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

Material Suplementar Ambiente Marinho

Tema: Ictioplâncton

RT- 55/OUT26

RA2025 PMBA/FEST-UFES

Vitória,

Outubro de 2026

EQUIPE TÉCNICA

Ana Cristina Teixeira Bonecker (coordenadora)

Cristina de Oliveira Dias

Márcia Salustiano de Castro

Mariana Muguet Julio

Ana Carolina Fontoura Valente

Fabiana Teixeira Bonecker

Luiz Manoel Cosenza

Cláudio de Souza Ressur

SUMÁRIO

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL....4

2 METODOLOGIA....4

2.1 COLETA....4

2.2 ANÁLISE....6

2.3 TRATAMENTO DOS DADOS....7

2.4 HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS....8

3 RESULTADOS DOS INDICADORES....9

3.1 DENSIDADE DE OVOS DE PEIXES....10

3.2 VIABILIDADE DOS OVOS DE PEIXES....34

3.3 DENSIDADE, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE LARVAS DE PEIXES....36

3.4 INTEGRIDADE MORFOLÓGICA DAS LARVAS DE PEIXES....66

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ANOS DE MONITORAMENTO ACERCA DOS INDICADORES OBSERVADOS E O AMBIENTE MONITORADO....83

5 ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS....85

6 REFERÊNCIAS....85

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

A malha e frequência amostrais do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA/Fest-UFES) passaram por modificações ao longo do tempo, visando seu aperfeiçoamento para atendimento aos objetivos do Programa. Estas alterações foram orientadas pela Câmara Técnica da Biodiversidade (CTBio) e aprovadas pelo Comitê Interfederativo (CIF), por meio de: (1) Ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 (para o período de transição), (2) Proposta Técnica de continuidade do monitoramento, apresentadas e aprovadas em 2022, visando o "Novo Ciclo do PMBA/Fest-UFES" e (3) Ofício SEI Nº 32/2024/CTBio/DIBIO/ICMBio, Nota Técnica nº 1/2024-CTBio/DIBIO/ICMBio e Deliberação CIF nº 803, de 08 de agosto de 2024.

As modificações implementadas encontram-se nos seguintes Materiais Suplementares, os quais contemplam todo o período de execução do PMBA/Fest-UFES: 1) MS – Malha amostral, que apresentam as estações amostrais executadas ao longo do tempo por todos os Anexos/Temas, separados por cada marco temporal histórico mencionado acima ("Ano 1", "Transição", "Novo Ciclo" e "Deliberação 803"); 2) Frequência amostral, o qual contempla o histórico da periodicidade amostral (seguindo os mesmos Anexos/Temas contemplados no item 1) e 3) MS – Mapas históricos das malhas amostrais, que apresenta os mapas das malhas amostrais (incluindo as estações) executadas por todos os Anexos/Temas.

Segue o detalhamento temporal, como forma de esclarecer a execução dentro dos marcos históricos: "Ano 1" (setembro de 2018 e setembro de 2019); "Transição" (outubro de 2019 e julho de 2022); "Novo Ciclo" (agosto de 2022 a setembro de 2024) e "Deliberação 803" (outubro de 2024 a março de 2026). O grupo da Ecotoxicologia é uma exceção a esta historicidade, pois iniciou a amostragem referente ao "Novo Ciclo" em janeiro de 2023 e segue com a "Deliberação 803", na periodicidade já informada.

2 METODOLOGIA

A metodologia apresentada contempla o escopo em vigência no momento de entrega deste relatório, ou seja, as amostragens e análises previstas para o Novo Ciclo do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática – PMBA/Fest-UFES submetidas à Fundação Renova através do FORMULÁRIO DE APRESENTAÇÃO DE PLANO DE TRABALHO em agosto de 2022 (e dezembro de 2022 para o Tema Ecotoxicologia) e na Deliberação CIF nº 803, de 08 de agosto de 2024. Após a descrição da metodologia implementada, será apresentado um breve descritivo sobre as modificações metodológicas (parâmetros, análise de parâmetros ou grupo de parâmetros, dentre outros) que ocorreram ao longo da evolução do PMBA/Fest-UFES a fim de determinar os indicadores.

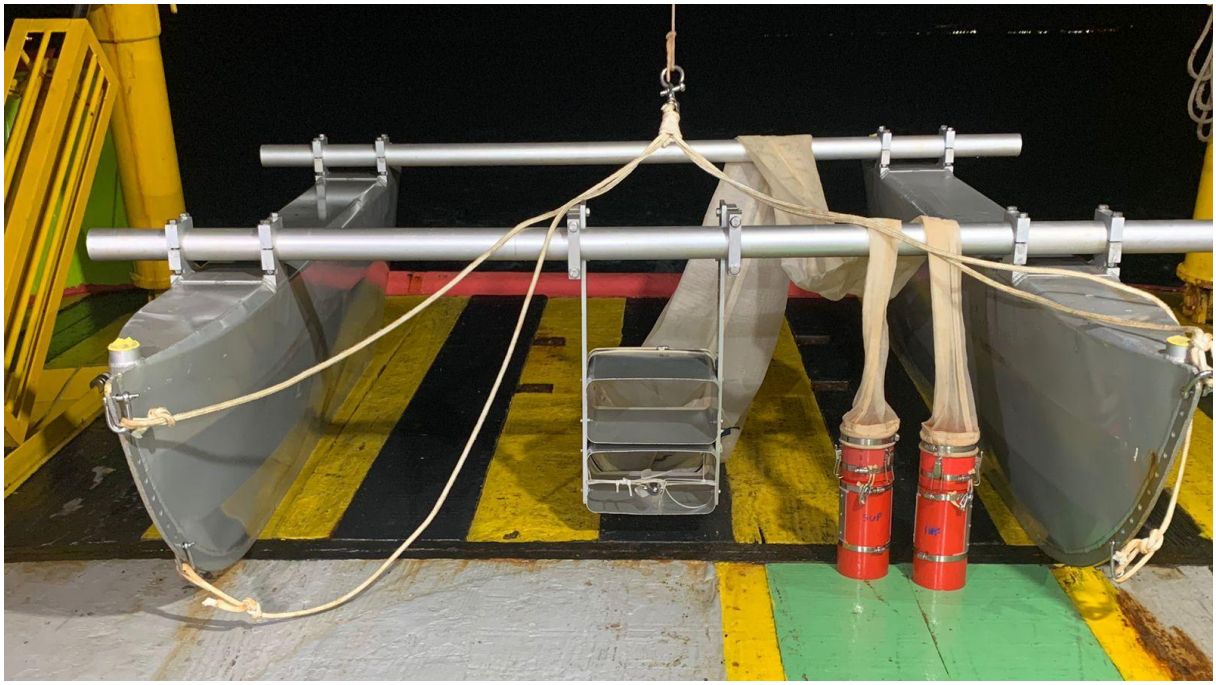
2.1 COLETA

O ictioplâncton estudado é proveniente das amostras coletadas, preferencialmente, durante o período noturno, contemplando dois estratos da coluna d'água: a superfície e a coluna d'água subsuperficial.

Para isso, foram utilizadas as redes de nêuston e bongô, ambas com malhagem de 500 µm. Em cada rede foram acoplados fluxômetros, previamente aferidos, para o cálculo do volume de água filtrada.

A rede neustônica é constituída por duas redes de 4 m de comprimento presas a duas bocas retangulares de 15 cm de altura por 30 cm de largura cada, sustentadas por uma armação tipo catamarã, sendo arrastadas horizontalmente (Figura 1). A rede superior fica na interface emersa e submersa capturando os organismos das camadas superficiais (0~15 cm de profundidade), enquanto a rede inferior fica totalmente submersa durante todo o tempo, coletando os organismos das camadas subsuperficiais (15~30 cm de profundidade). As amostras foram denominadas de superior e inferior e como os dados dessas duas amostras (camadas superficiais e subsuperficiais) foram somados, esses dois estratos são referidos como superfície ao longo do texto.

Figura 1: Rede neustônica utilizada nas amostragens subsuperficiais do ictioplâncton.



A rede bongôé formada por duas redes cônico-cilíndricas, com 60 cm de diâmetro, 250 cm de comprimento, 50 cm da parte cilíndrica (material não filtrante) e 200 cm da parte filtrante (Figura 2). As amostras de cada arrasto foram denominadas de bongô A e bongô B.

Os procedimentos de coleta, tanto com a rede de nêuston quanto com a rede bongô, foram realizados de acordo com o descrito por Smith e Richardson (1977).

Figura 2: Rede bongô utilizada nos arrastos noturnos do ictioplâncton.



A velocidade dos arrastos das duas redes foi de 2 nós, com duração média de 10 minutos. Logo após a coleta, as amostras foram fixadas em solução de formaldeído diluído a 4% e tamponado com tetraborato de sódio à razão de 20 $g.L^{-1}$.

2.2 ANÁLISE

Os ovos e larvas de peixes foram totalmente triados das amostras das redes neustônica e bongôsob microscópio estereoscópico. Nas amostras em que havia uma grande quantidade de ovos de peixes foi realizado o fracionamento com auxílio do FolsomPlanktonSampleSplitter (Hidrobios®) (MCEWEN*et al.*, 1954). Os ovos de peixes foram preservados em solução de formaldeído tamponado a 4% e as larvas de peixes foram preservadas em álcool 70%, com exceção das larvas do grupo *leptocephali* que foram preservadas em formaldeído tamponado a 4%.

O volume de água filtrada pela rede foi padronizado em indivíduos por metro cúbico de água filtrada ($ind.m^{-3}$) e estimado através da fórmula: V=a.n.c

Onde: V= volume de água filtrada (m^3); a= área da boca da rede; n= número de rotações (rot); e, c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho.

A abundância de ovos e larvas coletadas ($ind.100\ m^{-3}$) foi extrapolada para um volume padrão utilizando-se a fórmula: $y = (x.V^{-1})$

Onde: y = densidade de ovos ou larvas de peixes; x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra; e, V = volume de água filtrada pela rede (m^3).

A identificação do ictioplâncton foi realizada até o menor nível taxonômico possível, utilizando alguns parâmetros merísticos e morfométricos, com auxílio de microscópio estereoscópico. Foi utilizada bibliografia especializada, tais como: Richards (2006), Bonecker e Castro (2006), Bonecker*et al.*(2014),

entre outros. As larvas vitelínicas e/ou danificadas permaneceram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes foi baseado na classificação de Nelson *et al.* (2016). Todos os nomes dos táxons identificados nesse estudo foram conferidos em Fricke*et al.* (2026).

2.3 TRATAMENTO DOS DADOS

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona a frequência relativa de diferentes espécies na amostra podendo alcançar valores altos quando todas as espécies se distribuem homogeneamente na amostra (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Porém, em amostras com baixo número de táxons, para as quais os índices de diversidade absoluta apresentam geralmente valores artificiais, é importante associar o Índice Relativo de Equitabilidade na interpretação ecológica dos resultados. Esse índice varia entre 0 (equitabilidade é mínima) e 1 (equitabilidade é máxima). Para o cálculo desses índices foram considerados os indivíduos identificados até o nível taxonômico de espécie e as demais categorias que representavam apenas um táxon (WU, 1982).

Os dados de densidade de ovos e larvas de peixes e de diversidade foram testados quanto à normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk's. O teste parte da hipótese nula (H0) considerando a distribuição dos dados ser normal. Se o valor de *p* é menor que o nível estabelecido (5%), então tem indícios para descartar a normalidade dos dados, passando a se utilizar análises não paramétricas (ZAR, 2010).

O teste não paramétrico de Mann-Whitney (U) (ZAR, 2010) foi usado para verificar a existência de diferenças entre a rede de nêuston superior e inferior, e como não houve diferença as abundâncias foram somadas. As amostras da rede bongô foram consideradas réplicas e foi utilizada a média dos resultados de abundância obtidos em cada estação de coleta. Os valores de *p* inferiores a 0,05 foram considerados significativos em todas as análises.

O teste de Kruskal-Wallis (H) (ZAR, 2010) foi usado para avaliar a existência de diferenças entre os quatro setores (APA Costa das Algas, Foz do rio Doce, Norte e Abrolhos) e entre todo período de monitoramento. O teste de Mann-Whitney (ZAR, 2010) foi utilizado para a comparação entre os períodos seco e chuvoso. Os testes de Shapiro-Wilk's, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis foram realizados no Programa estatístico Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

Gráficos de tendência dos dados de densidade e diversidade de espécies foram gerados, com o objetivo de visualizar e interpretar padrões temporais ao longo do monitoramento. Os gráficos foram construídos com base em diagramas de dispersão, aos quais foi adicionada uma linha de tendência para representar a relação entre o tempo e a variável resposta. Os eixos representam o tempo (anos) no eixo x e a variável resposta no eixo y. Para destacar potenciais tendências não lineares nas séries temporais, uma curva de suavização foi ajustada utilizando o método LOESS (*Local PolynomialRegressionFitting*). A suavização foi aplicada com um intervalo de confiança de 95%, permitindo a identificação de padrões gerais no comportamento dos dados ao longo do tempo.

Realizou-se análise de curva cumulativa de espécies para as amostras coletadas na superfície e na coluna d'água pelos métodos de Chao1, Chao2, Jackknife1, Jackknife2 e Bootstrap. O estimador Chao

1 leva em consideração principalmente o número de espécies raras na amostra, focando em duas categorias específicas baseadas na abundância dos indivíduos: espécies representadas por apenas um único indivíduo na amostra; e espécies representadas por exatamente dois indivíduos na amostra. O estimador Chao 2 é usado para estimar a riqueza real total de espécies em uma comunidade, baseando-se em dados de presença/ausência. Ele calcula quantas espécies provavelmente não foram detectadas durante a amostragem. O estimador Jackknife 1 é um estimador estatístico muito utilizado na ecologia para prever a riqueza total de espécies de uma comunidade. O estimador de riqueza Jackknife 2 (muito utilizado em ecologia e inventários de biodiversidade) leva em consideração a riqueza de espécies observada e a proporção de espécies raras. O método estatístico Bootstrap (ou reamostragem) avalia a precisão e a variabilidade de estimativas.

A proposta dessas curvas é que elas representam o número de espécies identificadas, plotadas em um gráfico que nos indique qual foi a quantidade de esforços empregados para se inventariar uma área (COLWELL e CODDINGTON, 1994). Através da observação desta curva é possível fazer uma previsão de quantas espécies ainda podem vir a ser encontradas na área de estudo, comparando com levantamentos pretéritos.

Foram realizadas análises para verificar se havia diferença significativa na composição das assembleias de larvas de peixes em relação aos setores, em todo período de monitoramento e os dois períodos de estudo (seco e chuvoso): análise de similaridade (ANOSIM) e o procedimento de porcentagem de similaridade (SIMPER), para identificar aquelas espécies que mais contribuíram para as similaridades (CLARKE e WARWICK, 1994). Os dados de abundância das espécies ictioplanctônicas foram transformados através da expressão log (x+1), para diminuir as variações entre as abundâncias dos táxons mais numerosos e os mais raros. Foi utilizada a distância de Hellinger para as análises de similaridade (ANOSIM). O coeficiente de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para a análise de SIMPER pois é considerado robusto, uma vez que não é afetado pelas múltiplas ausências e confere mais peso às espécies mais abundantes em relação às mais raras (CLARKE e WARWICK, 1994). Utilizou-se o teste com esquema de uma via (que considera apenas um fator) com 999 permutações. A correlação é considerada significativa quando o nível de significância for menor que 5%. As análises de curva cumulativa de espécies, ANOSIM e SIMPER foram realizadas no programa estatístico Primer, versão 6 (Primer-ELtda).

2.4 HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES E ADAPTAÇÕES DE METODOLOGIAS

Não houve modificações na metodologia utilizada para o Tema Ictioplâncton ao longo do período de monitoramento do PMBA/Fest-UFES. Após oito anos de estudo foi possível fazer uma análise temporal mais longa e observar possíveis tendências da distribuição da densidade de ovos de peixes, densidade de larvas de peixes e diversidade de larvas de peixes. Dessa forma, foram incorporados análises gráficas de tendência temporal.

3 RESULTADOS DOS INDICADORES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática do Tema, os quais foram desenvolvidos pelo PMBA/Fest-UFES e obtidos ao longo de todo monitoramento na área ambiental I. Vale ressaltar que, os indicadores aqui apresentados têm como propósito clarificar e sintetizar a historicidade dos resultados, interpretação e conclusões do monitoramento, promovendo o acompanhamento espaço-temporal da qualidade ambiental e biodiversidade, além de configurarem importantes ferramentas de suporte aos gestores ambientais. A partir destes indicadores, pode-se identificar os impactos com relação direta ou indireta ao rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG).

Os indicadores do PMBA/Fest-UFES vêm se consolidando ao longo do monitoramento e, seguindo a proposta estabelecida desde o Relatório Anual de 2022 (RA2022), a apresentação dos resultados será exclusivamente a partir da apresentação dos indicadores, acompanhados de legenda estendida com a explicação de sua variação espaço-temporal de forma mais direta e objetiva.

Para o presente relatório, vale considerar que, durante a campanha amostral de abril de 2025, foi registrada atividade contínua de transporte e disposição de material dragado entre o canal de acesso da Portocel e uma área de despejo situada a aproximadamente 360 m da estação SDS19. Diante da possibilidade de interferência sobre as condições ambientais e os resultados do monitoramento, a FEST encaminhou ao IEMA o Ofício CE GP nº 173/2025 (05 de agosto de 2025), sendo respondida por meio do Ofício nº 056/2025-DT/IEMA (27 de agosto de 2025), que confirmou o histórico de utilização da região para atividades de dragagem e disposição de sedimentos desde o ano 2000. Posteriormente, no Ofício CE GP nº 24/2026 (20 de março de 2026), a FEST oficializou as alterações relevantes encontradas nos resultados da estação SDS19.

Considerando o comportamento discrepante observado nos resultados da estação SDS19, a possível influência das atividades de dragagem e a necessidade de garantir um tratamento homogêneo entre os Temas do Ambiente Marinho do PMBA/Fest-UFES, cujos resultados também contemplam essa estação, a Coordenação do Ambiente Marinho deliberou pela desconsideração dos dados da SDS19 obtidos a partir de abril de 2025 no RA2025. Essa medida visa preservar a consistência metodológica e a comparabilidade das análises.

3.1 DENSIDADE DE OVOS DE PEIXES

Tabela 1: Densidade de ovos de peixes (ovos.100 m^{-3}) coletados na superfície em cada estação nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024),Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. São apresentados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão em cada Setor e cada campanha. Os traços em algumas estações significam que as mesmas não foram realizadas devido às condições do mar. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Na campanha Emergencial só foram realizadas coletas no Setor Foz. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19.

	Ano 1				Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
CA1	7,08	2,94	28,43	119,05	688,63	403,33	-				126,73	1609,35	62,95
CA2	181,54	373,59	76,49	4,83	449,80	120,50	-				592,28	927,27	489,01
CA3	32,87	-	240,80	41,06	152,80	132,76	-				919,92	1709,34	438,18
CA4	8,57	151,63	21,95	25,07	2410,41	23,85	-				762,23	150,72	125,54
CA5	68,21	308,22	1499,63	188,16	197,71	688,40	-				216,23	64,99	291,14
CA6	-	5,00	30,76	62,79	81,17	80,94	-				71,68	879,44	124,31
CA7	-	9,63	207,50	37,24	3750,38	206,38	-				241,47	830,66	102,33
CA8	45,00	237,95	49,39	37,37	218,92	58,98	-				761,97	2076,70	86,64
CA9	34,84	54,84	1777,74	16,40	145,34	42,00	-				331,13	3604,35	121,03
CA10	139,62	66,55	42114,28	188,66	-	-	-				-	-	-
CA11	-	27,94	255,25	64,42	-	-	-				-	-	-
CA12	-	28,07	33325,39	38,52	-	-	-				-	-	-
CA13	102,19	-	396,40	81,16	209,87	116,14	-				490,00	663,70	777,10
CA14	35,93	-	72,25	91,46	-	-	-				-	-	-
CA15	-	35,86	82,55	126,48	70,82	63,40	-				533,47	1419,57	210,74
média	65,59	108,52	5345,25	74,84	761,44	176,06	-				458,83	1266,92	257,18
desvio	57,99	129,08	13259,43	57,98	1198,39	200,05	-				283,46	998,29	224,60
mínimo	7,08	2,94	21,95	4,83	70,82	23,85	-				71,68	64,99	62,95
máximo	181,54	373,59	42114,28	188,66	3750,38	688,40	-				919,92	3604,35	777,10

	Ano 4				Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
CA1		2110,43	154,93	236,88	28,59	170,92	201,34	208,49	312,19	117,37	1416,65	288,20
CA2		40,30	1623,53	330,70	223,16	65,17	8618,84	330,23	-	88,00	449,98	25248,95
CA3		60,06	222,18	125,71	-	1631,66	90,17	306,59	227,82	432,04	22,75	58,68
CA4		34,49	79,17	213,80	-	295,75	43,93	-	482,00	1082,62	10,90	14,00
CA5		53,77	3639,53	280,84	4401,42	272,97	1724,63	605,84	-	261,83	85,40	841,16
CA6		105,74	0,00	87,53	272,05	85,15	170,29	-	483,54	141,08	70,46	25,31
CA7		2024,26	216,17	81,02	-	94,41	239,63	-	538,55	-	33,56	-
CA8		39,09	236,08	141,44	216,62	327,97	3554,17	342,62	-	84,46	1123,00	657,76
CA9		73,94	451,64	183,63	300,02	152,19	1774,86	510,07	126,22	70,42	467,26	1501,02
CA10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA13		81,82	391,72	418,46	1115,74	384,18	5823,18	851,23	-	245,39	534,92	1008,64
CA14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA15		218,05	111,46	119,52	260,50	233,81	308,01	376,81	296,14	2034,31	23,76	63,16
média		440,18	647,86	201,78	725,13	337,65	2049,92	441,49	352,35	455,75	385,33	2970,69
desvio		806,35	1087,06	107,41	852,26	441,91	2845,32	206,48	152,81	632,66	485,41	7844,04
mínimo					28,59	65,17	43,93	208,49	126,22	70,42	10,90	14,00
máximo					4401,42	1631,66	8618,84	851,23	538,55	2034,31	1416,65	25248,95

Ano 7					Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
CA1	701,30	820,05	2005,67	11,21	-	4343,75
CA2	214,16	3610,08	0,00	93,52	138,41	78,92
CA3	358,78	69,01	20,80	32,77	34,80	88,74
CA4	328,23	646,51	9,41	88,52	103,56	33,90
CA5	5324,01	74,55	18,88	60,28	411,44	85,49
CA6	401,43	73,20	91,03	21,91	88,02	270,80
CA7	322,37	414,32	64,28	13,64	-	432,18
CA8	174,18	223,83	1355,55	16,78	127,96	463,47
CA9	933,16	584,96	17,87	551,53	155,27	107,57
CA10	-	-	-	-	-	-
CA11	-	-	-	-	-	-
CA12	-	-	-	-	-	-
CA13	786,46	804,94	13,93	20,29	110,68	225,03
CA14	-	-	-	-	-	-
CA15	357,01	303,92	66,78	-	42,77	184,20
média	900,10	693,22	333,11	91,04	134,77	574,00
desvio	1487,26	1007,82	682,49	164,68	111,37	1258,47
mínimo	174,18	69,01	0,00	11,21	34,80	33,90
máximo	5324,01	3610,08	2005,67	551,53	411,44	4343,75

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
SDS13	-	3,39	1095,76	109,74	73,47	72,26	134,29				78,72	57,55	62,82
SDS19	-	-	-	-	-	53,06	110,41				189,90	3727,12	84,16
SDS20	18,34	0,00	31,13	431,58	465,41	94,91	31,54				399,00	428,60	37,89
SDS30	-	218,44	304,62	14074,92	135,26	225,90	1488,52				1713,74	1731,86	107,27
SDS35	-	-	-	-	-	380,36	670,33				2799,84	2414,47	155,36
SD1	8,31	0,00	1745,61	14,72	115,04	167,94	138,47				135,28	732,73	28,51
SD2	2,35	8,36	28,02	15,41	105,17	707,01	77,51				262,10	576,42	68,72
SD3	-	44,08	21,70	273,43	195,45	782,58	2917,26				1822,47	622,85	173,24
SD4	-	56,33	97,51	698,41	1258,84	20,68	528,32				-	489,32	402,65
SD5	38,49	5,15	22,26	381,02	302,65	138,58	940,01				-	127,94	994,65
SDN12	-	-	-	-	961,73	755,06	-				110,52	303,37	17,87
SDN13	48,01	0,00	95,15	15,69	364,21	65,82	-				125,70	1511,34	7,43
SDN20	0,00	4,63	265,53	487,14	156,20	-	-				190,23	624,11	84,45
SDN29	-	-	-	-	1051,07	221,02	-				242,10	857,07	60,54
SDN30	3,13	69,49	60,84	25,72	732,00	-	163,54				30,44	-	95,84
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
média	16,95	37,26	342,56	1502,53	455,12	283,47	654,56				623,08	1014,62	158,76
desvio	19,13	65,20	560,83	4176,30	409,16	281,59	877,97				888,00	1019,35	250,34
mínimo	0,00	0,00	21,70	14,72	73,47	20,68	31,54				30,44	57,55	7,43
máximo	48,01	218,44	1745,61	14074,92	1258,84	782,58	2917,26				2799,84	3727,12	994,65

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
SDS13		0,00	957,38	164,65	16,65	36,09	703,67	79,33	176,15	3,09	1129,63	166,93
SDS19		9,21	1475,63	215,63	20,53	125,46	1789,55	69,31	39,77	42,11	-	160,11
SDS20		22,28	1326,72	170,52	98,00	79,77	915,42	90,94	266,52	243,94	1437,12	279,09
SDS30		1625,76	4753,89	314,30	168,66	1033,51	125,70	93,12	128,68	67,00	87,21	3633,71
SDS35		153,85	1493,85	1692,00	3283,96	6270,24	446,58	200,08	733,73	204,41	217,90	2401,19
SD1		6,17	115,40	67,27	12,20	57,70	107,87	27,85	93,50	4,11	882,26	64,06
SD2		0,00	816,81	59,55	24,80	198,12	454,15	184,88	286,28	9,25	567,11	242,76
SD3		109,82	2497,85	174,86	68,83	2373,39	1096,43	35,23	65,57	57,38	202,51	229,71
SD4		53,21	538,82	5325,04	522,48	-	350,94	217,95	12303,86	180,87	350,40	525,86
SD5		104,11	70,94	164,02	162,35	-	418,62	49,81	65,06	-	1322,87	23,33
SDN12		1718,18	676,57	44,99	103,27	23,34	276,10	57,31	166,54	85,71	162,75	31,44
SDN13		6816,35	3350,23	153,47	163,12	13,91	91,34	80,51	142,89	58,44	261,34	296,20
SDN20		128,87	0,00	213,37	230,36	63,82	911,98	83,88	157,96	221,54	213,65	266,14
SDN29		69,11	1716,34	240,14	293,50	-	610,25	127,77	460,64	338,40	196,60	0,00
SDN30		234,93	4483,82	110,22	79,10	192,21	323,13	55,78	61,56	296,32	178,84	284,94
SDN36		-	-	171,22	1186,86	-	73,30	776,53	205,95	185,90	19,44	128,08
média		736,79	1618,28	580,08	402,18	872,30	543,44	139,39	959,67	133,23	481,97	545,85
desvio		1773,65	1520,11	1323,44	821,84	1833,87	457,72	179,37	3030,28	111,53	473,37	999,46
mínimo		0,00	0,00	44,99	12,20	13,91	73,30	27,85	39,77	3,09	19,44	0,00
máximo		6816,35	4753,89	5325,04	3283,96	6270,24	1789,55	776,53	12303,86	338,40	1437,12	3633,71

Ano 7					Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
SDS13	97,80	94,74	311,96	162,74	28,88	83,38
SDS19	195,61	88,04-	-	-	-	-
SDS20	1183,85	1752,06	15,36	130,62	136,39	432,33
SDS30	1176,21	777,89	0,00	714,59	88,25	829,40
SDS35	1028,59	7079,93	0,00	226,00	890,51	596,99
SD1	85,96	444,61	371,63	636,30	48,60	40,37
SD2	107,90	1639,55	107,85	0,00	69,76	5326,71
SD3	300,32	159,65	26,52	-	-	263,08
SD4	421,44	4396,11	111,19	-	-	76,72
SD5	-	-	-	-	-	-
SDN12	629,03	301,55	1,87	99,47	-	42,07
SDN13	129,15	243,32	4,49	49,58	8,78	131,99
SDN20	817,38	992,43	111,17	281,41	5,69	95,87
SDN29	439,47	464,23	44,47	190,46	57,70	1184,08
SDN30	596,35	625,53	0,00	93,77	3,76	98,79
SDN36	-	-	-	-	-	-
média	514,93	1361,40	85,12	234,99	133,83	707,83
desvio	401,41	1997,08	122,66	232,23	269,11	1432,24
mínimo	85,96	88,04	0,00	0,00	3,76	40,37
máximo	1183,85	7079,93	371,63	714,59	890,51	5326,71

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
DEG1	-	28,96	680,31	42,01	-	324,33	-				0,00	7753,86	78,78
DEG2	-	-	14,89	71,20	166,77	1155,42	-				77,24	3453,03	190,61
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BN1	6,26	-	48,45	93,64	-	-	-				106,73	189,31	-
BN2	0,00	12,98	1382,30	250,13	75,89	-	-				4,78	238,96	16,35
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
ITA1	172,88	132,77	8,34	325,18	-	-	-				89,27	29,91	129,81
ITA2	5,69	-	17,12	81,27	-	0,00	-				200,21	20,84	6,05
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BS1	-	-	-	-	-	168,46	-				179,67	301,98	432,91
BS2	-	-	-	-	314,95	-	-				522,15	36,61	40,69
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB1	-	-	-	-	-	-	-				72,47	134,50	65,60
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
MUC1	-	-	-	-	-	30,87	-				24,80	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	43,55	-				35,12	-	73,73
média	46,21	58,24	358,57	143,91	185,87	287,10	-				119,31	1351,00	114,95
desvio	84,50	65,04	566,58	115,12	120,67	442,00	-				148,62	2641,59	132,09
mínimo	0,00	12,98	8,34	42,01	75,89	0,00	-				0,00	20,84	6,05
máximo	172,88	132,77	1382,30	325,18	314,95	1155,42	-				522,15	7753,86	432,91

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
DEG1		105,71	999,13	34,24	16,27	687,80	227,47	197,23	237,78	83,18	147,87	451,08
DEG2		294,24	239,55	1734,13	499,76	109798,60	2223,85	101,15	275,14	615,38	110,47	24,03
DEG3		-	-	427,67	265,08	129,48	707,10	135,54	192,53	362,28	412,07	362,63
BN1		53,18	633,06	604,28	114,10	-	36,99	24,83	78,85	240,69	62,76	13,19
BN2		107,48	452,96	129,38	192,84	856,36	729,93	18,78	65,58	224,42	766,10	63,91
BN3		-	-	362,55	30,73	148,57	276,49	45,38	65,63	-	-	7,15
ITA1		208,19	436,66	653,40	9,53	88,60	118,46	203,66	-	89,92	155,79	75,43
ITA2		17,23	83,29	103,83	55,99	-	54,28	6,93	-	286,65	-	5,64
ITA3		-	-	96,20	22,20	36,13	1018,10	18,88	-	142,74	11,77	0,00
BS1		87,83	1085,29	142,52	32,83	577,68	160,70	61,65	163,39	238,76	137,63	2641,51
BS2		385,75	181,90	4775,57	374,22	1844,60	14,55	13,46	273,17	403,41	121,88	50,63
BS3		-	-	271,10	175,67	78,78	0,00	118,15	215,99	96,23	-	0,00
CB1		31,85	726,39	-	9,74	121,28	97,85	275,58	13,79	72,09	75,58	-
CB2		-	-	-	383,36	94,73	199,57	17,61	23,18	257,67	23,74	0,00
CB3		-	-	-	0,00	29,68	8,75	99,96	5,93	72,70	8,63	-
MUC1		11071,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MUC2		10,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
média		1124,84	537,58	777,91	145,49	8807,10	391,61	89,25	134,25	227,58	169,52	284,25
desvio		3301,06	366,80	1341,30	164,03	30348,54	593,81	83,29	102,96	156,05	216,25	723,15
mínimo		10,45	83,29	34,24	0,00	29,68	0,00	6,93	5,93	72,09	8,63	0,00
máximo		11071,34	1085,29	4775,57	499,76	109798,60	2223,85	275,58	275,14	615,38	766,10	2641,51

Ano 7					Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
DEG1	328,73	-	333,17	924,77	2,58	9,39
DEG2	273,45	-	78,28	0,00	46,57	0,00
DEG3	67,13	-	201,34	8,21	243,06	41,42
BN1	-	-	-	-	-	-
BN2	302,57	7,02	53,01	256,68	56,04	47,16
BN3	-	200,29	-	5,51	16,56	21,46
ITA1	42,34	3,32	293,42	87,84	12,68	100,53
ITA2	-	-	-	-	-	-
ITA3	7,44	94,14	2,96	12,45	17,52	63,46
BS1	249,69	0,00	161,21	281,55	17,75	12,27
BS2	203,18	795,05	-	4,17	416,20	60,18
BS3	557,30	24,38	-	15,34	134,71	103,45
CB1	34,74	40,04	200,58	405,86	51,95	22,63
CB2	-	-	-	-	-	-
CB3	-	8,48	0,00	7,17	-	148,18
MUC1	-	-	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	-
média	206,66	130,30	147,11	167,46	92,33	52,51
desvio	172,91	257,54	121,47	275,82	128,74	45,20
mínimo	7,44	0,00	0,00	0,00	2,58	0,00
máximo	557,30	795,05	333,17	924,77	416,20	148,18

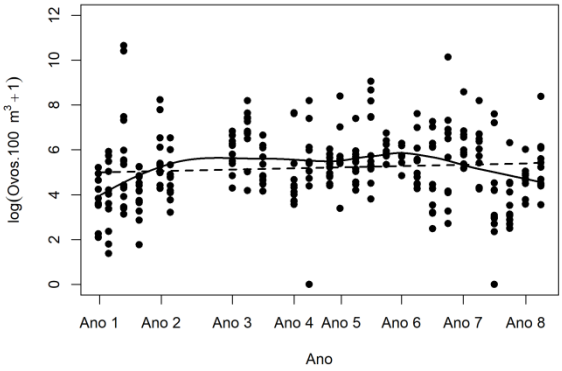
	Ano 1				Ano 2					Ano 3				Ano 4	
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**	**10-2021**	**01-2022**
ABR1	4,73	-	9,87	-	-	14,27	-				54,97	-	20,28		16,07
ABR2	11,54	-	7342,65	-	-	-	-				-	-	-		-
ABR3	12,31	-	57,22	-	-	24,90	-				930,31	-	52,60		0,00
ABR4	59,56	-	174,08	-	-	168,54	-				3726,09	-	133,30		66,37
ABR5	32,08	-	193,08	-	-	125,67	-				165,15	-	24,53		54,04
média	24,04	-	1555,38	-	-	83,34	-				1219,13	-	57,68		34,12
desvio	22,32	-	3236,10	-	-	75,80	-				1716,04	-	52,41		31,23
mínimo	4,73	-	9,87	-	-	14,27	-				54,97	-	20,28		0,00
máximo	59,56	-	7342,65	-	-	168,54	-				3726,09	-	133,30		66,37

Durante o monitoramento, a maioria dos valores de densidade média de ovos de peixes registrados na superfície na área de estudo (Tabela 1) foi baixa (< 100 ovos.100 m^{-3}). Entretanto, em algumas estações de coleta foram observados picos de densidade de ovos na superfície em todos os setores e nos períodos estudados (seco e chuvoso). De acordo com a literatura (BERRIEN e SIBUNKA, 1999), os dados de distribuição e abundância de ovos de peixes pelágicos fornecem informações importantes para avaliar áreas de desova. Os ovos de peixes sofrem dispersão pelas correntes, mas a maior concentração tende a ser observada próximo de onde ocorreu a desova (MCGURK, 1986; RÉ *et al.*, 2005; BONECKER *et al.*, 2009; ELLIS *et al.*, 2012). Segundo Ciannelli*et al*. (2026) os estágios iniciais de desenvolvimento dos ovos de peixes estão diretamente relacionados a eventos reprodutivos desses organismos, uma vez que a maioria tem fertilização externa. Sendo assim, os resultados observados sugerem desovas pontuais em toda a área de estudo e reforçam a importância da região para a reprodução de várias espécies de peixes.

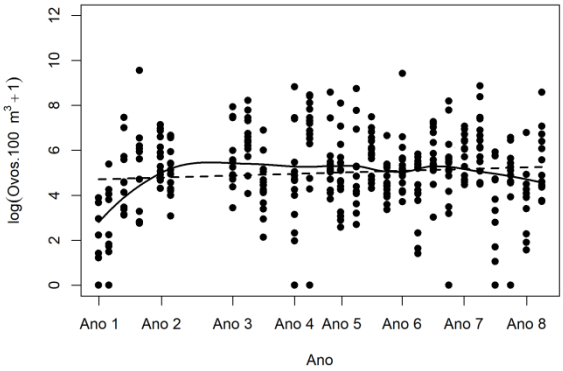
A maior densidade média de ovos de peixes na superfície foi registrada no Setor Norte em janeiro/2023 (Tabela 1). Nos setores Costa das Algas e Abrolhos as maiores densidades médias de ovos de peixes ocorreram em abril/2019; enquanto no Setor Foz do rio Doce a maior densidade média foi observada em abril/2022 (Tabela 1). A campanha de abril/2019 ocorreu depois da passagem da Tempestade Tropical Ibaque se formou na costa do Espírito Santo em março de 2019. Esse fenômeno meteorológico foi caracterizado por intensa ação de ondas, influência no sistema de ventos e aumento da temperatura da água do mar (de até 3°C).

Figura 3: Logarítmo da densidade de ovos de peixes (ovos.100 m^{-3}) coletados na superfície em cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e(C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da densidadee a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

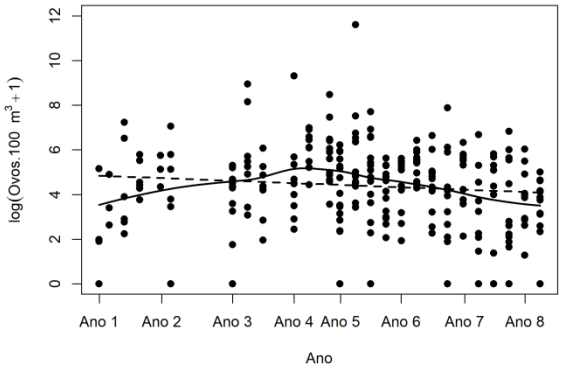
(A)



(B)



(C)



As densidades de ovos de peixes coletados na superfície variaram muito durante todo o monitoramento, não sendo observado um padrão espaço-temporal para esse indicador. Entretanto, os gráficos de tendência para cada setor mostraramque as densidades aumentam entre o Ano 1 e o Ano 2 e diminuementre o Ano 6 e Ano 8 nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce; e aumentam até o Ano 4 e diminuem até o Ano 8, no Setor Norte(Figura 3). O balanço desses aumentos e diminuições mostrou que nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce (Figura 3) houve uma tendência de aumento das densidades ao longo dos anos de estudo. Por outro lado, o Setor Norte mostrou uma tendência de diminuição das densidades de ovos de peixes desde o Ano 1 até o Ano 8 (Figura 3).

Ainda quanto à variação temporal dos ovos de peixes pode-se dizer que as maiores médias foram observadas no Ano 2, Ano 4 e Ano 7 e o menor valor mediano foi observado no Ano 1. As densidades de ovos de peixes registradas nas campanhas do Ano 1 foram significativamente diferentes ($p << 0,05$) dos resultados obtidos nos demais anos do monitoramento, com exceção do Ano 8.

Em relação ao período de coleta observa-se, de maneira geral,tendência de maiores médias ocorrerem no seco, com maior destaque para o mês de abril. Entretanto, essa diferença entre os dois períodos de amostragem não foi significativa ($p = 0,146297$). A tendência de registrar menores densidades de ovos de peixes no período chuvoso, quando há maior contribuição das águas do rio Doce na região marinha adjacente, sugere influência do Material Ligado ao Desastre (MLD) sobre a abundância de ovos de peixes.

Em relação à variação espacial observou-se uma tendência de diminuição dos valores medianos do Setor APA Costa das Algas, para o Setor Foz do rio Doce, para o Setor Norte e por último para o Setor Abrolhos. Entretanto, é importante destacar que as coletas no Setor Abrolhos foram descontinuadas a partir de janeiro/2022, o que dificulta a comparação com os demais setores. Houve diferença espacial significativa ($p << 0,05$). Os setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce foram diferentes dos setores Norte e Abrolhos.

Tabela 2: Densidade de ovos de peixes (ovos.100 m^{-3}) coletados na coluna d'água em cada estação nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019, Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023) , Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. São apresentados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão em cada setor e cada campanha. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Na campanha Emergencial só foram realizadas coletas no Setor Foz. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19.

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
CA1	30,22	22,22	17,73	12,05	62,55	59,17	-				33,79	51,48	11,88
CA2	17,78	2,71	6,52	5,92	136,53	12,48	-				42,72	74,39	49,74
CA3	8,49	7,96	22,86	18,47	31,16	12,09	-				28,10	113,58	43,10
CA4	10,29	0,75	5,70	2,17	62,53	12,39	-				32,88	149,10	24,89
CA5	2,52	19,72	131,02	23,21	50,67	102,33	-				66,48	22,56	45,78
CA6	8,05	3,66	10,63	9,05	31,49	14,34	-				14,70	170,02	36,44
CA7	3,85	5,82	27,07	5,58	890,36	161,34	-				98,68	95,11	21,41
CA8	4,97	7,33	2,55	7,30	73,80	11,84	-				17,96	43,69	10,19
CA9	11,99	18,78	93,39	25,91	114,19	45,83	-				32,59	77,46	12,79
CA10	2,76	230,68	146,70	12,60	-	-	-				-	-	-
CA11	9,91	7,97	47,69	13,07	-	-	-				-	-	-
CA12	4,82	2,04	371,92	5,68	-	-	-				-	-	-
CA13	3,20	12,26	20,44	13,68	45,55	16,77	-				54,73	235,00	47,19
CA14	8,65	5,70	5,64	8,76	-	-	-				-	-	-
CA15	6,10	7,99	30,54	13,10	23,32	12,65	-				8,63	107,07	42,89
média	8,91	23,71	62,69	11,77	138,38	41,93	-				39,20	103,59	31,48
desvio	7,19	57,64	97,17	6,66	251,84	49,00	-				26,00	61,92	15,51
mínimo	2,52	0,75	2,55	2,17	23,32	11,84	-				8,63	22,56	10,19
máximo	30,22	230,68	371,92	25,91	890,36	161,34	-				98,68	235,00	49,74

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
CA1		86,50	77,76	32,36	2,69	19,77	16,07	57,57	134,37	56,51	116,53	34,58
CA2		31,29	282,66	80,52	9,83	21,25	212,54	57,27	56,61	13,61	10,19	252,76
CA3		12,96	28,48	24,44	51,96	1321,03	34,39	54,98	109,08	13,29	3,63	14,96
CA4		33,76	15,47	23,78	16,60	82,89	12,09	32,70	86,46	100,81	2,14	1,10
CA5		34,51	537,29	101,34	42,38	16,26	87,26	188,95	62,60	29,70	13,21	91,19
CA6		23,94	39,75	25,37	42,56	9,26	20,93	46,53	72,88	44,23	8,55	0,61
CA7		231,24	49,29	10,72	30,18	17,32	52,89	12,61	87,59	177,57	21,46	5,58
CA8		64,74	64,95	26,08	16,30	9,04	48,56	129,22	53,76	6,34	15,27	65,56
CA9		20,18	73,34	27,98	16,85	11,19	57,12	146,43	64,77	9,66	4,82	28,30
CA10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA13		37,68	34,98	188,46	87,06	46,30	246,96	296,24	106,18	25,84	17,33	81,03
CA14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA15		30,89	39,34	23,48	34,34	26,67	38,99	58,49	88,84	43,71	2,01	1,27
média		55,25	113,03	51,32	31,89	143,73	75,25	98,27	83,92	56,51	116,53	34,58
desvio		61,97	158,60	53,18	23,92	391,06	79,65	84,74	25,13	13,61	10,19	252,76
mínimo		12,96	15,47	10,72	2,69	9,04	12,09	12,61	53,76	13,29	3,63	14,96
máximo		231,24	537,29	188,46	87,06	1321,03	246,96	296,24	134,37	100,81	2,14	1,10

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
CA1	39,00	33,41	21,82	4,41	1,70	403,01
CA2	11,60	150,10	16,81	30,51	4,26	13,08
CA3	68,83	6,00	13,52	6,13	9,07	4,50
CA4	50,42	42,43	8,40	19,06	14,81	1,97
CA5	44,01	10,57	5,08	31,97	48,99	7,48
CA6	60,49	25,73	89,60	1,01	13,44	9,50
CA7	184,25	88,98	10,75	8,30	866,62	36,79
CA8	20,55	10,95	36,57	26,90	50,33	9,66
CA9	28,39	27,62	6,30	94,08	28,32	3,87
CA10	-	-	-	-	-	-
CA11	-	-	-	-	-	-
CA12	-	-	-	-	-	-
CA13	71,72	46,38	9,26	2,62	4,59	3,32
CA14	-	-	-	-	-	-
CA15	58,99	17,66	33,06	4,76	12,37	5,22
média	58,02	41,80	22,83	20,89	95,86	45,31
desvio	46,15	42,77	24,50	26,92	256,19	119,03
mínimo	11,60	6,00	5,08	1,01	1,70	1,97
máximo	184,25	150,10	89,60	94,08	866,62	403,01

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
SDS13	8,02	2,20	460,91	38,36	2,12	2,29	9,16				2,58	18,10	27,35
SDS19	-	-	-	-	19,11	10,43	7,07				13,22	135,95	13,33
SDS20	1,21	0,00	99,11	17,60	2,20	17,18	2,67				34,31	164,71	6,27
SDS30	3,04	1,46	6,72	623,19	17,09	6,18	466,21				69,11	52,83	33,67
SDS35	-	-	-	-	72,01	18,88	138,79				1265,46	589,63	56,38
SD1	0,00	0,00	1704,01	13,13	1,88	8,30	11,10				3,76	39,42	22,22
SD2	0,00	0,00	0,79	1,54	3,71	4,43	9,40				8,57	71,17	14,87
SD3	1,28	1,72	12,40	25,54	45,70	51,53	76,49				131,78	58,24	48,22
SD4	2,04	7,53	46,30	88,94	102,24	20,41	70,20				38,99	148,77	92,47
SD5	0,00	0,21	20,43	32,36	172,23	17,72	136,06				74,89	32,15	115,20
SDN12	-	-	-	-	143,03	121,75	79,66				3,72	37,68	14,14
SDN13	1,70	0,00	71,75	2,51	14,25	21,84	162,53				15,67	45,12	4,83
SDN20	18,91	0,30	69,20	14,77	21,35	8,56	2,55				2,95	54,99	3,04
SDN29	-	-	-	-	139,43	85,09	13,96				28,84	108,52	33,77
SDN30	0,35	0,00	11,37	1,16	198,79	53,66	31,63				5,28	51,59	20,41
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
média	3,32	1,22	227,55	78,10	63,67	29,88	81,17				113,28	107,26	33,74
desvio	5,66	2,25	506,87	182,50	69,35	34,20	119,94				320,80	140,90	32,57
mínimo	0,00	0,00	0,79	1,16	1,88	2,29	2,55				2,58	18,10	3,04
máximo	18,91	7,53	1704,01	623,19	198,79	121,75	466,21				1265,46	589,63	115,20

	Ano 4				Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
SDS13		4,14	80,60	6,45	1,60	1,12	228,60	38,18	49,69	0,72	263,64	13,96
SDS19		19,81	46,01	38,10	2,30	5,61	854,70	12,68	10,69	3,03	62,86	16,51
SDS20		7,12	53,33	19,17	12,23	18,87	438,14	46,70	28,92	1,57	412,20	2,17
SDS30		125,16	100,20	62,91	27,05	87,68	45,01	24,65	96,42	14,83	44,90	301,34
SDS35		149,78	107,33	137,50	289,81	90,61	173,31	57,35	159,33	92,35	84,21	70,11
SD1		11,70	79,04	7,74	0,00	1,54	25,42	4,16	47,47	0,88	94,82	4,23
SD2		66,16	124,85	3,18	0,68	13,13	52,15	44,02	16,09	1,78	52,92	4,11
SD3		236,72	285,71	19,11	12,76	184,74	151,44	21,17	98,44	41,26	76,28	152,16
SD4		27,61	95,34	47,03	191,33	25,44	87,44	29,56	588,25	13,42	46,26	49,17
SD5		111,02	6,41	27,11	92,25	20,39	137,92	13,00	46,41	250,68	19,86	169,88
SDN12		54,00	136,68	8,91	20,58	22,05	52,05	10,86	50,45	13,86	38,63	30,29
SDN13		87,09	183,25	3,16	60,76	2,72	17,08	17,86	32,52	1,91	36,75	4,14
SDN20		52,91	9,80	11,26	51,08	5,70	53,44	5,59	29,34	14,75	10,28	0,70
SDN29		44,32	130,16	31,19	107,43	1115,03	86,15	64,78	362,87	17,93	42,74	0,18
SDN30		73,69	182,08	5,84	13,57	9,06	113,66	10,06	17,66	12,23	15,54	0,20
SDN36		-	-	43,33	300,17	6,62	37,70	28,73	75,13	3,55	7,89	2,40
média		71,42	108,05	29,50	73,97	100,64	159,64	26,83	106,85	30,30	81,86	51,35
desvio		63,47	72,18	33,94	100,38	274,90	212,86	18,64	154,47	63,09	106,61	85,41
mínimo		4,14	6,41	3,16	0,00	1,12	17,08	4,16	10,69	0,72	7,89	0,18
máximo		236,72	285,71	137,50	300,17	1115,03	854,70	64,78	588,25	250,68	412,20	301,34

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
SDS13	20,16	0,43	62,04	76,33	1,01	23,22
SDS19	16,09	9,88	-	-	-	-
SDS20	24,98	12,45	4,64	49,28	17,35	7,77
SDS30	309,67	7,85	0,23	373,45	13,72	36,01
SDS35	139,49	1419,01	2,94	42,67	41,39	48,32
SD1	16,36	1,95	46,17	40,06	0,19	1,43
SD2	3,20	42,46	6,93	9,10	0,42	87375,19
SD3	46,69	26,37	1,01	6,35	1,18	8,37
SD4	27,03	164,26	6,36	16,03	14,21	9,31
SD5	-	-	-	-	-	-
SDN12	71,50	32,75	1,80	5,94	3,40	3,16
SDN13	23,93	13,29	6,48	17,32	4,51	27,18
SDN20	11,78	78,94	65,98	11,77	2,68	1,55
SDN29	54,72	30,32	23,84	18,99	22,88	2742,05
SDN30	22,77	42,69	0,44	21,05	2,84	48,40
SDN36	-	-	-	-	-	-
média	56,31	134,47	17,61	52,95	9,68	6948,61
desvio	80,75	372,15	24,22	98,47	12,11	24176,90
mínimo	3,20	0,43	0,23	5,94	0,19	1,43
máximo	309,67	1419,01	65,98	373,45	41,39	87375,19

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
DEG1	0,00	0,51	38,62	4,47	11,29	129,33	-				10,44	23,54	9,90
DEG2	0,65	0,58	3,45	25,12	40,72	40,65	-				7950,48	66,32	40,01
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BN1	0,24	0,00	26,19	6,85	36,99	20,94	-				28,01	18,34	23,91
BN2	0,00	1,38	11544,98	4,52	30,05	117,09	-				4,14	72,47	2,94
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
ITA1	0,00	5,00	10,12	14,94	18,91	68,64	-				3,63	1,85	20,85
ITA2	0,83	1,79	2,28	5,51	3,17	3,05	-				24,07	2,32	2,83
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BS1	-	-	-	-	15,19	14,72	-				0,53	51,27	15,46
BS2	-	-	-	-	15,76	28,81	-				8,13	14,46	9,85
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB1	-	-	-	-	8,06	17,70	-				2,00	20,45	9,47
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
MUC1	-	-	-	-	-	5,92	-				4,88	-	1,74
MUC2	-	-	-	-	-	12,52	-				10,11	-	8,64
média	0,29	1,54	1937,61	10,23	20,02	41,76	-				731,49	30,11	13,24
desvio	0,37	1,81	4706,65	8,29	13,05	44,29	-				2394,28	26,56	11,39
mínimo	0,00	0,00	2,28	4,47	3,17	3,05	-				0,53	1,85	1,74
máximo	0,83	5,00	11544,98	25,12	40,72	129,33	-				7950,48	72,47	40,01

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
DEG1		617,87	33,45	9,29	15,90	6,78	290,37	42,30	10,44	11,75	79,47	22,96
DEG2		102,45	53,17	338,97	229,77	74431,03	52,41	27,04	175,26	294,69	46,49	5,47
DEG3		-	-	92,50	51,65	4,83	503,26	73,86	87,41	49,41	87,63	13,00
BN1		17,25	25,12	73,57	10,84	32,09	19,11	3,75	54,75	13,74	2,98	16,11
BN2		123,49	102,63	41,39	28,32	600,24	134,99	12,27	27,92	45,94	53,39	7,92
BN3		-	-	36,92	0,81	57,27	73,87	21,58	72,80	10,25	11,01	0,21
ITA1		24,01	115,17	494,97	6,22	8,45	95,08	42,87	11,57	2,55	53,15	1,48
ITA2		33,06	22,10	10,22	10,42	3,72	17,03	1,72	4,32	9,27	1,38	0,51
ITA3		-	-	30,88	5,27	3,73	132,94	3,68	2,70	11,37	12,23	0,12
BS1		395,34	50,26	28,19	28,30	125,22	19,25	25,90	40,21	30,57	44,47	35,02
BS2		98,13	55,33	169,74	83,33	42766,10	3,56	12,35	279,73	27,15	26,67	6,72
BS3		-	-	64,42	10,23	8,15	0,73	28,31	58,73	11,41	55,43	4,60
CB1		41,96	236,79	69,92	4,12	12,34	141,63	60,88	7,09	1,35	2,76	1,33
CB2		-	-	151,26	19,02	4,59	43,56	7,00	5,96	20,65	0,66	0,60
CB3		-	-	34,28	1,06	8,91	12,37	49,01	10,58	9,02	0,39	1,71
MUC1		636,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MUC2		5,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
média		190,48	77,11	109,77	33,68	7871,56	102,68	27,50	56,63	36,61	31,87	7,85
desvio		241,41	68,01	136,29	58,57	21447,40	135,15	22,20	77,05	72,83	30,05	10,09
mínimo		5,55	22,10	9,29	0,81	3,72	0,73	1,72	2,70	1,35	0,39	0,12
máximo		636,16	236,79	494,97	229,77	74431,03	503,26	73,86	279,73	294,69	87,63	35,02

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
DEG1	12,35	0,47	61,68	31,09	0,00	0,76
DEG2	95,12	95,46	22,40	0,21	19,91	26,79
DEG3	69,58	3,21	6,41	4,94	43,74	9,29
BN1	-	-	-	-	-	-
BN2	79,92	1,59	9,20	2,36	8,77	1,03
BN3	29,31	9,93	3,23	0,43	1,96	1,28
ITA1	13,38	1,25	69,03	7,13	6,15	29,28
ITA2	-	-	-	-	-	-
ITA3	7,14	2,90	0,25	0,82	7,17	2,79
BS1	3,29	0,86	39,18	4,41	0,67	1,59
BS2	29,51	75,12	9,15	4,33	19,84	3,60
BS3	28,48	7,45	6,57	4,97	1,59	27,03
CB1	4,56	21,81	6,97	2,85	24,21	0,91
CB2	-	-	-	-	-	-
CB3	5,03	0,24	0,00	1,93	-	26,39
MUC1	-	-	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	-
média	31,47	18,36	19,51	5,45	12,18	10,90
desvio	32,15	32,14	24,03	8,34	13,53	12,40
mínimo	3,29	0,24	0,00	0,21	0,00	0,76
máximo	95,12	95,46	69,03	31,09	43,74	29,28

Ano 1					Ano 2					Ano 3				Ano 4	
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**	**10-2021**	**01-2022**
ABR1	0,21	-	9,93	-	-	13,17	-				5,31	-	3,49		34,68
ABR2	1,39	-	12,21	-	-	-	-				-	-	-		-
ABR3	0,69	-	6,45	-	-	26,39	-				14,64	-	8,65		8,02
ABR4	2,11	-	155,40	-	-	88,60	-				51,63	-	8,23		19,87
ABR5	3,35	-	13,49	-	-	12,13	-				42,25	-	5,60		19,22
média	1,55	-	39,50	-	-	35,07	-				28,46	-	6,49		20,45
desvio	1,24	-	64,85	-	-	36,27	-				22,02	-	2,42		10,94
mínimo	0,21	-	6,45	-	-	12,13	-				5,31	-	3,49		8,02
máximo	3,35	-	155,40	-	-	88,60	-				51,63	-	8,65		34,68

Os resultados de densidade de ovos de peixes obtidos na coluna d'água (Tabela 3) foram semelhantes aos observados na superfície com valores baixos (< 100 ovos.100 m^{-3}), e ocorrência de alguns picos nos setores APA Costa das Algas, Foz do rio Doce e Norte. Entretanto, em relação à distribuição vertical da densidade dos ovos de peixes foram registrados maiores valores na superfície em comparação com a coluna d'água. Esse resultado ressalta a importância de realizar arrastos com a rede de nêuston para a avaliação, principalmente, desse indicador uma vez que muitos ovos de peixes se concentram próximo à superfície devido a sua flutuabilidade (SUNDBY, 1983; DOYLE, 1992).

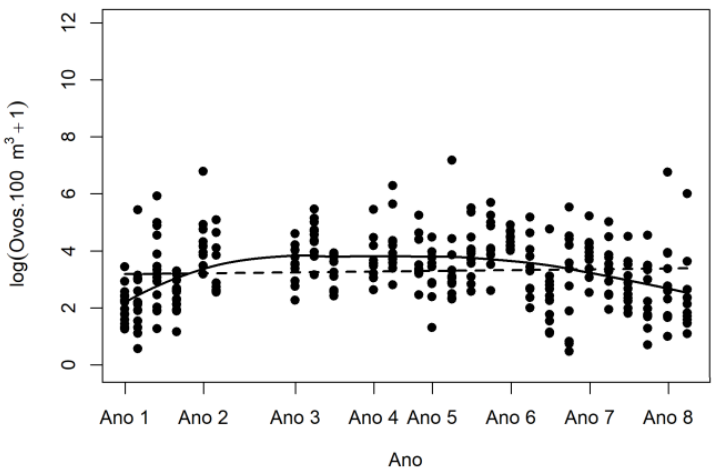
Na coluna d'água (Tabela 3), o maior valor médio foi observado em janeiro/2023 no Setor Norte. Em relação à variação temporal houve uma tendência das maiores médias ocorrerem durante o período seco e essa diferença foi significativa (p = 0,001161). As densidades de ovos de peixes na coluna d'água registradas ao longo dos oito anos de estudo foram significativamente diferentes (p<< 0,05). De modo geral, o Ano 1 teve menores densidades em relação à maior parte da série histórica, enquanto o Ano 8 teve padrão mais próximo aos anos 1 e 7.

Houve diferença significativa das densidades de ovos de peixes entre os setores (p<< 0,05), e o setor APA Costa das Algas foi diferente dos setores Norte e Abrolhos. Por sua vez, o Setor Foz do rio Doce foi diferente do Setor Norte.

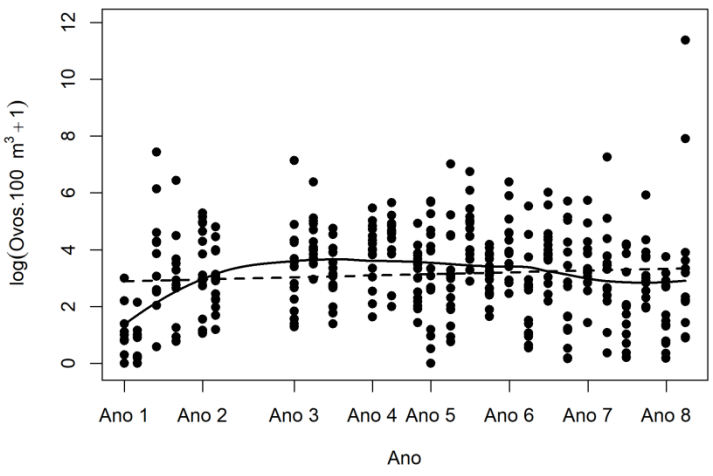
Sendo assim, os resultados de densidade de ovos de peixes registrados até o momento indicam variações significativas desse indicador entre os dois períodos de estudo (seco e chuvoso), entre os oito anos de monitoramento e entre os quatro setores.

Figura 4: Logarítmo da densidade de ovos de peixes (ovos.100 m^{-3}) coletados na coluna d'água em cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e (C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da densidadee a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

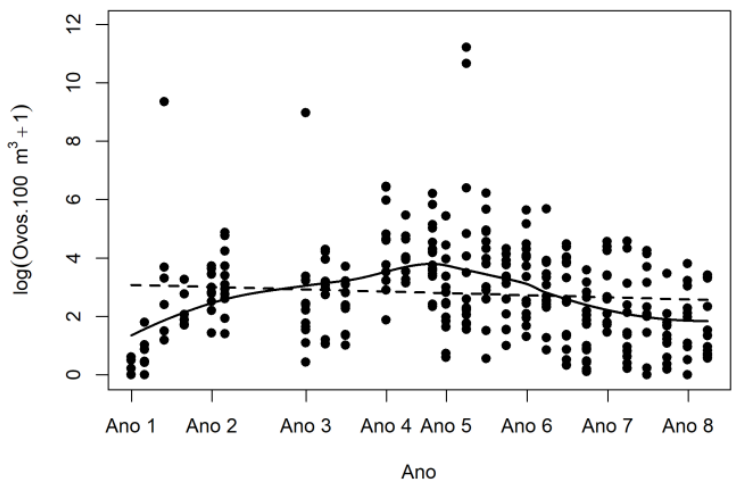
(A)



(B)



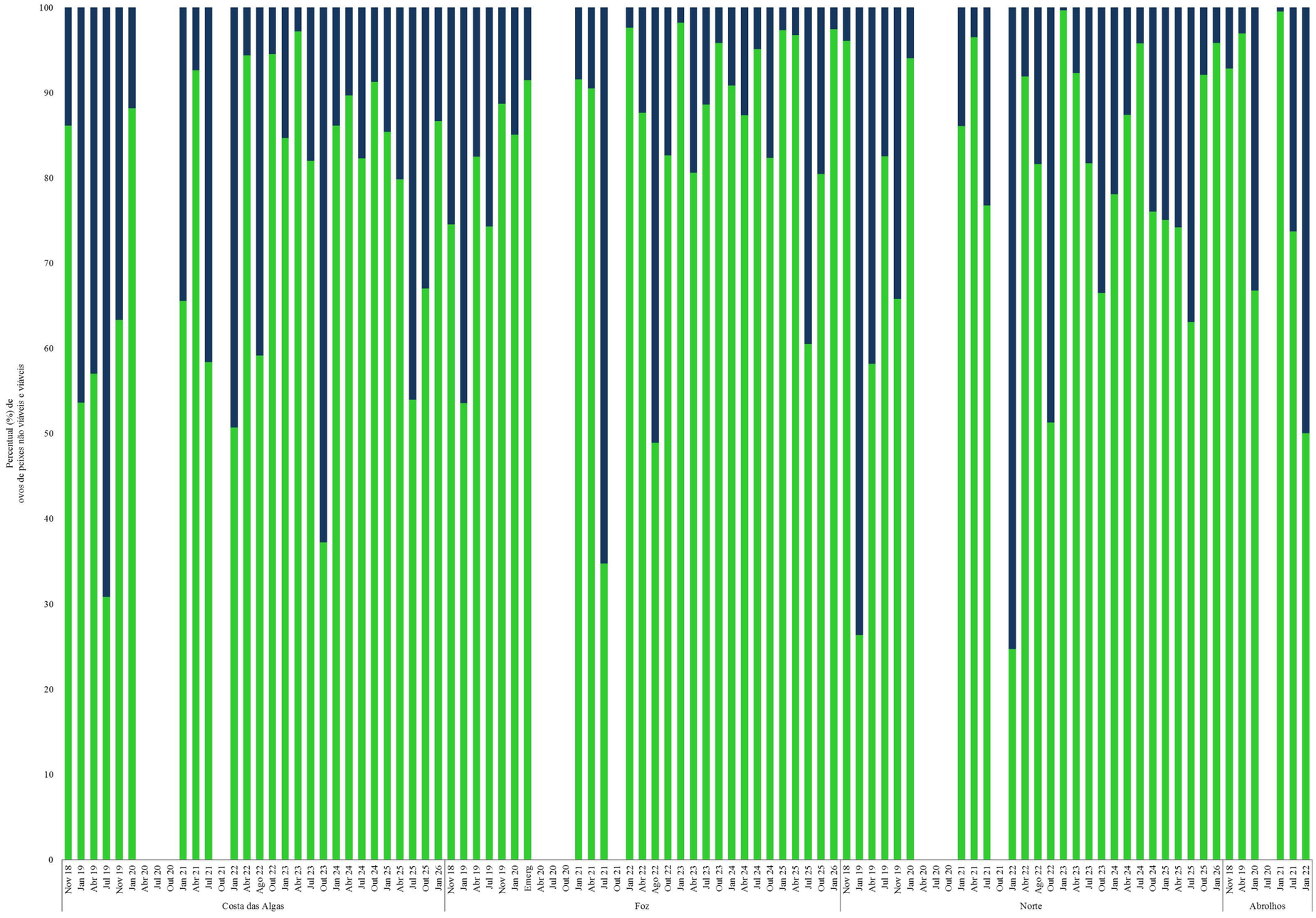
(C)



A Figura 4 mostra que as densidades de ovos de peixes na coluna d'água oscilaram ao longo do monitoramento, com períodos de aumento e redução, seguindo padrão semelhante ao observado nas amostras de superfície. Entre os setores, APA Costa das Algas e Foz do rio Doce tiveram tendência de aumento ao longo da série histórica, enquanto o Setor Norte indicou tendência de redução entre o Ano 1 e o Ano 8.

3.2 VIABILIDADE DOS OVOS DE PEIXES

Figura 5: Percentual dos ovos de peixes coletados na superfície classificados como não viáveis e viáveis ao longo do monitoramento nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019), Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024, a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Na campanha Emergencial só foram realizadas coletas no Setor Foz. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19. Verde claro = ovos não viáveis; Verde escuro = ovos viáveis.



As maiores densidades de ovos de peixes foram sempre observadas nas amostras coletadas na superfície, em relação às amostras obtidas na coluna d'água. Por esse motivo, a análise de viabilidade dos ovos de peixes foi feita apenas para as amostras coletadas na superfície. Nesse contexto, ovos foram classificados como não viáveis (opacos – mortos antes da coleta) e como viáveis (íntegros e com embrião). Os ovos não viáveis já estavam mortos antes da coleta e os ovos viáveis são aqueles que provavelmente eclodiriam e gerariam larvas vitelínicas.

Ao longo do monitoramento (Figura 5) observou-se maior percentual de ovos não viáveis, representando em média mais de 50% do total coletado, com exceção das seguintes campanhas em um dos quatro setores: julho/2019, outubro/2023, julho/2021, agosto/2022, janeiro/2019 e janeiro/2022. Em diversos momentos da série histórica, a contribuição de ovos não viáveis ultrapassou 90%, indicando episódios de baixa viabilidade embrionária, especialmente nos setores APA Costa das Algas, Foz do rio Doce e Norte. Testes estatísticos (Análise de Componentes Principais/ACP e Modelo Linear Generalizado/MLG) realizados com os parâmetros ambientais e as densidades de ovos de peixes ao longo do monitoramento mostraram que os ovos não viáveis tiveram relação direta com a alta disponibilidade de metais/semi-metais, principalmente manganês, cromo, ferro, bário e cobalto, oriundos do MLD (RRDM/RA, 2020; RRDM/RSE, 2021; RRDM/RA, 2022a; RRDM/RA, 2022b; FEST, 2023).

A mortalidade natural dos ovos de peixes é comum, varia entre as espécies e pode ser causada, por exemplo, por predação, condições abióticas desfavoráveis como variações na temperatura e salinidade, oxigênio dissolvido, radiação ultravioleta, estresse mecânico pela ação das ondas e poluição (RÉ, 1999; BUNN*et al.*, 2000). De acordo com MATSUURA (1977) a taxa de mortalidade dos ovos de peixes nos cálculos de estimativa do tamanho do estoque é de 50%. Um estudo sobre uma espécie de manjuba mostrou que a mortalidade máxima de ovos foi de 30,9% (DABAN*et al.*, 2020). Os resultados do presente estudo evidenciam que apesar dos ovos de peixes morrerem naturalmente na natureza, o percentual de ovos não viáveis foi muito alto. Além disso, a relação direta das densidades desses ovos com os metais presentes na região marinha reflete a influência do MLD sobre esses organismos.

3.3 DENSIDADE, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE LARVAS DE PEIXES

Tabela 3:Densidade de larvas de peixes (larvas.100 m^{-3}) coletadas na superfície em cada estação nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026)do monitoramento. São apresentados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão em cada setor e cada campanha. Os traços em algumas estações significam que as mesmas não foram realizadas devido às condições do mar. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Na campanha Emergencial só foram realizadas coletas no Setor Foz. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19.

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
CA1	17,69	0,00	0,00	2,27	0,00	6,80	-				3,88	3,88	23,19
CA2	62,64	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	-				12,57	4,96	7,00
CA3	58,08	-	10,76	520,50	13,89	10,34	-				2,88	4,43	81,83
CA4	48,99	0,00	52,13	13,79	11,92	19,51	-				23,10	177,19	46,25
CA5	2,44	0,00	32,99	18,47	12,81	0,00	-				4,50	7,46	10,65
CA6	-	0,00	21,97	153,04	68,08	54,34	-				2,39	155,06	84,81
CA7	-	2,41	72,76	83,50	24,62	21,13	-				8,42	157,12	98,63
CA8	10,98	0,00	0,00	7,47	11,06	0,00	-				11,45	5,58	114,31
CA9	3,48	0,00	35,36	0,00	16,77	0,00	-				4,94	3,47	3,53
CA10	1,53	33,27	5,12	0,00	-	-	-				-	-	-
CA11	-	10,16	21,79	207,46	-	-	-				-	-	-
CA12	-	4,32	57,54	186,37	-	-	-				-	-	-
CA13	0,00	-	2,37	0,00	68,44	3,91	-				12,69	8,09	6,36
CA14	24,38	-	18,58	111,39	-	-	-				-	-	-
CA15	-	7,17	19,75	200,66	76,98	18,11	-				0,00	307,67	91,99
média	23,02	4,78	23,41	100,33	31,87	12,20	-				7,89	75,90	51,69
desvio	24,60	9,59	22,81	141,77	27,74	16,25	-				6,66	105,66	43,19
mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-				0,00	3,47	3,53
máximo	62,64	33,27	72,76	520,50	76,98	54,34	-				23,10	307,67	114,31

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
CA1		0,00	112,81	50,67	8,70	15,80	19,43	32,08	71,83	14,01	38,29	5,40
CA2		0,00	93,85	27,87	0,00	0,00	3,58	9,97	-	9,17	47,93	54,60
CA3		44,77	151,55	48,14	-	13,96	390,09	0,00	30,97	22,74	81,12	30,67
CA4		18,26	285,65	170,79	-	0,00	110,59	-	195,41	19,57	18,83	54,71
CA5		2,64	47,28	15,76	14,24	5,91	41,52	0,00	-	23,50	31,59	41,26
CA6		29,08	0,00	57,94	23,32	16,32	832,15	-	8,50	60,03	366,16	49,98
CA7		8,27	53,13	76,60	-	9,96	100,49	-	57,01	-	51,07	-
CA8		0,00	115,87	24,65	3,33	3,04	46,53	11,98	-	26,59	10,79	19,88
CA9		5,41	40,63	13,22	12,95	17,89	13,51	30,91	3,24	18,31	101,70	0,00
CA10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA13		2,00	87,20	35,51	0,00	4,19	9,02	10,30	-	25,74	36,42	35,75
CA14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA15		16,00	547,41	162,60	10,10	18,17	669,44	12,44	12,34	10,58	28,71	239,21
média		11,49	139,58	62,16	9,08	9,57	203,30	13,46	54,18	23,02	73,87	53,15
desvio		14,47	154,66	55,03	7,96	7,18	294,11	12,18	67,37	14,35	100,48	68,15
mínimo		0,00	0,00	13,22	0,00	0,00	3,58	0,00	3,24	9,17	10,79	0,00
máximo		44,77	547,41	170,79	23,32	18,17	832,15	32,08	195,41	60,03	366,16	239,21

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	04-2025	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
CA1	16,53	128,33	321,10	35,89	-	12,80
CA2	18,86	247,79	114,32	18,70	8,65	13,15
CA3	24,26	0,00	122,17	22,60	123,89	11,83
CA4	51,03	26,39	102,57	14,93	79,56	5,84
CA5	37,21	56,72	161,57	17,73	15,64	89,88
CA6	139,01	13,11	134,77	29,22	119,17	27,61
CA7	163,35	65,35	134,30	20,45	-	54,85
CA8	8,64	268,28	172,52	4,79	6,66	63,68
CA9	27,03	65,00	252,43	7,86	12,23	46,98
CA10	-	-	-	-	-	-
CA11	-	-	-	-	-	-
CA12	-	-	-	-	-	-
CA13	2,45	49,26	19,50	30,44	181,73	23,20
CA14	-	-	-	-	-	-
CA15	89,61	16,63	240,22	-	130,76	23,67
média	52,54	85,17	161,41	20,26	75,37	33,95
desvio	54,49	92,38	83,02	9,80	66,52	26,53
mínimo	2,45	0,00	19,50	4,79	6,66	5,84
máximo	163,35	268,28	321,10	35,89	181,73	89,88

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
SDS13	-	0,00	11,07	2,47	0,00	0,00	6,10				4,07	19,27	41,88
SDS19	-	-	-	-	-	4,61	12,67				3,22	26,14	17,65
SDS20	11,00	10,21	14,89	5,03	5,08	19,28	3,50				44,48	112,84	28,74
SDS30	-	3,24	5,29	0,00	7,98	10,76	24,59				15,24	2,50	84,82
SDS35	-	-	-	-	-	0,00	23,55				30,51	17,27	79,31
SD1	21,81	124,22	21,48	0,00	36,81	19,45	88,76				318,55	23,65	4,75
SD2	3,53	14,34	31,52	0,00	18,36	63,17	0,00				45,87	59,31	54,74
SD3	-	0,00	11,25	30,64	8,01	30,92	9,24				29,64	12,30	85,33
SD4	-	0,00	16,96	25,82	8,68	29,87	73,05				-	285,83	47,60
SD5	2,65	7,73	112,61	8,89	50,72	0,00	57,93				-	349,29	19,02
SDN12	-	-	-	-	6,49	44,73	-				152,13	53,35	41,11
SDN13	6,86	0,00	14,22	36,21	5,69	4,88	-				24,67	54,39	67,95
SDN20	14,16	31,26	1,71	6,73	0,00	-	-				28,32	26,04	56,68
SDN29	-	-	-	-	25,99	49,33	-				30,59	94,99	57,73
SDN30	21,88	0,00	129,52	8,57	0,00	-	7,98				8,91	-	63,08
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
média	11,70	17,36	33,68	11,31	13,37	21,31	27,94				56,63	81,23	50,03
desvio	8,01	36,70	44,07	13,19	15,60	20,98	30,82				87,32	105,67	24,78
mínimo	2,65	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00				3,22	2,50	4,75
máximo	21,88	124,22	129,52	36,21	50,72	63,17	88,76				318,55	349,29	85,33

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
SDS13		3,38	2,94	23,34	12,25	25,96	28,40	28,61	43,74	29,35	21,12	0,00
SDS19		0,00	19,51	17,25	11,55	0,00	20,70	30,94	14,46	7,90	-	24,01
SDS20		5,81	29,45	2,94	223,68	14,67	234,42	20,89	100,77	23,31	74,68	41,18
SDS30		19,82	42,10	27,87	26,99	15,93	163,91	11,44	7,23	42,77	10,02	10,57
SDS35		49,58	40,86	44,69	8,49	7,11	988,96	10,91	28,65	27,13	19,23	276,21
SD1		31,88	39,28	15,38	42,01	352,93	107,87	27,85	88,19	26,75	10,06	39,96
SD2		25,57	15,25	6,22	24,80	5,54	30,37	38,46	31,81	30,06	11,49	24,92
SD3		9,55	9,56	6,67	10,07	21,78	157,46	38,05	8,37	10,68	14,53	2,52
SD4		34,92	34,19	31,98	28,32	-	246,46	3,96	26,93	67,62	9,93	4,79
SD5		59,32	79,38	36,45	77,05	-	184,51	113,46	20,99	-	19,51	25,84
SDN12		54,02	9,18	46,36	40,76	22,56	20,20	59,85	486,34	72,27	57,66	30,21
SDN13		5,95	8,28	5,74	13,91	10,89	68,12	29,28	153,34	385,73	12,49	22,30
SDN20		2,63	0,00	35,85	7,85	5,97	53,57	54,91	81,24	137,46	9,11	43,40
SDN29		5,03	2,88	9,61	29,35	-	19,78	6,16	28,53	19,62	28,09	4,56
SDN30		8,24	6,95	5,25	6,88	0,00	29,25	12,24	65,32	33,57	14,39	20,78
SDN36		-	-	110,79	38,75	-	64,78	3,52	7,24	31,92	9,72	2,74
média		21,05	22,65	26,65	37,67	40,28	151,17	30,66	74,57	63,07	21,47	35,87
desvio		20,36	21,63	26,83	52,89	98,84	236,78	27,89	117,18	94,90	19,19	65,70
mínimo		0,00	0,00	2,94	6,88	0,00	19,78	3,52	7,23	7,90	9,11	0,00
máximo		59,32	79,38	110,79	223,68	352,93	988,96	113,46	486,34	385,73	74,68	276,21

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
SDS13	13,04	22,87	22,12	4,52	8,42	0,00
SDS19	39,67	13,16	-	-	-	-
SDS20	17,24	14,55	16,38	0,00	37,20	0,00
SDS30	67,52	25,98	13,61	4,29	60,75	17,47
SDS35	130,97	10,26	0,00	19,15	103,38	2,30
SD1	20,56	81,35	26,15	7,40	62,89	91,22
SD2	12,61	57,00	8,44	0,00	4,36	11,15
SD3	115,39	18,59	6,63	-	-	20,07
SD4	75,61	6,72	11,50	-	-	9,03
SD5	-	-	-	-	-	-
SDN12	18,86	127,68	43,85	42,93	-	14,78
SDN13	26,77	109,27	70,77	12,02	2,93	10,56
SDN20	33,34	65,84	11,94	5,36	0,00	5,33
SDN29	58,41	30,15	27,95	27,84	3,93	5,43
SDN30	46,21	5,55	26,98	2,60	0,00	25,27
SDN36	-	-	-	-	-	-
média	48,30	42,07	22,03	11,46	28,39	16,35
desvio	37,66	39,89	18,60	13,46	36,17	23,79
mínimo	12,61	5,55	0,00	0,00	0,00	0,00
máximo	130,97	127,68	70,77	42,93	103,38	91,22

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
DEG1	-	4,29	14,22	16,40	-	19,24	-				116,17	6,29	26,26
DEG2	-	-	23,41	6,57	24,07	126,76	-				26,13	93,89	51,36
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BN1	26,07	-	4,73	9,69	-	-	-				38,60	169,92	-
BN2	25,73	2,16	7,84	20,28	0,00	-	-				31,67	31,61	52,32
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
ITA1	12,01	0,00	17,88	46,97	-	-	-				85,44	79,83	96,63
ITA2	5,69	-	0,00	5,42	-	39,65	-				33,37	35,80	7,26
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BS1	-	-	-	-	-	0,00	-				172,41	52,47	6,61
BS2	-	-	-	-	190,69	-	-				41,26	37,63	46,95
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB1	-	-	-	-	-	-	-				80,35	271,55	52,48
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
MUC1	-	-	-	-	-	248,26	-				95,62	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	137,45	-				41,01	-	10,88
média	17,37	2,15	11,35	17,55	71,59	95,23	-				69,28	86,55	38,97
desvio	10,18	2,15	8,73	15,52	103,84	93,94	-				45,83	84,31	29,38
mínimo	5,69	0,00	0,00	5,42	0,00	0,00	-				26,13	6,29	6,61
máximo	26,07	4,29	23,41	46,97	190,69	248,26	-				172,41	271,55	96,63

Ano 4						Ano 5			Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
DEG1		2,38	10,71	20,93	49,97	24,32	20,07	36,00	143,54	69,87	19,84	35,43
DEG2		14,80	32,80	48,25	76,37	38,91	54,06	0,00	33,39	32,84	15,47	0,00
DEG3		-	-	75,55	170,05	54,04	109,46	33,50	49,25	27,75	11,89	2,51
BN1		11,20	16,70	31,13	152,53	-	36,99	3,82	171,53	0,00	23,17	9,56
BN2		68,23	7,52	25,34	6,77	70,77	17,45	75,13	39,35	114,74	5,99	3,60
BN3		-	-	8,56	10,85	44,05	5,48	14,59	47,73	-	-	4,95
ITA1		12,81	84,46	74,48	252,57	29,97	335,65	32,73	-	174,84	35,15	33,70
ITA2		19,04	48,22	57,68	113,42	-	98,59	5,78	-	23,47	-	35,94
ITA3		-	-	25,65	169,09	2,85	148,71	13,07	-	10,34	0,00	31,95
BS1		22,20	17,23	16,29	0,00	36,26	11,30	8,22	8,60	20,61	14,85	10,66
BS2		28,41	40,56	113,51	110,65	23,47	30,73	4,49	107,83	72,41	19,56	2,59
BS3		-	-	19,84	82,57	18,59	18,57	5,98	64,56	30,79	-	0,00
CB1		19,60	51,99	-	25,32	23,89	17,79	85,70	84,85	80,57	31,04	-
CB2		-	-	-	103,89	65,76	38,88	12,58	126,51	69,78	14,61	86,53
CB3		-	-	-	98,63	20,55	23,76	0,00	338,22	48,46	66,13	-
MUC1		441,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MUC2		32,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
média		61,18	34,46	45,07	97,25	34,88	64,50	22,11	101,28	55,46	21,47	19,80
desvio		127,40	24,85	31,54	71,32	19,57	85,74	26,54	89,32	46,73	17,06	24,75
mínimo		2,38	7,52	8,56	0,00	2,85	5,48	0,00	8,60	0,00	0,00	0,00
máximo		441,84	84,46	113,51	252,57	70,77	335,65	85,70	338,22	174,84	66,13	86,53

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
DEG1	6,52	-	81,51	2,49	11,61	0,00
DEG2	66,25	-	17,16	16,15	9,80	0,00
DEG3	53,08	-	62,66	10,68	29,93	3,07
BN1	-	-	-	-	-	-
BN2	101,78	83,02	12,62	3,08	9,34	68,37
BN3	-	53,65	-	12,13	15,28	14,75
ITA1	98,80	31,52	27,19	22,31	0,00	8,94
ITA2	-	-	-	-	-	-
ITA3	269,34	27,41	36,51	0,00	10,22	39,66
BS1	133,26	25,85	10,95	44,15	8,28	20,08
BS2	8,41	14,54	-	160,46	10,03	5,19
BS3	41,21	9,48	-	57,26	12,74	39,70
CB1	102,84	186,48	23,40	15,03	25,23	16,67
CB2	-	-	-	-	-	-
CB3	-	50,85	23,76	11,95	-	7,86
MUC1	-	-	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	-
média	88,15	53,64	32,86	29,64	12,95	18,69
desvio	76,24	54,71	24,00	44,55	8,22	20,69
mínimo	6,52	9,48	10,95	0,00	0,00	0,00
máximo	269,34	186,48	81,51	160,46	29,93	68,37

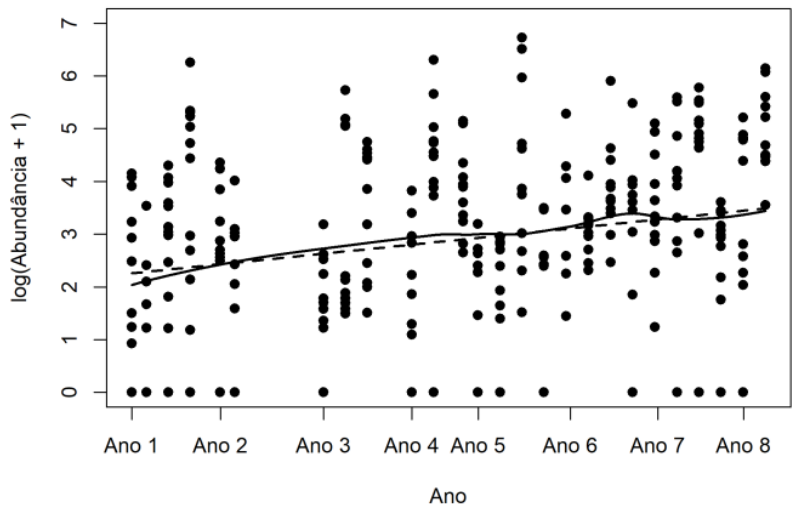
Ano 1					Ano 2					Ano 3				Ano 4	
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**	**10-2021**	**01-2022**
ABR1	14,19	-	104,88	-	-	99,87	-				22,08	-	93,61		29,46
ABR2	7,69	-	47,84	-	-	-	-				-	-	-		-
ABR3	50,36	-	62,95	-	-	73,03	-				176,13	-	229,78		39,32
ABR4	36,65	-	170,18	-	-	16,26	-				48,13	-	108,08		73,74
ABR5	24,84	-	0,00	-	-	80,91	-				59,24	-	55,20		7,37
média	26,75	-	77,17	-	-	67,52	-				76,39	-	121,67		37,47
desvio	17,18	-	64,10	-	-	35,98	-				68,29	-	75,45		27,62
mínimo	7,69	-	0,00	-	-	16,26	-				22,08	-	55,20		7,37
máximo	50,36	-	170,18	-	-	99,87	-				176,13	-	229,78		73,74

Assim como observado para os ovos de peixes, as densidades médias de larvas de peixes registradas na superfície (Tabela 4) foram baixas (< 100 larvas.100 m^{-3}) nos quatro setores e na maioria das campanhas, com algumas exceções. Nos setores APA Costa das Algas e Abrolhos as maiores densidades médias foram registradas em abril/2023 e julho/2021, respectivamente. Nos setores Foz do rio Doce e Norte as maiores médias ocorreram em abril/2023 e outubro/2023, respectivamente.

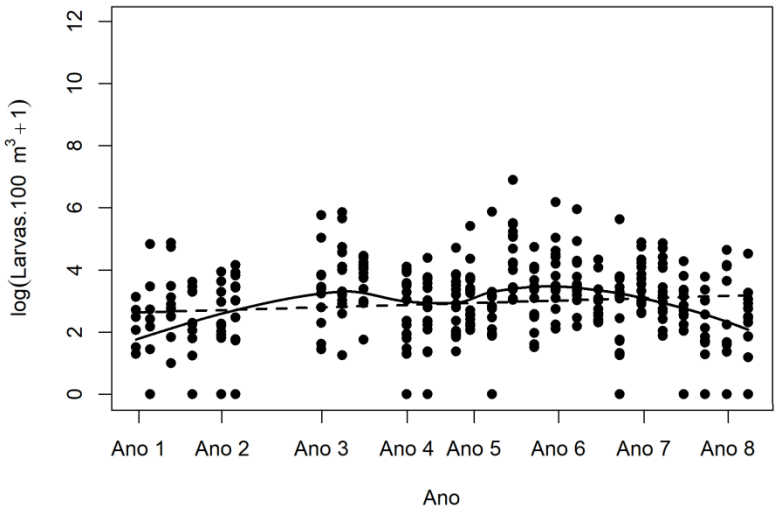
Houve grande variação espaço-temporal das densidades e não foi observado um padrão de distribuição (Tabela 4). Entretanto, observou-se uma tendência de maiores médias durante o período seco. Essa diferença entre os dois períodos de coleta foi significativa (p = 0,022701) para as densidades de larvas de peixes coletadas na superfície. Ainda em relação à variação temporal, observou-se diferença significativa (p<< 0,05) entre os anos de monitoramento: o Ano 1foi diferente dos demais, com exceção dos anos 2 e 8. O Ano 2 foi diferente do Ano 3 e do Ano 7, enquanto o Ano 3 foi diferente também do Ano 1 e do Ano 8.O Ano 4, o Ano 5 e o Ano 6 foram diferentes do Ano 1. O Ano 7 foi diferente dos anos 1, 2 e 8. Por fim, o Ano 8 foi diferente dos anos 3 e 7. Quanto à variação espacial, houve diferença significativa (p= 0,002) entre os setores: o Setor APA Costa das Algas é diferente do Setor Abrolhos, enquanto o Setor Foz do rio Doce é diferente dos setores Norte e Abrolhos.

Figura 6: Logarítmo da densidade de larvas de peixes (larvas.100 m^{-3}) coletadas na superfície em cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e (C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da diversidade e a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

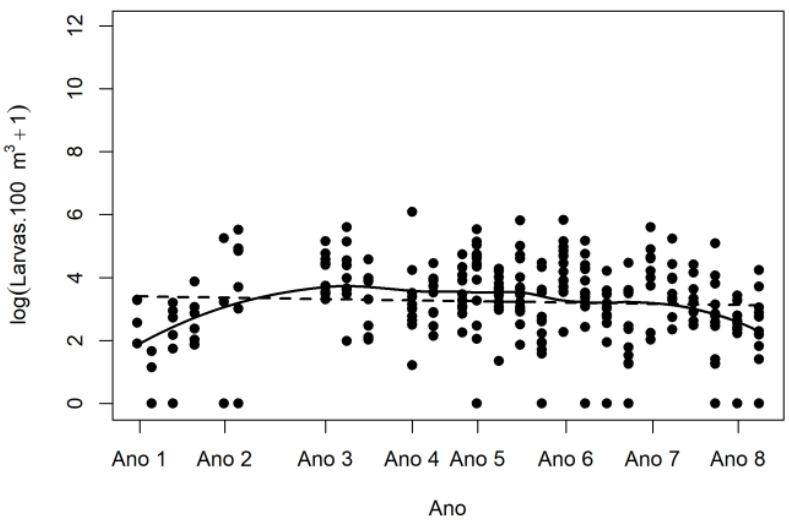
(A)



(B)



(C)



No Setor APA Costa das algas (Figura 6) as densidades de larvas de peixes na superfície aumentaram continuamente ao longo do monitoramento e esses resultados refletiram uma tendência de aumento dos valores do Ano 1 para o Ano 8. No Setor Foz do rio Doce (Figura 6) as densidades de larvas de peixes aumentaram e diminuíram ao longo do monitoramento, mas a tendência geral foi de aumento discreto dos valores do Ano 1 para o Ano 8. Por sua vez, no Setor Norte (Figura 6) apesar dos valores aumentarem e diminuírem ao longo do monitoramento, houve uma tendência de diminuição das densidades de larvas de peixes coletadas na superfície do Ano 1 para o Ano 8.

Tabela 4:Densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m^{-3}) coletadas na coluna d'água em cada estação nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022) , Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025)e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. São apresentados os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão em cada setor e cada campanha. Os traços em algumas estações significam que as mesmas não foram realizadas devido às condições do mar. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Na campanha Emergencial só foram realizadas coletas no Setor Foz. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19.

	Ano 1				Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
CA1	8,35	1,74	15,32	35,68	1,97	0,58	-				3,00	4,94	10,26
CA2	36,83	3,09	28,10	29,68	19,61	0,71	-				4,30	17,52	2,22
CA3	18,28	11,36	7,08	228,23	128,42	26,49	-				8,75	26,20	51,78
CA4	25,53	5,52	60,00	43,96	70,11	7,67	-				2,79	36,67	21,47
CA5	3,23	11,18	14,02	12,53	3,24	3,93	-				2,93	5,56	3,55
CA6	28,49	28,85	18,75	96,40	31,01	31,46	-				31,14	27,44	33,90
CA7	9,37	28,74	41,12	25,83	25,84	18,60	-				12,14	316,46	67,39
CA8	14,80	2,06	28,08	22,75	7,45	1,28	-				0,34	1,74	7,42
CA9	0,63	5,96	29,97	19,75	3,24	0,54	-				4,47	1,94	3,84
CA10	2,64	14,81	27,75	41,41	-	-	-				-	-	-
CA11	13,46	26,81	14,45	74,11	-	-	-				-	-	-
CA12	25,42	17,38	19,36	62,56	-	-	-				-	-	-
CA13	0,37	8,15	66,62	4,46	27,28	13,37	-				9,64	9,34	3,29
CA14	25,56	12,21	80,36	65,93	-	-	-				-	-	-
CA15	24,71	11,56	7,05	30,21	66,01	11,18	-				45,70	30,04	45,42
média	15,84	12,63	30,54	52,90	34,93	10,53	-				11,38	43,44	22,78
desvio	11,57	9,23	22,22	54,53	38,97	10,95	-				14,19	91,40	23,22
mínimo	0,37	1,74	7,05	4,46	1,97	0,54	-				0,34	1,74	2,22
máximo	36,83	28,85	80,36	228,23	128,42	31,46	-				45,70	316,46	67,39

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
CA1		1,46	72,27	26,75	12,16	7,29	4,91	14,62	18,92	4,24	33,12	2,27
CA2		3,61	40,43	10,94	0,53	2,46	26,29	1,99	12,82	13,20	39,28	2,16
CA3		11,98	174,15	26,77	31,56	11,29	179,92	2,04	27,03	75,32	53,32	4,00
CA4		12,73	67,49	17,18	6,91	2,01	139,93	35,22	43,68	49,65	3,76	10,05
CA5		1,56	16,22	13,68	3,93	0,27	11,60	6,40	5,70	8,97	56,32	3,88
CA6		35,04	91,78	66,44	34,19	14,58	351,08	8,74	21,91	29,65	1126,30	19,27
CA7		42,59	157,22	13,07	81,99	12,73	192,90	58,38	25,77	35,64	424,60	15,91
CA8		1,08	37,55	10,29	2,28	0,87	16,67	4,67	13,60	6,03	7,31	1,02
CA9		1,27	40,46	10,23	4,18	1,60	10,53	4,20	21,47	6,19	20,17	0,97
CA10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA13		5,47	26,95	5,85	1,11	1,08	18,72	4,30	14,15	14,16	62,74	5,04
CA14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA15		6,27	112,89	62,82	19,43	12,88	364,54	7,61	14,05	87,00	125,58	17,51
média		11,19	76,13	24,00	18,03	6,10	119,74	13,47	19,92	30,00	177,50	7,46
desvio		14,35	52,83	21,15	24,34	5,72	137,55	17,63	10,09	29,16	336,32	6,98
mínimo		1,08	16,22	5,85	0,53	0,27	4,91	1,99	5,70	4,24	3,76	0,97
máximo		42,59	174,15	66,44	81,99	14,58	364,54	58,38	43,68	87,00	1126,30	19,27

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
CA1	9,95	10,29	50,06	12,50	8,03	8,58
CA2	13,84	21,72	29,42	9,92	5,87	17,32
CA3	24,75	4,84	49,59	14,02	44,23	10,95
CA4	23,23	4,02	52,37	11,60	46,29	42,66
CA5	19,07	9,75	12,85	5,83	6,28	13,50
CA6	36,09	5,63	74,09	20,90	54,53	8,19
CA7	24,35	33,27	52,55	10,45	54,47	55,77
CA8	6,88	21,14	73,34	17,92	4,33	3,95
CA9	27,77	13,29	50,26	3,64	9,99	6,07
CA10	-	-	-	-	-	-
CA11	-	-	-	-	-	-
CA12	-	-	-	-	-	-
CA13	11,68	22,95	16,43	5,06	67,42	14,39
CA14	-	-	-	-	-	-
CA15	67,97	6,33	86,91	28,12	50,30	14,37
média	24,14	13,93	49,81	12,72	31,98	17,79
desvio	16,93	9,52	23,30	7,32	24,75	16,30
mínimo	6,88	4,02	12,85	3,64	4,33	3,95
máximo	67,97	33,27	86,91	28,12	67,42	55,77

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
SDS13	0,00	7,82	4,90	1,18	3,85	0,77	1,23				0,38	17,14	14,18
SDS19	-	-	-	-	4,99	1,45	0,55				1,56	17,90	7,25
SDS20	5,30	5,11	21,27	0,82	15,19	1,96	15,60				37,09	75,47	11,29
SDS30	4,25	5,70	11,72	1,06	7,20	2,28	12,68				1,84	4,03	34,90
SDS35	-	-	-	-	7,62	19,72	19,74				8,04	22,13	16,10
SD1	11,29	1,11	6,11	3,90	16,69	43,49	36,50				61,00	12,95	14,09
SD2	6,48	1,60	15,76	1,81	11,03	24,91	15,75				14,46	5,87	23,48
SD3	6,00	3,01	2,58	28,79	10,90	27,75	4,94				7,43	15,82	35,73
SD4	0,82	24,58	1,22	16,12	10,33	40,02	18,01				11,88	33,44	10,18
SD5	7,65	6,57	61,80	5,91	29,90	17,72	31,05				5,42	76,65	10,33
SDN12	-	-	-	-	2,95	9,89	8,47				53,44	14,66	35,03
SDN13	0,21	10,43	1,43	18,78	3,63	5,03	22,96				16,85	18,62	29,30
SDN20	6,01	3,27	3,13	5,69	1,10	2,00	3,24				3,20	0,70	13,38
SDN29	-	-	-	-	10,22	17,23	4,29				14,49	40,47	14,10
SDN30	15,85	1,55	26,02	5,36	2,15	9,95	10,44				5,77	0,74	12,03
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
média	5,81	6,43	14,18	8,13	9,18	14,94	13,70				16,19	23,77	18,76
desvio	4,77	6,69	17,90	9,12	7,40	14,07	10,73				19,02	23,88	10,09
mínimo	0,00	1,11	1,22	0,82	1,10	0,77	0,55				0,38	0,70	7,25
máximo	15,85	24,58	61,80	28,79	29,90	43,49	36,50				61,00	76,65	35,73

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
SDS13		0,49	5,60	10,09	9,70	9,95	26,29	11,39	25,46	2,75	16,73	3,00
SDS19		0,35	5,70	13,65	9,15	2,57	40,42	8,87	11,84	2,43	7,52	2,85
SDS20		1,69	18,24	4,03	144,40	13,06	105,20	9,44	34,66	6,46	35,47	22,20
SDS30		16,97	39,48	6,90	34,65	2,16	118,97	3,12	9,40	20,54	6,48	6,16
SDS35		6,12	42,22	10,90	12,42	3,12	363,66	4,98	12,72	51,85	3,16	5,79
SD1		13,95	8,84	11,56	24,19	18,72	30,86	33,98	32,86	9,62	12,92	25,34
SD2		5,68	10,47	5,93	35,07	5,77	8,09	51,75	41,46	21,57	2,52	11,82
SD3		39,82	34,75	3,47	14,47	0,92	25,04	33,63	13,07	7,68	3,24	1,89
SD4		7,46	22,77	6,68	3,57	16,18	122,66	7,10	12,59	17,46	1,96	1,63
SD5		8,90	24,61	15,02	55,83	23,38	129,68	31,87	15,23	7,45	7,41	1,15
SDN12		11,94	77,26	14,02	9,41	6,42	22,90	11,74	125,48	27,73	20,25	7,89
SDN13		2,06	3,54	6,81	4,03	3,99	39,19	19,57	124,80	24,72	4,04	12,95
SDN20		1,01	17,50	20,44	7,63	2,37	14,18	17,90	35,71	13,19	5,64	41,57
SDN29		6,22	5,11	5,76	11,33	3,97	51,33	4,17	16,91	11,78	14,78	1,53
SDN30		3,65	11,12	12,71	6,32	2,13	17,73	14,24	183,27	41,65	3,44	4,09
SDN36		-	-	28,50	7,83	3,39	79,21	3,89	30,32	14,84	6,76	0,88
média		8,42	21,81	11,03	25,48	7,38	74,71	16,73	45,36	17,61	9,52	9,42
desvio		10,04	19,92	6,55	35,99	6,86	87,74	14,05	51,68	13,73	8,84	11,34
mínimo		0,35	3,54	3,47	3,57	0,92	8,09	3,12	9,40	2,43	1,96	0,88
máximo		39,82	77,26	28,50	144,40	23,38	363,66	51,75	183,27	51,85	35,47	41,57

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2025**
SDS13	5,57	8,37	2,45	3,85	1,80	0,52
SDS19	2,52	2,23	-	-	-	-
SDS20	9,84	3,44	0,66	0,94	5,78	0,40
SDS30	4,87	9,65	4,40	2,84	7,80	6,62
SDS35	21,50	6,79	4,21	2,83	22,28	16,64
SD1	4,49	24,82	1,79	5,87	21,66	14,66
SD2	4,66	13,03	9,87	2,15	3,75	1,38
SD3	5,30	5,69	4,65	8,68	14,05	0,56
SD4	27,98	4,38	1,19	4,53	21,77	3,12
SD5	-	-	-	-	-	-
SDN12	3,84	40,33	18,16	17,69	4,90	4,23
SDN13	8,69	41,70	22,92	8,64	6,85	2,49
SDN20	8,33	17,83	9,16	1,51	11,84	1,74
SDN29	12,81	13,11	13,57	6,03	15,21	2,13
SDN30	10,44	7,12	2,89	15,34	6,91	3,66
SDN36	-	-	-	-	-	-
média	9,34	14,18	7,38	6,22	11,12	4,47
desvio	7,25	12,88	7,02	5,20	7,25	5,27
mínimo	2,52	2,23	0,66	0,94	1,80	0,40
máximo	27,98	41,70	22,92	17,69	34,05	16,64

Ano 1					Ano 2					Ano 3			
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**
DEG1	13,15	28,08	19,13	13,97	15,69	1,71	-				46,67	2,17	23,51
DEG2	21,54	60,77	17,07	10,99	9,08	34,76	-				16,55	18,04	72,93
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BN1	58,56	48,98	1,85	3,00	102,37	17,26	-				20,34	40,04	5,05
BN2	5,52	34,19	1,83	3,96	1,98	23,96	-				37,13	2,85	23,09
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
ITA1	9,62	11,60	30,14	14,61	6,86	37,09	-				26,31	3,59	40,24
ITA2	4,24	32,43	2,67	1,75	11,96	74,72	-				10,13	6,27	2,28
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
BS1	-	-	-	-	13,29	3,02	-				62,43	10,24	15,92
BS2	-	-	-	-	126,62	28,28	-				33,34	26,54	21,43
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB1	-	-	-	-	28,67	20,73	-				12,65	43,27	27,39
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-
MUC1	-	-	-	-	-	59,78	-				4,88	-	25,33
MUC2	-	-	-	-	-	31,64	-				4,43	-	6,94
média	18,77	36,01	12,11	8,05	35,17	30,27	-				24,99	17,00	24,01
desvio	20,46	17,06	11,83	5,81	45,96	21,86	-				18,39	16,10	19,66
mínimo	4,24	11,60	1,83	1,75	1,98	1,71	-				4,43	2,17	2,28
máximo	58,56	60,77	30,14	14,61	126,62	74,72	-				62,43	43,27	72,93

Ano 4					Ano 5				Ano 6			
Estação	**10-2021**	**01-2022**	**04-2022**	**08-2022**	**10-2022**	**01-2023**	**04-2023**	**07-2023**	**10-2023**	**01-2024**	**04-2024**	**07-2024**
DEG1		3,66	3,11	3,58	22,48	7,87	16,25	8,17	8,39	15,46	4,19	1,94
DEG2		6,36	41,87	67,81	16,98	7,27	24,99	0,74	21,18	28,22	1,45	0,26
DEG3		-	-	36,99	44,67	4,82	65,82	10,14	11,57	16,24	3,59	1,02
BN1		2,48	17,11	13,17	79,01	8,82	8,72	3,38	73,88	10,00	5,93	2,89
BN2		27,17	14,97	8,09	1,23	22,76	5,11	34,35	11,49	122,57	8,66	3,62
BN3		-	-	1,59	6,11	11,92	3,84	2,15	32,74	9,96	13,61	0,00
ITA1		1,92	62,30	20,76	55,21	8,42	74,36	43,93	28,40	15,12	14,79	3,96
ITA2		4,21	11,82	23,38	35,11	8,30	11,49	3,58	25,60	12,80	3,27	14,15
ITA3		-	-	15,50	47,11	3,98	51,38	6,39	83,66	10,38	5,86	4,80
BS1		10,67	5,79	12,11	4,21	6,20	5,11	17,14	12,01	35,46	7,47	0,91
BS2		7,46	18,31	16,11	32,96	8,10	3,99	4,06	42,65	28,46	1,58	1,47
BS3		-	-	14,72	10,27	2,80	4,33	13,99	8,32	39,79	1,59	0,94
CB1		4,00	29,55	14,94	2,48	5,89	8,07	42,32	35,07	22,45	7,63	0,00
CB2		-	-	12,06	52,34	18,95	6,20	4,92	43,74	8,88	3,64	16,64
CB3		-	-	2,01	15,37	11,05	1,62	4,65	46,47	18,82	5,61	7,07
MUC1		24,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MUC2		9,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
média		9,26	22,76	17,52	28,37	9,14	19,42	13,33	32,35	26,31	5,93	3,98
desvio		8,73	18,98	16,54	23,44	5,38	24,13	14,71	23,02	28,32	4,04	5,06
mínimo		1,92	3,11	1,59	1,23	2,80	1,62	0,74	8,32	8,88	1,45	0,00
máximo		27,17	62,30	67,81	79,01	22,76	74,36	43,93	83,66	122,57	14,79	16,64

	Ano 7				Ano 8	
Estação	**10-2024**	**01-2025**	**04-2025**	**07-2025**	**10-2025**	**01-2026**
DEG1	6,76	13,02	18,67	3,04	3,27	5,39
DEG2	6,20	8,05	1,97	6,63	7,21	19,36
DEG3	17,78	26,38	20,73	8,01	18,01	3,16
BN1	-	-	-	-	-	-
BN2	53,31	34,65	3,71	11,32	5,25	16,93
BN3	46,01	9,78	15,61	8,64	0,66	8,04
ITA1	26,58	47,02	7,37	7,70	3,38	8,42
ITA2	-	-	-	-	-	-
ITA3	39,18	10,04	9,93	1,63	0,78	3,15
BS1	43,19	21,86	20,73	10,57	3,64	11,06
BS2	11,91	21,56	17,68	52,24	3,03	3,99
BS3	21,94	8,17	37,02	12,20	7,09	7,74
CB1	42,97	63,71	37,16	2,28	2,07	6,03
CB2	-	-	-	-	-	-
CB3	36,80	15,67	14,22	4,52	-	0,83
MUC1	-	-	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	-
média	29,39	23,33	17,07	10,73	4,95	7,84
desvio	16,31	17,38	11,25	13,53	4,85	5,59
mínimo	6,20	8,05	1,97	1,63	0,66	0,83
máximo	53,31	63,71	37,16	52,24	18,01	19,36

Ano 1					Ano 2					Ano 3				Ano 4	
Estação	**11-2018**	**01-2019**	**04-2019**	**07-2019**	**11-2019**	**01-2020**	**Emergencial**	**04-2020**	**07-2020**	**10-2020**	**01-2021**	**04-2021**	**07-2021**	**10-2021**	**01-2022**
ABR1	12,41	-	19,47	-	-	27,49	-				0,61	-	35,31		4,59
ABR2	9,85	-	12,66	-	-	-	-				-	-	-		-
ABR3	32,81	-	11,58	-	-	13,74	-				21,88	-	38,91		8,95
ABR4	13,22	-	19,72	-	-	8,67	-				23,10	-	43,26		14,38
ABR5	10,16	-	14,61	-	-	15,62	-				15,08	-	10,07		11,88
média	15,69	-	15,61	-	-	16,38	-				15,17	-	31,89		9,95
desvio	9,68	-	3,80	-	-	7,97	-				10,32	-	14,90		4,21
mínimo	9,85	-	11,58	-	-	8,67	-				0,61	-	10,07		4,59
máximo	32,81	-	19,72	-	-	27,49	-				23,10	-	43,26		14,38

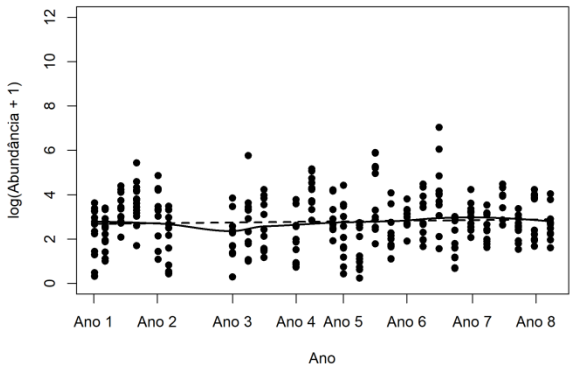
Na coluna d'água (Tabela 4) as densidades médias de larvas de peixes também foram baixas (< 100 larvas.100 m^{-3}) ao longo do monitoramento. Nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce as maiores médias ocorreram em abril/2024 e abril/2023, respectivamente; e no Setor Norte a maior média ocorreu em janeiro/2019. No Setor Abrolhos todas as densidades médias foram inferiores a 50 larvas.100 m^{-3}, e o maior valor ocorreu em julho/2021.

Não houve padrão espaço-temporal da distribuição das densidades de larvas de peixes na coluna d'água (Tabela 4). Entretanto, considerando a distribuição temporal das densidades de larvas de peixes houve uma tendência de maior média durante o período seco, mas essa diferença não foi significativa (p = 0,113080). Quanto a série temporal longa não houve diferença significativa entre os anos (p = 0,0757). Em relação à distribuição espacial houve diferença significativa (p<< 0,05) e o Setor APA Costa das Algas foi diferente do Setor Foz do rio Doce e do Setor Norte.

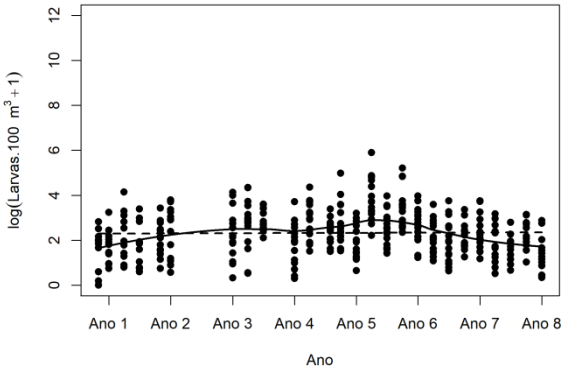
Depois da chegada do MLD na região marinha houve aumento da quantidade de material em suspensão. Alguns estudos indicam que muito material em suspensão prejudica a respiração (BEZERRA Jr., 1999) e a alimentação dos peixes (AUTHMAN *et al.*, 2015). Portanto, mesmo que tenha alimento (fito e zooplâncton) disponível muita turbidez pode inibir a habilidade das larvas de capturar as presas e com isso diminuir o sucesso na alimentação desses organismos (AXLER *et al.*, 2020). O aumento de turbidez, principalmente no período chuvoso, provavelmente contribuiu para a baixa densidade de larvas, tanto na superfície quanto na coluna d'água, ao longo do monitoramento.

Figura 7: Logarítmo da densidade de larvas de peixes (larvas.100 m^{-3}) coletadas na coluna d'águaem cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e (C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da diversidade e a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

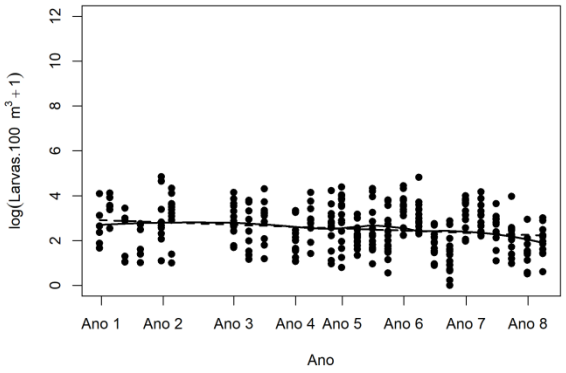
(A)



(B)



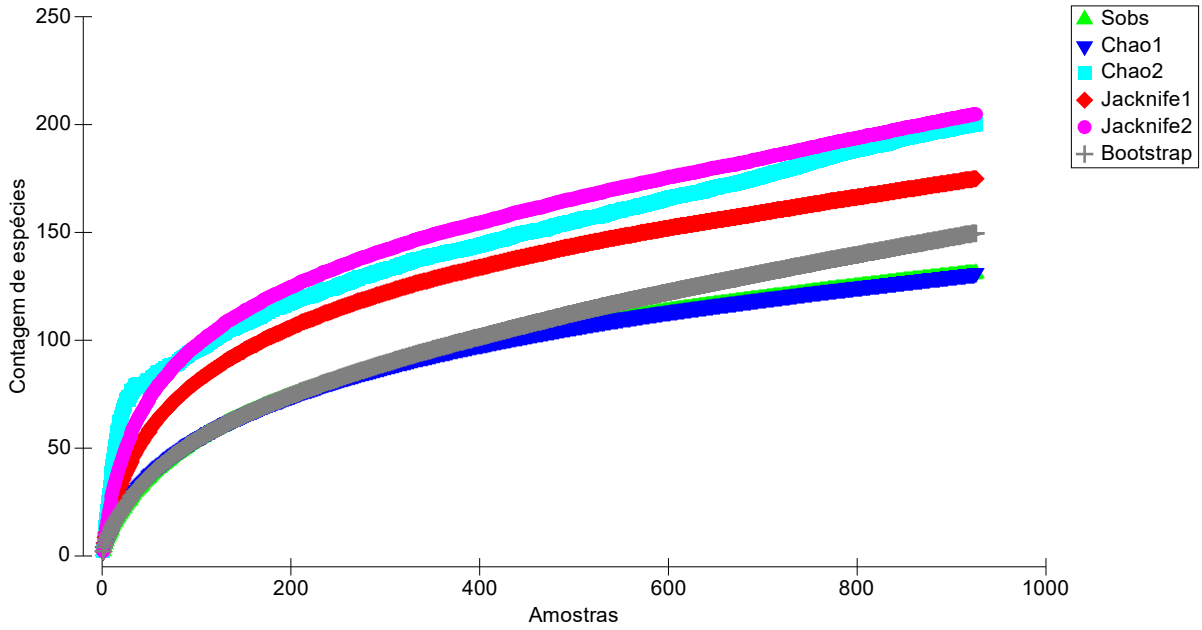
(C)



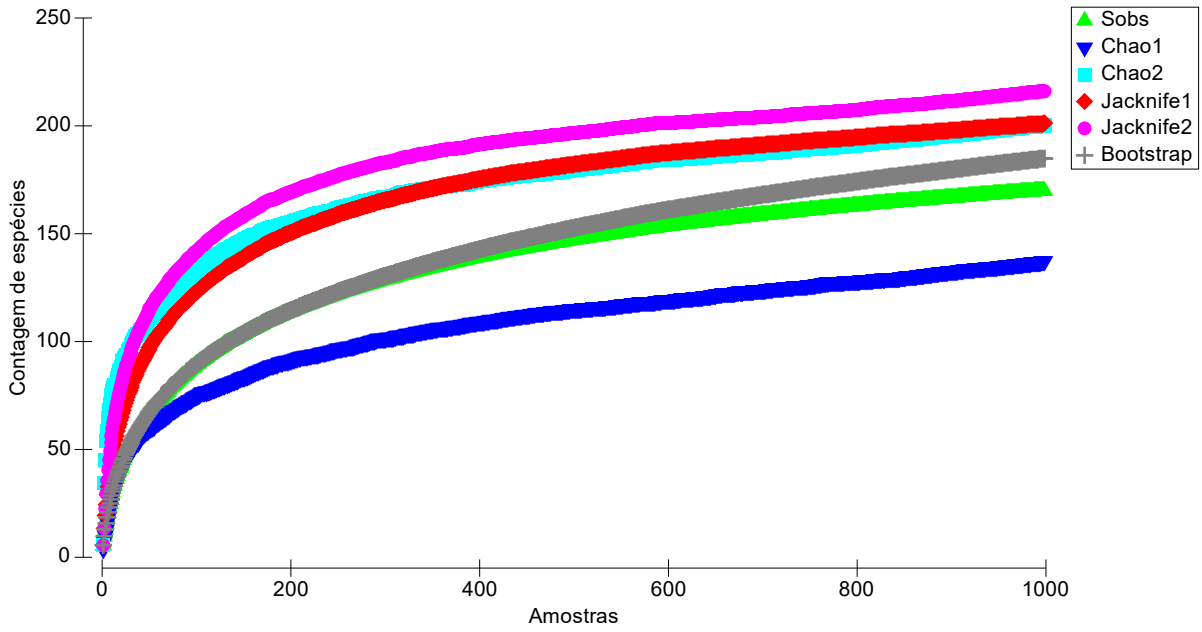
No Setor APA Costa das algas (Figura 7) o balanço das densidades de larvas de peixes na coluna d'águateve pouca variação ao longo do monitoramento e esses resultados refletiram uma tendência de constância dos valores do Ano 1 para o Ano 8. No Setor Foz do rio Doce (Figura 7) as densidades de larvas de peixes aumentaram e diminuíram ao longo do monitoramento, mas a tendência geral foi de constância dos valores do Ano 1 para o Ano 8. Por sua vez, no Setor Norte (Figura 7)os valores diminuíram ao longo do monitoramento e houve uma tendência de diminuição das densidades de larvas de peixes coletadas na coluna d'água do Ano 1 para o Ano 8.

Figura8:Curva de acumulação de espécies para as amostras coletadas na superfície (A) e na coluna d'água (B) na área de estudo ao longo do monitoramento (Ano 1: 11-2018 a 07-2019 , Ano 2: 11-2019 a 07-2020, Ano 3: 10-2020 a 07-2021, Ano 4: 10-2021 a 08-2022; Ano 5: 10-2022 a 09-2023; Ano 6: 10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) nos quatro setores (APA Costa das Algas, Foz do rio Doce, Norte e Abrolhos). O Setor Abrolhos parou de ser monitorado a partir de janeiro/2022. Essa análise reflete a riqueza de táxons de larvas de peixes registradas ao longo do monitoramento. A curva verde (Sobs) representa o número de táxons observados na área de estudo. Índices indicadores de riqueza de espécies: Chao 1 e 2; Jacknife 1 e 2; Bootstrap.

(A)



(B)



Os resultados da curva de acumulação de espécies (Figura 8), realizadas com as amostras obtidas em todas as campanhas, refletem a riqueza de táxons de larvas registradas ao longo do monitoramento nos quatro setores estudados.

Com base nesses resultados pode-se dizer que na superfície (Figura 8) entre novembro/2018 e janeiro/2026foram coletados entre 64% (Jacknife2) e 100% (Chao 1) dos táxons esperados para a área de estudo, dependendo do índice e considerando o esforço amostral.

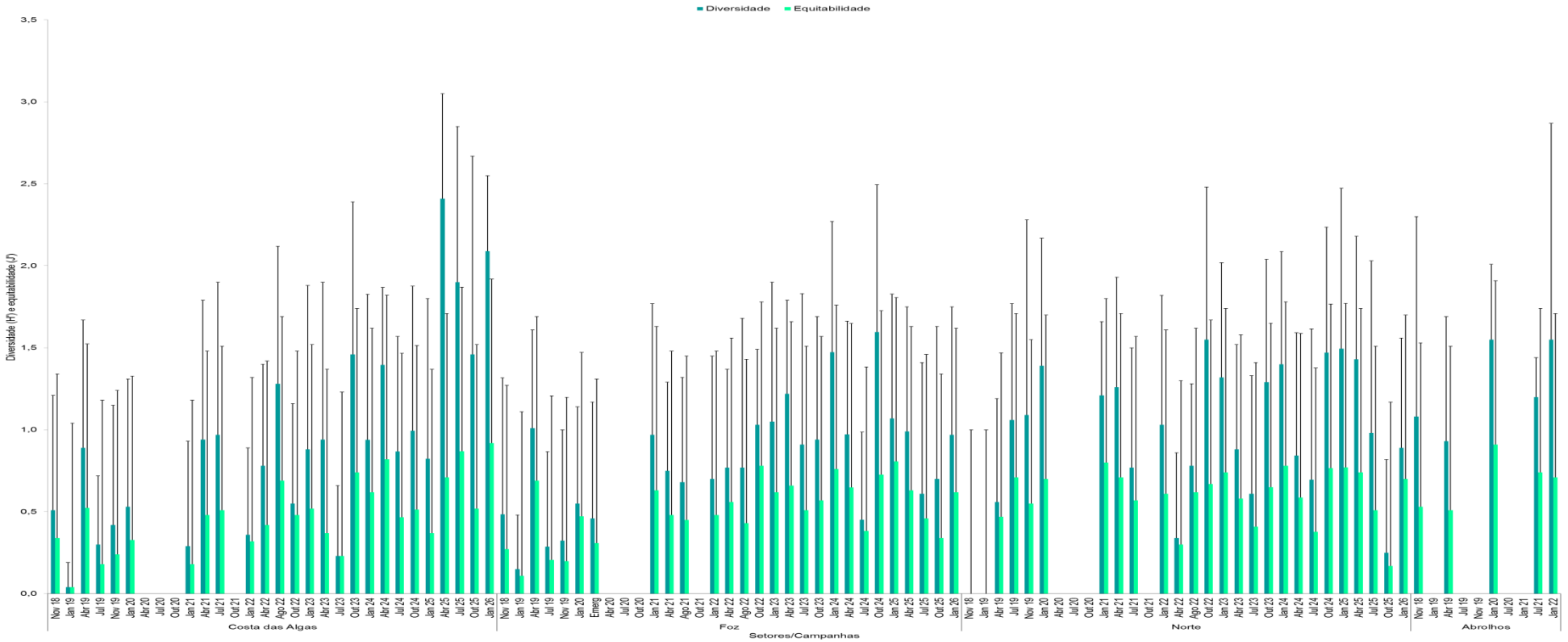
Na coluna d'água (Figura 8) esse percentual variou entre 79% (Jacknife2) e 92% (Bootstrap) dos táxons esperados. Se considerarmos apenas o índice Chao1, o número de táxons registrados é superior ao esperado. Esse índice leva em consideração apenas as espécies raras; ou seja, que ocorrem uma ou duas vezes ao longo do estudo. Sendo assim, esse índice dá mais peso às espécies que ocorrem eventualmente ao longo do monitoramento e por isso pode resultar em mais de 100% da riqueza observada.

Ao longo do monitoramento, considerando amostragens na superfície e na coluna d'água, foram identificadas 88 famílias, 175 espécies e quatro táxons foram representados no nível de ordem, Em relação ao RSE2025 (PMBA/Fest-UFES – RT 49, 2025) foram registradasmais 24 espécies, considerando as duas últimas campanhas do Ano 7 e as duas do Ano 8. Os demais táxons registrados no Ano 7e no Ano 8 já tinham ocorrido ao longo do monitoramento.

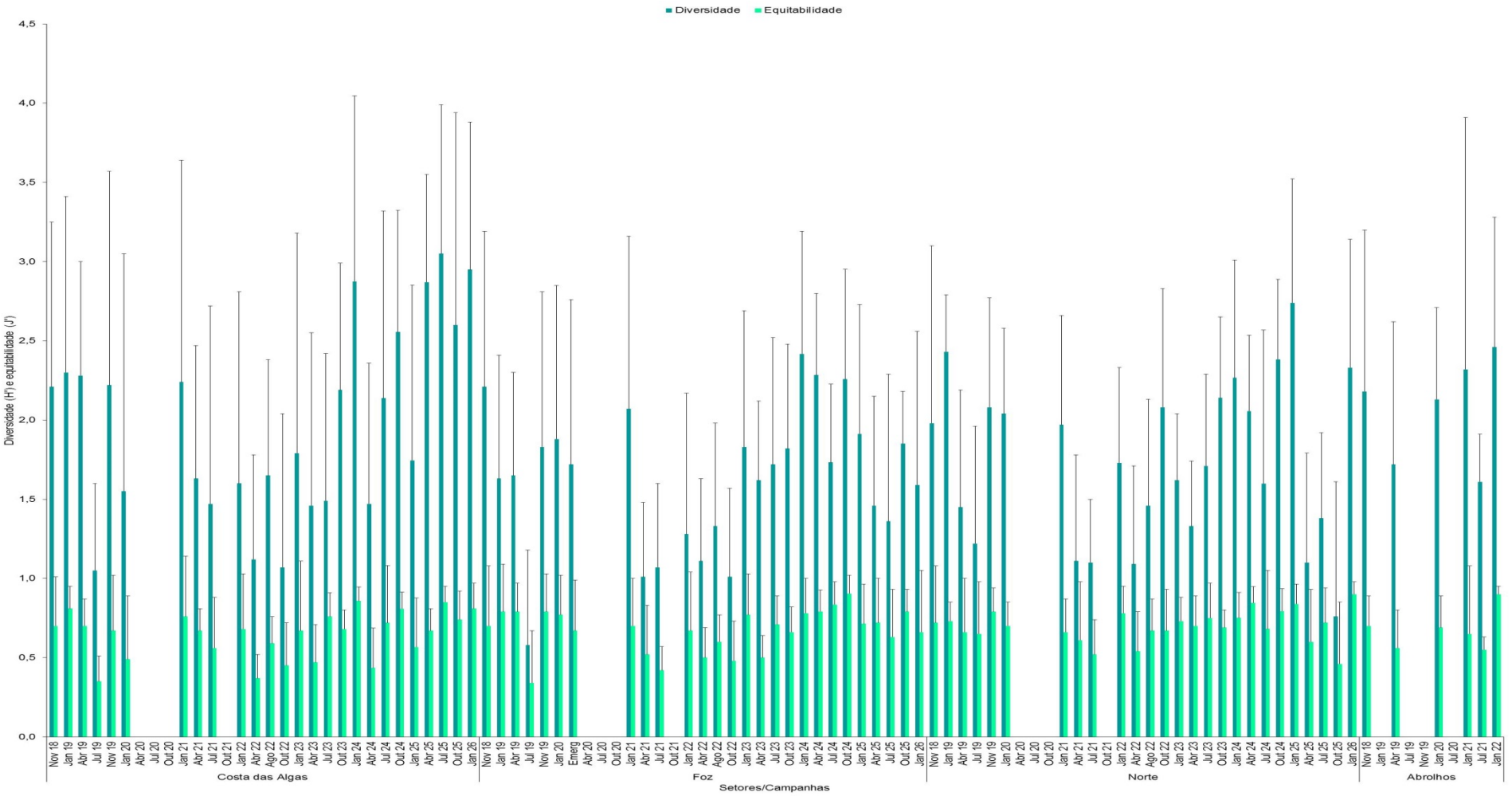
Alguns táxons registrados em 2016 (BONECKER *et al.*, 2019), logo após a chegada do MLD na região marinha, não foram coletados ao longo do monitoramento. Alguns desses táxons são *Hopliasmalabaricus*(Erythrinidae), *Pseudoplatystoma*sp. (Pimelodidae), *Hypsoblenniusinvemar*(Blenniidae),*Gobiesoxstrumosus*(Gobiesocidae),entre outros. No período chuvoso foram identificadas larvas de Siluriformes (bagres), Characiformes e Gymnotiformes que são características de água doce evidenciando a influência do rio Doce no Setor Foz. As espécies da ordem Cyprinodontiformes ocorrem em ambientes marinhos, salobros e de água doce (NELSON, 2016). Larvas de espécies com hábitos mesopelágicos também ocorreram ao longo do monitoramento, principalmente nas estações mais profundas, o que é uma evidência de contribuição da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) nessas estações. Entre as espécies identificadas no presente estudo apenas *Hippocampuserectus*e *H. reidi*(cavalo marinho) são consideradas vulneráveis pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção e *Balistescapriscus* está quase ameaçada. Em uma avaliação mais recente (ICMBio, 2026) a espécie *B. capriscus* está classificada como em perigo (EP) e *H. erectus*, *H. reidi* , *Micropogoniasfurnieri* estão classificadas como vulneráveis. A espécie *Scomberomoruscavalla* está classificada como quase ameaçada (NT). A maioria das espécies registradas na área de estudo está classificada como menos preocupante (ICMBio, 2026). Entretanto, segundo Barbanti*et al.* (2013), a espécie *Atherinella brasiliensis* (mamarreis) está ameaçada no Estado de São Paulo, evidenciando possível preocupação regional quanto ao seu estado de conservação. Em avaliação mais recente (ICMBio, 2026) a espécie *A. brasiliensis* está classificada como menos preocupante (LC), inclusive no Estado de São Paulo.

Figura9: Valor médio e desvio padrão de diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') registradas na superfície (A) e na coluna d'água (B) na área de estudo nos setores APA Costa das Algas (CA), Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN), Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) e Abrolhos (ABR) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019), Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. As campanhas de 04-2020, 07-2020, 10-2020, 10-2021 não foram realizadas devido à pandemia da COVID-19. Verde escuro = diversidade (H'); Verde claro = equitabilidade (J').

(A)



(B)


Diversidade
Equitabilidade
Diversidade (H') e equitabilidade (J')
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
Costa das Algas
Foz
Norte
Abrolhos
Setores/Campanhas

Todos os valores médios de diversidade (Figura 9)foram baixos (< 3,0) ao longo do monitoramento, com exceção de um valor 3,05 na campanha de julho/2025 no Setor APA Costa das Algas, na coluna d'água.

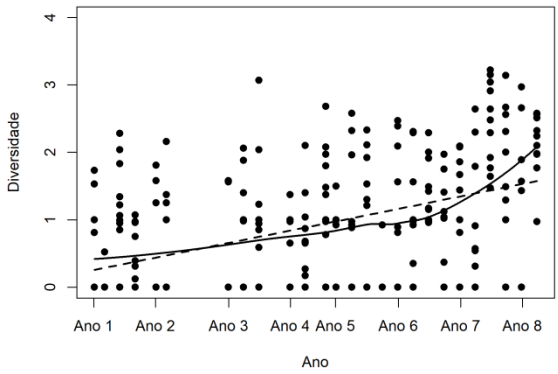
Na superfície (Figura 9) não foi observado um padrão espaço-temporal na distribuição da diversidade das larvas de peixes. Entretanto, em relação à variação temporal a diversidade média foi um pouco maior no período seco, e essa diferença foi significativa (p = 0,020979). Na série temporal longa foram registradas diferenças significativas (p<< 0,05): o Ano 1foi diferente dos demais, com exceção do Ano 2 e do Ano 4. O Ano 2 foi significativamente diferente do Ano 6 e do Ano 7. O Ano 4 foi diferente do Ano 7, enquanto o Ano 6 foi diferente dos anos 1 e 2. Quanto à variação espacial, houve diferença entre os setores (p = 0,0162).

Na coluna d'água (Figura 9), foi observada diferença significativa (p<< 0,05) da diversidade entre os dois períodos de estudo. Em relação ao período temporal longo, houve diferença (p<< 0,05) entre os anos de estudo: o Ano 1 foi significativamente diferente do Ano 6; o Ano 2 foi diferente dos anos 3 e 4; os anos 3 e 4 foram diferentes dos anos 2, 6, 7 e 8. O Ano 5 foi diferente dos anos 6, 7 e 8, enquanto o Ano 6 foi diferente dos anos 1, 3, 4 e 5. Os Anos 7 e 8 diferiram dos anos 3,4,e 5 Quanto à variação espacial, houve diferença significativa (p = 0,0001) da diversidade de larvas de peixes entre os setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce.

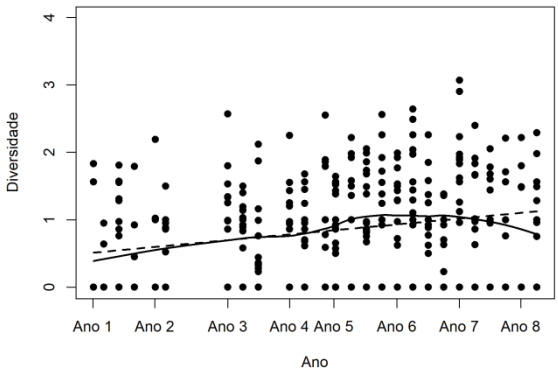
A equitabilidade seguiu a mesma tendência da diversidade, de maneira geral, tanto na superfície quanto na coluna d'água (Figura 9).

Figura 10:Diversidadede Shannon (H')de larvas de peixes coletadas na superfícieem cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e (C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da diversidade e a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

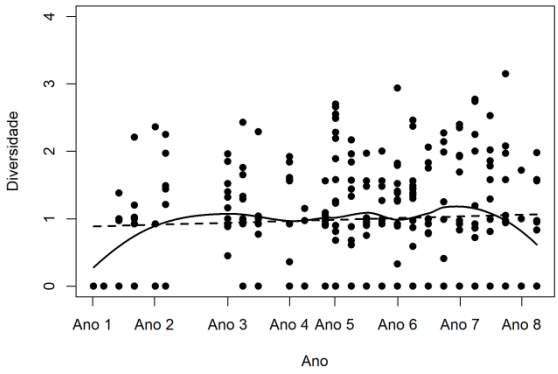
(A)



(B)



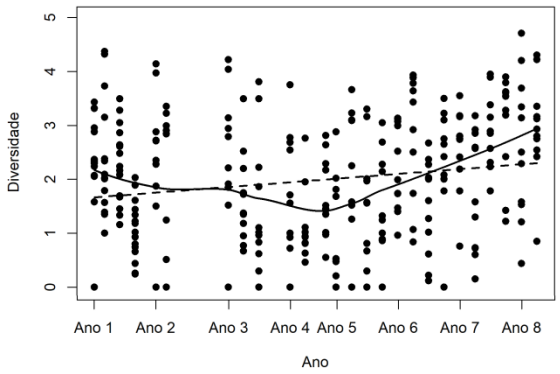
(C)



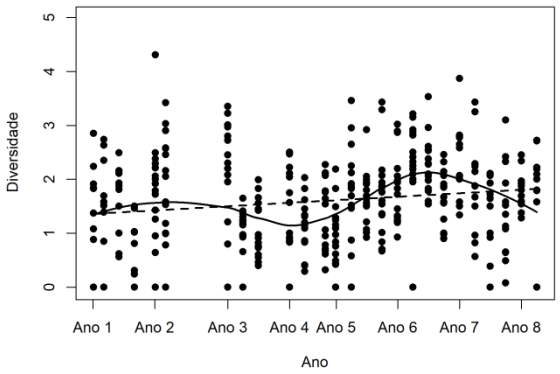
Na superfície (Figura 10) os valores de diversidade tiveram um aumento contínuo no Setor APA Costa das Algas (Figura 10) e um aumento até o Ano 7, no Setor Foz do rio Doce (Figura 10). No Setor Norte (Figura 10) observou-se um aumento até o Ano 3, estabilização até o final do Ano 6 e posterior queda. Apesar das grandes variações dos dados nos três setores ao longo do monitoramento, observou-se uma tendência geral de aumento da diversidade, sendo mais acentuada nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce.

Figura 11:Diversidadede Shannon (H')de larvas de peixes coletadas na coluna d'água em cada estação nos setores (A) APA Costa das Algas (CA), (B) Foz do rio Doce (SDS, SD, SDN) e (C) Norte (DEG, BN, ITA, BS, CB, MUC) no Ano 1 (11-2018 a 07-2019) , Ano 2 (11-2019 a 07-2020), Ano 3 (10-2020 a 07-2021), Ano 4 (10-2021 a 08-2022), Ano 5 (10-2022 a 09-2023), Ano 6 (10-2023 a 07-2024), Ano 7 (10-2024 a 07-2025) e Ano 8 (10-2025 e 01-2026) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022 e por isso não foi representado nos gráficos.Os pontos representam observações individuais, a linha contínua indica a tendência temporal suavizada da diversidade e a linha pontilhada representa a tendência linear estimadaao longo do período de estudo.

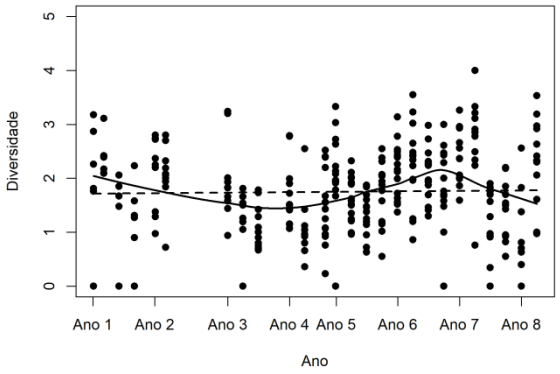
(A)



(B)



(C)



Na coluna d'água observou-se uma variação dos dados nos três setores mostrando uma queda acentuada da diversidade entre o Ano 4 e o Ano 5, com posterior aumento (Figura 11). Nos setores APA Costa das Algas (Figura 11) e Foz do rio Doce (Figura 11) houve uma tendência de aumento dos valores de diversidade, enquanto no Setor Norte (Figura 11) a tendência foi de estabilidade desse índice.

A tendência de aumento da diversidade tanto na superfície quanto na coluna d'água durante o monitoramento não significa que houve uma melhora nas condições do ambiente. Ainda é observada uma grande flutuação dos dados com aumentos e diminuições ao longo do tempo, dependendo da época da coleta.

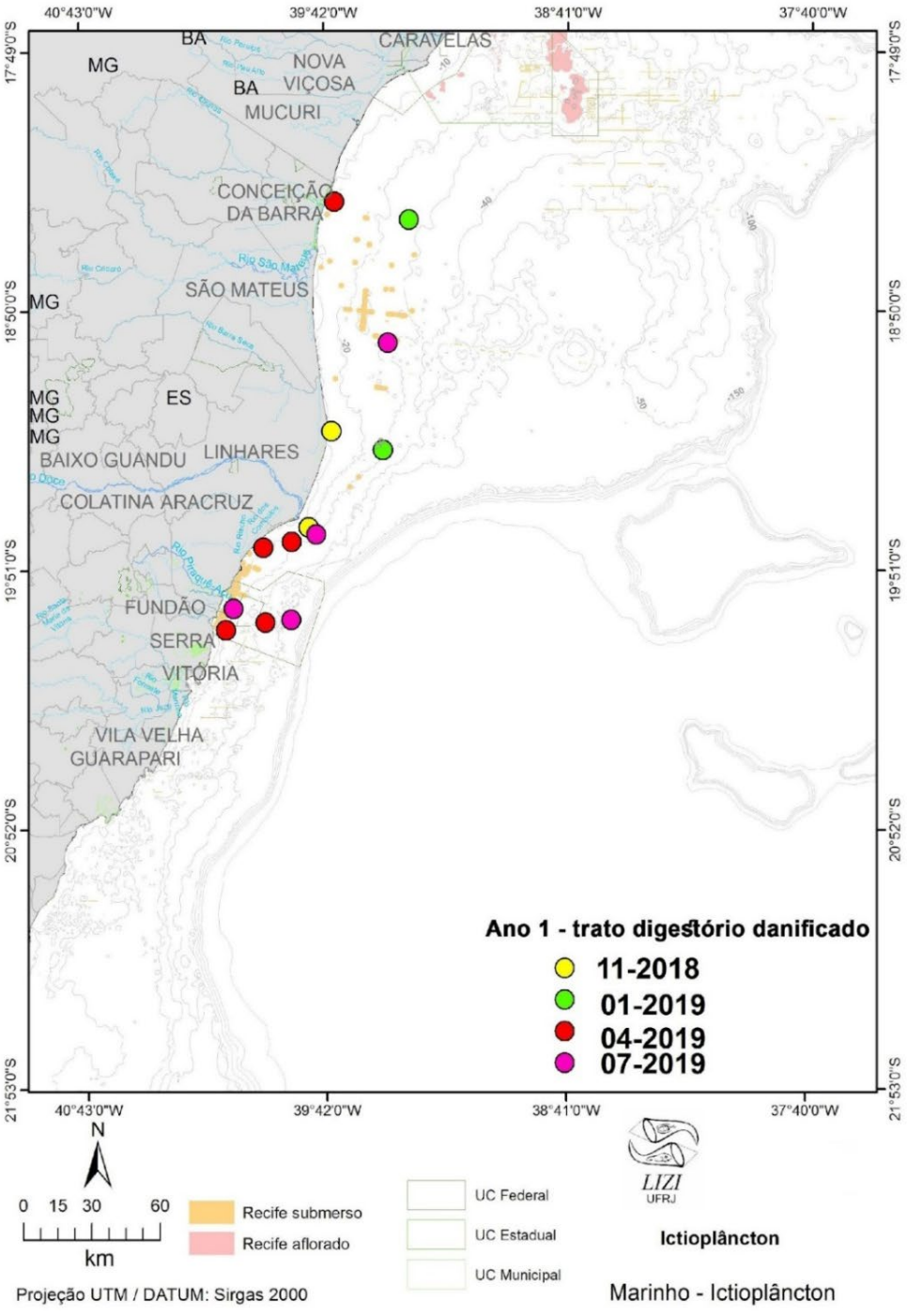
A análise de similaridade (ANOSIM) da assembleia de larvas de peixes registrada na superfície mostrou que não houve diferença significativa entre os quatro setores (R Global = 0; nível de significância = 49,3%). Entretanto, os anos do monitoramento foram significativamente diferentes (R Global = 0,058; nível de significância = 0,1%), assim como os períodos seco e chuvoso (R Global = 0,047; nível de significância = 0,1%). Na superfície a análise SIMPER mostrou que, de maneira geral, houve maior contribuição de Engraulidae (manjubas), Clupeidae (sardinhas), *Haemulonplumierii* (cocoroca boca velha), *Stelliferrastrifer* (cangoá), *Atherinella brasiliensis* (mamarréis) e *C. chrysurus* (palombeta), na formação das assembleias ao longo do monitoramento, nos quatro setores e nos dois períodos de estudo.

As assembleias de larvas de peixes registradas na coluna d'água foram significativamente diferentes (ANOSIM) entre os setores (R Global = 0,037; nível de significância = 0,1%), entre os anos de monitoramento (R Global = 0,065; nível de significância = 0,1%) e entre os dois períodos de estudo (R Global = 0,038; nível de significância = 0,1%). Além dos táxons citados para a superfície, outros também contribuíram para a formação das assembleias de larvas de peixes na coluna d'água (SIMPER), tais como: *Ptereleotrisrandalli* (linha azul), *Eucinostomus*sp. (carapicu), *Macrodonancylodon* (pescada foguete), *Stellifer rastrifer* (cangoá), Pristigasteridae (sardinhas),*Ctenogobiusboleosoma*(amoré de garça) e Syngnathinae (peixe cachimbo).

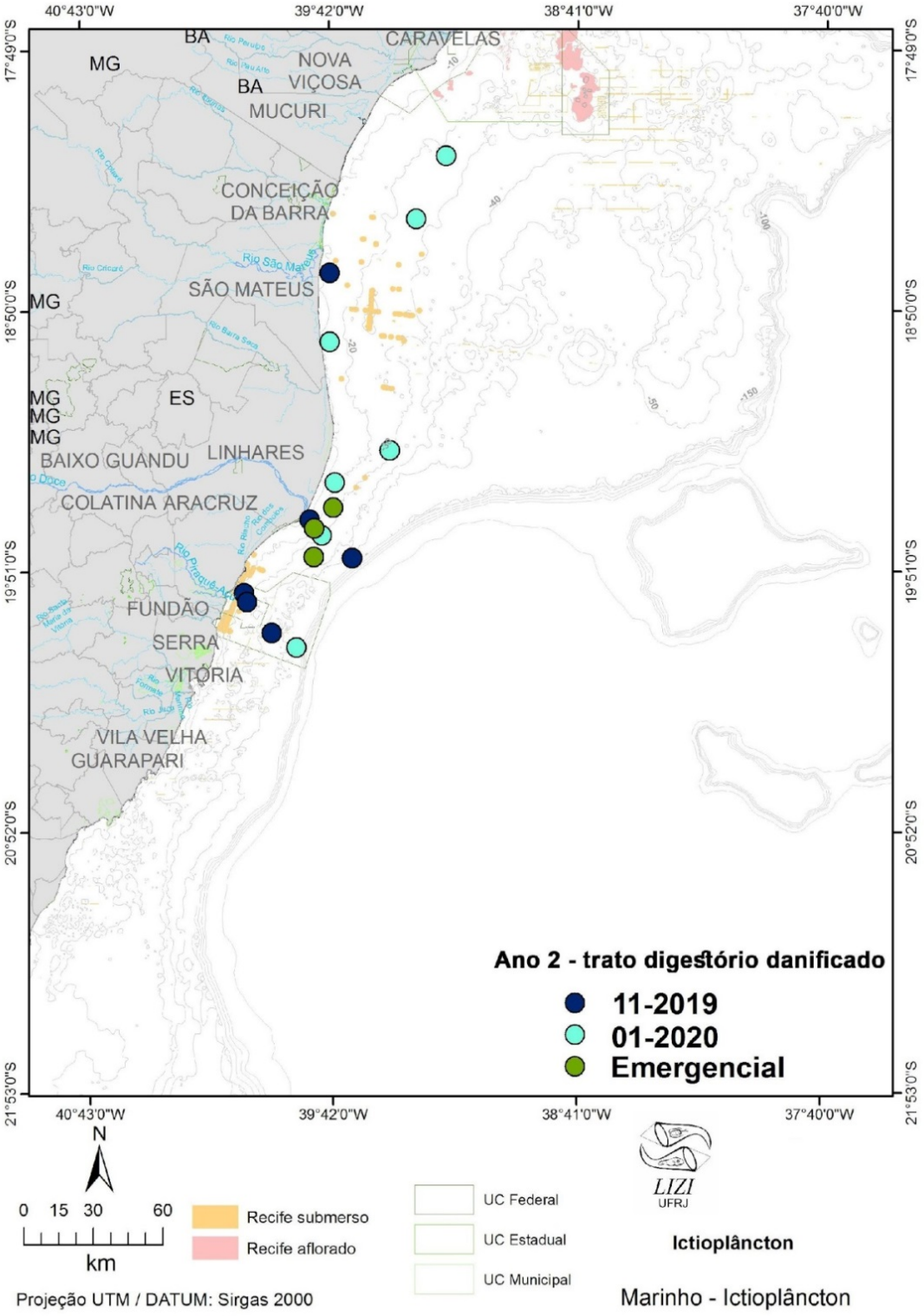
3.4 INTEGRIDADE MORFOLÓGICA DAS LARVAS DE PEIXES

Figura12: Distribuição das larvas de peixes com o trato digestório danificado coletadas na área de estudo tanto na superfície como na coluna d'água nas campanhas realizadas durante o Ano 1: 11-2018 a 07-2019 (A), Ano 2: 11-2019 a 07-2020 (B), Ano 3: 10-2020 a 07-2021 (C), Ano 4: 10-2021 a 08-2022 (D), Ano 5: 10-2022 a 09-2023 (E); Ano 6: 10-2023 a 07-2024 (F); Ano 7 (10-2024 a07-2025) (G) e Ano 8: 10-2025 e 01-2026 (H) do PMBA/Fest-UFES. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022. Em alguns casos, ocorreram larvas com trato digestório danificado na mesma estação de coleta em campanhas diferentes. Nessas situações, os símbolos ficaram sobrepostos e foram representados no mapa por uma das campanhas apenas. Nas campanhas que começaram em um mês e terminaram em outro foi usada como referência nas legendas a data do início das coletas.

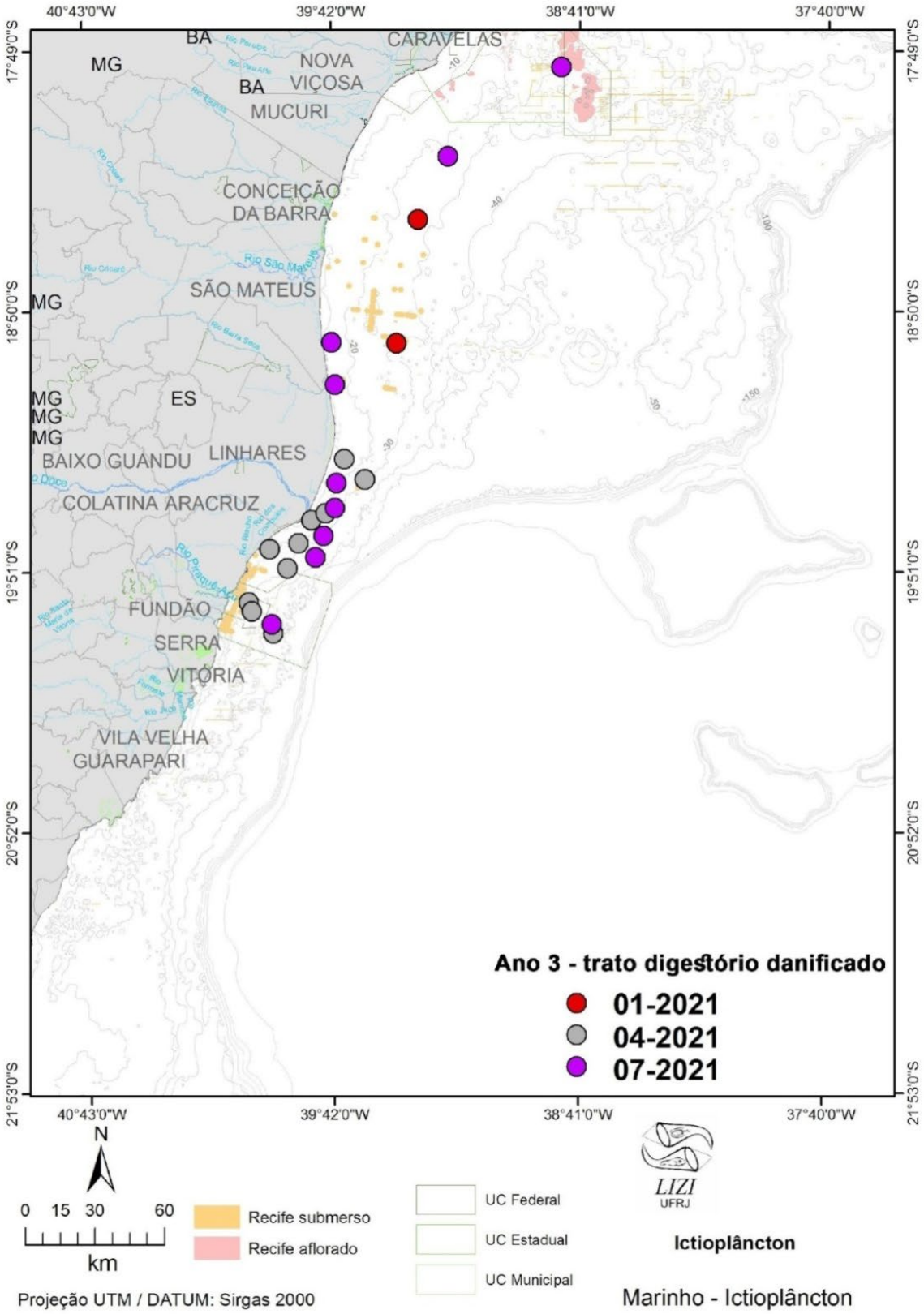
(A)



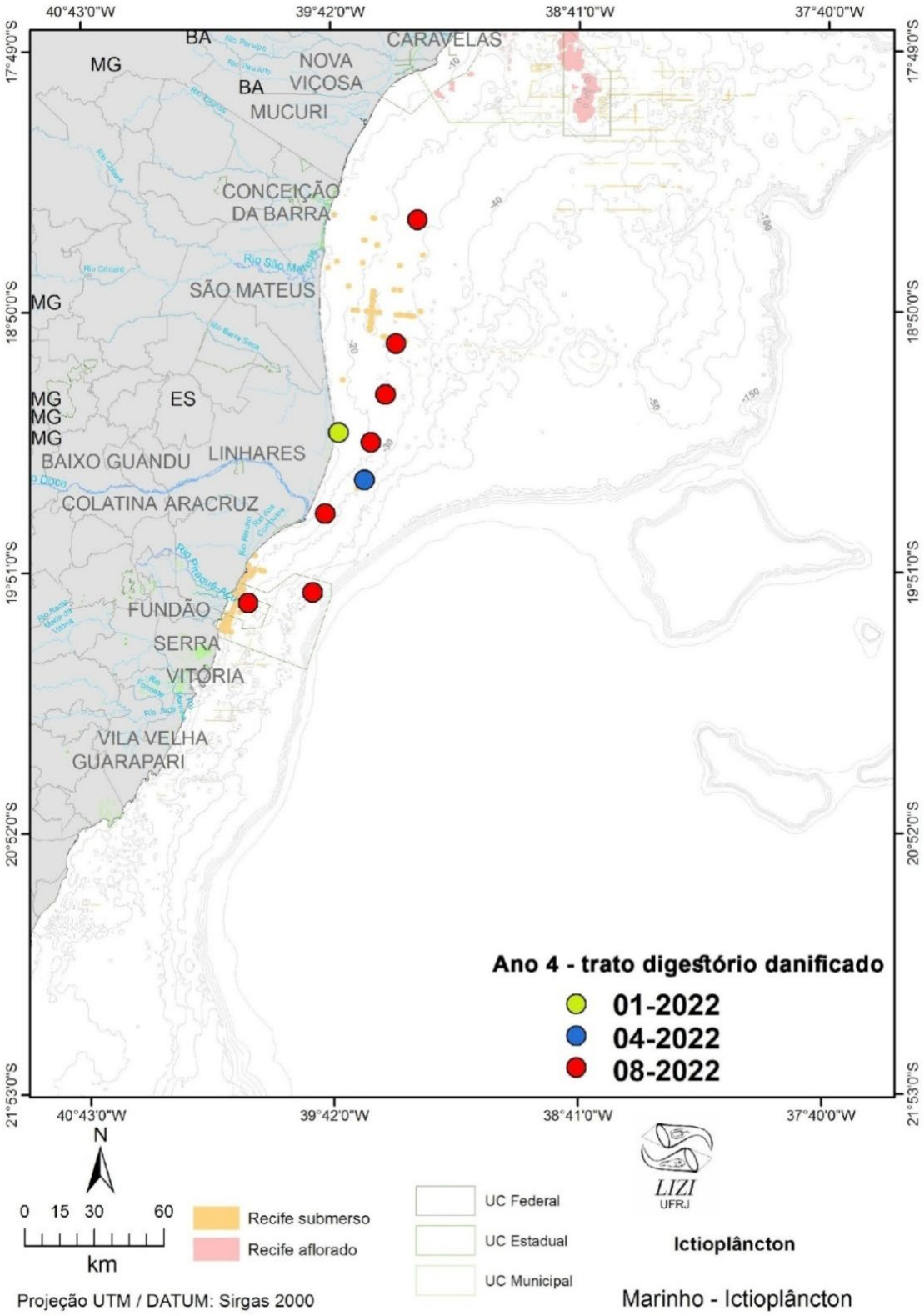
(B)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
BAIXO GUANDU
LINHARES
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 2 - trato digestório danificado
11-2019
01-2020
Emergencial
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

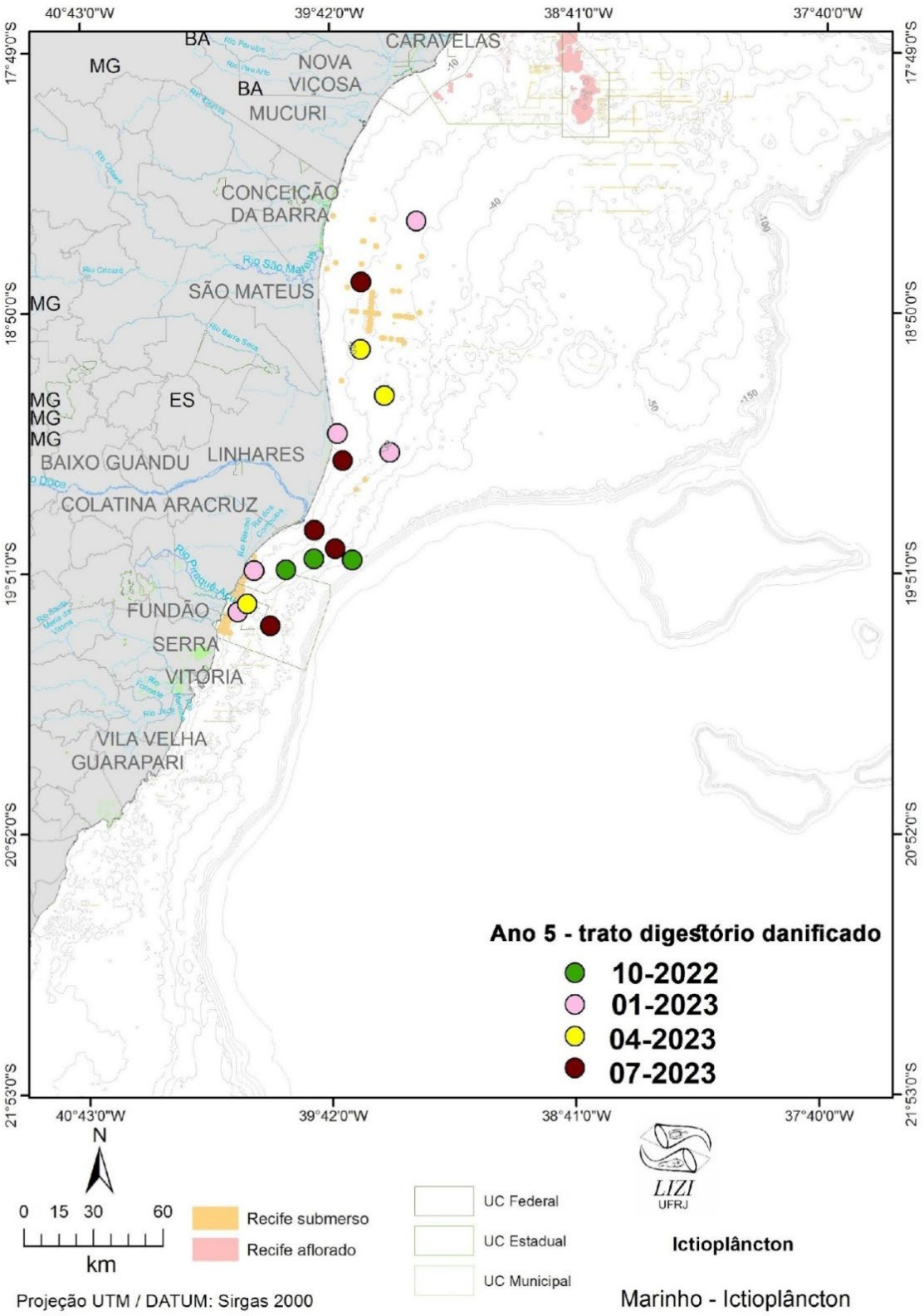
(C)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
NOVA VIÇOSA
BA
MUCURI
CARAVELAS
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
MG
MG
ES
MG
MG
BAIXO GUANDU
LINHARES
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 3 - trato digestório danificado
01-2021
04-2021
07-2021
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

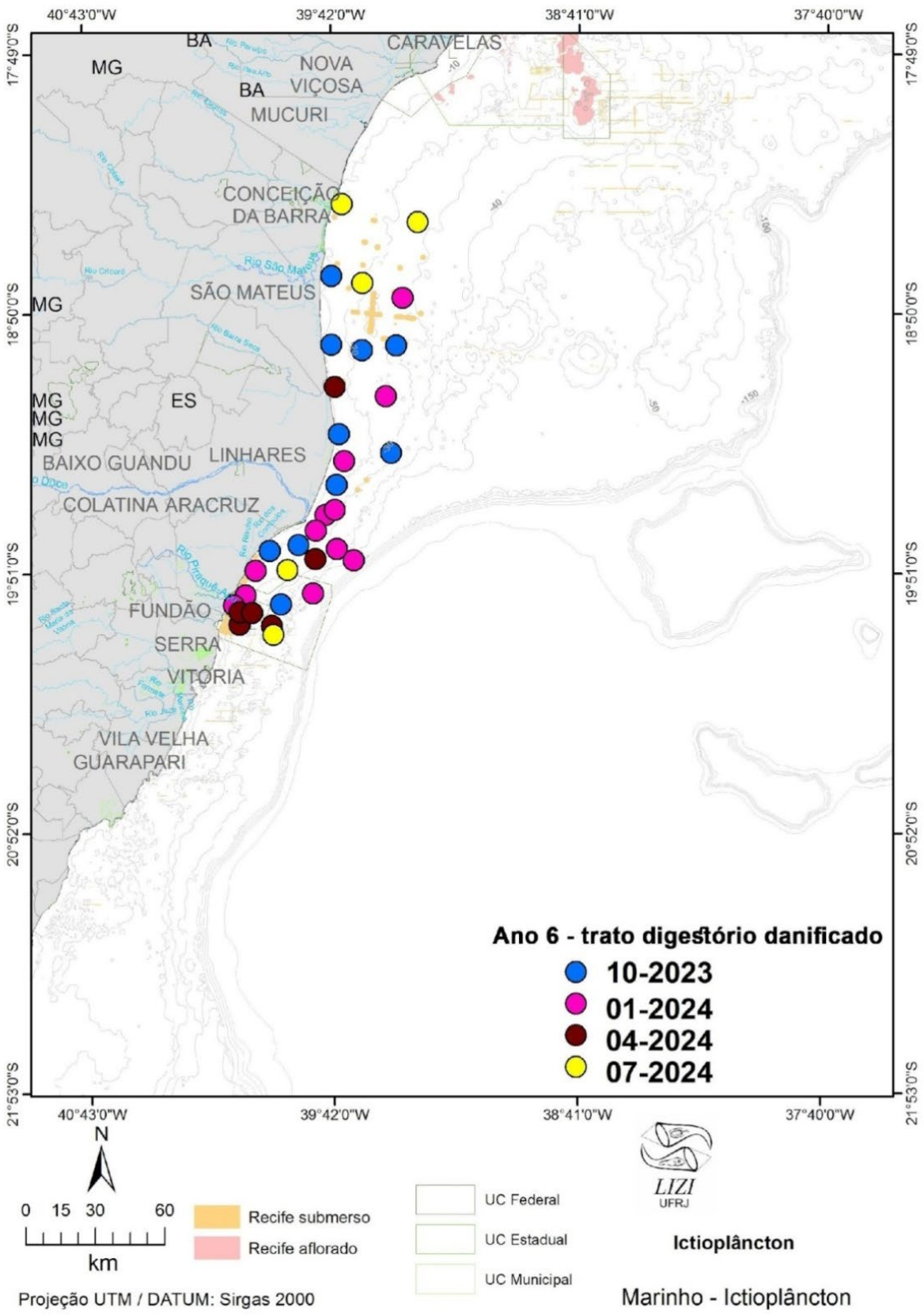
(D)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 4 - trato digestório danificado
01-2022
04-2022
08-2022
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

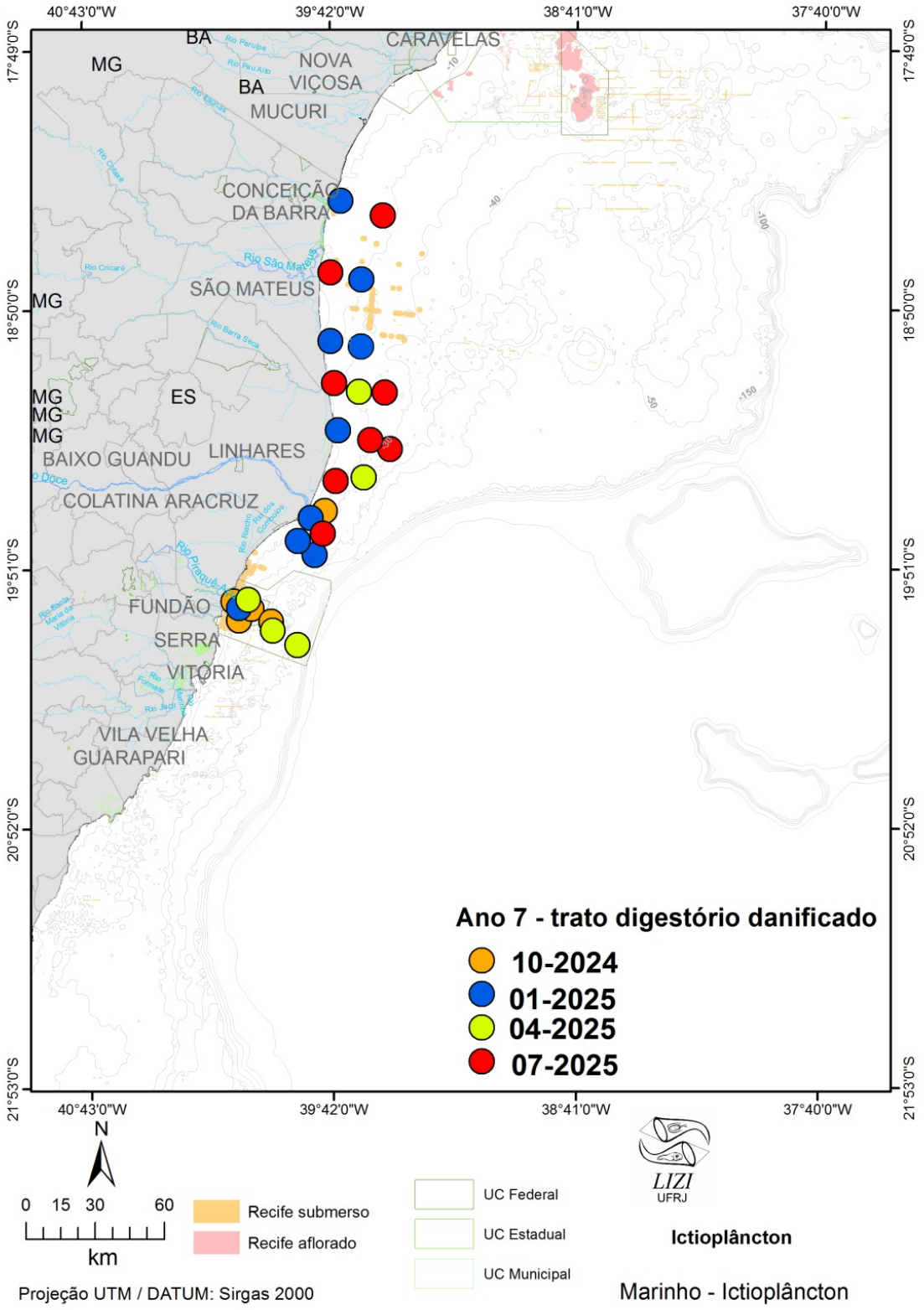
(E)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 5 - trato digestório danificado
10-2022
01-2023
04-2023
07-2023
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

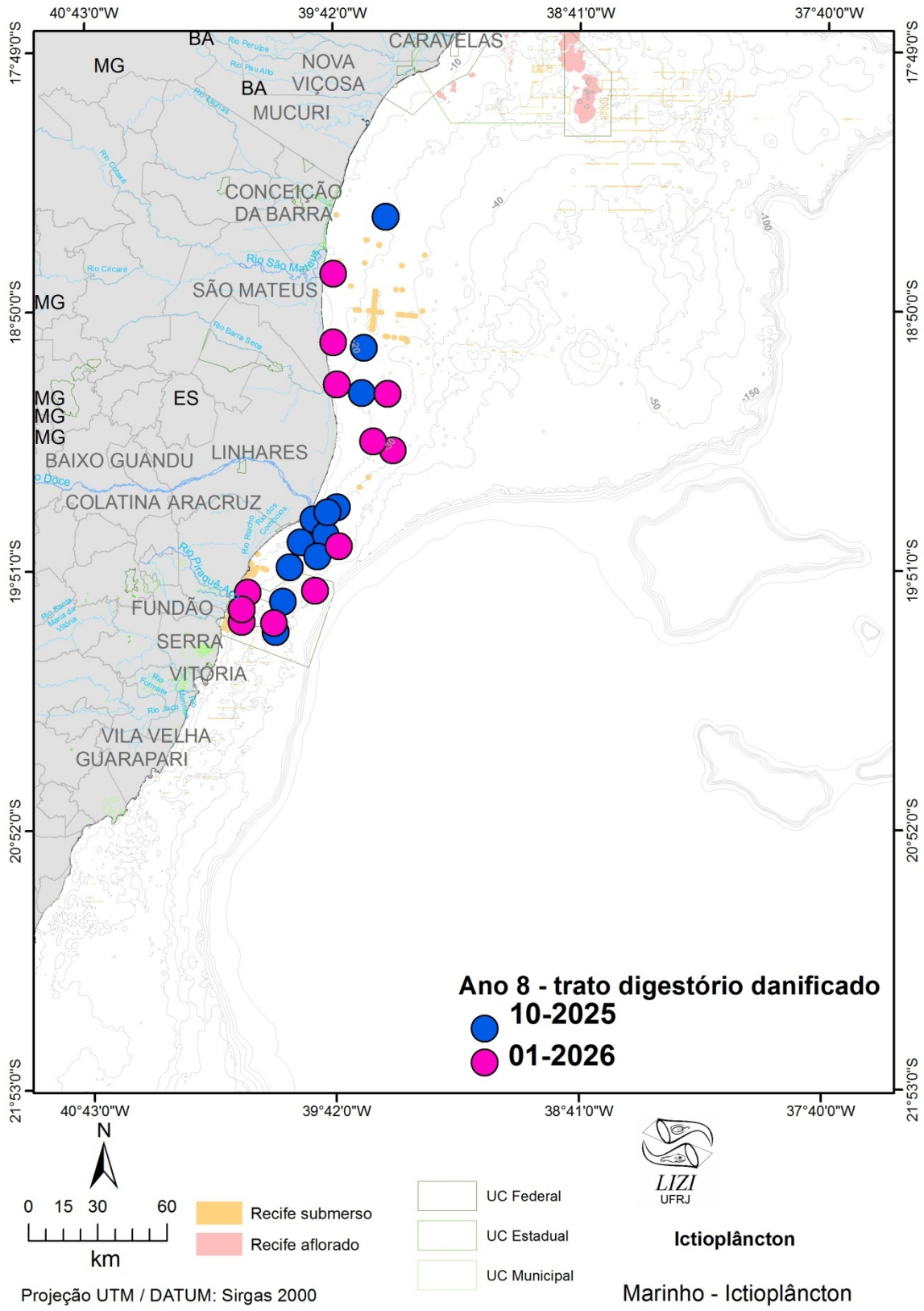
(F)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
NOVA VIÇOSA
BA
MUCURI
CARAVELAS
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
MG
ES
MG
MG
MG
BAIXO GUANDU
LINHARES
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 6 - trato digestório danificado
10-2023
01-2024
04-2024
07-2024
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

(G)

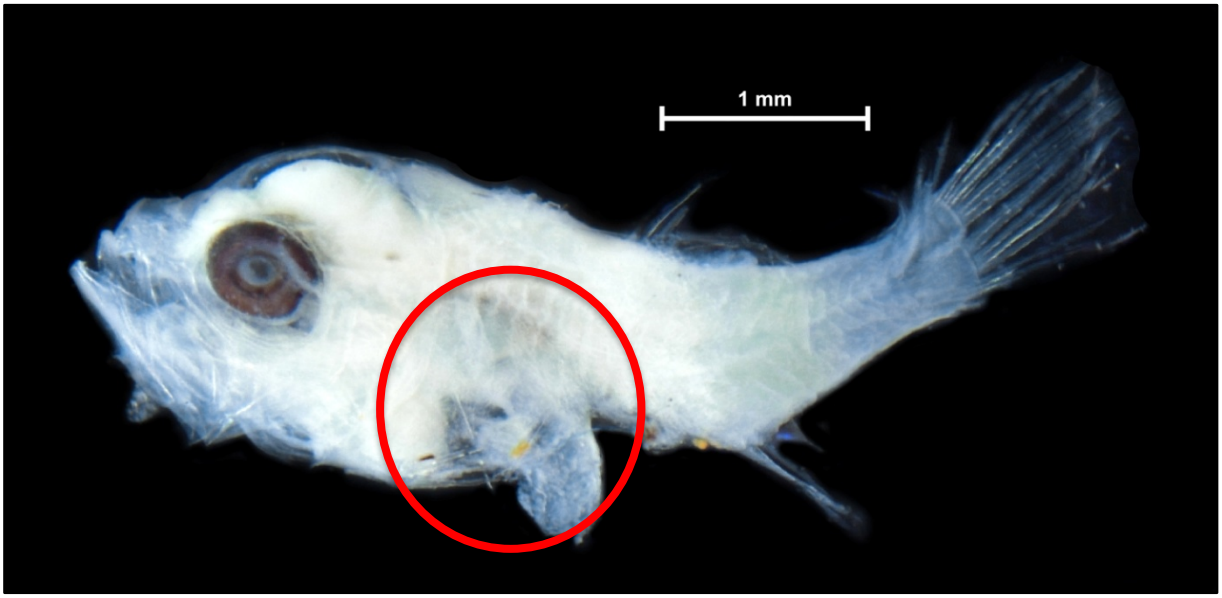

40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 7 - trato digestório danificado
10-2024
01-2025
04-2025
07-2025
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

(H)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 8 - trato digestório danificado
10-2025
01-2026
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

Ao longo do monitoramento foram observadas larvas de peixes com trato digestório danificado em todas as campanhas (Figura 12 e Figura 13). Entre novembro/2018 e janeiro/2026 foram coletadas 511 larvas com trato digestório danificado, representando 0,48% do total coletado ao longo do monitoramento. As densidades desses organismos variaram entre 0,21 e 9,62 larvas.100 m^{-3}, com média de 0,99 larvas.100 m^{-3} (DP = 1,05). Essas larvas ocorreram amplamente na área de estudo desde Vitória até Abrolhos, mas os maiores registros ocorreram nos setores Foz do rio Doce (169 larvas, representando aproximadamente 33,7% do total de larvas com trato digestório danificado), Setor Norte (262 larvas, representando 51,27%) e APA Costa das Algas (78 larvas, representando 15,26%). No Setor Abrolhos foram apenas duas larvas com trato digestório danificado, representando 0,39%. O maior número de larvas com trato digestório danificado foi registrado durante o Ano 6 (198 larvas, correspondendo a 38,7%), seguido do Ano 7 (113 larvas, representando 22,1%), Ano 3 (46 larvas, representando 9,0%), do Ano 8 (45 larvas, compreendendo 8,81%), Ano 2 (40 larvas, representando 7,8%), Ano 1 (32 larvas, representando 6,2%), Ano 5 (27 larvas, representando 5,3) e Ano 4 (10 larvas, representando 1,95%). Essas larvas representaram menos de 1% do total coletado em cada campanha, com exceção das seguintes campanhas: Emergencial/2020 (1,2%), outubro/2023 (1,4%), janeiro/2024 (1,6%), janeiro/2025 (1,06%) e janeiro/2026 (1,4%).

Figura 13: Larva de Apogonidae com trato digestório danificado coletada em janeiro/2026 na área de estudo durante o monitoramento do PMBA/Fest-UFES. O círculo vermelho destaca o local do dano.



As larvas que apresentaram deformidades são pertencentes a diversas famílias, mas é importante destacar a palombeta *Chloroscombrus chrysurus* (Carangidae) (11) que é uma espécie bioacumuladora de metais. Um estudo sobre os impactos de rejeitos de uma mina sobre peixes marinhos adultos mostrou que a espécie *C. chrysurus* parece ser um forte bioacumulador de cádmio, chumbo e zinco (GNANDI *et al.*, 2006). Em 2016, no pré-PMBA/Fest-UFES, foram registradas larvas das espécies *C. chrysurus* (palombeta) e *Monacanthusciliatus* (Monacanthidae - porquinho de franja) com tratos digestórios danificados (BONECKER *et al.*, 2019). Nesse estudo verificou-se a relação destas larvas com altas concentrações de metais, principalmente ferro e manganês. Larvas de peixes com essas características representaram 7,4% do total de larvas coletadas na região norte da área de estudo (BONECKER *et al.*, 2019).

No início do desenvolvimento dos peixes a toxicidade dos metais é mais acentuada e tem diversos efeitos sobre o organismo, tais como: retardo no desenvolvimento, deformidades morfológicas e funcionais ou até mesmo a morte (AUTHMAN *et al.*, 2015; MACÊDO *et al*., 2026). Além da ação dos metais presentes na região marinha, outra causa possível do dano observado no trato digestório das larvas de peixes é a diminuição da disponibilidade de alimento e/ou a qualidade do mesmo. Quando o alimento é escasso ou há um retardo no início da alimentação exógena, algumas espécies podem ter o trato digestório danificado (KJØRSVIK *et al.*, 1991; RIOS *et al.*, 2004). Um estudo de toxicidade em elutriato de sedimento oriundo do MLD de Mariana (YAMAMOTO *et al.*, 2022) mostrou que não ocorreu mortalidade significativa, mas foram registradas altas taxas de deformidades e danos ao DNA nos embriões de peixes. A análise multivariada realizada por esses autores evidenciou que esses efeitos subletais podem estar relacionados aos altos níveis de metais introduzidos pelas atividades de mineração, comprometendo a sobrevivência a longo prazo e o sucesso da reprodução. Os resultados observados por Yamamoto *et al.* (2022) corroboraram os danos que registramos nas larvas de peixes da região marinha desde o início do monitoramento. Macêdo *et al*. (2026) realizaram testes de toxicidade para avaliar os efeitos dos metais ferro, cádmio e manganês, nas mesmas concentrações encontradas no rio Doce após o rompimento da barragem, sobre larvas de peixe paulistinha. Esses autores observaram que a exposição a esses metais afetou marcadores de desenvolvimento inicial desses organismos. Da mesma forma, as larvas com trato digestório danificado encontradas na região marinha na costa do Espírito Santo são evidências dos efeitos crônicos do MLD sobre a comunidade ictioplanctônica. As larvas com esse tipo de dano continuam a ocorrer em todas as campanhas do monitoramento realizadas entre 2018 e 2026.

Figura 14: Larva de *Haemulon plumieri* com deformidade na região dorsal da cabeça coletada coletada em outubro/2024 na área de estudo durante o monitoramento do PMBA/Fest-UFES. O círculo vermelho destaca o local do dano.(A)

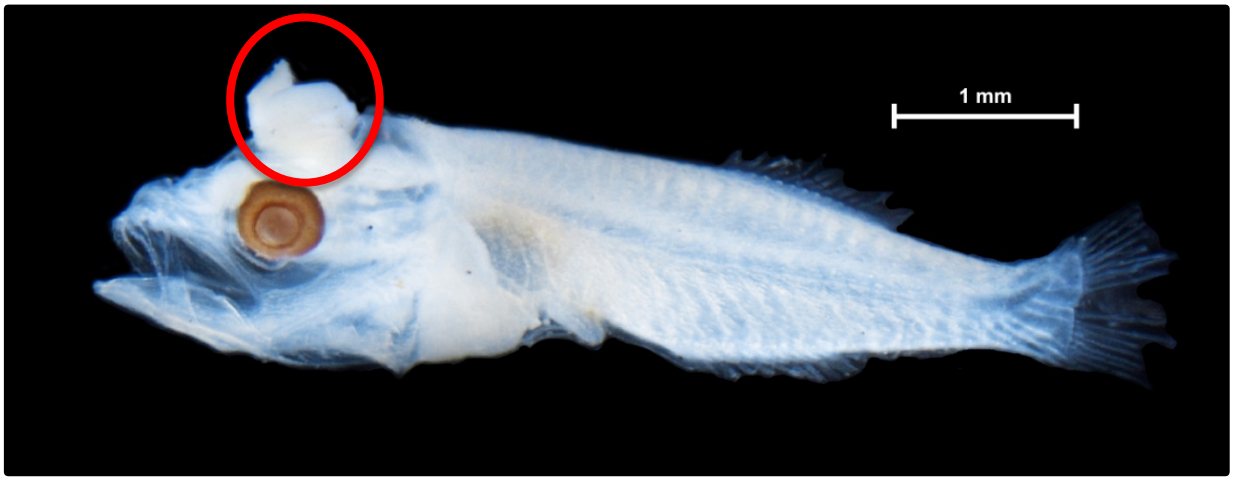
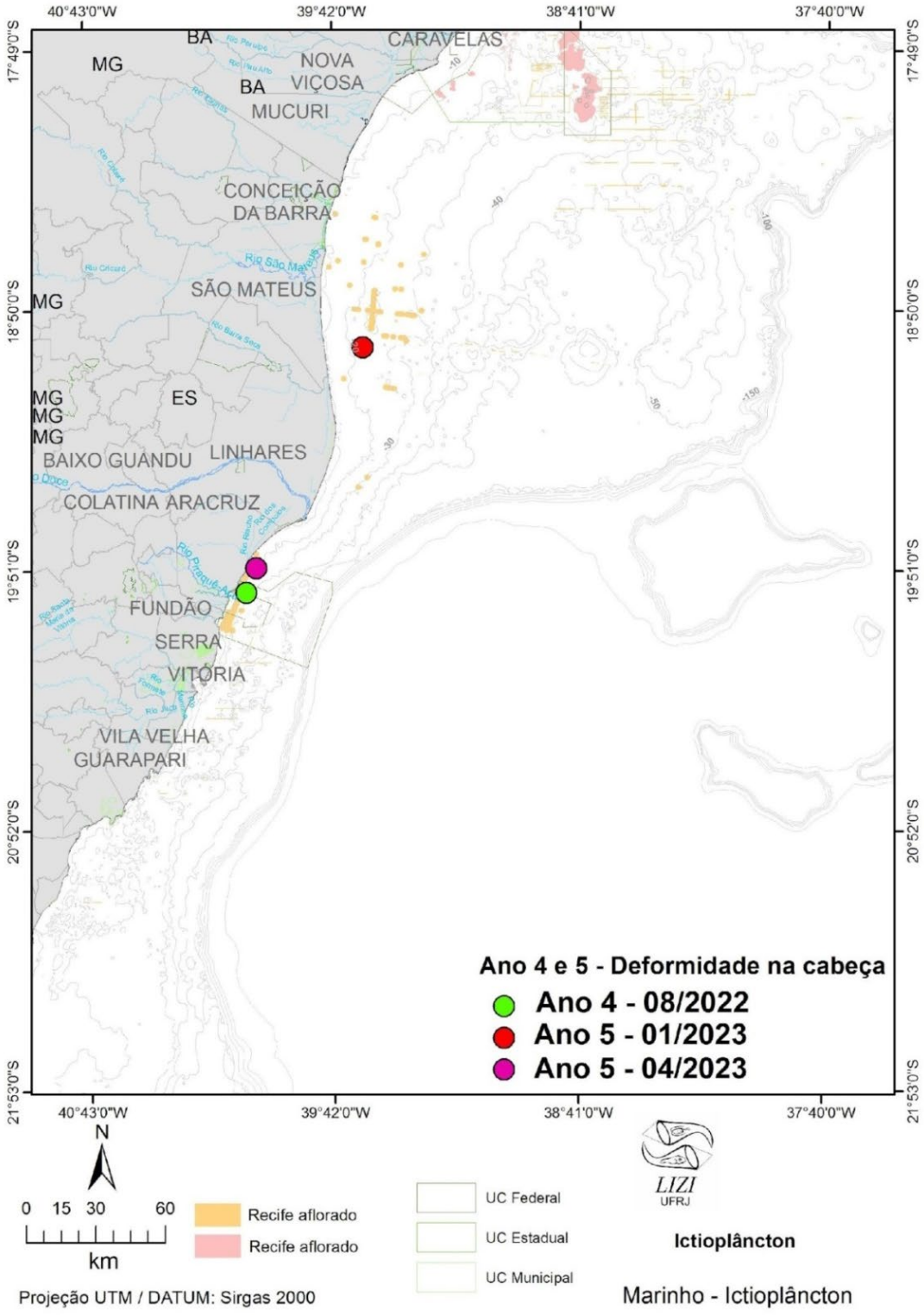
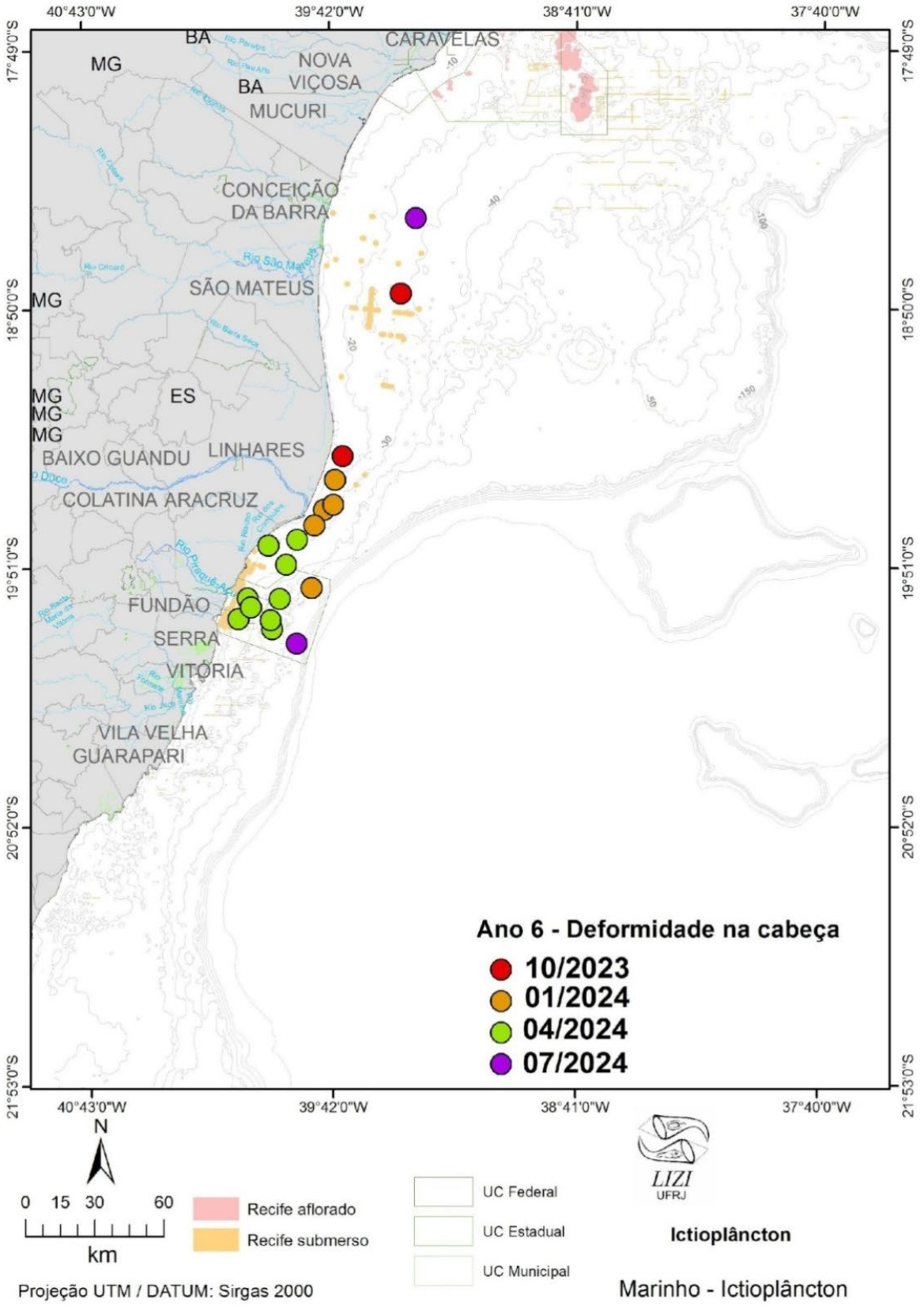


Figura15: Distribuição das larvas de peixes com deformidade na cabeça coletadas na área de estudo tanto na superfície como na coluna d'água nas campanhas realizadas durante o Ano 4:10-2021 a 08-2022, Ano 5: 10-2022 a 09-2023 (A); Ano 6: 10-2023 a 07-2024 (B); Ano 7: 10-2024 a07-2025 (C) e Ano 8: 10-2025 e 01-2026 (D) do PMBA/Fest-UFES.

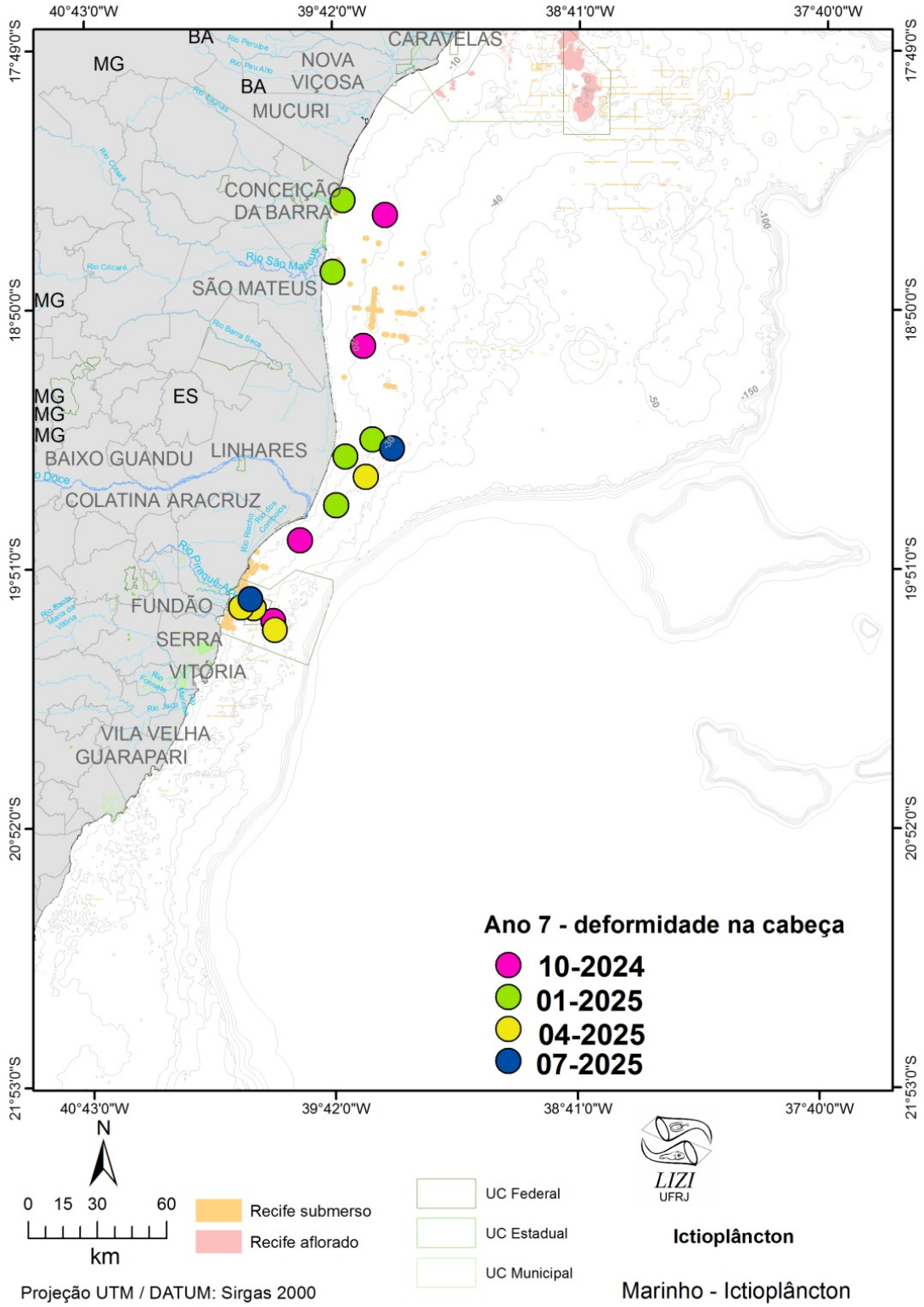
(A)



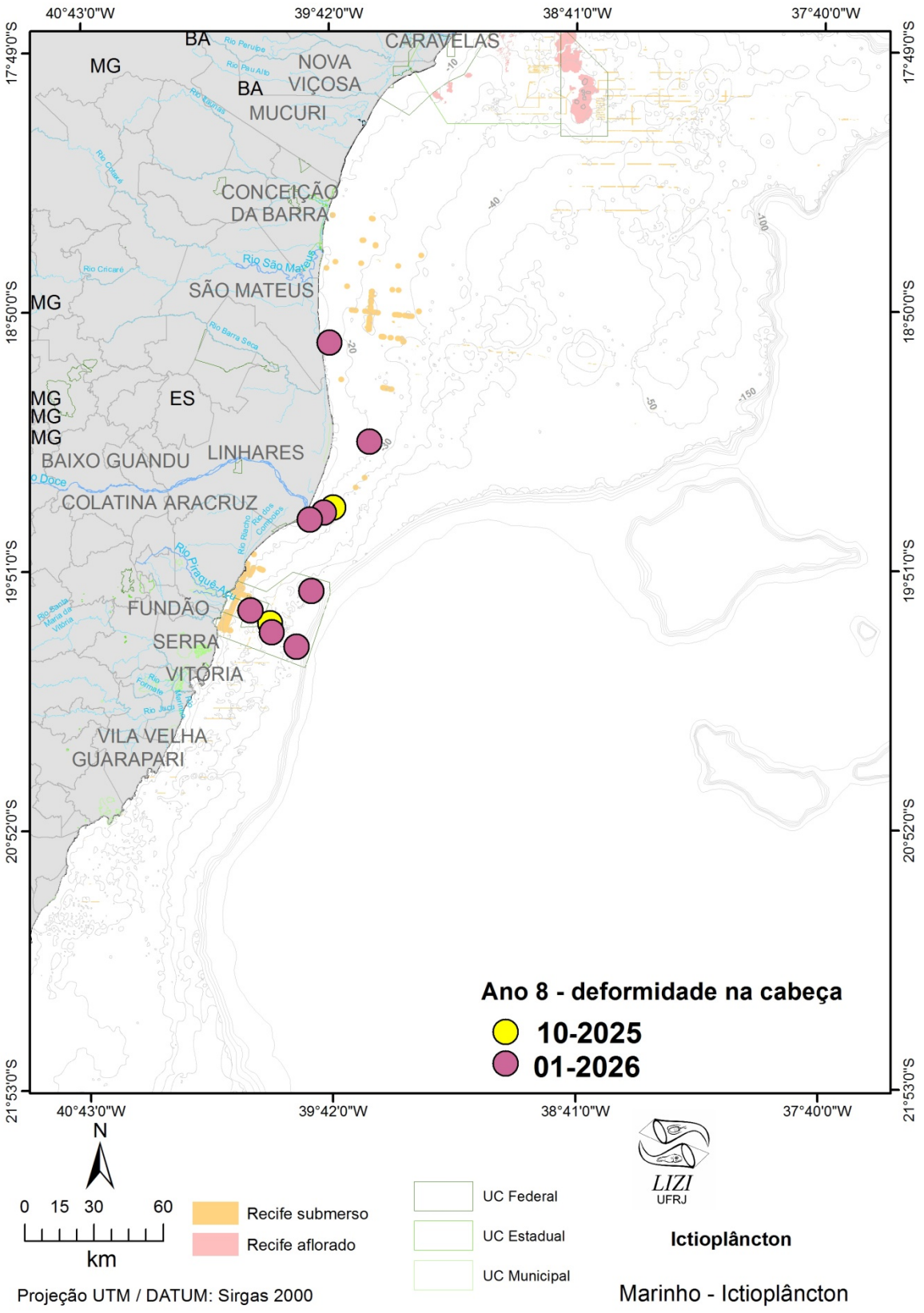
(B)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
NOVA VIÇOSA
BA
MUCURI
CARAVELAS
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
MG
MG
MG
MG
ES
BAIXO GUANDU
LINHARES
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 6 - Deformidade na cabeça
10/2023
01/2024
04/2024
07/2024
N
0 15 30 60
km
Recife aflorado
Recife submerso
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

(C)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 7 - deformidade na cabeça
10-2024
01-2025
04-2025
07-2025
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

(D)


40°43'0"W
39°42'0"W
38°41'0"W
37°40'0"W
17°49'0"S
18°50'0"S
19°51'0"S
20°52'0"S
21°53'0"S
BA
MG
ES
CARAVELAS
NOVA VIÇOSA
MUCURI
CONCEIÇÃO DA BARRA
SÃO MATEUS
LINHARES
BAIXO GUANDU
COLATINA
ARACRUZ
FUNDÃO
SERRA
VITÓRIA
VILA VELHA
GUARAPARI
Ano 8 - deformidade na cabeça
10-2025
01-2026
N
0 15 30 60
km
Recife submerso
Recife aflorado
UC Federal
UC Estadual
UC Municipal
LIZI
UFRJ
Ictioplâncton
Projeção UTM / DATUM: Sirgas 2000
Marinho - Ictioplâncton

Além das larvas com trato digestório danificado, no Ano 4 (agosto/2022), Ano 5 (janeiro/2023 e abril/2023), Ano 6 (outubro/2023 a julho/2024), Ano 7 (outubro/2024, janeiro/2025, abril/2024 e julho/2025) e Ano 8 (outubro/25 e janeiro/2026) foram registradas 77 larvas com uma deformidade no encéfalo (Figura 14 e Figura 15). As densidades dessas larvas variaram entre 0,28 e 8,51 larvas.100 m^{-3}, com média de 1,31 larvas.100 m^{-3} (DP = 1,56). No Ano 6 foram coletadas 33 larvas com essas características (42,9%), no Ano 7 foram 27 larvas (35,1%), no Ano 8 foram 14 larvas (18,2%), no Ano 5 foram duas larvas (2,6%) e no Ano 4 foi uma larva (1,3%). O maior percentual dessas larvas ocorreu no Setor APA Costa das Algas (43,6%), seguida do Setor Foz do rio Doce (33,8%) e pelo Setor Norte (21,8%). Entre as larvas coletadas com essa característica, estão, por exemplo: *C. chrysurus* no Setor APA Costa das Algas e no Setor Foz do rio Doce, Sciaenidae (corvina, pescada) no Setor Norte e no Setor Foz do rio Doce, Paralichthyidae (linguado) no Setor Foz do rio Doce e *Syaciumpapillosum* (linguado) no Setor APA Costa das Algas, entre outros. Ainda não é possível dizer se essa deformidade é algum tipo de tumor ou qualquer outra anomalia congênita. Alguns metais como o cádmio e mercúrio podem causar tumores e outros problemas para a saúde dos peixes (AFSHAN *et al.*, 2014; FATIMA*et al.*, 2020).

Os metais podem induzir danos neuromusculares que podem levar a deformidades no esqueleto dos peixes, enfraquecimento dos ossos e más formações (BERILLIS, 2015). Os resultados registrados ao longo do monitoramento evidenciam o efeito crônico do MLD sobre as larvas de peixes. A distribuição de larvas com essas características por toda a área monitoradamostra como esses organismos estão sujeitos ao transporte passivo pelas correntes marinhas e como o efeito da presença do MLD pode ser sentido além das estações localizadas no Setor Foz do rio Doce.

Além das larvas com trato digestório danificado e as larvas com a cabeça danificada, a partir do Ano 4 foram registradas larvas com outros tipos de dano como, por exemplo, sem a massa encefálica e com o intestino para fora. Até o momento, essas larvas foram agrupadas com os dois tipos de danos já descritos, de acordo com a localização do dano (região da cabeça ou região do trato digestório).

Figura 16: Distribuição das larvas de peixes com deformidade no trato digestório e na cabeça coletadas na área de estudo tanto na superfície como na coluna d'água nas campanhas realizadas durante o Ano 4 (08-2022) e Ano 6 (04-2024) do PMBA/Fest-UFES.

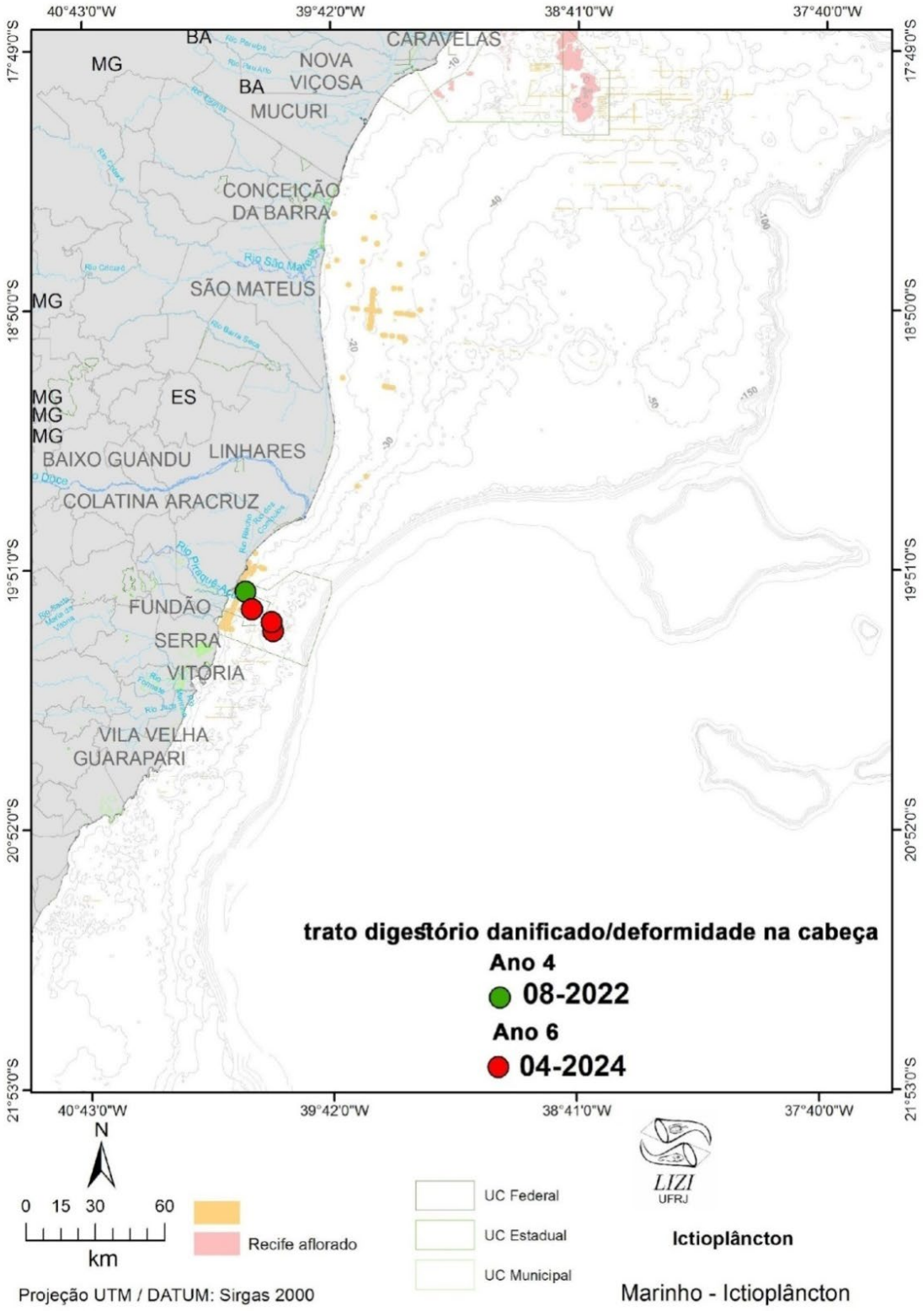


Figura 17: Larva de *Chloroscombrus chrysurus* com trato digestório e encéfalo na região dorsal da cabeça danificados coletada na superfície em agosto/2022 na área de estudo durante o monitoramento do PMBA/Fest-UFES.



Nove larvas de peixes coletadas na área de estudo (uma na superfície e oito na coluna d'água) tinham tanto o trato digestório quanto o encéfalo na região dorsal da cabeça com deformidades (Figura 16). Esses indivíduos até o momento ocorreram somente no Setor APA Costa das Algas e todas as larvas são da espécie *C. chrysurus* (Figura 17).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS ANOS DE MONITORAMENTO ACERCA DOS INDICADORES OBSERVADOS E O AMBIENTE MONITORADO

Ao longo dos anos de monitoramento os indicadores do Ictioplâncton foram eficientes e eficazes na avaliação do impacto residual do rompimento da barragem sobre a comunidade planctônica. Nesses anos de estudo ocorreram variações no ambiente marinho costeiro, como por exemplo, aumento da vazão do rio Doce, da concentração de metais e da turbidez durante o período chuvoso e a incidência de ondas. Eventos meteoceanográficos de alta energia também contribuíram para ressuspender o MLD que foi depositado na região marinha, afetando a comunidade ictioplanctônica.

O estudo contínuo da comunidade ictioplanctônica evidenciou baixas densidades de ovos e larvas de peixes, de maneira geral, tanto na superfície quanto na coluna d'água em todos os setores e nos dois períodos de estudo. Apesar das baixas densidades, foram registrados picos de ovos de peixes, principalmente na superfície, indicando a ocorrência de desovas pontuais ao longo dos anos de estudo. Deve-se ressaltar que a maior parte dos ovos de peixes registrada na superfície foi classificada como não viáveis, ou seja, os mesmos já estavam mortos antes da coleta. Durante o estudo observou-se que os ovos não viáveis ficaram associados com o cádmio particulado e ferro dissolvido, sugerindo a

influência desses metais sobre o alto percentual dos ovos com essa característica. Esse fato influencia também as densidades de larvas de peixes registradas na superfície e na coluna d'água.

Não houve padrão espaço-temporal de distribuição do ictioplâncton, uma vez que os dados variaram muito ao longo dos anos e nos quatro setores. Entretanto, observou-se uma tendência das maiores densidades médias de ovos de peixes na superfície ocorrerem durante o período seco. No caso das larvas de peixes obtidas na superfície nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce registrou-se uma tendência das maiores densidades médias ocorrerem durante o período seco. Por outro lado, no Setor Norte as maiores densidades médias tenderam a ocorrer durante o período chuvoso. Na coluna d'água nos setores APA Costa das Algas, Foz do rio Doce e Abrolhos a tendência das maiores densidades médias de larvas de peixes foi observada durante o período seco.

Diagramas de dispersão dos dados de densidade de ovos de peixes mostraram uma tendência geral de aumento desses indicadores nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce, enquanto no Setor Norte houve uma tendência de diminuição desses valores, tanto na superfície como na coluna d'água. As densidades de larvas de peixes na superfície tiveram tendência de aumento nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce e diminuição no Setor Norte. Por sua vez, na coluna d'água a tendência foi de estabilidade das densidades no setor APA Costa das Algas e no Setor Foz do rio Doce e de diminuição no Setor Norte.

Os resultados das curvas de acumulação mostraram que após todo monitoramento ainda não foram coletados todos os táxons previstos tanto na superfície quanto na coluna d'água. Alguns táxons que foram registrados durante o pré-PMBA/Fest-UFES em 2016, não foram observados ao longo do monitoramento do PMBA/Fest-UFES, e esse fato pode ter sido influenciado pelas alterações ocorridas na região marinha costeira em função da chegada do MLD.

Os valores de diversidade foram baixos (<3,0), de maneira geral, principalmente na superfície e observou-se a dominância de alguns táxons, o que é comum nas comunidades ictioplanctônicas. As assembleias de larvas de peixes foram significativamente diferentes na superfície e na coluna d'água ao longo do monitoramento e os períodos seco e chuvoso. Na coluna d'água essa diferença também foi observada entre os quatro setores. Os táxons registrados ao longo do monitoramento são comuns na costa brasileira e não houve registro de ocorrência nova.

Os diagramas de dispersão dos dados evidenciaram uma tendência geral de aumento da diversidade, sendo mais acentuado nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce, nos dados coletados na superfície. Na coluna d'água a tendência foi de aumento nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce e de estabilidade no Setor Norte.

Apesar de haver tendência geral de aumento da densidade de ovos e larvas de peixes nos setores APA Costa das Algas e Foz do rio Doce, esse resultado não significa uma melhora nas condições ambientais. É importante ressaltar que dependendo do período de coleta, observa-se uma diminuição das densidades ictioplanctônicas, principalmente durante o período chuvoso, quando há maior influência do MLD na região marinha costeira.

A influência do MLD sobre a comunidade ictioplanctônica também foi observada pela presença de larvas de peixes com trato digestório danificado, com deformidade na cabeça, e com indivíduos comesses dois tipos de danos. As larvas com o trato digestório danificado foram registradas desde a chegada do MLD na região marinha. A partir do Ano 4 foram observadas larvas com outros tipos de dano como, por exemplo, sem a massa encefálica e com o intestino para fora. O surgimento de larvas com deformidades na cabeça a partir do Ano 4 do monitoramento é uma evidência do efeito crônico do MLD na região marinha desde a Foz do rio Doce até o Setor Abrolhos ao longo dos anos de monitoramento desde o rompimento da barragem até a presente data.

5 ITENS PREVISTOS E NÃO REALIZADOS: JUSTIFICATIVAS

Todos os itens previstos foram cumpridos para o Tema.

6 REFERÊNCIAS

AFSHAN *et al.* Effect of different heavy metal pollution on fish. **Research Journal of Chemical and Environmental Sciences**. 2(1): 74-79. 2014

AUTHMAN, M. M. N *et al.*Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution. **Aquaculture Research & Development**, 6(4): 1-13. 2015.

AXLER, K. E. *et al.* Consequences of plume encounter on larval fish growth and condition in the Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series.**650: 63-80. 2020

BARBANTI, B. *et al.* A ictiofauna do Canal de Bertioga, São Paulo, Brasil. Biota Neotropica, 13(1): 276-291, 2013.

BERILLIS, P. Factors that can lead to the development of skeletal deformities in fishes: a review. **Journal of FisheriesSciences.com**. 9(3): 017-023. 2015.

BERRIEN, P.; SIBUNKA, J. Distribution patterns of fish eggs in the U.S. Northeast continental shelf ecosystem, 1977-1987. U.S. Dep. Commer., NOAA **Tech. Rep. NMFS 14**·5,310 pag. 1999.

BEZERRA JÚNIOR, J. L. **Ictioplâncton e ictionêuston como indicadores da qualidade de água do Porto de Suape – PE (Brasil).** Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduação em Oceanografia. 107 pag. 1999.

BONECKER, A. C. T.; CASTRO, M. S. **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira.** Rio de Janeiro: Museu Nacional Série Livros n. 19. 216 pag. 2006.

BONECKER, A. C. T. *et al.***Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos.** Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação séries. Disponível em http://books.scielo.org. 295 pag. 2014.

BONECKER, A. C. T. *et al.*Larval fish assemblages of the coastal area affected by the tailings of the collapsed dam in southeast Brazil.**Regional Studies in Marine Science**, v. 32, 2019.

BONECKER, F. T. *et al* Larval fish assemblage in a tropical estuary in relation to tidal cycles, day/light and seasonal variations. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 4: 238-245. 2009.

BUNN, N. A. *et al.* literature review of studies on fish egg mortality: implications for the estimation of spawning stock biomass by the annual egg production method. **Science Series Technical Report, CEFAS**, Lowestoft, 111: 37 pag. 2000.

CIANNELLI, L.*et al.*The pervasiveness of fish spawning along a complex coastline.**Reviews in Fish Biology and Fisheries** 36, 43.2026.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** Natural Environmental Council, Plymouth Laboratories, Plymouth. 2nd Edition.2001.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philos. **Transactions of the Royal Society of London series B-Biological Sciences**, v. 345: 101-118, 1994.

DABAN, I. B. *et al.* A. Spatial and temporal variations of anchovy eggs and larvas, *Engraulisencrasicolus* (Linnaeus, 1758), around Gökçeada Island, North Aegean Sea.**Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment**, 26(1): 84-99. 2020.

DOYLE, M. J. **Neustonicichthyoplankton in the northern region of the California Current ecosystem**. CalCOFI Rep, 33. 1992.

ELLIS, J. R. *et al.* Spawning and nursery grounds of selected fish species in UK waters **Science Series Technical Report, CEFAS**. Lowestoft, 147: 56 pag. 2012.

FATIMA, S. *et al.* Water pollution of heavy metals and its effects on fishes.**International Journal of Fisheries and AquaticS tudies**. 8(3): 06-14. 2020.

FEST, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. Relatório Semestral de Evolução do PMBA. Síntese integrativa entre ambientes. RT-42. Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 204 pag. 2023.

FEST, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. Relatório Anual do PMBA/Fest – RT-52, Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática. 16. pag. 2025.

FRICKE, R. *et al.*(Eds.). **Eschmeyer's Catalog of fishes: genera, species, references.**Disponível em: http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp. Versão eletrônica. 2026. Acessoem: 03/2026.

GNANDI, K. *et al.* K. The Impact of Phosphate Mine Tailings on the Bioaccumulation of Heavy Metals in Marine Fish and Crustaceans from the Coastal Zone of Togo. **Mine Water and the Environment**, 25: 56-62. 2006.

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE); MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. ICMBIO, 1. 2018.

ICMBio (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE). **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. Disponível em: https://salve.icmbio.gov.br/. Acesso em: 13 de maio de 2026.2026

KJØRSVIK, E. *et al.*Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadusmorhua* L., during start-feeding and starvation. **Journal of Fish Biology**, 38: 1-15. 1991.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**.2nd English edition. Developments in environmental Modelling, 20, Elsevier, New York, 853 pag. 1998.

MACÊDO, A.K.S. *et al.* Environmentally realistic metal mixture concentration impacts early development in zebrafish larvae, **Environmental Toxicology**: 1-13, 2026.

MATSUURA, Y. O ciclo de vida da sardinha-verdadeira (Introdução à Oceanografia Pesqueira). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, 4: 1-146. 1977.

McEWEN, G. F. *et al.*, A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations. **Archives of Metereology, Geophys and Bioklimatology (Ser. A)**, 7: 502-527. 1954.

McGURK, M. D. Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness. **Marine Ecology Progress Series**, 34: 227-242. 1986.

NELSON, J. S. *et al.* **Fishes of the world**. 5ªedição. New Jersey: John Wiley & Sons. 2016. 707 p.

RÉ, P. M. A. B. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica. Guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos.** Gráfica Europam, Ltda. Mem Martins, 163 pag. 1999.

RICHARDS, W. J. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic. Volume I. and Volume II**.B oca Raton: CRC Press. 2640 pag. 2006.

RIOS, F. S. *et al.* Changes in gut gross morphology of traíra, *Hopliasmalabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after refeeding. Universidade Federal do Paraná, **Brazilian Journal of Biology**, 64(3B): 683-689. 2004.

RRDM, Rede Rio Doce Mar. Relatório Anual do PMBA/Fest-RRDM – Ambiente Marinho. RT-36D, Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 1600 pag. 2020.

RRDM, Rede Rio Doce Mar, Relatório Semestral de Evolução (RSE). RT-37, Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 143 pag. 2021.

RRDM, Rede Rio Doce Mar. Relatório Anual do PMBA/Fest-RRDM – Ambiente Marinho. RT-39D, Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 1410 pag. 2022a.

RRDM, Rede Rio Doce Mar. Relatório Anual do PMBA/Fest-RRDM - Síntese integrativa entre ambientes. RT-39E, Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 150 pag. 2022b.

SMITH, P. E.; RICHARDSON, S. L. Standard techniques for pelagic fish egg and larvae survey**. FAO, Fisheries Technical Paper** 175, p.1-100. 1977.

SUNDBY, S. A one-dimensional model for the vertical distribution of pelagic fish eggs in the mixed layer. **Deep Sea Research**, 30(6A): 645-661. 1983.

WU, R. S. S. Effects of taxonomic uncertainty on species diversity indices.**Marine Environmental Research,** 6, p. 215-225. 1982

YAMAMOTO, F. Y.; SOUZA, A. T. C.; PAULA, V. DE C. S. DE; ISABELLA BEVERARI, I.; GARCIA, J. R. E.; PADIAL, A. A.; ABESSA, D. M. DE S. **From molecular end points to modeling longer-term effects in fish embryos exposed to the elutriate from Doce River**. Science of the Total Environment, 846: 157332. 2022.

ZAR, J. H. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall/Pearson, 5.ed, Upper Saddle River, 944pag. 2010. https://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=FRD&id=6210. Acessado em 11/11/2024.