selecionados e com teores de lama variados ao longo das campanhas (entre 0 e 25,6%), mas com uma manutenção dos teores desde a campanha julho/19 e uma diminuição neste período (16,42%) em relação ao período chuvoso passado de janeiro/21 (25,62%). As praias emersas dos **Compartimentos B e B'** são caracterizadas por areias grossas (DM = 0,698 e 0,752 ϕ), moderadamente selecionadas e com ausência de lama na porção emersa (T_{máximo} = 0,22%), já na antepraia, registra-se uma diferença significativa entre os dois compartimentos: o Compartimento B apresenta areias médias a finas (DM = 2,011 ϕ) e teores de lama próximos do zero (T_{médio} = 0,52%), enquanto o Compartimento B' apresenta areias muito finas (DM = 3,555 ϕ) com grau de seleção pobre a muito pobre, associado a altos teores de lama (T_{médio} = 24,39%). Na campanha de janeiro/2022, o Compartimento B apresentou um engrossamento relativo do sedimento na antepraia (DM = 1,514 ϕ), se assimilando às campanhas do início do monitoramento. Já o Compartimento B', apresentou um aumento no teor de lama na antepraia, que resultou no afinamento dos sedimentos (DM = 3,170 ϕ) e piora no grau de seleção, em relação aos dois últimos períodos chuvosos. As praias emersas do **Compartimento C** são caracterizadas por areias médias a finas (DM = 1,777 ϕ), moderadamente selecionadas e com baixos teores de lama (T_{máximo} = 0,32%) na porção emersa, enquanto a antepraia é composta de areias muito finas (DM = 3,735 ϕ) e apresenta o maior teor médio de lama (T_{médio} = 32,89%). Neste Compartimento, a antepraia segue com uma tendência crescente acumulativa de lama, registrando sua maior concentração nesta campanha (41,87%) em comparação com todas às campanhas (T_{médio} = 32,89%). DM: diâmetro médio; T = teor; NA: período não amostrado devido à pandemia da

Covid-19. 23

Figura 15: Caracterização composicional (carbonato de cálcio e minerais pesados) das areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B, B' e C ao longo do monitoramento. A praia emergsa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. Os teores de carbonato se mostram mais variados dentro dos Compartimentos, comparado com os teores de minerais pesados. As praias emersas e antepraias do **Compartimento A** são compostas por areias biosiliciclásticas ($T_{\text{médiocarbonato}} = 57,32\%$ e $63,66\%$) e com teor médio significativo, porém variado, de minerais pesados na praia emergsa ($T_{\text{médio}} = 2,28\%$, variando de $0,58$ a $8,28\%$) e baixo teor na antepraia ($T_{\text{médio}} = 0,73\%$). Nas duas últimas campanhas (julho/2021 e janeiro/2022), os teores de carbonato na praia emergsa do Compartimento A apresentaram os maiores valores de todo o monitoramento ($63,58\%$ e $65,22\%$), ao passo que na praia submersa não houve grandes variações. O teor de minerais pesados da praia emergsa foi menor ($0,58\%$) em relação às duas últimas campanhas de período chuvoso, janeiro/2021 ($4,05\%$) e fevereiro/2020 ($8,28\%$). As praias emersas dos Compartimentos B, B' e C são essencialmente siliciclásticas ($T_{\text{médiocarbonato}} < 0,5\%$), com eventuais aumentos nos teores de carbonato na antepraia, associados à contribuição de sedimentos marinhos provenientes da plataforma continental ($T_{\text{médio}} = 8,28\%$, $5,53\%$ e $10,27\%$). As praias emersas do **Compartimento B** apresentam teores de minerais pesados quase nulos ($T_{\text{médio}} < 0,5\%$), enquanto as do B' apresentam alta variação temporal (entre $0,72$ a $23,32\%$), ao mesmo tempo que na antepraia há uma tendência de aumento de minerais pesados para norte ($B = 2,31\%$; $B' = 9,15\%$). A antepraia do Compartimento B apresenta menor teor de carbonato ($4,95\%$) em comparação com o último período chuvoso de janeiro/21 ($15,01\%$). Na praia emergsa do Compartimento B', o teor de mineral pesado ($3,74\%$) apresentou uma redução em comparação com o período chuvoso de janeiro/2021 ($12,23\%$). As praias do **Compartimento C** apresentam, em geral, maiores e mais consistentes teores de minerais pesados, tanto na praia emergsa ($T_{\text{médio}} = 5,89\%$), quanto submersa ($T_{\text{médio}} = 9,15\%$). NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19. 24

Figura 16: Caracterização física e química dos minerais pesados encontrados nos Compartimentos A, B, B' e C, nas praias emersas e submersas, ao longo do monitoramento. A praia emergsa engloba as subestações berma, face superior, face inferior, e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. Os minerais ultraestáveis são os que menos variam dentro dos mesmos Compartimentos, enquanto os instáveis e ambos de baixa e alta densidade, possuem eventuais variações. Os teores de minerais pesados demonstrados nesta figura são relativos aos teores totais da figura 15. Em relação à densidade dos grãos, há uma tendência geral de diminuição dos minerais pesados mais densos e aumento dos menos densos em direção à norte da desembocadura. Em relação à estabilidade química, os instáveis são mais presentes em todos Compartimentos, com tendência de aumento em direção ao Compartimento C, enquanto os ultraestáveis apresentam teores sempre mais baixos, porém com altos teores eventualmente. No **Compartimento A**, há altos valores relativos de minerais pesados de maiores densidades ($T_{\text{médio}} = 44,89\%$) em comparação com menores valores de menores densidades ($T_{\text{médio}} = 19,89\%$), enquanto em relação à estabilidade, apresenta o menor valor relativo de minerais instáveis ($T_{\text{médio}} = 31,70\%$) e alta variação dos ultraestáveis (entre $0,38$ a $31,34\%$). Os **Compartimentos B e B'** apresentam teores relativos intermediários (em comparação com o Compartimento A e C) de minerais pesados mais densos ($T_{\text{médioB}} = 25,54\%$; $B' = 29,15\%$) e menos densos ($T_{\text{médioB}} = 24,54\%$; $B' = 28,73\%$), e também em relação à estabilidade, com teores intermediários de minerais instáveis ($T_{\text{médioB}} = 55,22\%$; $B' = 50,93\%$), porém com altas variações no B (entre 0 e $38,72\%$) e maior constância no B' (entre $0,95$ e $8,64\%$). O **Compartimento C**, em contraste com o Compartimento A, apresenta menores valores relativos de minerais pesados mais densos ($T_{\text{médio}} = 12,42\%$) e maiores valores de menos

densos ($T_{\text{médio}} = 52,70\%$), enquanto em relação à estabilidade, é o compartimento que apresenta maiores teores relativos de minerais instáveis ($T_{\text{médio}} = 65,04\%$) e menores teores e menos variados de ultraestáveis ($T_{\text{médio}} = 2,17\%$). Nota-se nesta campanha chuvosa (janeiro/2022), que houve um aumento relativo dos minerais pesados menos densos ($62,16\%$) e instáveis ($80,80\%$) no Compartimento C, sugerindo o que se pode estar associado em um aporte recente do Rio Doce transportado para porção norte da planície deltaica, em relação à valores da campanha chuvosa passada de janeiro/2021 (menos densos = $57,04\%$ e instáveis = $63,23\%$). Minerais pesados com densidade superior à 4 g/cm^3 são: zircão, rutilo, monazita e minerais opacos. Minerais pesados com densidade inferior à $3,5 \text{ g/cm}^3$ são: anfibólio, turmalina, silimanita e epidoto. Minerais ultraestáveis são: zircão, turmalina e rutilo. Minerais instáveis: anfibólio e epidoto. NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19.

Figura 17: Caracterização granulométrica das areias superficiais nas profundidades de 5 e 10 m nas praias dos Compartimentos A, B, B' e C ao longo do monitoramento. A praia emersa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. As praias do Compartimento A apresentam eventuais variação dos valores nas isóbatas de 5 e 10m, enquanto o Compartimento B quase não apresenta variação e os Compartimento B' e C apresentam pouca variação nas isóbatas de 5m e maiores nas de 10m. Nas praias do **Compartimento A**, as areias finas estão presentes na profundidade de 5m ($DM = 2,572 \text{ phi}$) e 10m ($DM = 2,070 \text{ phi}$), com eventuais teores de silte, associado à elevados teores de lama ($T_{\text{médio}5\text{m}} = 19,15\%$; $10\text{m} = 14,19\%$) e pobre grau de seleção. Este sedimento tem sido observado entre as rugosidades dos terraços de abrasão, provavelmente associados às cargas de estuários próximos. Este compartimento apresentou uma redução do teor de lama, em cerca de 15%, em relação ao período chuvoso anterior de janeiro/2021 na profundidade de 5m. Nas praias dos **Compartimentos B** há presença de areias médias a finas na profundidade de 5m ($DM = 1,997 \text{ phi}$) associadas ao pobre a muito pobre grau de seleção e 10m ($DM = 2,047 \text{ phi}$) com bom selecionamento, enquanto os teores de lama são $<1\%$ em ambas profundidades. Nas praias do **Compartimento B'**, há uma tendência de afinamento do sedimento, devido ao aumento no teor de lama da profundidade de 5m ($DM = 2,70 \text{ phi}$; $T_{\text{médio}} = 6,19\%$) em comparação com a profundidade de 10m ($DM = 4,406 \text{ phi}$; $T_{\text{médio}} = 48,39\%$). As praias do **Compartimento C** apresentam também um afinamento dos sedimentos e maior teor de lama, quando comparadas as profundidades de 5m ($DM = 3,230 \text{ phi}$; $T_{\text{médio}} = 12,59\%$), e de 10 m ($DM = 4,239 \text{ phi}$; $T_{\text{médio}} = 53,08\%$). Nas praias do Compartimento B' e C, sedimentos lamosos foram observados preferencialmente na profundidade de 10 m, associados à contribuição fluvial e às condições de menor energia no ambiente deposicional. NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19. 26

Figura 18: Caracterização transversal dos perfis praias quanto à composição e à granulometria das areias das praias dos Compartimentos A, B, B' e C. Dados referentes a uma média de todo período de monitoramento para cada feição de cada Compartimento. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. As maiores variações de valores para cada parâmetro estão nas antepraias de cada Compartimento, que engloba as isóbatas de 5 e 10 m, o que pode estar associado à presença/ausência de lama na antepraia de determinadas estações dentro de um mesmo Compartimento. O padrão observado ao longo da área monitorada é justificado pelas principais fontes sedimentares, bem como pelo estreitamento dos perfis praias recorrentes processos de inundação. Sedimentos com menores diâmetros granulométricos e maiores concentrações de teores de lama são encontrados na antepraia, principalmente na isóbata de 10 m, onde a baixa energia hidrodinâmica possibilita a sedimentação do material lamoso. Em conjunto, as antepraias estão associadas aos maiores valores de desvio padrão – pobre grau de seleção – em todos os Compartimentos, exceto no B, que apresenta teor de lama insignificativo ao longo de todo perfil, apresentando um sedimento mais selecionado. Os sedimentos carbonáticos apresentam alto teor no Compartimento A, com distribuição ao longo de todo o perfil, com maiores concentrações na região da antepraia rasa e antepraia,

associados à presença de terraços de abrasão. Estes sedimentos também estão presentes nos demais compartimentos, mas limitados nas antepraias, principalmente na isóbata de 10 m, associados à contribuição de sedimentos da plataforma adjacente. Os minerais pesados, que se apresentam mais abundantes no Compartimento C, se concentram preferencialmente na antepraia rasa e antepraia, com maiores teores na isóbata de 10 m. em BS: berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata de 5 m; I10: isóbata de 10m. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das condições meteoceanográficas e padrão de vazão durante o período de 30 dias que antecede os levantamentos em campo.	12
Tabela 2: Classificação dos sedimentos quanto ao teor de carbonato de cálcio proposta por Larssonneur (1977).	22
Tabela 3: Escala granulométrica adotada pelo programa GRADISTAT, modificado de Udden (1914) e Wentworth (1922).	22

1 ASPECTOS MORFODINÂMICOS

1.1 CONDIÇÕES METEOCEANOGRÁFICAS

Figura 1: Altura das ondas (a) e vazão fluvial (b) ao longo do monitoramento. As condições das ondas que precederam o período indicam ondas construtivas, de mar calmo, abaixo do nível de 1,8 m de Hs que denotam os eventos de maior agitação marinha (linha horizontal cinza). Essa situação de mar calmo se estende desde o final de outubro/2021 até o momento de realização da campanha, com Hs variando entre 0,5 e 1,5 m. As campanhas realizadas no período chuvoso, destacadas pelas áreas amarelas nos gráficos, respaldam as condições sazonais que são responsáveis pelas maiores vazões fluviais, como no período que precede a campanha realizada em janeiro/2022 que foi marcado pela maior vazão já registrada na estação do PMBA - Linhares durante o monitoramento, atingindo em torno 5.500,00 m³s⁻¹. Destaca-se, portanto, que o período chuvoso do Ano 04 se caracteriza por um padrão de ondas de baixa energia (mar calmo, com Hs abaixo de 1,5 m) e pela ocorrência de um evento de alta vazão do rio na região mais próxima da foz no município de Linhares.

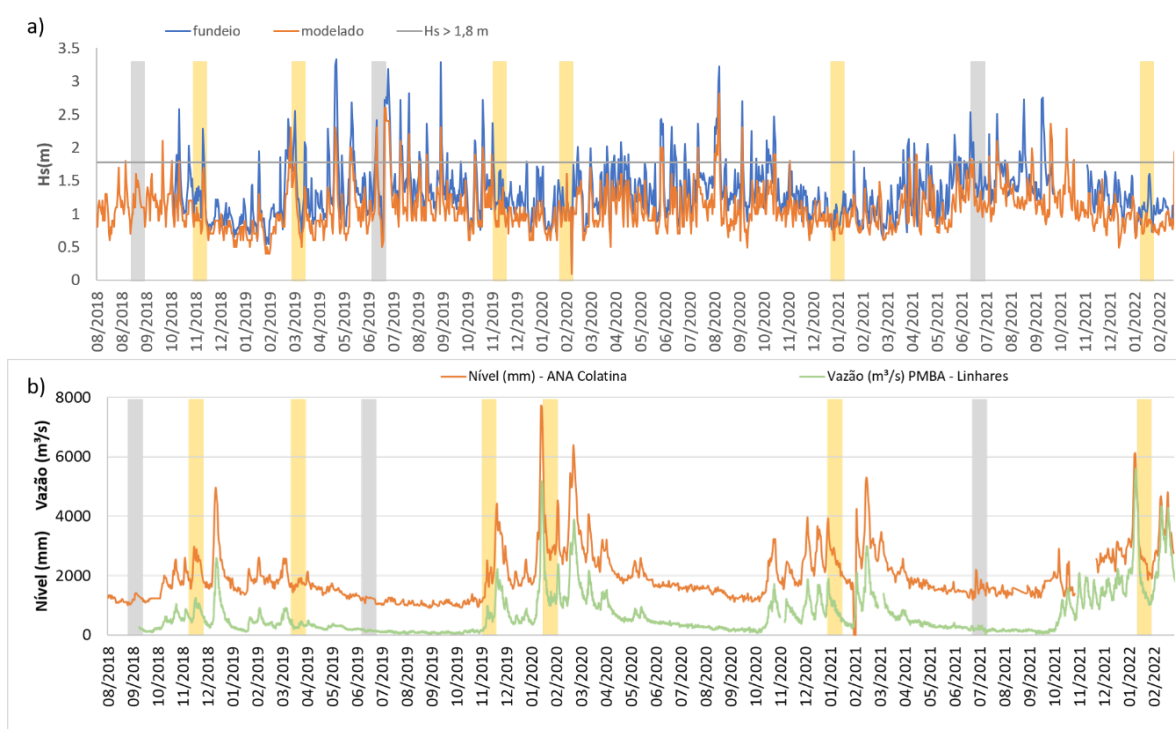


Tabela 1: Descrição das condições meteoceanográficas e padrão de vazão durante o período de 30 dias que antecede os levantamentos em campo.

Campanhas	Hs máx. (m)	Tp máx. (s)	Hs> 1,8 (m)	Vazão máx. (m³/s)	Observações
09/18	1,8	11,8	0,7%	660,4	Período seco, ondulação de Sul no início da campanha, diminuindo Hs e direção Leste no final da campanha.
12/18	2,1	16,9	4,5%	1340,9	Período chuvoso, ondas com distribuição bimodal, direção Leste passando para Sul no final da campanha.
04/19	2,4	11,3	16,0%	1338,8	Período chuvoso, período precedido pela tempestade tropical Iba.
07-08/19	2,3	14,7	8,0%	728,4	Período seco, incidência de frentes frias desde 04/19 com 3 eventos Hs>1,8 m até o início da campanha.
12/19	2,4	11,1	5,2%	1214,3	Período chuvoso, incidência de frentes frias desde 07/19 com 4 eventos Hs>1,8 m até o início da campanha.
02/20	1,5	9,5	0%	7309,1	Período chuvoso, campanha emergencial, o nível do Rio Doce atingiu cota de inundação. Predomínio de ondas do quadrante Leste.
01/21	1,2	8,9	0%	3920,0	Período chuvoso, predominância de ondas do sistema Leste, Hs abaixo de 1,5 m, período mais longo com este estado de mar para todo o monitoramento até o momento
07/21	1,9	10,4	2%	1190,0	Período seco, redução de frequência e intensidade de eventos em comparação com períodos secos dos Anos 1 e 2.
01-02/22	1,1	10,7	0%	5595,3	Período chuvoso, segundo maior nível do Rio Doce atingido durante o monitoramento (6,09 m em Colatina) maior vazão registrada em Linhares 5,3 mil m³/s, ondas com Hs abaixo de 1,8 m desde outubro/2021.

Figura 2: Rosas direcionais de Tp e Hs para a série temporal considerada na análise do clima de ondas (2008 – 2019). Destaque para a alternância e predomínio das ondas de Sul e Leste. Há predominância de Tp entre 6 e 12 s e Hs entre 1,0 e 2,5 m.

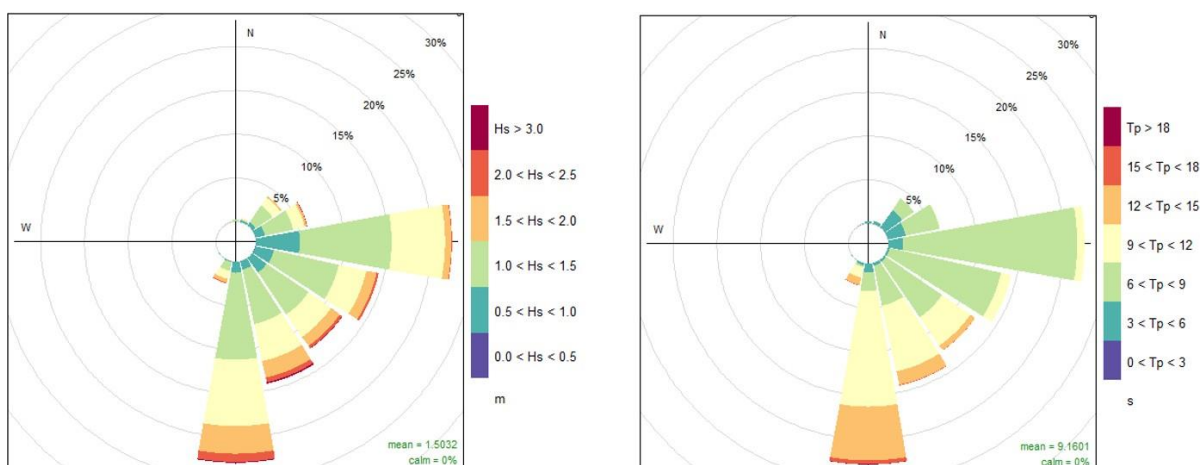


Figura 3. Rosas direcionais de Tp e Hs para o Ano 01 de levantamentos em campo (outubro/2018 – setembro/2019). Em comparação à climatologia de ondas, há diferenças em relação a baixa incidência de ondas dos quadrantes Sul e Leste, predominando ondas do quadrante SE com Tp entre 6 e 12 s e Hs 0,5 e 1,5 m.

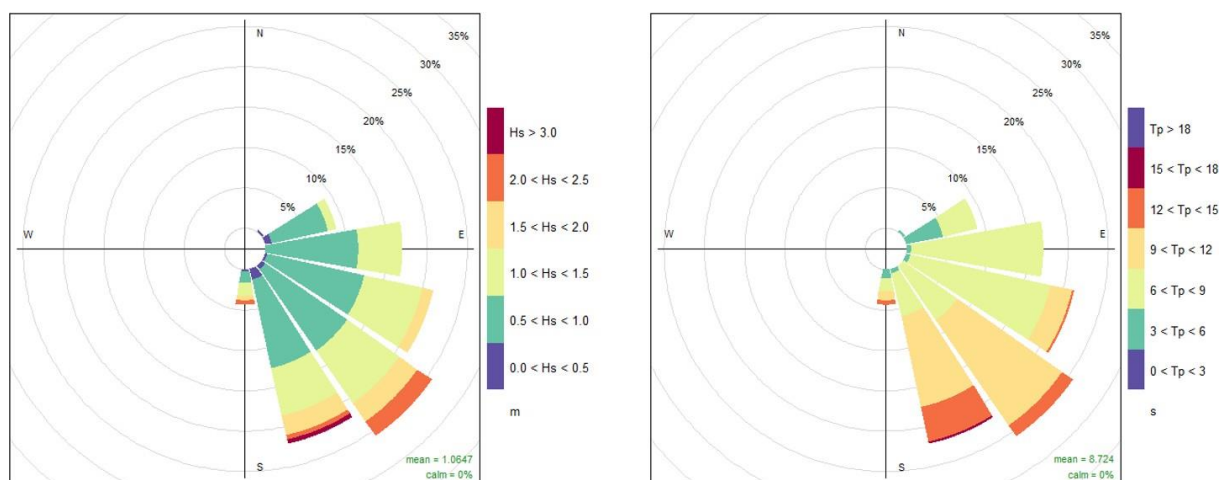


Figura 4: Rosas direcionais de Tp e Hs para o Ano 02 de levantamentos em campo (outubro/2019 – setembro/2020). Destaca-se o predomínio de ondas de Nordeste com Tp entre 6 e 9 s e Hs entre 1,0 e 1,5 m.

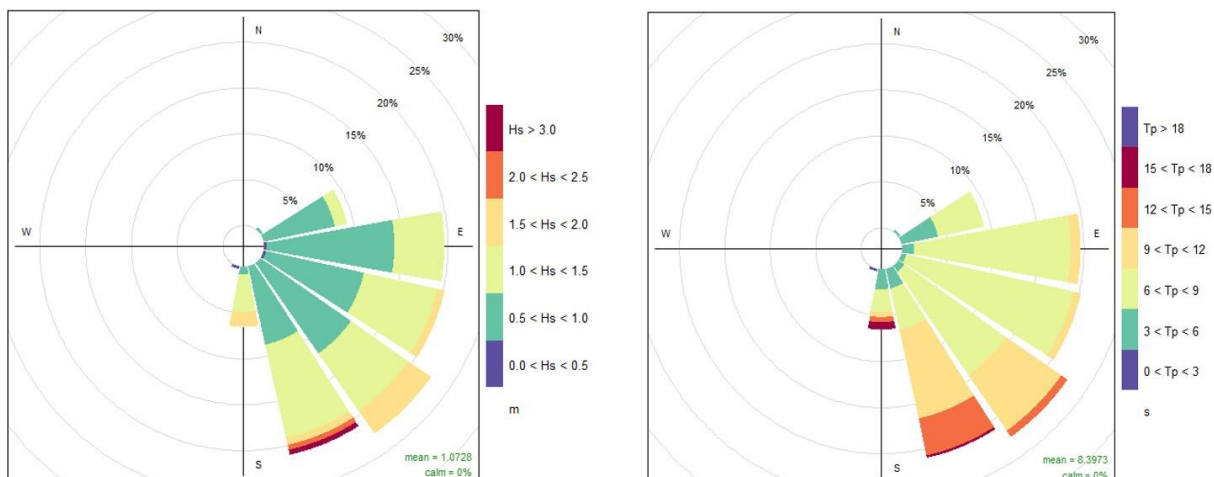


Figura 5: Rosas direcionais de Hs e Ts para o Ano 03 de levantamentos em campo (outubro/2020 – setembro/2021). Em comparação com o Ano 1 há menor incidência de ondas de Sul, mantendo o predomínio de SE com Hs entre 0,5 e 1,5 m e Tp entre 6 e 12 s.

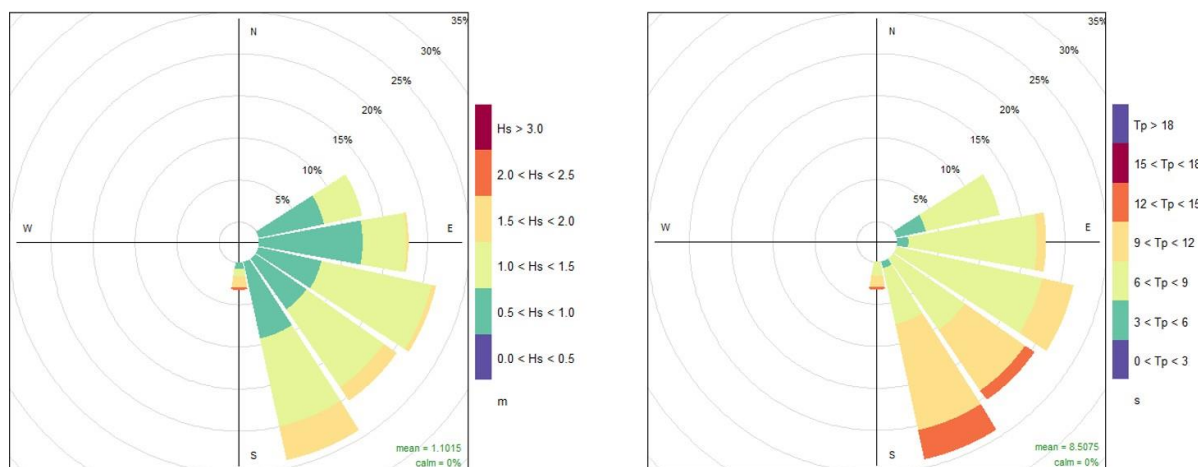


Figura 6: Rosas direcionais de Hs e Ts para o período chuvoso do Ano 4 de levantamentos em campo (outubro 2021 – fevereiro 2022). Em comparação com o período chuvoso do Ano 02 houve menor influência dos sistemas de Nordeste e aumento da predominância das ondas de Leste e Sudeste com Hs entre 0,5 e 1,5 e Tp entre 6 e 9 s.

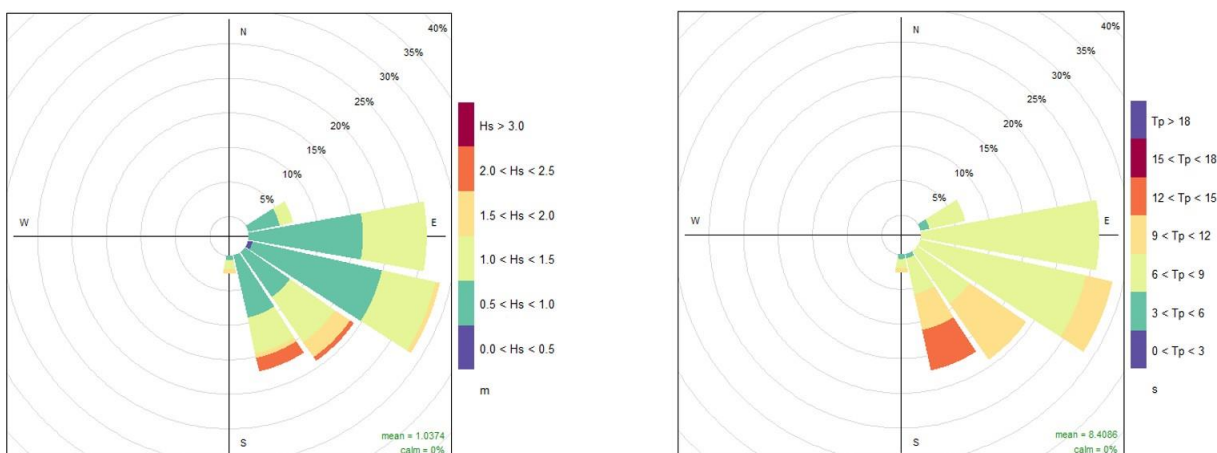
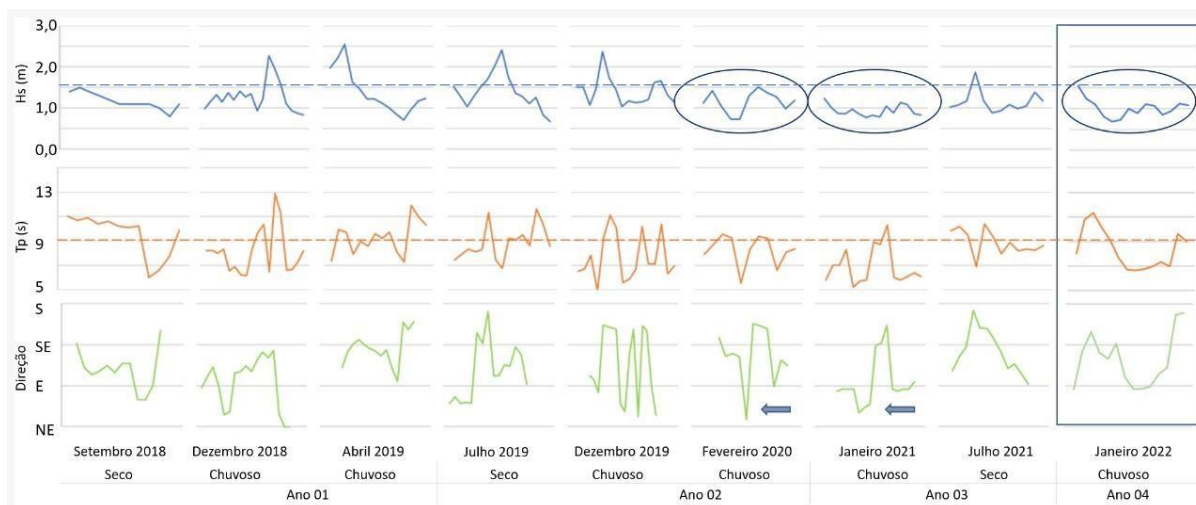


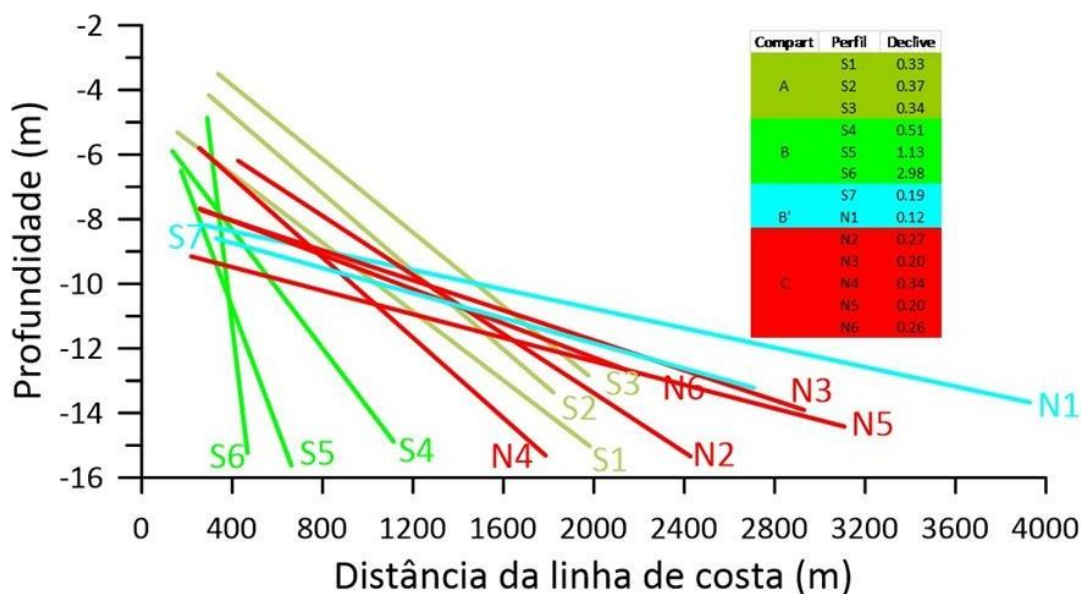
Figura 7: Comparação entre os parâmetros de ondas durante as campanhas dos 4 anos. Destaca-se que as ondas na campanha do período chuvoso do Ano 04 (retângulo azul) são bastante semelhantes ao ocorrido durante as campanhas dos períodos chuvosos antecedentes (Ano 02 e 03 destacados pelas elipses azuis), onde predominam ondas abaixo de 1,5 m de altura (linha azul pontilhada no gráfico Hs) e de período abaixo de 10 s (linha laranja pontilhada no gráfico de Tp) com direções variando entre Sul e Nordeste. A diferença entre as campanhas nos três períodos chuvosos analisados é justamente essa alternância de Sul para Nordeste nos períodos dos Anos 02 e 03 (destaque nas setas azuis) que não foi observada no período chuvoso do Ano 04.



1.2 MORFOLOGIA DAS PRAIAS

1.2.1 Declividade da antepraia

Figura 8: Regressão linear dos perfis batimétricos e a compartimentação das estações em função da declividade da antepraia (em radianos) de frente às estações amostrais, evidenciando a tendência de agrupamento morfológico dos perfis em diferentes compartimentos. A declividade da antepraia no compartimento A é mediana dentre as estações analisadas e dominada pela presença de couraças lateríticas recobrindo o leito marinho. No compartimento B, no flanco sul da planície do Rio Doce, em função do estreitamento da plataforma continental, a antepraia apresenta as maiores declividades, com a transição entre a antepraia e a praia se dando de forma abrupta. No compartimento B', principalmente nas estações S7 e N1, dada à proximidade com a desembocadura e sob aporte contínuo da carga fluvial disponibilizando sedimento para antepraia, apresentam as menores declividades. No compartimento C, ao norte da foz, é possível verificar a elevação suave da antepraia acompanhando o alargamento da plataforma continental nesse setor.



1.2.2 Perfis topográfico das praias

Figura 9: Perfis topográficos das praias do Compartimento A (S1, S2 e S3). Neste compartimento as praias apresentam perfis estreitos, com alta declividade na porção emersa da praia e baixa declividade na antepraia, associada à presença dos terraços de abrasão. Em janeiro/2022, a praia Mole (estação S1) apresentou maior variação morfológica da porção superior da praia, alcançando a base do cordão frontal. Em contrapartida, nota-se uma transferência deste material erodido para a face praial, que apresentou o maior desenvolvimento durante o monitoramento, acarretando no avanço da base da face praial sobre o assoalho laterítico. Na Praia Formosa (S2), a duna frontal também foi erodida, apresentando a menor cota ao longo do monitoramento, ao passo que a base da face apresentou também um avanço em relação ao NMM. Na praia de Putiri (S3) o perfil apresentou uma progradação geral em relação ao período seco anterior (julho/2021), o que gerou um perfil côncavo com maior volume de sedimento. Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento A nesta última campanha chuvosa (janeiro/2022), registraram de modo geral, avanço da base da face praial em direção ao assoalho laterítico, apesar dos registros de erosão da parte frontal do cordão (S1) e da berma (S2). Observa-se de maneira mais evidente na estação S3 um padrão de recuo do perfil no inverno (período seco) e progradação no verão (período chuvoso).

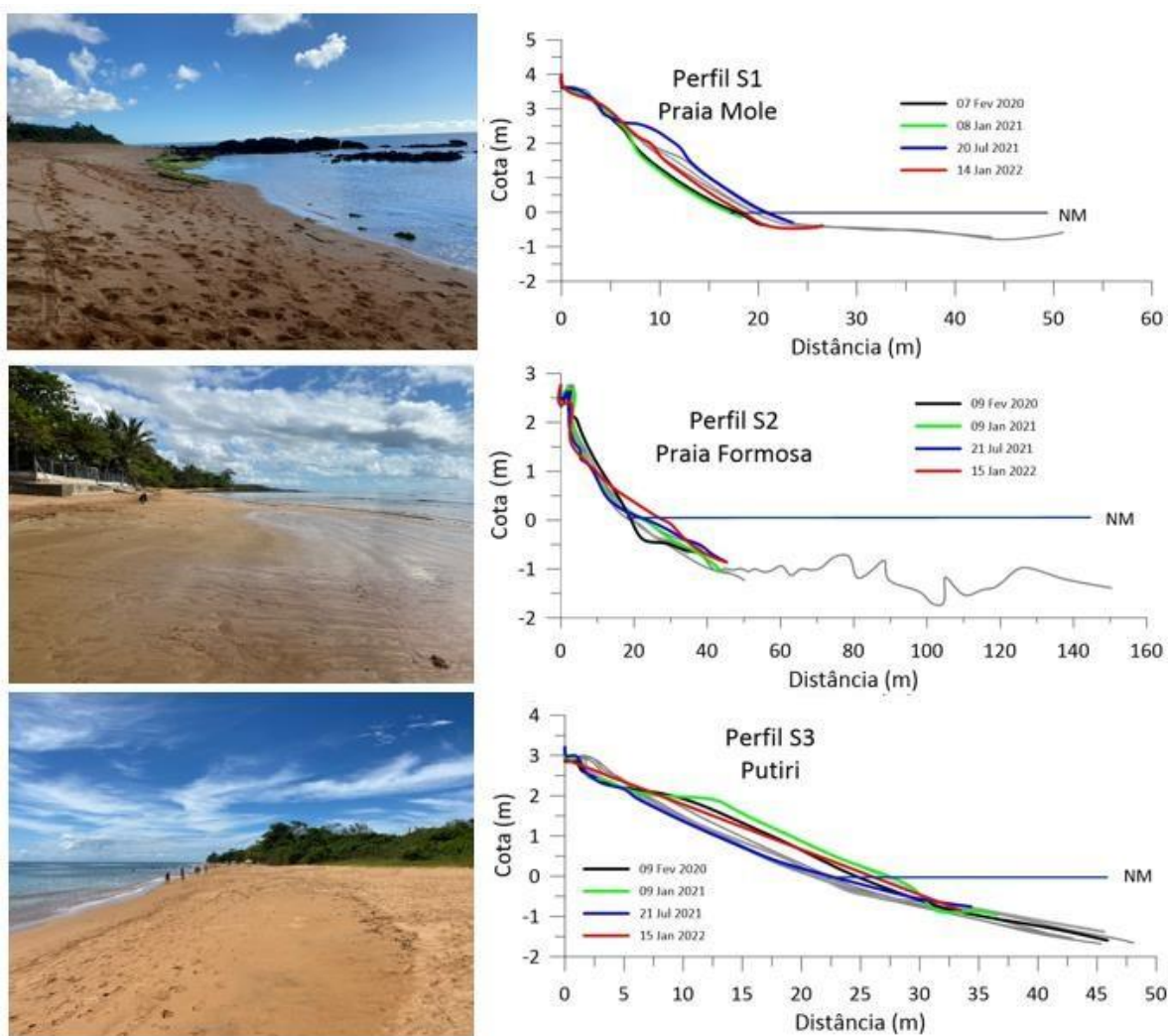


Figura 10: Perfis topográficos das praias do Compartimento B (S4 e S5). Estes perfis são formados por praias mais largas que as do compartimento A e com declividade da face praial mais elevada. Na campanha de verão de 2022 (período chuvoso) a praia de Barra do Riacho (S4) apresentou uma berma de tempestade e uma berma ativa, além do significativo recuo da face praial, o maior já registrado ao longo do período de monitoramento, assumindo a praia um perfil com concavidade voltada para cima, típica de um perfil erosivo. Na estação Terra Indígena (S5), a praia manteve-se relativamente estável, apesar da mobilidade morfológica comumente registrada na crista da berma e antepraia rasa, verificada pela presença ou não de bancos e calhas. De todo modo, o perfil S5 tem apresentado uma estabilidade temporal na posição da face praial. Nesta última campanha destaca-se a erosão da base do cordão frontal e o bom desenvolvimento da berma, enquanto que a base da face da praial apresenta característica mais plana, sem a presença da calha comum à esta estação (S5). Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento B, nesta última campanha, não apresentaram o mesmo comportamento entre si: erosão clara na estação S4, com recuo do perfil emerso como um todo e transporte dos sedimentos dentro do perfil ativo na estação S5, indicando estabilidade dinâmica da morfologia da praia.

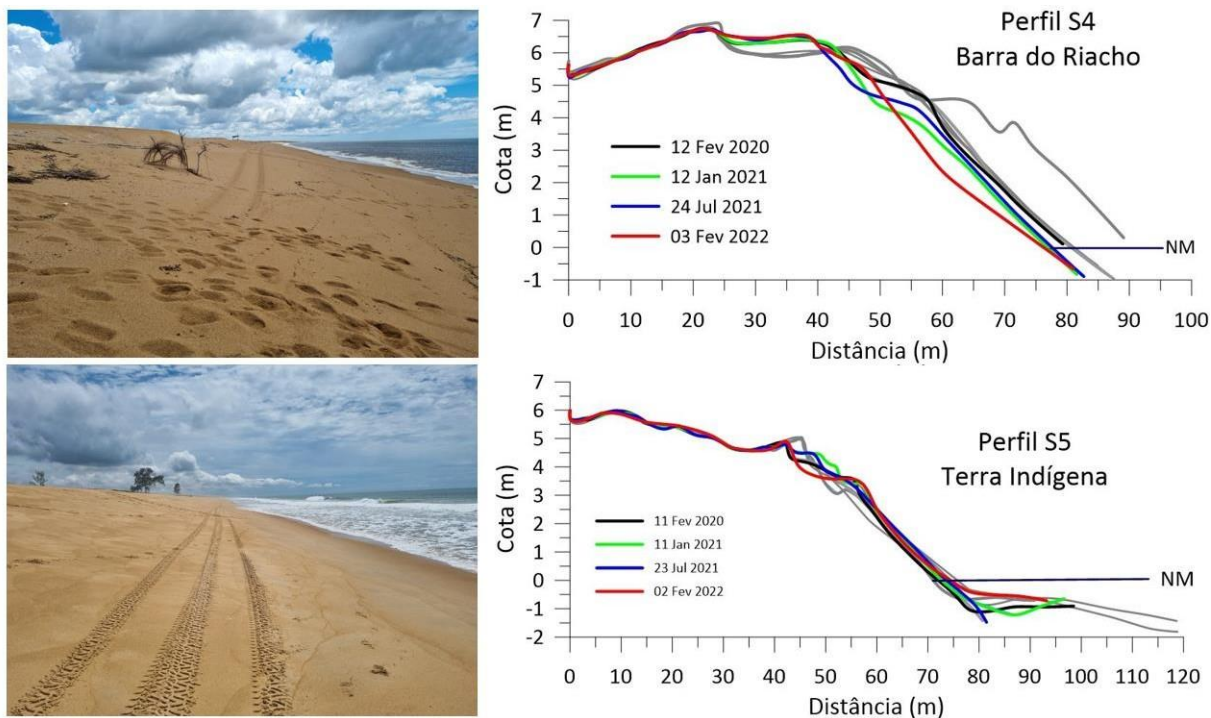


Figura 11 Perfis topográficos das praias do Compartimento B' (S6, S7 e N1). Estas praias são as que apresentam as maiores variações na morfologia entre as campanhas amostrais, dada a exposição do setor à chegada de ondas como também pelas flutuações sazonais na carga fluvial. Durante a campanha de janeiro/2022 estas praias apresentaram comportamentos semelhantes: acresção do perfil emerso, no sentido de que a face praiial tendeu a avançar rumo ao mar em relação a campanha seca anterior (julho/2021), especialmente as estações S6 e N1, que progradaram na ordem de 20m, enquanto a praia de Regência (S7), após os sucessivos processos erosivos iniciados no período chuvoso passado (janeiro/2021), apresentou uma recuperação com progradação em torno de 5m.

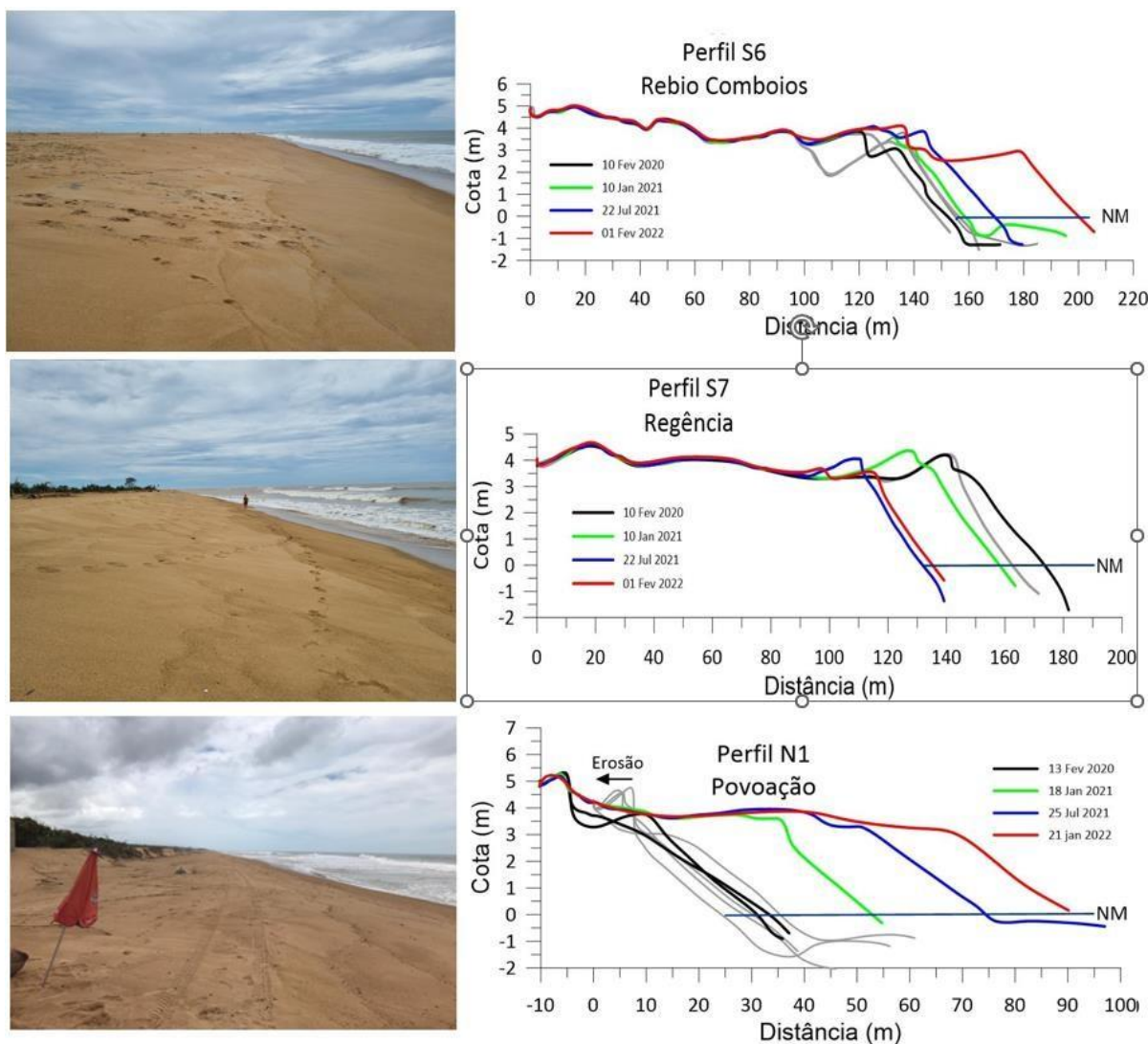
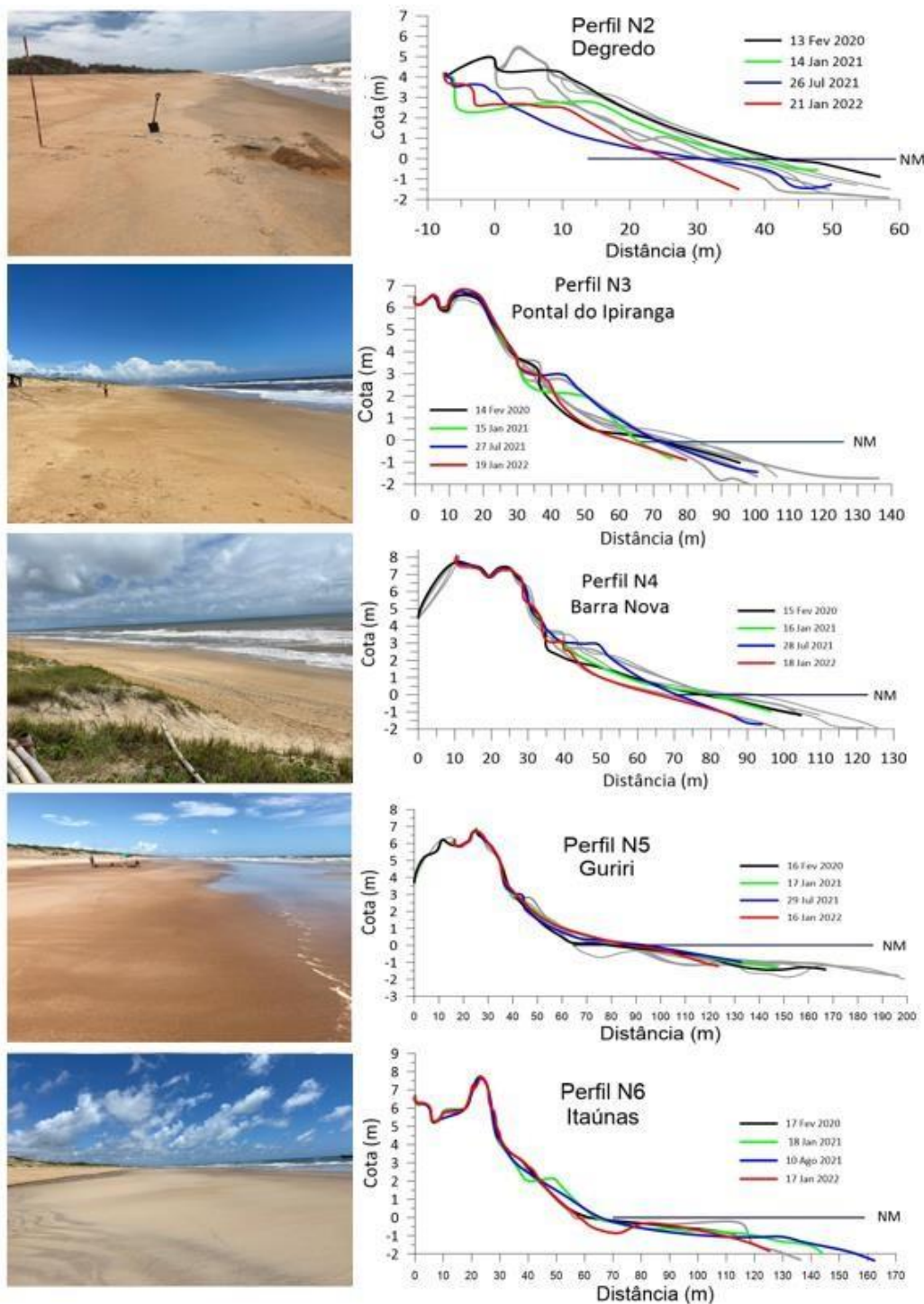
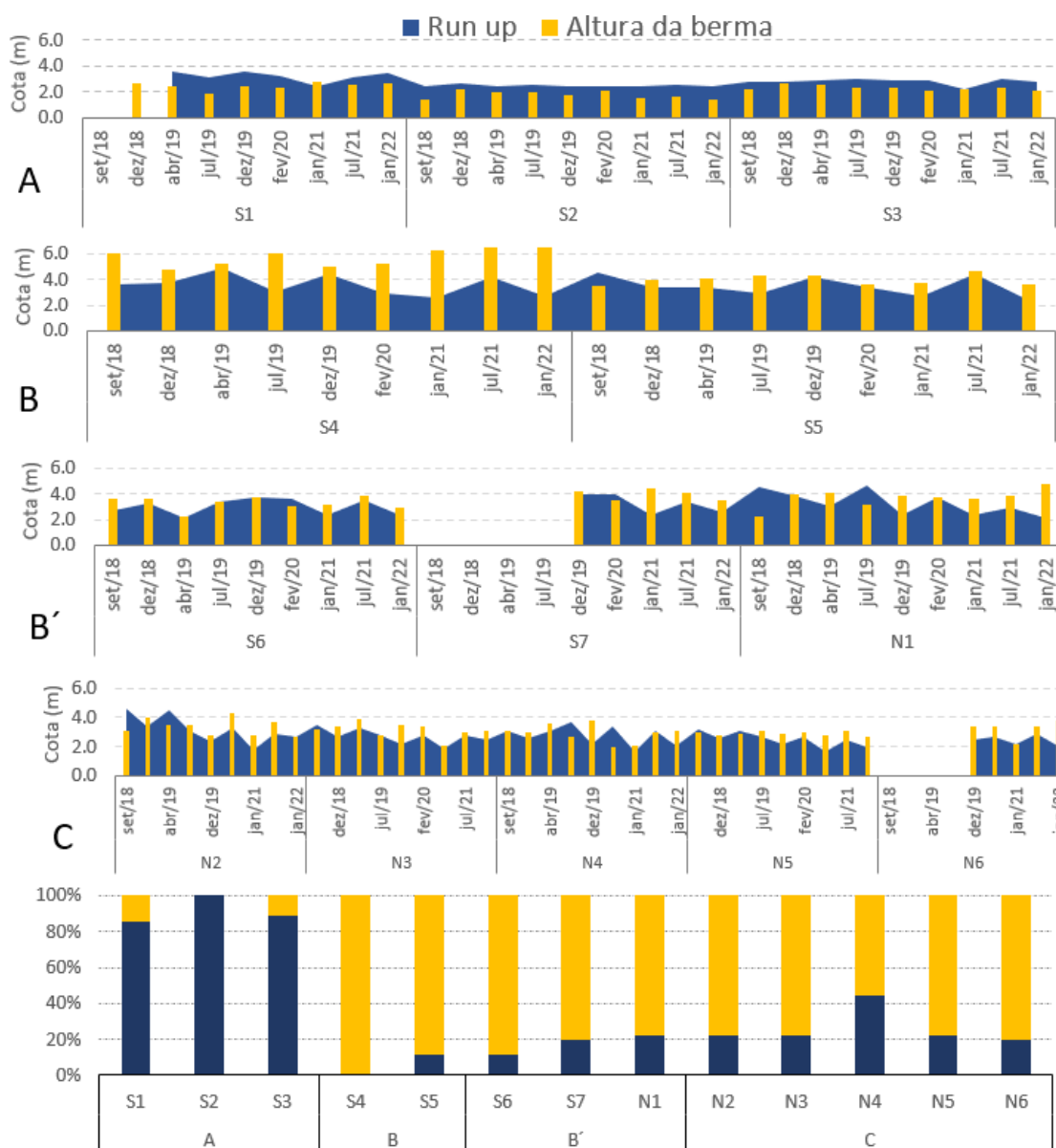


Figura 12: Perfis topográficos das praias do Compartimento C (N2, N3, N4, N5 e N6). As praias deste compartimento apresentam os perfis com as mais baixas declividades, o que expõe a face praial à ação dos ventos e permite o desenvolvimento de dunas frontais na retropraia, o que eleva a topografia até aproximadamente 8m a cima do NMM. Na campanha de janeiro/2022 (período chuvoso) a praia de Degredo (N2), manteve a tendência erosiva registrada no monitoramento. Apesar da erosão da base da duna frontal e redução da largura da praia até o NMM, a topografia da face superior da praia apresentou-se com característica retilínea a levemente côncava, sugerindo uma tentativa de recuperação, verificada pelo desenvolvimento (ganho de altura) da berma. Nas praias de Pontal do Ipiranga (N3) e Barra Nova (N4), registra-se, nesta campanha, erosão acentuada dos perfis emersos com recuo da berma na ordem de 7-10 m em relação à campanha anterior (julho/2021). Na praia de Guriri (N5), o perfil manteve-se com certa estabilidade morfológica, sem grandes alterações na topografia. Na praia de Itaúnas (N6), observa-se o registro de erosão da praia com transferência de sedimentos da face da praia para a antepraia, confirmada pela formação de um banco submerso. Nota-se, portanto, que as praias do Compartimento C, nesta última campanha chuvosa (janeiro/2022), registraram de modo geral, erosão da face praial em relação à campanha anterior (julho/2021), assumindo característica mais convexa, exceto o N2, que apresentou uma sutil capacidade de reconstrução.



1.2.3 Transposição da berma pelo espraçamento das ondas

Figura 13: Gráfico comparativo entre a altura da berma (m) e o *runup* (m) em cada estação amostral ao longo do monitoramento, agrupadas por compartimento, e a frequência de eventos em que o *runup* transpõe a berma praial (gráfico inferior), o que indica a chegada de água nas feições superiores da praia. Nas praias do Compartimento A há uma maior frequência de eventos inundacionais, superior a 85% de ocorrência ao longo do monitoramento, fato que pode estar associado a baixa declividade dos perfis e à impermeabilização do fundo marinho devido à presença de couraças lateríticas na antepraia, que potencializam o empilhamento da onda junto a costa. Todas as praias do compartimento A durante a campanha de janeiro/2021, segundo a modelagem do espraçamento máximo da onda, indicam a ocorrência de processos de transposição da berma praial, o que refletiu na erosão das dunas frontais dessas praias durante o período chuvoso. Nos Compartimentos B e B', a areia grossa com alta permeabilidade, a alta inclinação da face e berma alta, restringem o desenvolvimento do espraçamento, com ocorrências inferiores a 15%. Durante a campanha não houve a transposição da berma em nenhuma das praias desses setores. No Compartimento C, a menor declividade e afinamento da areia, potencializam o efeito do espraçamento. A transposição da berma pelo espraçamento apresenta frequência média de ocorrência de 25% ao longo do monitoramento. Em janeiro/2022 apenas as praias de Degredo (N2) e de Pontal do Ipiranga (N3) apresentaram eventos de transposição da berma.



1.3 SEDIMENTOLOGIA DAS PRAIAS

1.3.1 Classificações

Tabela 2: Classificação dos sedimentos quanto ao teor de carbonato de cálcio proposta por Larssonneur (1977).

Teor de carbonato (%)	
Siliciclástica	< 30%
Silicibiolástica	30% a 50%
Biosiliciclástica	50% a 70%
Bioclástica	> 70%

Tabela 3: Escala granulométrica adotada pelo programa GRADISTAT, modificado de Udden (1914) e Wentworth (1922).

Granulometria (phi)	
Cascalho muito fino	-2 a -1
Areia muito grossa	-1 a 0
Areia grossa	0 a 1
Areia média	1 a 2
Areia fina	2 a 3
Areia muito fina	3 a 4
Silte muito grosso	4 a 5
Silte grosso	5 a 6
Silte médio	6 a 7
Silte fino	7 a 8
Silte muito fino	8 a 9
Argila	>9

Tabela 4: Classificação do sedimento quanto ao grau de seleção. Parâmetro calculado com base nas formulações propostaspor Folk & Ward (1957).

Desvio Padrão – Grau de seleção (phi)	
Pobre a muito pobre	> 1
Moderado	0,5 a 1
Bom	< 0,5

1.3.2 Sedimentologia das praias

Figura 14: . Diâmetro médio (phi), desvio padrão (phi) e teor de lama (%) dos Compartimentos A, B, B' e C. A praia emersa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes de cada Compartimento. Com exceção do Compartimento B, há uma maior distribuição de valores – box-plots mais alongados – nas antepraias em comparação com as praias emersas, o que significa uma maior diferença nos valores de diâmetro médio, desvio padrão e teor de lama, entre as antepraias de um mesmo compartimento, enquanto as praias emersas são mais semelhantes. As praias emersas do **Compartimento A** são caracterizadas por areias médias (DM = 1,892 phi), moderadamente selecionadas e com teores baixos de lama (entre 0 e 0,5%), enquanto nas antepraias, os sedimentos são compostos por areias finas a muito finas (DM = 2,242 phi), moderadamente a mal selecionados e com teores de lama variados ao longo das campanhas (entre 0 e 25,6%), mas com uma manutenção dos teores desde a campanha julho/19 e uma diminuição neste período (16,42%) em relação ao período chuvoso passado de janeiro/21 (25,62%). As praias emersas dos **Compartimentos B e B'** são caracterizadas por areias grossas (DM = 0,698 e 0,752phi), moderadamente selecionadas e com ausência de lama na porção emersa ($T_{\text{máximo}} = 0,22\%$), já na antepraia, registra-se uma diferença significativa entre os dois compartimentos: o Compartimento B apresenta areias médias a finas (DM = 2,011 phi) e teores de lama próximos do zero ($T_{\text{médio}} = 0,52\%$), enquanto o Compartimento B' apresenta areias muito finas (DM = 3,555 phi) com grau de seleção pobre a muito pobre, associado a altos teores de lama ($T_{\text{médio}} = 24,39\%$). Na campanha de janeiro/2022, o Compartimento B apresentou um engrossamento relativo do sedimento na antepraia (DM = 1,514 phi), se assimilando às campanhas do início do monitoramento. Já o Compartimento B', apresentou um aumento no teor de lama na antepraia, que resultou no afinamento dos sedimentos (DM = 3,170 phi) e piora no grau de seleção, em relação aos dois últimos períodos chuvosos. As praias emersas do **Compartimento C** são caracterizadas por areias médias a finas (DM = 1,777 phi), moderadamente selecionadas e com baixos teores de lama ($T_{\text{máximo}} = 0,32\%$) na porção emersa, enquanto a antepraia é composta de areias muito finas (DM = 3,735phi) e apresenta o maior teor médio de lama ($T_{\text{médio}} = 32,89\%$). Neste Compartimento, a antepraia segue com uma tendência crescente acumulativa de lama, registrando sua maior concentração nesta campanha (41,87%) em comparação com todas as campanhas ($T_{\text{médio}} = 32,89\%$). DM: diâmetro médio; T = teor; NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19.

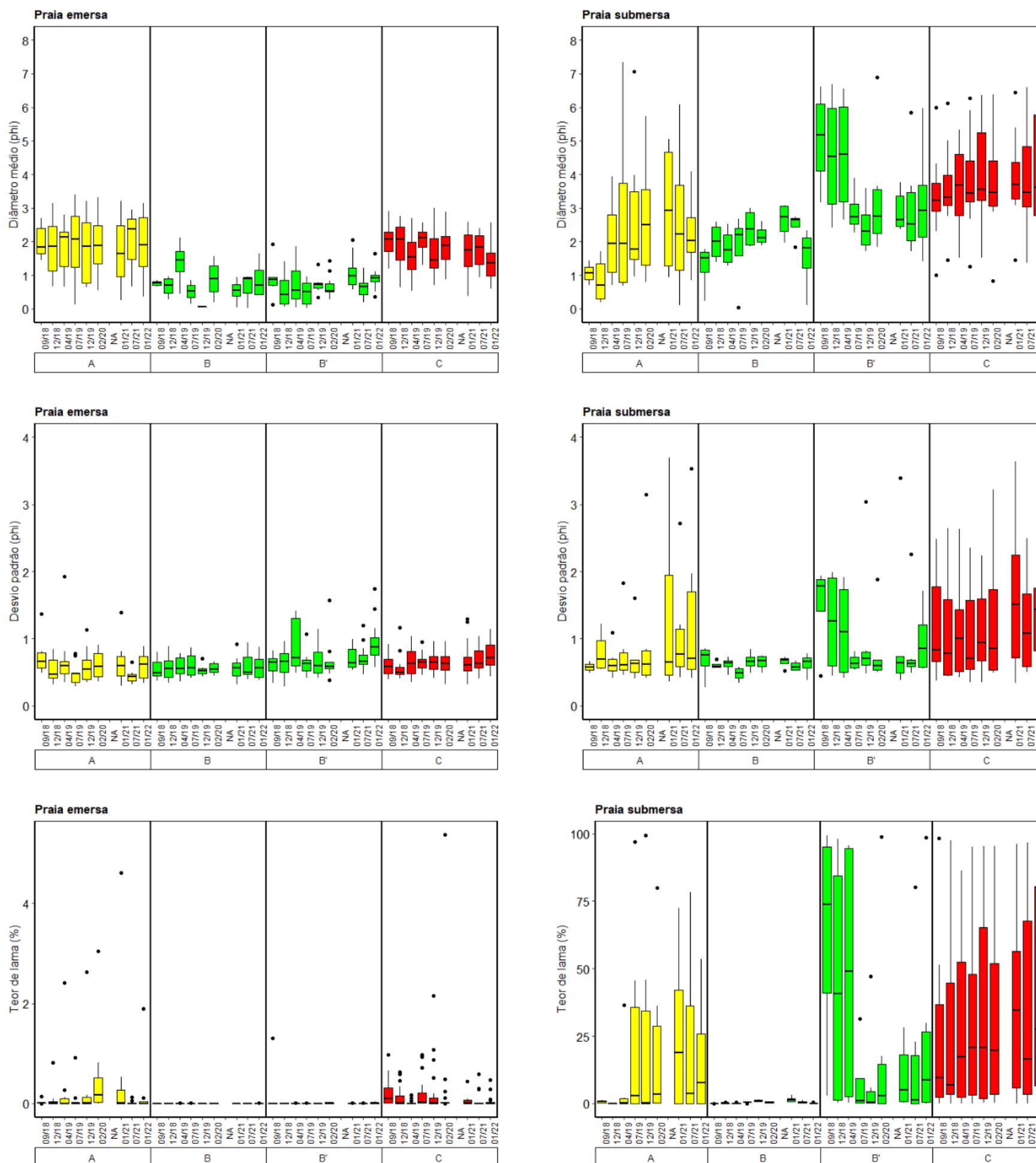


Figura 15: Caracterização composicional (carbonato de cálcio e minerais pesados) das areias superficiais das praias dos Compartimentos A, B, B' e C ao longo do monitoramento. A praia emergsa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. Os teores de carbonato se mostram mais variados dentro dos Compartimentos, comparado com os teores de minerais pesados. As praias emersas e antepraias do **Compartimento A** são compostas por areias biosiliciclásticas ($T_{\text{médio}} \text{carbonato} = 57,32\%$ e $63,66\%$) e com teor médio significativo, porém variado, de minerais pesados na praia emergsa ($T_{\text{médio}} = 2,28\%$, variando de 0,58 a 8,28%) e baixo teor na antepraia ($T_{\text{médio}} = 0,73\%$). Nas duas últimas campanhas (julho/2021 e janeiro/2022), os teores de carbonato na praia emergsa do Compartimento A apresentaram os maiores valores de todo o monitoramento (63,58% e 65,22%), ao passo que na praia submersa não houve grandes variações. O teor de minerais pesados da praia emergsa foi menor (0,58%) em relação às duas últimas campanhas de período chuvoso, janeiro/2021 (4,05%) e fevereiro/2020 (8,28%). As praias emersas dos Compartimentos B, B' e C são essencialmente siliciclásticas ($T_{\text{médio}} \text{carbonato} < 0,5\%$), com eventuais aumentos nos teores de carbonato na antepraia, associados à contribuição de sedimentos marinhos provenientes da plataforma continental ($T_{\text{médio}} = 8,28\%$, $5,53\%$ e $10,27\%$). As praias emersas do **Compartimento B** apresentam teores de minerais pesados quase nulos ($T_{\text{médio}} < 0,5\%$), enquanto as do B' apresentam alta variação temporal (entre 0,72 a 23,32%), ao mesmo tempo que na antepraia há uma tendência de aumento de minerais pesados para norte ($B=2,31\%$; $B'=9,15\%$). A antepraia do Compartimento B apresenta menor teor de carbonato (4,95%) em comparação com o último período chuvoso de janeiro/21 (15,01%). Na praia emergsa do Compartimento B', o teor de mineral pesado (3,74%) apresentou uma redução em comparação com o período chuvoso de janeiro/2021 (12,23%). As praias do **Compartimento C** apresentam, em geral, maiores e mais consistentes teores de minerais pesados, tanto na praia emergsa ($T_{\text{médio}} = 5,89\%$), quanto submersa ($T_{\text{médio}} = 9,15\%$). NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19.

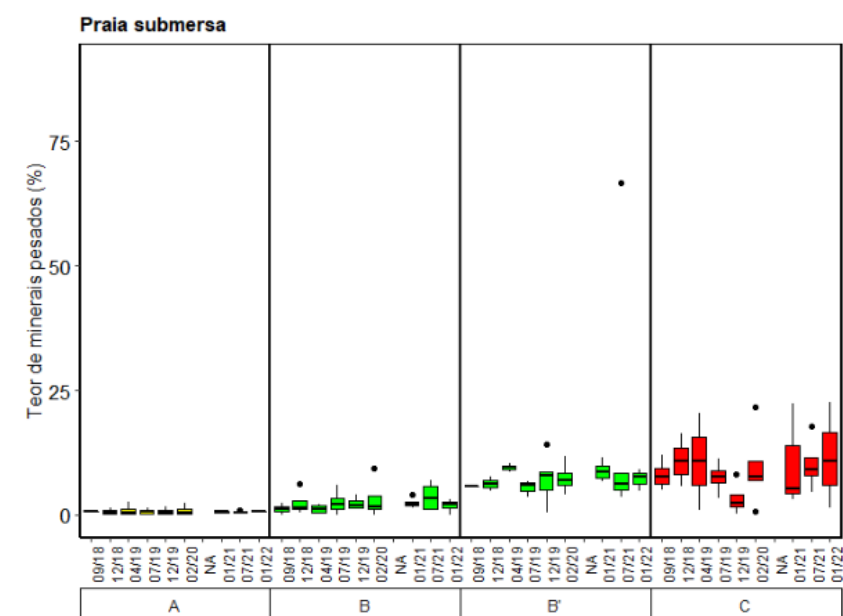
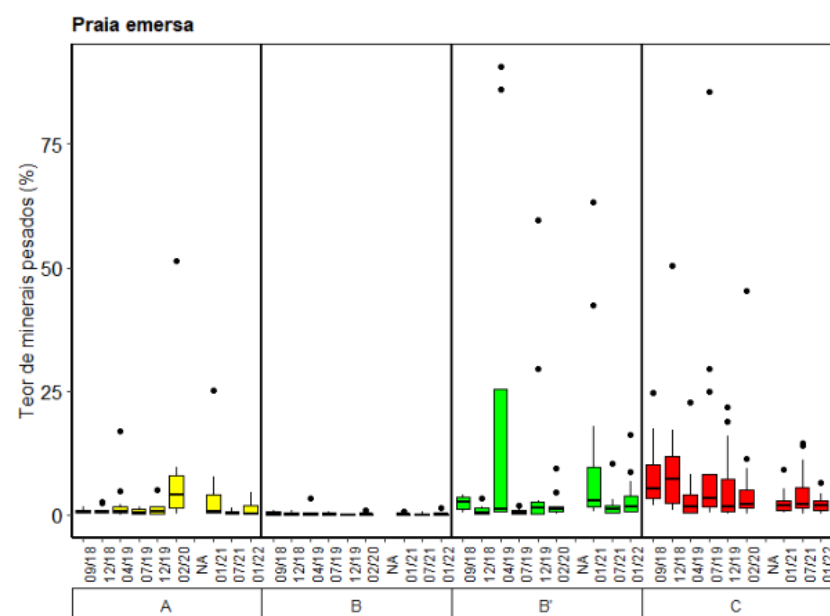
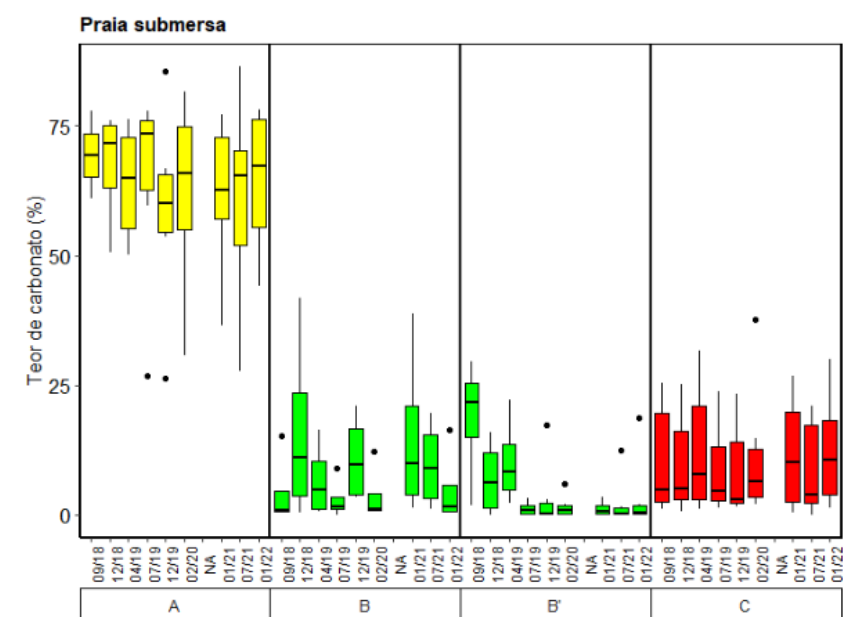
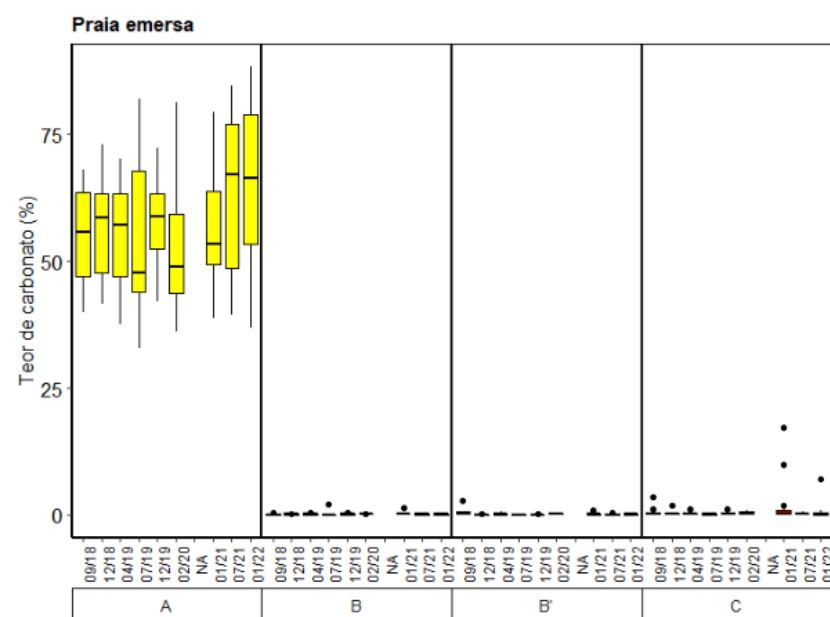


Figura 16: Caracterização física e química dos minerais pesados encontrados nos Compartimentos A, B, B' e C, nas praias emersas e submersas, ao longo do monitoramento. A praia emersa engloba as subestações berma, face superior, face inferior, e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. Os minerais ultraestáveis são os que menos variam dentro dos mesmos Compartimentos, enquanto os instáveis e ambos de baixa e alta densidade, possuem eventuais variações. Os teores de minerais pesados demonstrados nesta figura são relativos aos teores totais da figura 15. Em relação à densidade dos grãos, há uma tendência geral de diminuição dos minerais pesados mais densos e aumento dos menos densos em direção à norte da desembocadura. Em relação à estabilidade química, os instáveis são mais presentes em todos Compartimentos, com tendência de aumento em direção ao Compartimento C, enquanto os ultraestáveis apresentam teores sempre mais baixos, porém com altos teores eventualmente. No **Compartimento A**, há altos valores relativos de minerais pesados de maiores densidades ($T_{\text{médio}} = 44,89\%$) em comparação com menores valores de menores densidades ($T_{\text{médio}} = 19,89\%$), enquanto em relação à estabilidade, apresenta o menor valor relativo de minerais instáveis ($T_{\text{médio}} = 31,70\%$) e alta variação dos ultraestáveis (entre 0,38 a 31,34%). Os **Compartimentos B e B'** apresentam teores relativos intermediários (em comparação com o Compartimento A e C) de minerais pesados mais densos ($T_{\text{médio}}B = 25,54\%$; $B' = 29,15\%$) e menos densos ($T_{\text{médio}}B = 24,54\%$; $B' = 28,73\%$), e também em relação à estabilidade, com teores intermediários de minerais instáveis ($T_{\text{médio}}B = 55,22\%$; $B' = 50,93\%$), porém com altas variações no B (entre 0 e 38,72%) e maior constância no B' (entre 0,95 e 8,64%). O **Compartimento C**, em contraste com o Compartimento A, apresenta menores valores relativos de minerais pesados mais densos ($T_{\text{médio}} = 12,42\%$) e maiores valores de menos densos ($T_{\text{médio}} = 52,70\%$), enquanto em relação à estabilidade, é o compartimento que apresenta maiores teores relativos de minerais instáveis ($T_{\text{médio}} = 65,04\%$) e menores teores e menos variados de ultraestáveis ($T_{\text{médio}} = 2,17\%$). Nota-se nesta campanha chuvosa (janeiro/2022), que houve um aumento relativo dos minerais pesados menos densos (62,16%) e instáveis (80,80%) no Compartimento C, sugerindo o que se pode estar associado em um aporte recente do Rio Doce transportado para porção norte da planície deltaica, em relação à valores da campanha chuvosa passada de janeiro/2021 (menos densos = 57,04% e instáveis = 63,23%). Minerais pesados com densidade superior a 4 g/cm³ são: zircão, rutilo, monazita e minerais opacos. Minerais pesados com densidade inferior a 3,5 g/cm³ são: anfibólio, turmalina, silimanita e epidoto. Minerais ultraestáveis são: zircão, turmalina e rutilo. Minerais instáveis: anfibólio e epidoto. NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19.

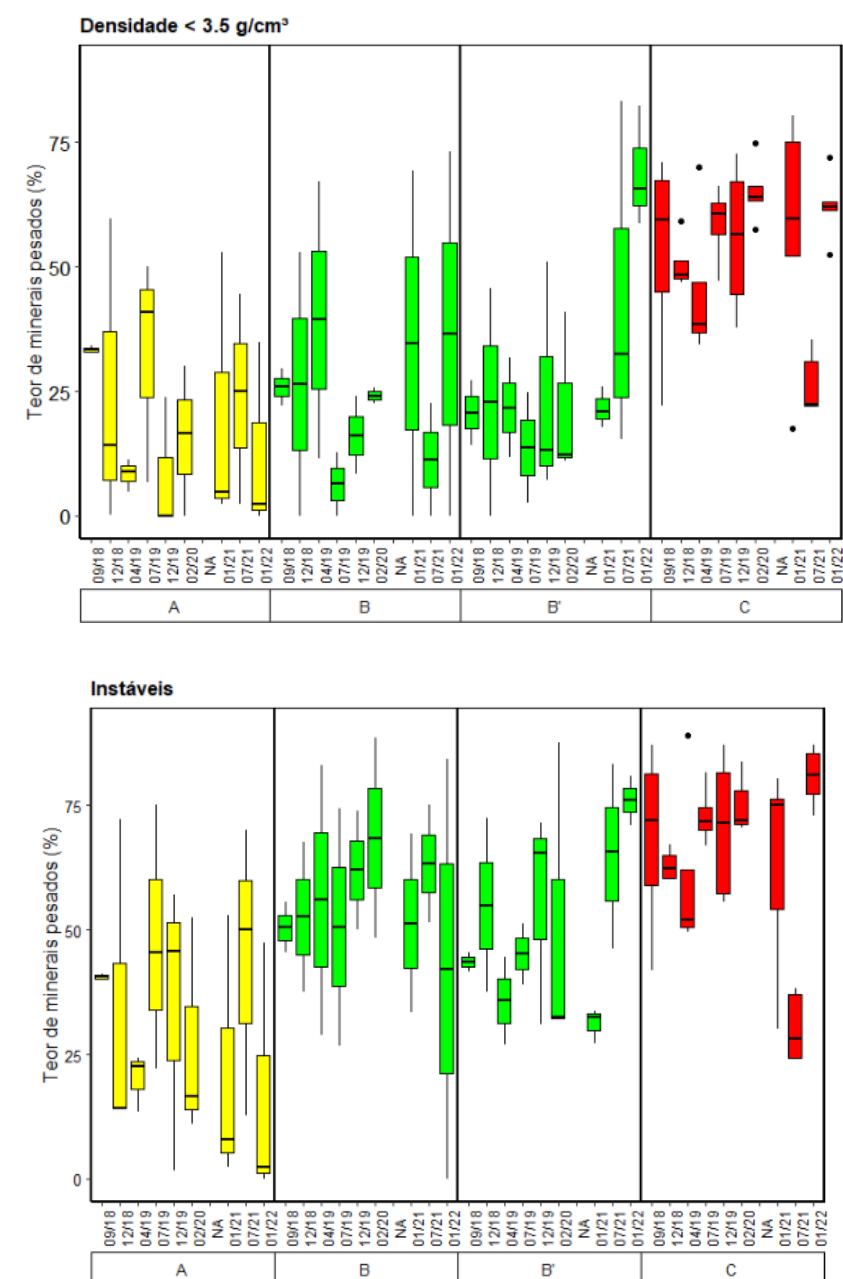
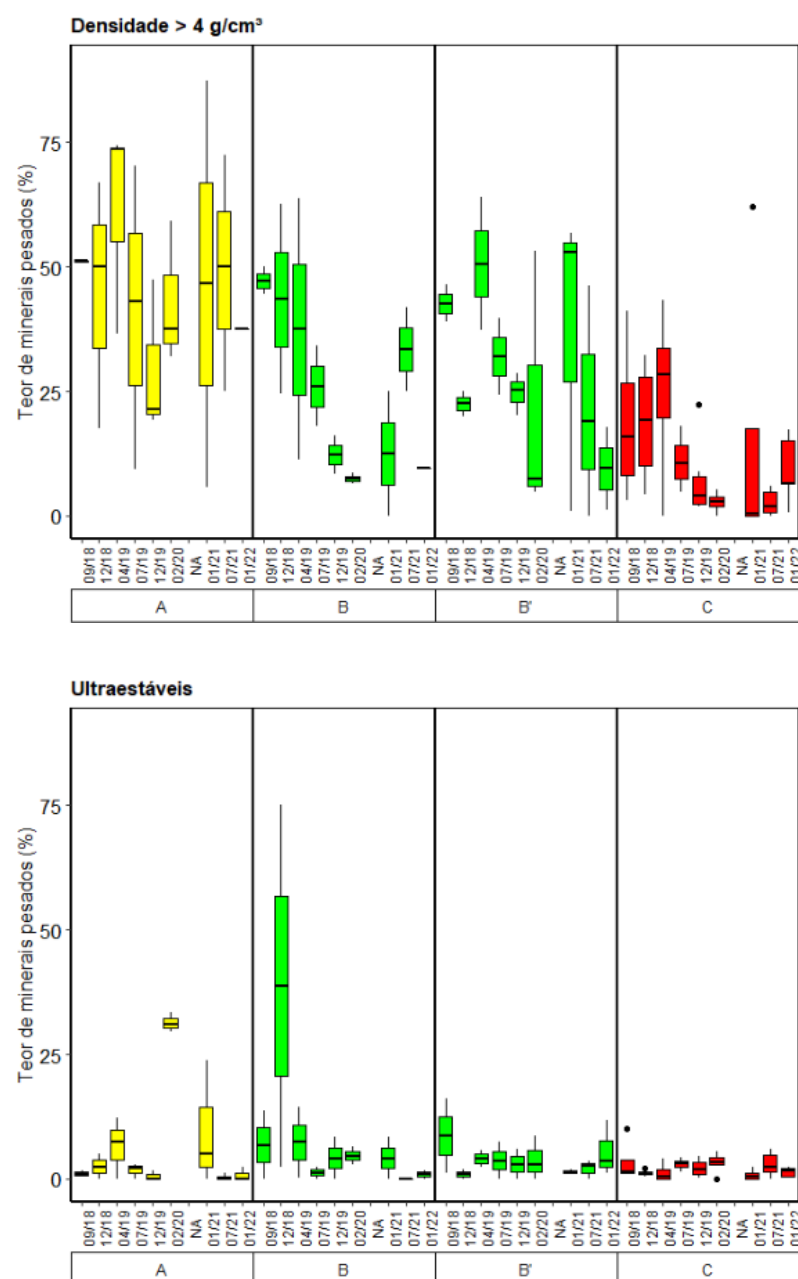


Figura 17: Caracterização granulométrica das areias superficiais nas profundidades de 5 e 10 m nas praias dos Compartimentos A, B, B' e C ao longo do monitoramento. A praia emergsa engloba as subestações berma, face superior, face inferior e antepraia rasa e a praia submersa (antepraia) refere-se as isóbatas de 5 m e 10 m. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. As praias do Compartimento A apresentam eventuais variação dos valores nas isóbatas de 5 e 10m, enquanto o Compartimento B quase não apresenta variação e os Compartimento B' e C apresentam pouca variação nas isóbatas de 5m e maiores nas de 10m. Nas praias do **Compartimento A**, as areias finas estão presentes na profundidade de 5m ($DM = 2,572 \phi$) e 10m ($DM = 2,070 \phi$), com eventuais teores de silte, associado à elevados teores de lama ($T_{\text{médio}} 5m = 19,15\%$; $10m = 14,19\%$) e pobre grau de seleção. Este sedimento tem sido observado entre as rugosidades dos terraços de abrasão, provavelmente associados às cargas de estuários próximos. Este compartimento apresentou uma redução do teor de lama, em cerca de 15%, em relação ao período chuvoso anterior de janeiro/2021 na profundidade de 5m. Nas praias dos **Compartimentos B** há presença de areias médias a finas na profundidade de 5m ($DM = 1,997 \phi$) associadas ao pobre a muito pobre grau de seleção e 10m ($DM = 2,047 \phi$) com bom selecionamento, enquanto os teores de lama são $<1\%$ em ambas profundidades. Nas praias do **Compartimento B'**, há uma tendência de afinamento do sedimento, devido ao aumento no teor de lama da profundidade de 5m ($DM = 2,70 \phi$; $T_{\text{médio}} = 6,19\%$) em comparação com a profundidade de 10m ($DM = 4,406 \phi$; $T_{\text{médio}} = 48,39\%$). As praias do **Compartimento C** apresentam também um afinamento dos sedimentos e maior teor de lama, quando comparadas as profundidades de 5m ($DM = 3,230 \phi$; $T_{\text{médio}} = 12,59\%$), e de 10 m ($DM = 4,239 \phi$; $T_{\text{médio}} = 53,08\%$). Nas praias do Compartimento B' e C, sedimentos lamosos foram observados preferencialmente na profundidade de 10 m, associados à contribuição fluvial e às condições de menor energia no ambiente deposicional. NA: período não amostrado devido à pandemia da Covid-19.

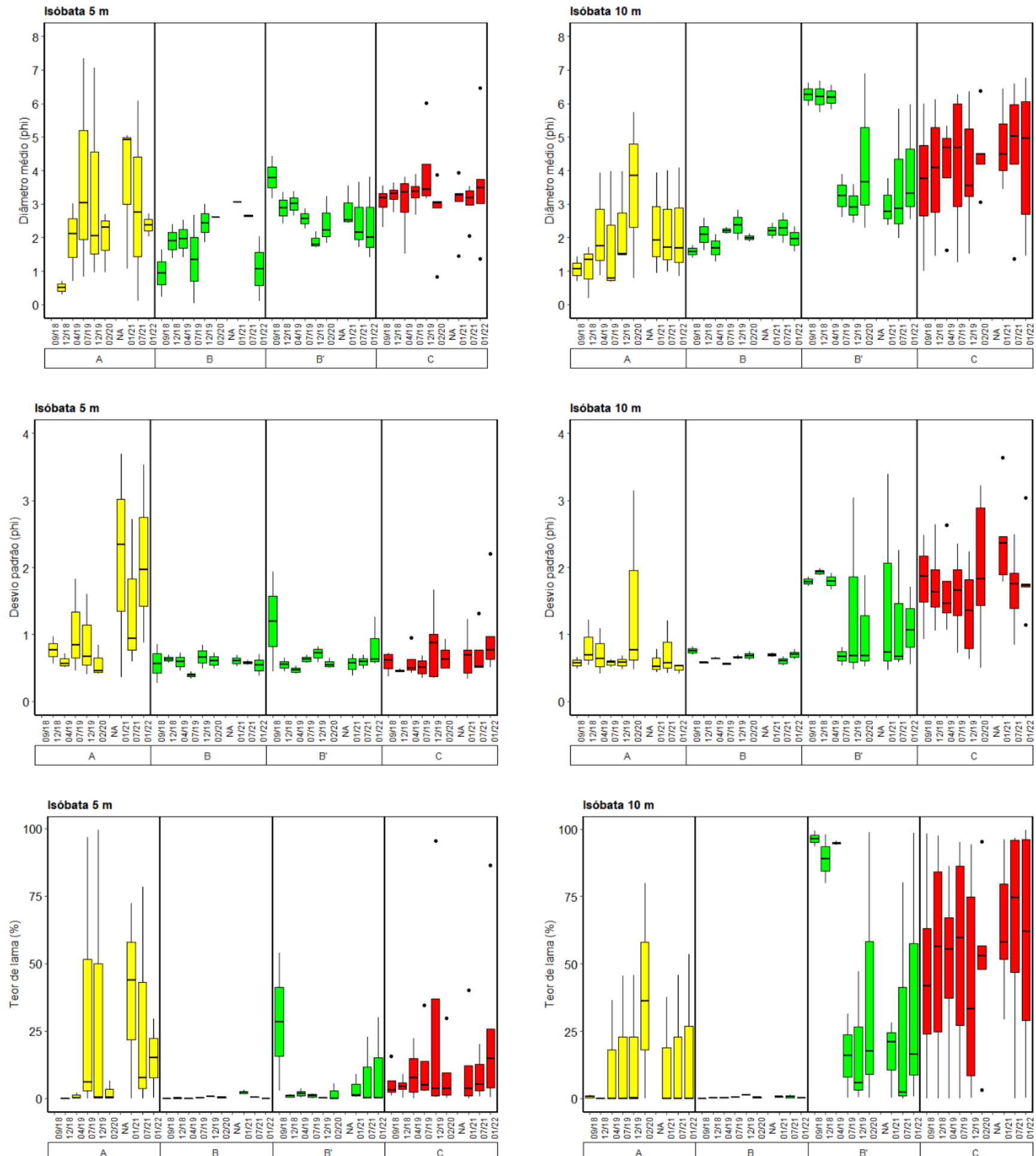
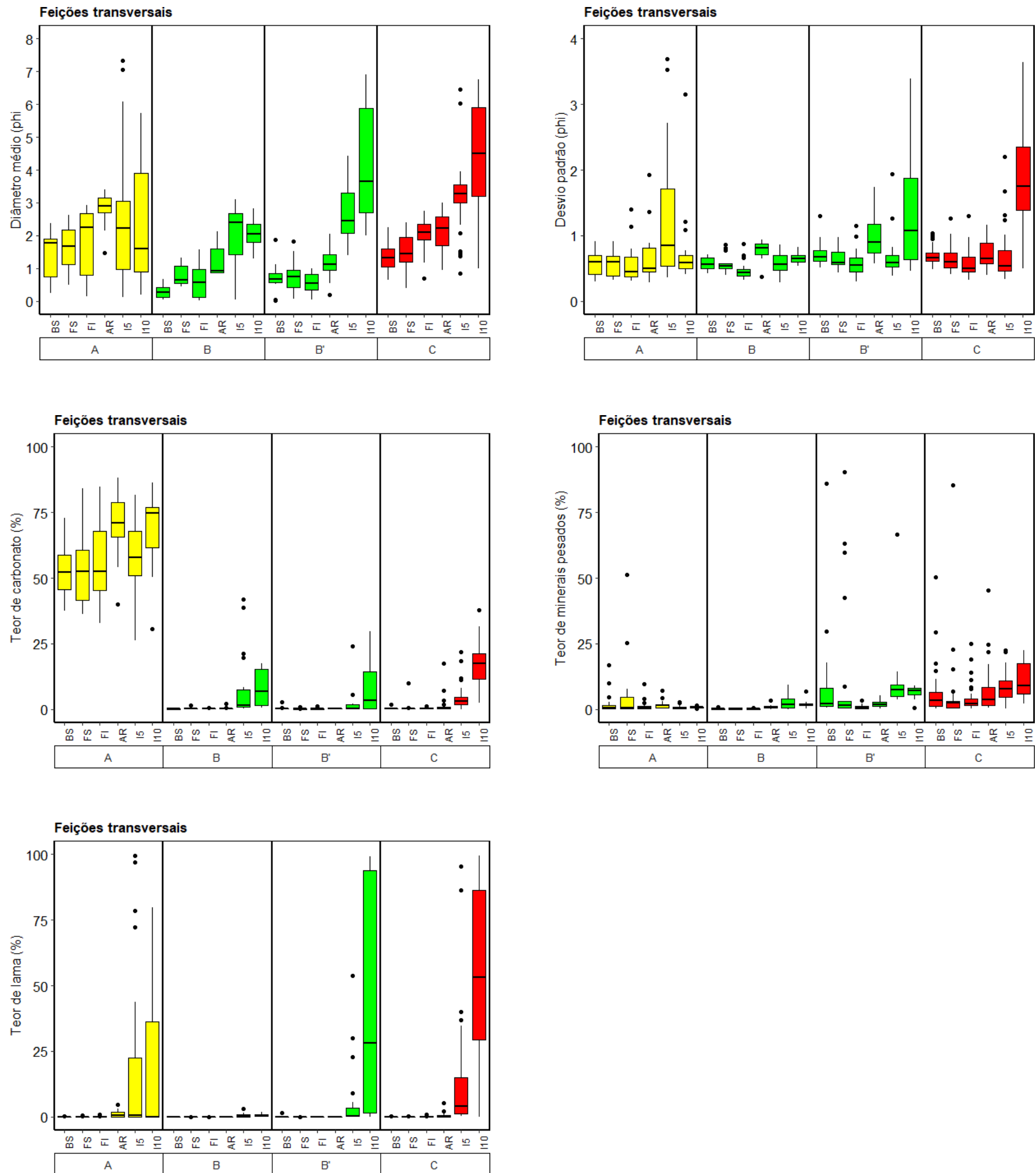


Figura 18: Caracterização transversal dos perfis praias quanto à composição e à granulometria das areias das praias dos Compartimentos A, B, B' e C. Dados referentes a uma média de todo período de monitoramento para cada feição de cada Compartimento. A extensão vertical do box-plot representa a variação de valores referentes às praias que compõe cada Compartimento. As maiores variações de valores para cada parâmetro estão nas antepraias de cada Compartimento, que engloba as isóbatas de 5 e 10 m, o que pode estar associado à presença/ausência de lama na antepraia de determinadas estações dentro de um mesmo Compartimento. O padrão observado ao longo da área monitorada é justificado pelas principais fontes sedimentares, bem como pelo estreitamento dos perfis praias recorrentes processos de inundação. Sedimentos com menores diâmetros granulométricos e maiores concentrações de teores de lama são encontrados na antepraia, principalmente na isóbata de 10 m, onde a baixa energia hidrodinâmica possibilita a sedimentação do material lamoso. Em conjunto, as antepraias estão associadas aos maiores valores de desvio padrão – pobre grau de seleção – em todos os Compartimentos, exceto no B, que apresenta teor de lama insignificativo ao longo de todo perfil, apresentando um sedimento mais selecionado. Os sedimentos carbonáticos apresentam alto teor no Compartimento A, com distribuição ao longo de todo o perfil, com maiores concentrações na região da antepraia rasa e antepraia, associados à presença de terraços de abrasão. Estes sedimentos também estão presentes nos demais compartimentos, mas limitados nas antepraias, principalmente na isóbata de 10 m, associados à contribuição de sedimentos da plataforma adjacente. Os minerais pesados, que se apresentam mais abundantes no Compartimento C, se concentram preferencialmente na antepraia rasa e antepraia, com maiores teores na isóbata de 10 m. em BS:berma superficial; FS: face superior; FI: face inferior; AR: antepraia rasa; I5: isóbata de 5 m; I10: isóbata de 10m.



2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters.

Journal of Sedimentary Research, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

UDDEN, J.A. Mechanical composition of clastic sediments. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 25, p. 655-744, 1914.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v.30, p. 377-392, 1922.