

**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- 44/ NOV 23

RSE2023 PMBA/Fest

Vitória,

Novembro de 2023

SUMÁRIO

1	HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL	3
2	RESULTADOS DOS INDICADORES	3
2.1	DENSIDADE DE OVOS DE PEIXES	4
2.2	VIABILIDADE DE OVOS DE PEIXES	13
2.3	DENSIDADE, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE LARVAS DE PEIXES	15
2.4	INTEGRIDADE MORFOLÓGICA DAS LARVAS DE PEIXES	26
3	REFERÊNCIAS	28

1 HISTÓRICO DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAL

O histórico de malha e frequência amostrais do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA/Fest) abrange informações de suma importância para o balizamento do presente programa, uma vez que passou por modificações ao longo do tempo, visando melhor atender aos objetivos do PMBA/Fest. Estas alterações foram aprovadas pela Câmara Técnica da Biodiversidade (CTBio) por meio de: (1) ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 (para o período de transição) e (2) Proposta Técnica de continuidade do monitoramento, apresentadas e aprovadas em 2022, visando o “Novo Ciclo do PMBA/Fest”.

As modificações implementadas se encontram nos seguintes Materiais Suplementares: 1) **MS – Malha e Frequência amostral**, onde as diferentes malhas e frequências amostrais são apresentadas nas abas “Ano 1”, “Transição”, “Novo Ciclo” e “Histórico Frequências” e 2) **MS – Mapas das malhas amostrais**, com a espacialização histórica referente às malhas amostrais dos Ambientes. Como forma de esclarecer os períodos contemplados em cada uma delas, “Ano 1” se refere às estações amostrais coletadas entre setembro de 2018 e setembro de 2019, “Transição” às estações entre outubro de 2019 e julho de 2022 e “Novo Ciclo” referente às estações amostrais coletadas a partir de agosto de 2022, à exceção do grupo da Ecotoxicologia, que iniciou a amostragem referente ao Novo Ciclo em janeiro de 2023.

2 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 e obtidos ao longo do monitoramento (setembro/2018 – março/2023) 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 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 como se segue:

2.1 DENSIDADE DE OVOS DE PEIXES

Tabela 1: Densidade média de ovos de peixes (ovos.100 m⁻³) coletados na superfície em cada estação de coleta 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) 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.

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
CA1	7,08	2,94	28,43	119,05	688,63	403,33	-				126,73	1609,35	62,95		2110,43	154,93	236,88	28,59	170,92
CA2	181,54	373,59	76,49	4,83	449,80	120,50	-				592,28	927,27	489,01		40,30	1623,53	330,70	223,16	65,17
CA3	32,87	-	240,80	41,06	152,80	132,76	-				919,92	1709,34	438,18		60,06	222,18	125,71	-	1631,66
CA4	8,57	151,63	21,95	25,07	2410,41	23,85	-				762,23	150,72	125,54		34,49	79,17	213,80	-	295,75
CA5	68,21	308,22	1499,63	188,16	197,71	688,40	-				216,23	64,99	291,14		53,77	3639,53	280,84	4401,42	272,97
CA6	-	5,00	30,76	62,79	81,17	80,94	-				71,68	879,44	124,31		105,74	0,00	87,53	272,05	85,15
CA7	-	9,63	207,50	37,24	3750,38	206,38	-				241,47	830,66	102,33		2024,26	216,17	81,02	-	94,41
CA8	45,00	237,95	49,39	37,37	218,92	58,98	-				761,97	2076,70	86,64		39,09	236,08	141,44	216,62	327,97
CA9	34,84	54,84	1777,74	16,40	145,34	42,00	-				331,13	3604,35	121,03		73,94	451,64	183,63	300,02	152,19
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		81,82	391,72	418,46	1115,74	384,18
CA14	35,93	-	72,25	91,46	-	-	-				-	-	-		-	-	-	-	-
CA15	-	35,86	82,55	126,48	70,82	63,40	-				533,47	1419,57	210,74		218,05	111,46	119,52	260,50	233,81
média	65,59	108,52	5345,25	74,84	761,44	176,06	-				458,83	1266,92	257,18		440,18	647,86	201,78	725,13	337,65
desvio	57,99	129,08	13259,43	57,98	1198,39	200,05	-				283,46	998,29	224,60		806,35	1087,06	107,41	852,26	441,91
mínimo	7,08	2,94	21,95	4,83	70,82	23,85	-				71,68	64,99	62,95		34,49	0,00	81,02	28,59	65,17
máximo	181,54	373,59	42114,28	188,66	3750,38	688,40	-				919,92	3604,35	777,10		2110,43	3639,53	418,46	4401,42	1631,66

	ANO 1				ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
SDS13	-	3,39	1095,76	109,74	73,47	72,26	134,29				78,72	57,55	62,82		0,00	957,38	164,65	16,65	36,09
SDS19	-	-	-	-	-	53,06	110,41				189,90	3727,12	84,16		9,21	1475,63	215,63	20,53	125,46
SDS20	18,34	0,00	31,13	431,58	465,41	94,91	31,54				399,00	428,60	37,89		22,28	1326,72	170,52	98,00	79,77
SDS30	-	218,44	304,62	14074,92	135,26	225,90	1488,52				1713,74	1731,86	107,27		1625,76	4753,89	314,30	168,66	1033,51
SDS35	-	-	-	-	-	380,36	670,33				2799,84	2414,47	155,36		153,85	1493,85	1692,00	3283,96	6270,24
SD1	8,31	0,00	1745,61	14,72	115,04	167,94	138,47				135,28	732,73	28,51		6,17	115,40	67,27	12,20	57,70
SD2	2,35	8,36	28,02	15,41	105,17	707,01	77,51				262,10	576,42	68,72		0,00	816,81	59,55	24,80	198,12
SD3	-	44,08	21,70	273,43	195,45	782,58	2917,26				1822,47	622,85	173,24		109,82	2497,85	174,86	68,83	2373,39
SD4	-	56,33	97,51	698,41	1258,84	20,68	528,32				-	489,32	402,65		53,21	538,82	5325,04	522,48	-
SD5	38,49	5,15	22,26	381,02	302,65	138,58	940,01				-	127,94	994,65		104,11	70,94	164,02	162,35	-
SDN12	-	-	-	-	961,73	755,06	-				110,52	303,37	17,87		1718,18	676,57	44,99	103,27	23,34
SDN13	48,01	0,00	95,15	15,69	364,21	65,82	-				125,70	1511,34	7,43		6816,35	3350,23	153,47	163,12	13,91
SDN20	0,00	4,63	265,53	487,14	156,20	-	-				190,23	624,11	84,45		128,87	0,00	213,37	230,36	63,82
SDN29	-	-	-	-	1051,07	221,02	-				242,10	857,07	60,54		69,11	1716,34	240,14	293,50	-
SDN30	3,13	69,49	60,84	25,72	732,00	-	163,54				30,44	-	95,84		234,93	4483,82	110,22	79,10	192,21
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	171,22	1186,86	-
média	16,95	37,26	342,56	1502,53	455,12	283,47	654,56				623,08	1014,62	158,76		736,79	1618,28	580,08	402,18	872,30
desvio	19,13	65,20	560,83	4176,30	409,16	281,59	877,97				888,00	1019,35	250,34		1773,65	1520,11	1323,44	821,84	1833,87
mínimo	0,00	0,00	21,70	14,72	73,47	20,68	31,54				30,44	57,55	7,43		0,00	0,00	44,99	12,20	13,91
máximo	48,01	218,44	1745,61	14074,92	1258,84	782,58	2917,26				2799,84	3727,12	994,65		6816,35	4753,89	5325,04	3283,96	6270,24

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
DEG1	-	28,96	680,31	42,01	-	324,33	-				0,00	7753,86	78,78		105,71	999,13	34,24	16,27	687,80
DEG2	-	-	14,89	71,20	166,77	1155,42	-				77,24	3453,03	190,61		294,24	239,55	1734,13	499,76	109798,60
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	427,67	265,08	129,48
BN1	6,26	-	48,45	93,64	-	-	-				106,73	189,31	-		53,18	633,06	604,28	114,10	-
BN2	0,00	12,98	1382,30	250,13	75,89	-	-				4,78	238,96	16,35		107,48	452,96	129,38	192,84	856,36
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	362,55	30,73	148,57
ITA1	172,88	132,77	8,34	325,18	-	-	-				89,27	29,91	129,81		208,19	436,66	653,40	9,53	88,60
ITA2	5,69	-	17,12	81,27	-	0,00	-				200,21	20,84	6,05		17,23	83,29	103,83	55,99	-
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	96,20	22,20	36,13
BS1	-	-	-	-	-	168,46	-				179,67	301,98	432,91		87,83	1085,29	142,52	32,83	577,68
BS2	-	-	-	-	314,95	-	-				522,15	36,61	40,69		385,75	181,90	4775,57	374,22	1844,60
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	271,10	175,67	78,78
CB1	-	-	-	-	-	-	-				72,47	134,50	65,60		31,85	726,39	-	9,74	121,28
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	-	383,36	94,73
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	-	0,00	29,68
MUC1	-	-	-	-	-	30,87	-				24,80	-	-		11071,34	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	43,55	-				35,12	-	73,73		10,45	-	-	-	-
média	46,21	58,24	358,57	143,91	185,87	287,10	-				119,31	1351,00	114,95		1124,84	537,58	777,91	145,49	8807,10
desvio	84,50	65,04	566,58	115,12	120,67	442,00	-				148,62	2641,59	132,09		3301,06	366,80	1341,30	164,03	30348,54
mínimo	0,00	12,98	8,34	42,01	75,89	0,00	-				0,00	20,84	6,05		10,45	83,29	34,24	0,00	29,68
máximo	172,88	132,77	1382,30	325,18	314,95	1155,42	-				522,15	7753,86	432,91		11071,34	1085,29	4775,57	499,76	109798,60

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
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	-	-	-	-

As densidades médias de ovos de peixes registradas na área de estudo ao longo do monitoramento, de maneira geral, são baixas ($< 100 \text{ ovos} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$). Porém, ocorreram alguns picos de densidade de ovos na superfície, o que sugere a ocorrência de desovas pontuais nos quatro setores estudados. Até o momento o maior valor médio de densidade registrado na superfície ocorreu na estação DEG2 no Setor Norte na campanha de janeiro/2023. Nos setores Costa das Algas e Abrolhos as maiores médias de densidade de ovos de peixes coletados na superfície foram observadas na campanha de abril/2019; enquanto que no Setor Foz do Rio Doce as maiores densidades médias ($> 150 \text{ ovos} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$) foram registradas nas campanhas de abril/2019 e abril/2022. A campanha de abril/2019 ocorreu após a passagem da Tempestade Tropical Iba que se formou na costa do Espírito Santo em março de 2019, com intensa ação de ondas, influenciando no sistema de ventos e aumento da temperatura da água do mar (de até 3°C). A distribuição temporal e espacial das abundâncias médias de ovos de peixes variou muito ao longo do monitoramento e não foi observado um padrão até o momento. Entretanto, há uma tendência de registro de maiores valores de densidade de ovos de peixes na superfície durante o período seco, principalmente em abril, com algumas exceções. Foram observadas diferenças significativas entre os setores, entre as campanhas e entre os períodos seco e chuvoso nas amostras coletadas na camada superficial.

Tabela 2: Densidade média de ovos de peixes (ovos.100 m⁻³) coletados na coluna de água em cada estação de coleta 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) 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.

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
CA1	30,22	22,22	17,73	12,05	62,55	59,17	-				33,79	51,48	11,88		86,50	77,76	32,36	2,69	19,77
CA2	17,78	2,71	6,52	5,92	136,53	12,48	-				42,72	74,39	49,74		31,29	282,66	80,52	9,83	21,25
CA3	8,49	7,96	22,86	18,47	31,16	12,09	-				28,10	113,58	43,10		12,96	28,48	24,44	51,96	1321,03
CA4	10,29	0,75	5,70	2,17	62,53	12,39	-				32,88	149,10	24,89		33,76	15,47	23,78	16,60	82,89
CA5	2,52	19,72	131,02	23,21	50,67	102,33	-				66,48	22,56	45,78		34,51	537,29	101,34	42,38	16,26
CA6	8,05	3,66	10,63	9,05	31,49	14,34	-				14,70	170,02	36,44		23,94	39,75	25,37	42,56	9,26
CA7	3,85	5,82	27,07	5,58	890,36	161,34	-				98,68	95,11	21,41		231,24	49,29	10,72	30,18	17,32
CA8	4,97	7,33	2,55	7,30	73,80	11,84	-				17,96	43,69	10,19		64,74	64,95	26,08	16,30	9,04
CA9	11,99	18,78	93,39	25,91	114,19	45,83	-				32,59	77,46	12,79		20,18	73,34	27,98	16,85	11,19
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		37,68	34,98	188,46	87,06	46,30
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		30,89	39,34	23,48	34,34	26,67
média	8,91	23,71	62,69	11,77	138,38	41,93	-				39,20	103,59	31,48		55,25	113,03	51,32	31,89	143,73
desvio	7,19	57,64	97,17	6,66	251,84	49,00	-				26,00	61,92	15,51		61,97	158,60	53,18	23,92	391,06
mínimo	2,52	0,75	2,55	2,17	23,32	11,84	-				8,63	22,56	10,19		12,96	15,47	10,72	2,69	9,04
máximo	30,22	230,68	371,92	25,91	890,36	161,34	-				98,68	235,00	49,74		231,24	537,29	188,46	87,06	1321,03

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
SDS13	8,02	2,20	460,91	38,36	2,12	2,29	9,16				2,58	18,10	27,35		4,14	80,60	6,45	1,60	1,12
SDS19	-	-	-	-	19,11	10,43	7,07				13,22	135,95	13,33		19,81	46,01	38,10	2,30	5,61
SDS20	1,21	0,00	99,11	17,60	2,20	17,18	2,67				34,31	164,71	6,27		7,12	53,33	19,17	12,23	18,87
SDS30	3,04	1,46	6,72	623,19	17,09	6,18	466,21				69,11	52,83	33,67		125,16	100,20	62,91	27,05	87,68
SDS35	-	-	-	-	72,01	18,88	138,79				1265,46	589,63	56,38		149,78	107,33	137,50	289,81	90,61
SD1	0,00	0,00	1704,01	13,13	1,88	8,30	11,10				3,76	39,42	22,22		11,70	79,04	7,74	0,00	1,54
SD2	0,00	0,00	0,79	1,54	3,71	4,43	9,40				8,57	71,17	14,87		66,16	124,85	3,18	0,68	13,13
SD3	1,28	1,72	12,40	25,54	45,70	51,53	76,49				131,78	58,24	48,22		236,72	285,71	19,11	12,76	184,74
SD4	2,04	7,53	46,30	88,94	102,24	20,41	70,20				38,99	148,77	92,47		27,61	95,34	47,03	191,33	25,44
SD5	0,00	0,21	20,43	32,36	172,23	17,72	136,06				74,89	32,15	115,20		111,02	6,41	27,11	92,25	20,39
SDN12	-	-	-	-	143,03	121,75	79,66				3,72	37,68	14,14		54,00	136,68	8,91	20,58	22,05
SDN13	1,70	0,00	71,75	2,51	14,25	21,84	162,53				15,67	45,12	4,83		87,09	183,25	3,16	60,76	2,72
SDN20	18,91	0,30	69,20	14,77	21,35	8,56	2,55				2,95	54,99	3,04		52,91	9,80	11,26	51,08	5,70
SDN29	-	-	-	-	139,43	85,09	13,96				28,84	108,52	33,77		44,32	130,16	31,19	107,43	1115,03
SDN30	0,35	0,00	11,37	1,16	198,79	53,66	31,63				5,28	51,59	20,41		73,69	182,08	5,84	13,57	9,06
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	43,33	300,17	6,62
média	3,32	1,22	227,55	78,10	63,67	29,88	81,17				113,28	107,26	33,74		71,42	108,05	29,50	73,97	100,64
desvio	5,66	2,25	506,87	182,50	69,35	34,20	119,94				320,80	140,90	32,57		63,47	72,18	33,94	100,38	274,90
mínimo	0,00	0,00	0,79	1,16	1,88	2,29	2,55				2,58	18,10	3,04		4,14	6,41	3,16	0,00	1,12
máximo	18,91	7,53	1704,01	623,19	198,79	121,75	466,21				1265,46	589,63	115,20		236,72	285,71	137,50	300,17	1115,03

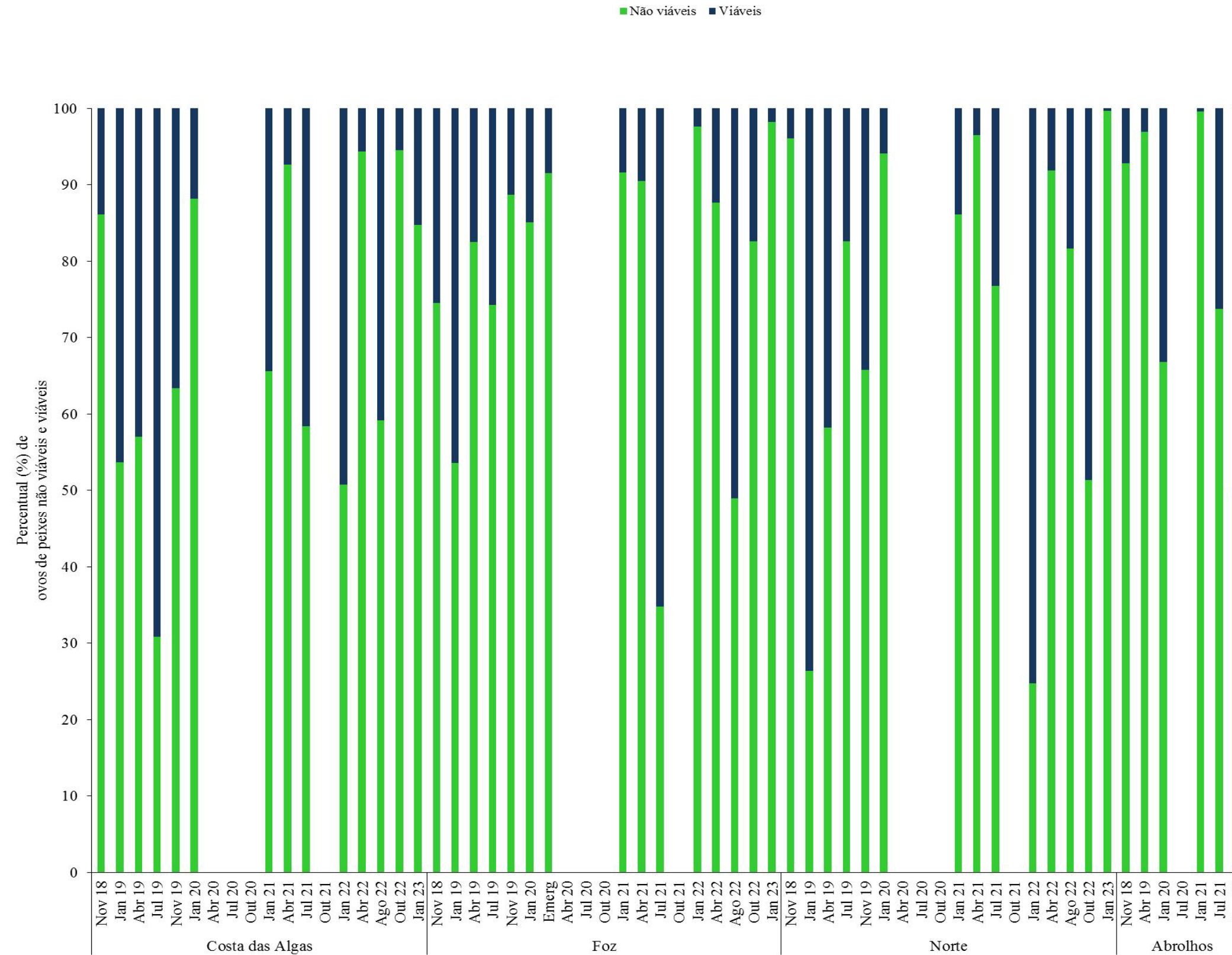
ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
Estação	11- 2018	01- 2019	04- 2019	07- 2019	11- 2019	01- 2020	Emergencial	04- 2020	07- 2020	10- 2020	01- 2021	04- 2021	07- 2021	10- 2021	01- 2022	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
DEG1	0,00	0,51	38,62	4,47	11,29	129,33	-				10,44	23,54	9,90		617,87	33,45	9,29	15,90	6,78
DEG2	0,65	0,58	3,45	25,12	40,72	40,65	-				7950,48	66,32	40,01		102,45	53,17	338,97	229,77	74431,03
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	92,50	51,65	4,83
BN1	0,24	0,00	26,19	6,85	36,99	20,94	-				28,01	18,34	23,91		17,25	25,12	73,57	10,84	32,09
BN2	0,00	1,38	11544,98	4,52	30,05	117,09	-				4,14	72,47	2,94		123,49	102,63	41,39	28,32	600,24
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	36,92	0,81	57,27
ITA1	0,00	5,00	10,12	14,94	18,91	68,64	-				3,63	1,85	20,85		24,01	115,17	494,97	6,22	8,45
ITA2	0,83	1,79	2,28	5,51	3,17	3,05	-				24,07	2,32	2,83		33,06	22,10	10,22	10,42	3,72
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	30,88	5,27	3,73
BS1	-	-	-	-	15,19	14,72	-				0,53	51,27	15,46		395,34	50,26	28,19	28,30	125,22
BS2	-	-	-	-	15,76	28,81	-				8,13	14,46	9,85		98,13	55,33	169,74	83,33	42766,10
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	64,42	10,23	8,15
CB1	-	-	-	-	8,06	17,70	-				2,00	20,45	9,47		41,96	236,79	69,92	4,12	12,34
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	151,26	19,02	4,59
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	34,28	1,06	8,91
MUC1	-	-	-	-	-	5,92	-				4,88	-	1,74		636,16	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	12,52	-				10,11	-	8,64		5,55	-	-	-	-
média	0,29	1,54	1937,61	10,23	20,02	41,76	-				731,49	30,11	13,24		190,48	77,11	109,77	33,68	7871,56
desvio	0,37	1,81	4706,65	8,29	13,05	44,29	-				2394,28	26,56	11,39		241,41	68,01	136,29	58,57	21447,40
mínimo	0,00	0,00	2,28	4,47	3,17	3,05	-				0,53	1,85	1,74		5,55	22,10	9,29	0,81	3,72
máximo	0,83	5,00	11544,98	25,12	40,72	129,33	-				7950,48	72,47	40,01		636,16	236,79	494,97	229,77	74431,03

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
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	-	-	-	-

Na coluna de água o maior valor médio de ovos de peixes foi registrado na campanha de janeiro/2023 no Setor Norte. No Setor Costa das Algas os maiores valores médios ocorreram em novembro/2019 e janeiro/2023, enquanto que no Setor Foz do Rio Doce a maior densidade média ocorreu em abril/2019. A distribuição temporal e espacial das abundâncias médias de ovos de peixes na coluna de água variou muito ao longo do monitoramento e não foi observado um padrão até o momento. Foram observadas diferenças significativas das densidades de ovos de peixes na coluna de água entre os setores, entre as campanhas e entre os períodos seco e chuvoso.

2.2 VIABILIDADE DE OVOS DE PEIXES

Figura 1: 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023 do monitoramento). O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022.



A maior parte dos ovos coletados na superfície foi classificada como não viáveis, ou seja, os mesmos já estavam mortos antes de serem coletados, representando em média mais de 50% em cada setor e campanha. Esse padrão se manteve ao longo de todo o monitoramento em todos os setores, com algumas exceções. Em alguns casos, a contribuição desses ovos não viáveis foi maior que 90% como em: abril/2021, agosto/2022 e outubro/2022 no setor Costa das Algas; emergencial (janeiro/2020), janeiro/2021, janeiro/2022, abril/2021 e janeiro/2023 no setor Foz; novembro/2018, janeiro/2020, abril/2021, abril/2022 e janeiro/2023 no setor Norte; e novembro/2018, abril/2019 e janeiro/2021 no Setor Abrolhos.. Testes estatísticos (ACP e GLM) realizados com os parâmetros ambientais e as densidades de ovos de peixes ao longo do monitoramento mostraram que os ovos não viáveis têm relação direta com a alta disponibilidade de metais/semi-metais, principalmente manganês, cromo, ferro, bário e cobalto, oriundos do rompimento da barragem (RRDM/RA, 2020; RRDM/RSE, 2021; RRDM/RA, 2022a; RRDM/RA, 2022b; FEST, 2023).

2.3 DENSIDADE, RIQUEZA E DIVERSIDADE DE LARVAS DE PEIXES

Tabela 3: Densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m⁻³) coletadas na superfície em cada estação de coleta 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) 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.

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
CA1	17,69	0,00	0,00	2,27	0,00	6,80	-				3,88	3,88	23,19		0,00	112,81	50,67	8,70	15,80
CA2	62,64	0,00	0,00	0,00	46,00	0,00	-				12,57	4,96	7,00		0,00	93,85	27,87	0,00	0,00
CA3	58,08	-	10,76	520,50	13,89	10,34	-				2,88	4,43	81,83		44,77	151,55	48,14	-	13,96
CA4	48,99	0,00	52,13	13,79	11,92	19,51	-				23,10	177,19	46,25		18,26	285,65	170,79	-	0,00
CA5	2,44	0,00	32,99	18,47	12,81	0,00	-				4,50	7,46	10,65		2,64	47,28	15,76	14,24	5,91
CA6	-	0,00	21,97	153,04	68,08	54,34	-				2,39	155,06	84,81		29,08	0,00	57,94	23,32	16,32
CA7	-	2,41	72,76	83,50	24,62	21,13	-				8,42	157,12	98,63		8,27	53,13	76,60	-	9,96
CA8	10,98	0,00	0,00	7,47	11,06	0,00	-				11,45	5,58	114,31		0,00	115,87	24,65	3,33	3,04
CA9	3,48	0,00	35,36	0,00	16,77	0,00	-				4,94	3,47	3,53		5,41	40,63	13,22	12,95	17,89
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		2,00	87,20	35,51	0,00	4,19
CA14	24,38	-	18,58	111,39	-	-	-				-	-	-		-	-	-	-	-
CA15	-	7,17	19,75	200,66	76,98	18,11	-				0,00	307,67	91,99		16,00	547,41	162,60	10,10	18,17
média	23,02	4,78	23,41	100,33	31,87	12,20	-				7,89	75,90	51,69		11,49	139,58	62,16	9,08	9,57
desvio	24,60	9,59	22,81	141,77	27,74	16,25	-				6,66	105,66	43,19		14,47	154,66	55,03	7,96	7,18
mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-				0,00	3,47	3,53		0,00	0,00	13,22	0,00	0,00
máximo	62,64	33,27	72,76	520,50	76,98	54,34	-				23,10	307,67	114,31		44,77	547,41	170,79	23,32	18,17

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
SDS13	-	0,00	11,07	2,47	0,00	0,00	6,10				4,07	19,27	41,88		3,38	2,94	23,34	12,25	25,96
SDS19	-	-	-	-	-	4,61	12,67				3,22	26,14	17,65		0,00	19,51	17,25	11,55	0,00
SDS20	11,00	10,21	14,89	5,03	5,08	19,28	3,50				44,48	112,84	28,74		5,81	29,45	2,94	223,68	14,67
SDS30	-	3,24	5,29	0,00	7,98	10,76	24,59				15,24	2,50	84,82		19,82	42,10	27,87	26,99	15,93
SDS35	-	-	-	-	-	0,00	23,55				30,51	17,27	79,31		49,58	40,86	44,69	8,49	7,11
SD1	21,81	124,22	21,48	0,00	36,81	19,45	88,76				318,55	23,65	4,75		31,88	39,28	15,38	42,01	352,93
SD2	3,53	14,34	31,52	0,00	18,36	63,17	0,00				45,87	59,31	54,74		25,57	15,25	6,22	24,80	5,54
SD3	-	0,00	11,25	30,64	8,01	30,92	9,24				29,64	12,30	85,33		9,55	9,56	6,67	10,07	21,78
SD4	-	0,00	16,96	25,82	8,68	29,87	73,05				-	285,83	47,60		34,92	34,19	31,98	28,32	-
SD5	2,65	7,73	112,61	8,89	50,72	0,00	57,93				-	349,29	19,02		59,32	79,38	36,45	77,05	-
SDN12	-	-	-	-	6,49	44,73	-				152,13	53,35	41,11		54,02	9,18	46,36	40,76	22,56
SDN13	6,86	0,00	14,22	36,21	5,69	4,88	-				24,67	54,39	67,95		5,95	8,28	5,74	13,91	10,89
SDN20	14,16	31,26	1,71	6,73	0,00	-	-				28,32	26,04	56,68		2,63	0,00	35,85	7,85	5,97
SDN29	-	-	-	-	25,99	49,33	-				30,59	94,99	57,73		5,03	2,88	9,61	29,35	-
SDN30	21,88	0,00	129,52	8,57	0,00	-	7,98				8,91	-	63,08		8,24	6,95	5,25	6,88	0,00
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	110,79	38,75	-
média	11,70	17,36	33,68	11,31	13,37	21,31	27,94				56,63	81,23	50,03		21,05	22,65	26,65	37,67	40,28
desvio	8,01	36,70	44,07	13,19	15,60	20,98	30,82				87,32	105,67	24,78		20,36	21,63	26,83	52,89	98,84
mínimo	2,65	0,00	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00				3,22	2,50	4,75		0,00	0,00	2,94	6,88	0,00
máximo	21,88	124,22	129,52	36,21	50,72	63,17	88,76				318,55	349,29	85,33		59,32	79,38	110,79	223,68	352,93

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
DEG1	-	4,29	14,22	16,40	-	19,24	-				116,17	6,29	26,26		2,38	10,71	20,93	49,97	24,32
DEG2	-	-	23,41	6,57	24,07	126,76	-				26,13	93,89	51,36		14,80	32,80	48,25	76,37	38,91
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	75,55	170,05	54,04
BN1	26,07	-	4,73	9,69	-	-	-				38,60	169,92	-		11,20	16,70	31,13	152,53	-
BN2	25,73	2,16	7,84	20,28	0,00	-	-				31,67	31,61	52,32		68,23	7,52	25,34	6,77	70,77
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	8,56	10,85	44,05
ITA1	12,01	0,00	17,88	46,97	-	-	-				85,44	79,83	96,63		12,81	84,46	74,48	252,57	29,97
ITA2	5,69	-	0,00	5,42	-	39,65	-				33,37	35,80	7,26		19,04	48,22	57,68	113,42	-
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	25,65	169,09	2,85
BS1	-	-	-	-	-	0,00	-				172,41	52,47	6,61		22,20	17,23	16,29	0,00	36,26
BS2	-	-	-	-	190,69	-	-				41,26	37,63	46,95		28,41	40,56	113,51	110,65	23,47
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	19,84	82,57	18,59
CB1	-	-	-	-	-	-	-				80,35	271,55	52,48		19,60	51,99	-	25,32	23,89
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	-	103,89	65,76
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	-	98,63	20,55
MUC1	-	-	-	-	-	248,26	-				95,62	-	-		441,84	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	137,45	-				41,01	-	10,88		32,53	-	-	-	-
média	17,37	2,15	11,35	17,55	71,59	95,23	-				69,28	86,55	38,97		61,18	34,46	45,07	97,25	34,88
desvio	10,18	2,15	8,73	15,52	103,84	93,94	-				45,83	84,31	29,38		127,40	24,85	31,54	71,32	19,57
mínimo	5,69	0,00	0,00	5,42	0,00	0,00	-				26,13	6,29	6,61		2,38	7,52	8,56	0,00	2,85
máximo	26,07	4,29	23,41	46,97	190,69	248,26	-				172,41	271,55	96,63		441,84	84,46	113,51	252,57	70,77

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
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	-	-	-	-

As densidades médias de larvas de peixes registradas na superfície foram baixas (< 100 larvas.100 m⁻³) na maioria das campanhas. Nos setores Costa das Algas e Abrolhos as maiores densidades médias foram registradas em abril/2022 e julho/2021, respectivamente. Nos setores Foz do Rio Doce e Norte as maiores médias ocorreram em janeiro/2021 e outubro/2022, respectivamente. Houve diferenças significativas entre os setores, entre as campanhas e entre os períodos seco e chuvoso nas amostras coletadas na superfície.

Tabela 4: Densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m⁻³) coletadas na coluna de água em cada estação de coleta 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) 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.

	ANO 1				ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04-2022	08-2022	10-2022	01-2023
CA1	8,35	1,74	15,32	35,68	1,97	0,58	-				3,00	4,94	10,26		1,46	72,27	26,75	12,16	7,29
CA2	36,83	3,09	28,10	29,68	19,61	0,71	-				4,30	17,52	2,22		3,61	40,43	10,94	0,53	2,46
CA3	18,28	11,36	7,08	228,23	128,42	26,49	-				8,75	26,20	51,78		11,98	174,15	26,77	31,56	11,29
CA4	25,53	5,52	60,00	43,96	70,11	7,67	-				2,79	36,67	21,47		12,73	67,49	17,18	6,91	2,01
CA5	3,23	11,18	14,02	12,53	3,24	3,93	-				2,93	5,56	3,55		1,56	16,22	13,68	3,93	0,27
CA6	28,49	28,85	18,75	96,40	31,01	31,46	-				31,14	27,44	33,90		35,04	91,78	66,44	34,19	14,58
CA7	9,37	28,74	41,12	25,83	25,84	18,60	-				12,14	316,46	67,39		42,59	157,22	13,07	81,99	12,73
CA8	14,80	2,06	28,08	22,75	7,45	1,28	-				0,34	1,74	7,42		1,08	37,55	10,29	2,28	0,87
CA9	0,63	5,96	29,97	19,75	3,24	0,54	-				4,47	1,94	3,84		1,27	40,46	10,23	4,18	1,60
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		5,47	26,95	5,85	1,11	1,08
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		6,27	112,89	62,82	19,43	12,88
média	15,84	12,63	30,54	52,90	34,93	10,53	-				11,38	43,44	22,78		11,19	76,13	24,00	18,03	6,10
desvio	11,57	9,23	22,22	54,53	38,97	10,95	-				14,19	91,40	23,22		14,35	52,83	21,15	24,34	5,72
mínimo	0,37	1,74	7,05	4,46	1,97	0,54	-				0,34	1,74	2,22		1,08	16,22	5,85	0,53	0,27
máximo	36,83	28,85	80,36	228,23	128,42	31,46	-				45,70	316,46	67,39		42,59	174,15	66,44	81,99	14,58

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
SDS13	0,00	7,82	4,90	1,18	3,85	0,77	1,23				0,38	17,14	14,18		0,49	5,60	10,09	9,70	9,95
SDS19	-	-	-	-	4,99	1,45	0,55				1,56	17,90	7,25		0,35	5,70	13,65	9,15	2,57
SDS20	5,30	5,11	21,27	0,82	15,19	1,96	15,60				37,09	75,47	11,29		1,69	18,24	4,03	144,40	13,06
SDS30	4,25	5,70	11,72	1,06	7,20	2,28	12,68				1,84	4,03	34,90		16,97	39,48	6,90	34,65	2,16
SDS35	-	-	-	-	7,62	19,72	19,74				8,04	22,13	16,10		6,12	42,22	10,90	12,42	3,12
SD1	11,29	1,11	6,11	3,90	16,69	43,49	36,50				61,00	12,95	14,09		13,95	8,84	11,56	24,19	18,72
SD2	6,48	1,60	15,76	1,81	11,03	24,91	15,75				14,46	5,87	23,48		5,68	10,47	5,93	35,07	5,77
SD3	6,00	3,01	2,58	28,79	10,90	27,75	4,94				7,43	15,82	35,73		39,82	34,75	3,47	14,47	0,92
SD4	0,82	24,58	1,22	16,12	10,33	40,02	18,01				11,88	33,44	10,18		7,46	22,77	6,68	3,57	16,18
SD5	7,65	6,57	61,80	5,91	29,90	17,72	31,05				5,42	76,65	10,33		8,90	24,61	15,02	55,83	23,38
SDN12	-	-	-	-	2,95	9,89	8,47				53,44	14,66	35,03		11,94	77,26	14,02	9,41	6,42
SDN13	0,21	10,43	1,43	18,78	3,63	5,03	22,96				16,85	18,62	29,30		2,06	3,54	6,81	4,03	3,99
SDN20	6,01	3,27	3,13	5,69	1,10	2,00	3,24				3,20	0,70	13,38		1,01	17,50	20,44	7,63	2,37
SDN29	-	-	-	-	10,22	17,23	4,29				14,49	40,47	14,10		6,22	5,11	5,76	11,33	3,97
SDN30	15,85	1,55	26,02	5,36	2,15	9,95	10,44				5,77	0,74	12,03		3,65	11,12	12,71	6,32	2,13
SDN36	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	28,50	7,83	3,39
média	5,81	6,43	14,18	8,13	9,18	14,94	13,70				16,19	23,77	18,76		8,42	21,81	11,03	25,48	7,38
desvio	4,77	6,69	17,90	9,12	7,40	14,07	10,73				19,02	23,88	10,09		10,04	19,92	6,55	35,99	6,86
mínimo	0,00	1,11	1,22	0,82	1,10	0,77	0,55				0,38	0,70	7,25		0,35	3,54	3,47	3,57	0,92
máximo	15,85	24,58	61,80	28,79	29,90	43,49	36,50				61,00	76,65	35,73		39,82	77,26	28,50	144,40	23,38

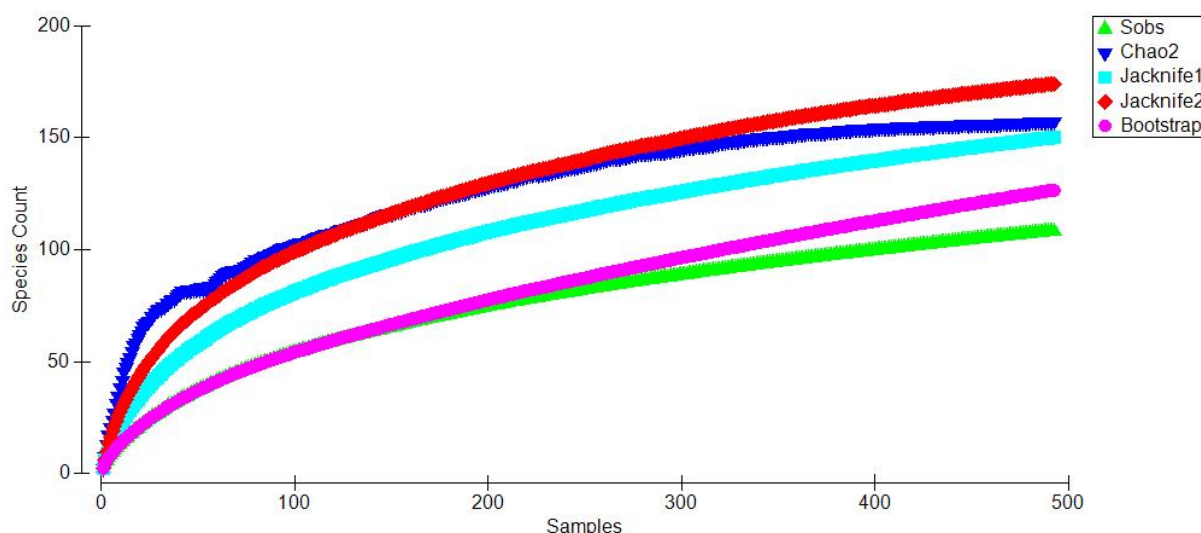
	ANO 1				ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
Estação	11- 2018	01- 2019	04- 2019	07- 2019	11- 2019	01- 2020	Emergencial	04- 2020	07- 2020	10- 2020	01- 2021	04- 2021	07- 2021	10- 2021	01- 2022	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
DEG1	13,15	28,08	19,13	13,97	15,69	1,71	-				46,67	2,17	23,51		3,66	3,11	3,58	22,48	7,87
DEG2	21,54	60,77	17,07	10,99	9,08	34,76	-				16,55	18,04	72,93		6,36	41,87	67,81	16,98	7,27
DEG3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	36,99	44,67	4,82
BN1	58,56	48,98	1,85	3,00	102,37	17,26	-				20,34	40,04	5,05		2,48	17,11	13,17	79,01	8,82
BN2	5,52	34,19	1,83	3,96	1,98	23,96	-				37,13	2,85	23,09		27,17	14,97	8,09	1,23	22,76
BN3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	1,59	6,11	11,92
ITA1	9,62	11,60	30,14	14,61	6,86	37,09	-				26,31	3,59	40,24		1,92	62,30	20,76	55,21	8,42
ITA2	4,24	32,43	2,67	1,75	11,96	74,72	-				10,13	6,27	2,28		4,21	11,82	23,38	35,11	8,30
ITA3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	15,50	47,11	3,98
BS1	-	-	-	-	13,29	3,02	-				62,43	10,24	15,92		10,67	5,79	12,11	4,21	6,20
BS2	-	-	-	-	126,62	28,28	-				33,34	26,54	21,43		7,46	18,31	16,11	32,96	8,10
BS3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	14,72	10,27	2,80
CB1	-	-	-	-	28,67	20,73	-				12,65	43,27	27,39		4,00	29,55	14,94	2,48	5,89
CB2	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	12,06	52,34	18,95
CB3	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-		-	-	2,01	15,37	11,05
MUC1	-	-	-	-	-	59,78	-				4,88	-	25,33		24,84	-	-	-	-
MUC2	-	-	-	-	-	31,64	-				4,43	-	6,94		9,12	-	-	-	-
média	18,77	36,01	12,11	8,05	35,17	30,27	-				24,99	17,00	24,01		9,26	22,76	17,52	28,37	9,14
desvio	20,46	17,06	11,83	5,81	45,96	21,86	-				18,39	16,10	19,66		8,73	18,98	16,54	23,44	5,38
mínimo	4,24	11,60	1,83	1,75	1,98	1,71	-				4,43	2,17	2,28		1,92	3,11	1,59	1,23	2,80
máximo	58,56	60,77	30,14	14,61	126,62	74,72	-				62,43	43,27	72,93		27,17	62,30	67,81	79,01	22,76

ANO 1					ANO 2					ANO 3				ANO 4				ANO 5	
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	04- 2022	08- 2022	10- 2022	01- 2023
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	-	-	-	-

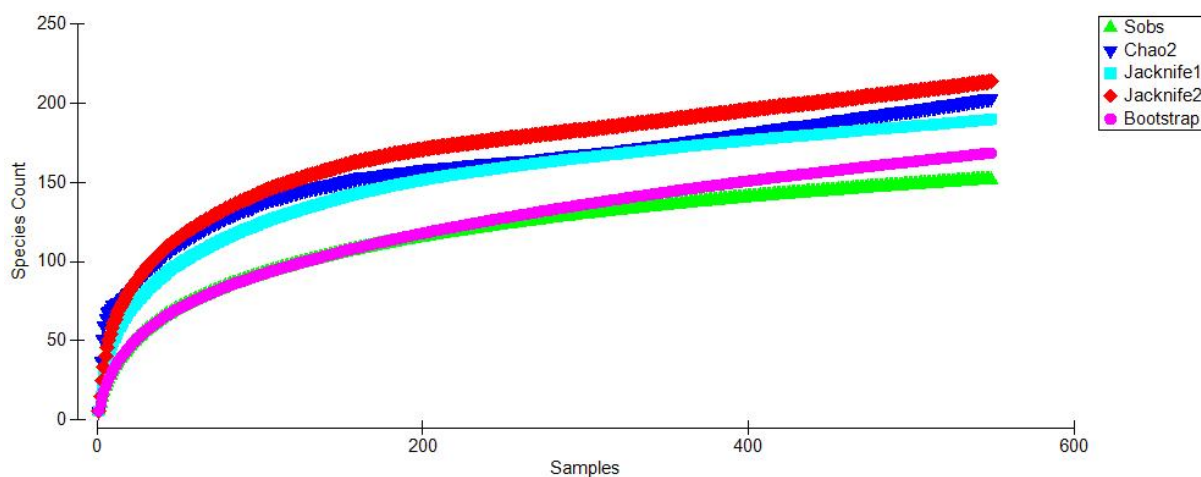
Assim como nas amostras coletadas na superfície, as densidades médias de larvas de peixes foram baixas. No Setor Costa das Algas a maior média foi registrada em abril/2022 e nos setores Foz e Norte as maiores médias foram registradas em outubro/2022 e janeiro/2019, respectivamente. Houve diferenças significativas entre os setores, entre as campanhas e entre os períodos seco e chuvoso nas amostras coletadas na coluna de água.

Figura 2: Curva de acumulação de espécies para as amostras coletadas na superfície (A) e na coluna de 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 e Ano 5: 10-2022 a 01-2023) 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)



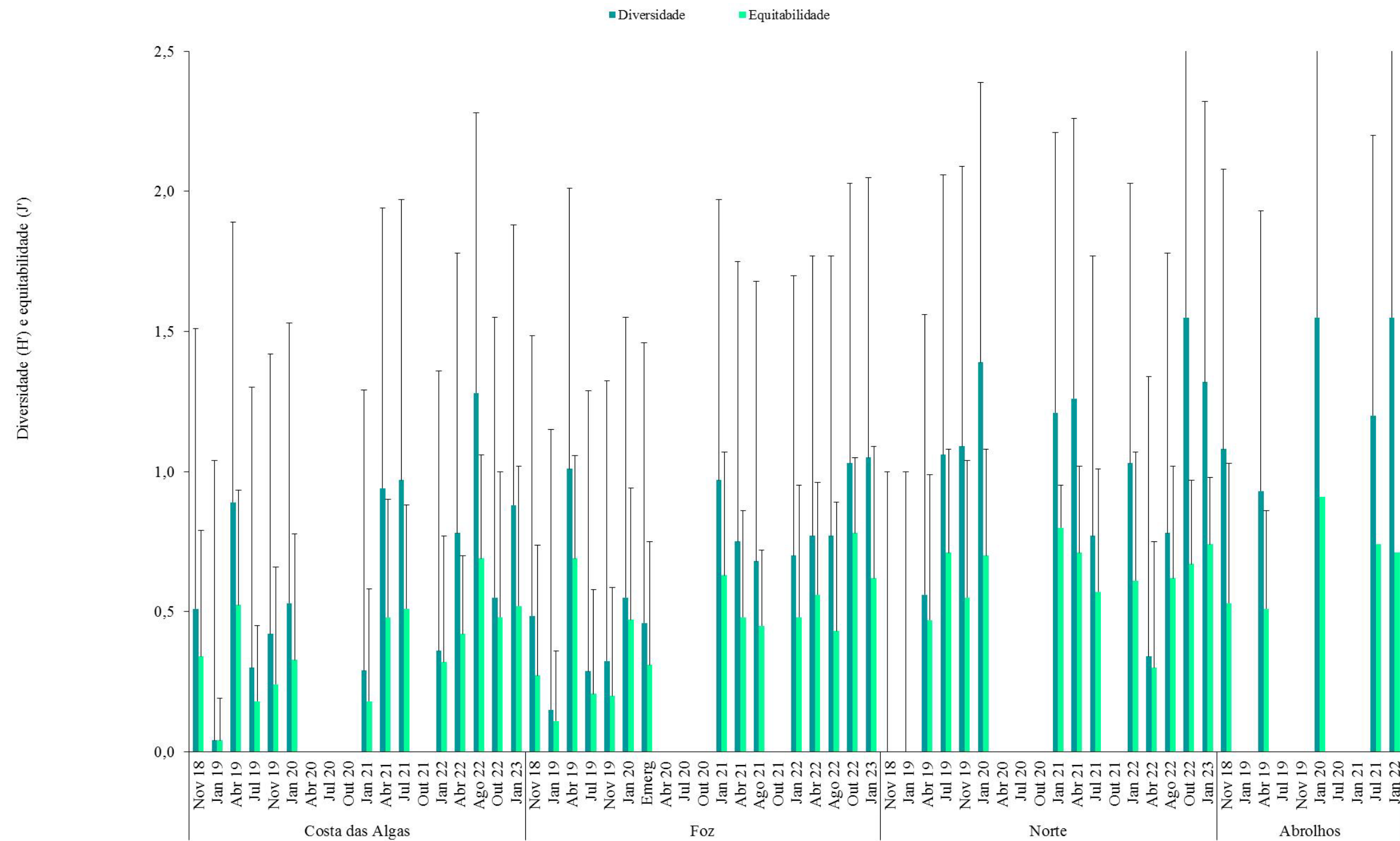
(B)



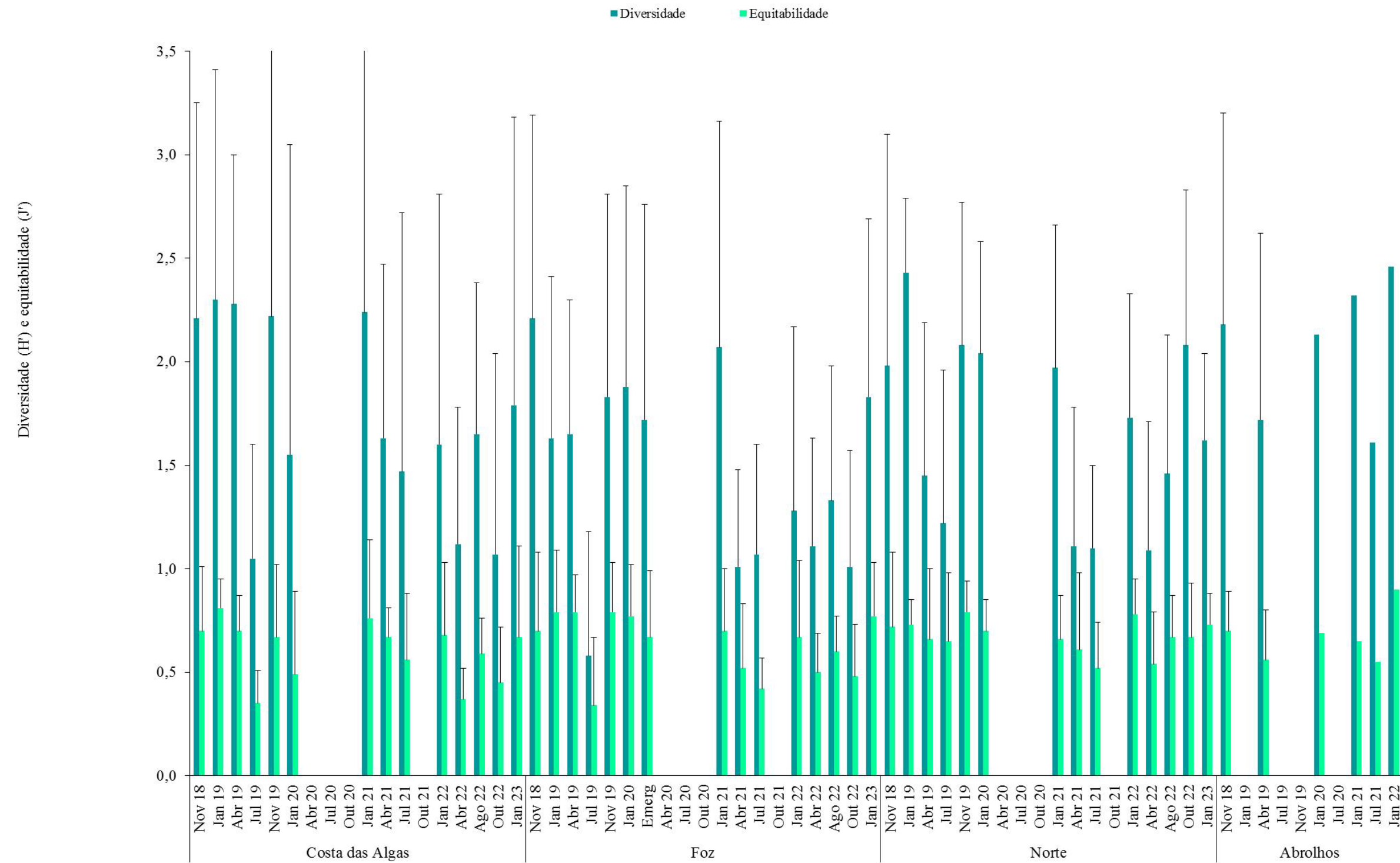
Os resultados da curva de acumulação de espécies refletem a riqueza de táxons de larvas registradas na área de estudo. Ao longo do monitoramento foram identificadas 83 famílias e 146 espécies. No período chuvoso foram registradas larvas de Siluriformes (bagres), Characiformes e Gymnotiformes que são características de água doce evidenciando a influência do Rio Doce no Setor Foz. As curvas de acumulação de espécies realizadas com as amostras coletadas ao longo do monitoramento mostraram que entre novembro/2018 e janeiro/2023 na superfície foram coletadas entre 69% e 85% das espécies esperadas para a área de estudo e na coluna de água esse percentual foi de 75% a 90%.

Figura 3: Valor médio e desvio padrão de diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') registradas na superfície (A) e na coluna de 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) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) do monitoramento. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022.

(A)



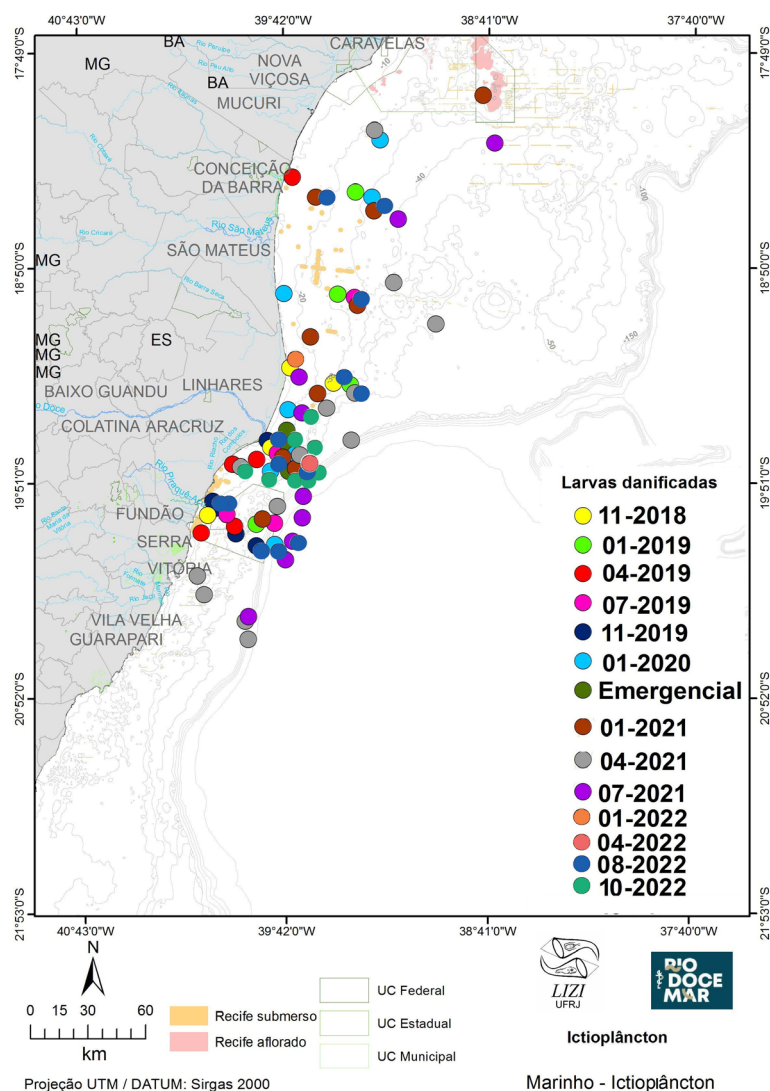
(B)



Ao longo do monitoramento, a maioria dos valores médios de diversidade foram baixos ($< 3,0$) em todos os setores tanto na superfície, quanto na coluna de água. As maiores diversidades médias ocorreram nos setores Abrolhos e Norte na superfície e na coluna de água. Na superfície os maiores valores ocorreram em agosto/2022 (Costa das Algas), janeiro/2023 (Foz do Rio Doce), outubro/2022 (Norte) e janeiro/2020 e 2022 (Abrolhos). Na coluna de água nos quatro setores as maiores médias ocorreram sempre no período chuvoso (janeiro): janeiro/2019 (Costa das Algas e Norte), novembro/2018 (Foz do Rio Doce), janeiro/2019 (Norte) e janeiro/2022 (Abrolhos). Na superfície e na coluna de água houve diferença significativa entre os setores e as campanhas, mas as diversidades não foram significativamente diferentes entre os dois períodos de estudo. A equitabilidade seguiu a mesma tendência da diversidade, de maneira geral.

2.4 INTEGRIDADE MORFOLÓGICA DAS LARVAS DE PEIXES

Figura 4: Distribuição das larvas de peixes com o trato digestório danificado coletadas na área de estudo tanto na superfície como na coluna de água nas campanhas realizadas durante o Ano 1, Ano 2, Ano 3, Ano 4 e Ano 5 do PMBA/Fest. O Setor Abrolhos não foi mais monitorado a partir de janeiro/2022.



Ao longo dos cinco anos de monitoramento foram registradas larvas de peixes com trato digestório danificado em todas as campanhas. As maiores concentrações dessas larvas ocorreram nos setores Foz do Rio Doce e APA Costa das Algas, mas foram registradas amplamente na área de estudo desde Vitória até Abrolhos. As larvas com essas características pertencem a várias famílias, mas deve-se destacar o carangídeo *Chloroscombrus chrysurus* (palombeta) que é uma espécie bioacumuladora de metais. Em outro estudo recente de teste de toxicidade em elutriato de sedimento oriundo de rejeito da barragem de Mariana (Yamamoto et al., 2022) revelou que não foi observada mortalidade significativa, mas houve altas taxas de deformidades e danos ao DNA nos embriões de peixes. A análise multivariada realizada pelos referidos autores mostrou 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 dados que estamos registrando nas larvas de peixes da região marinha desde o início do monitoramento, evidenciando os efeitos do rejeito oriundo do rompimento da barragem sobre a comunidade ictioplancônica marinha.

Figura 7: Larvas de peixe *Chloroscombrus chrysurus* (A) e Sciaenidae (B) com deformidades coletadas na área de estudo na superfície nas campanhas realizadas durante o Ano 4 (10-2021 a 08-2022) e Ano 5 (10-2022 a 01-2023) do PMBA/Fest.

(A)



(B)



Além das larvas com trato digestório danificado, a partir do Ano 4 (outubro/2021) foram observadas larvas com uma “massa” na região dorsal da cabeça. Até o momento foi coletada uma larva de *C. chrysurus* em agosto/2022 no Setor Costa das Algas e uma larva de Sciaenidae (corvina) em janeiro/2023 no Setor Norte. Ainda não é possível dizer se essa “massa” é algum tipo de tumor ou qualquer outra anomalia congênita.

3 REFERÊNCIAS

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.

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.

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. 2023. Acesso em: 08/2023.

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.

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

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

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.

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.