

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

**RELATÓRIO SEMESTRAL – SEÇÃO 3:**

**Anexo 7 – Ictiofauna Marinha**

**RT- 13 RRDM/JUN19**

**Coordenação Geral**

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Jorge Abdala Dergam dos Santos

Vitória,

Junho de 2019

## COORDENAÇÕES

### COORDENAÇÕES POR ANEXO

#### **Anexo 7**

Maurício Hostim (UFES)

#### **Subprojeto: Peixes Recifais**

Fabiana Felix Hackradt (UFSB)

Carlos W. Hackradt (UFSB)

#### **Subprojeto: Ictiofauna Estuarina Sul**

Jean-Christophe Joyeux (UFES)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>SUBPROJETO: ECOLOGIA TRÓFICA DA ICTIOFAUNA</b> .....	<b>17</b>
1.1	OBJETIVO .....	17
1.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
1.3	CONCLUSÃO .....	32
1.4	REFERÊNCIAS .....	34
<b>2</b>	<b>SUBPROJETO: ICTIOFAUNA E CARCINOFAUNA DOS ESTUÁRIOS E ÁREAS MARINHAS</b>	<b>35</b>
2.1	OBJETIVO .....	35
2.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
<b>2.2.1</b>	<b>Variáveis ambientais</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Ictiofauna marinha</b> .....	<b>38</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Carcinofauna</b> .....	<b>65</b>
2.3	CONCLUSÃO .....	76
2.4	REFERÊNCIAS .....	78
2.5	APÊNDICE .....	80
<b>3</b>	<b>SUBPROJETO: GENÉTICA DE PEIXES ESTUARINOS/MARINHOS E RECIFAIS</b> .....	<b>83</b>
3.1	OBJETIVO .....	83
3.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	83
3.3	CONCLUSÃO .....	93
3.4	REFERÊNCIAS .....	94
<b>4</b>	<b>SUBPROJETO: ESTUDO E MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA: MICROQUÍMICA</b> .....	<b>96</b>
4.1	OBJETIVO .....	96
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	96
4.3	CONCLUSÃO .....	99
<b>5</b>	<b>SUBPROJETO: ECOLOGIA DE POPULAÇÕES DE PEIXES RECIFAIS E ASSENTAMENTO E RECRUTAMENTO DE PEIXES MARINHOS</b> .....	<b>100</b>
5.1	OBJETIVO .....	100

5.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	100
5.2.1	Ictiofauna recifal .....	100
5.2.2	Assembleias bentônicas recifais .....	107
5.2.3	Recrutamento de peixes (Armadilhas de luz) .....	108
5.2.4	Genética de populações.....	112
5.2.5	Telemetria de peixes recifais.....	117
5.3	CONCLUSÃO .....	118
5.4	REFERÊNCIAS .....	119
5.5	APÊNDICE .....	123
<b>6</b>	<b>SUBPROJETO: ESTUDO E MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA MARINHA: TELEMETRIA...</b> .....	<b>142</b>
6.1	OBJETIVO .....	142
6.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	142
6.2.1	Prospecção.....	142
6.2.2	Prospecção rio São Mateus .....	142
6.2.3	Prospecção rio Doce .....	143
6.2.4	Telemetria - Instalação dos receptores acústicos e marcação de indivíduos .....	144
6.2.5	Teste de alcance de recepção - Range Test .....	145
6.2.6	Captura, marcação de Indivíduos .....	147
6.2.7	Instalação de Receptores.....	149
6.2.8	Telemetria Ativa .....	150
6.2.9	Dados de Trajetória e Área de Vida .....	152
6.3	CONCLUSÃO .....	160
6.4	REFERÊNCIAS .....	161

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em biomassa nos estuários do rio Doce e Piraquê-açú e na região marinha adjacente (outubro 2018 a março 2019). Os valores representam a biomassa média (em g) por ponto de amostragem. Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em biomassa nos estuários região..... 28
- Figura 2: Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em número de indivíduos nos estuários do rio Doce e Piraquê-açú e na região marinha adjacente (outubro 2018 a março 2019). Os valores representam o número médio de indivíduos por ponto de amostragem..... 29
- Figura 3: Escalonamento multidimensional (MDS) baseado na similaridade de Bray-Curtis calculada com os dados de biomassa (outubro 2018 a março 2019) das espécies transformados em  $\log(x + 1)$ . Legendas: PA, Piraquê-açú; RD, Rio Doce; 1–2, pontos localizados dentro dos estuários; 3–6, pontos localizados na plataforma interna; \_1–\_3, triplicatas por ponto. Os grupos foram definidos com base na análise K-means considerando a hipótese de três assembleias distintas compostas pelos dois estuários e pela zona costeira adjacente..... 31
- Figura 4: Nicho isotópico da espécie residente *Genidens genidens* na foz do rio Doce antes e depois do rompimento da barragem de rejeitos. O nicho foi estimado através das assinaturas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  de amostras de músculo epaxial (dados Laboratório de Ictiologia-UFES)..... 32
- Figura 5: Coleta de dados para mensuração das variáveis ambientais utilizando sonda multiparâmetros Horiba modelo U52-G em campo..... 36
- Figura 6: Médias (●)  $\pm$  desvio padrão (†) dos valores mensais, da profundidade (m), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e salinidade (ppt) nas áreas internas e externas dos estuários amostrados nos seis meses de monitoramento (outubro/2018 a março/2019). Cada estuário é representado por uma cor de linha... 37
- Figura 7: Média (●) e desvio padrão (†) mensais, por estuário, do pH, oxigênio dissolvido, e turbidez nas áreas internas e externas dos estuários amostrados nos seis meses de monitoramento (outubro/2018 a março/2019). Cada estuário é representado por uma cor de linha. .... 38
- Figura 8: Curvas de acumulação de espécies calculadas (Chao 1, Chao 2, Jacknife 1, Jacknife 2 e Bootstrap) e espécies observadas (Sobs) nas amostragens dos rios Piraquê-Açu, Doce (macroescala), Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019. .... 39
- Figura 9: Peixes capturados nas amostragens de ictiofauna durante o monitoramento dos estuários do Doce (macroescala), Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019..... 43
- Figura 10: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento **do rio Piraquê-Açu** entre outubro/2018 e março/2019..... 54

Figura 11: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em $\text{Log}(x+1)$ e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do <b>rio Doce</b> entre outubro/2018 e março/2019. ....	55
Figura 12: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em $\text{Log}(x+1)$ e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do <b>rio Ipiranga</b> entre outubro/2018 e março/2019. ....	56
Figura 13: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em $\text{Log}(x+1)$ e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do <b>rio São Mateus</b> entre outubro/2018 e março/2019. ....	57
Figura 14: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em $\text{Log}(x+1)$ e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do <b>rio Caravelas</b> entre outubro/2018 e março/2019. ....	58
Figura 15: Mapas ilustrando a distribuição espacial das espécies mais abundantes (A e B) e de maior biomassa em g (C) capturadas nas amostragens durante o monitoramento do rio Doce (macroescala) entre outubro/2018 e março/2019. Os valores representam a biomassa média por ponto. ....	60
Figura 16: Mapas ilustrando a distribuição espacial das espécies mais abundantes capturadas nas amostragens durante o monitoramento dos rios Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019. Os valores representam a biomassa média por ponto. ....	61
Figura 17: Escalonamento Multidimensional (MDS) de dados de biomassa (g) de peixes nos estuários e pontos estudados até o momento durante o período de outubro de 2018 a março de 2019. ....	62
Figura 18: Valores médios ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N – número de indivíduos transformado em $\text{Log}(x+1)$ e biomassa (g) de peixes nos estuários estudados até o momento, entre outubro de 2018 e março de 2019. ....	63
Figura 19: Curva do número de espécies cumulativo por número de amostras coletadas para a carcinofauna de cada área monitorada. A – Rio Doce, B – Rio Ipiranga, C – Rio São Mateus, D – Rio Caravelas. ....	66
Figura 20: Indivíduo adulto da espécie <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> .....	67
Figura 21: Indivíduo adulto da espécie <i>Callinectes ornatos</i> . ....	67
Figura 22: Distribuição da abundância total entre as espécies coletadas. ....	71
Figura 23: Repartição da biomassa total das espécies coletadas. ....	71
Figura 24: Ordenação NMDS dos pontos de coleta dos estuários monitorados. Círculos representam a ocorrência de <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> .....	72

Figura 25: Ordenação NMDS dos pontos de coleta dos estuários monitorados. Círculos representam a ocorrência de <i>Callinectes ornatus</i> .....	73
Figura 26: Distribuição mensal dos valores médios de riqueza, abundância e biomassa para os rios Doce e Ipiranga. A-C: Rio Doce; A – riqueza, B – abundância, C – biomassa; D-E: Rio Ipiranga; D – riqueza, E – abundância, F – biomassa.....	74
Figura 27: Distribuição mensal dos valores médios de riqueza, abundância e biomassa para os rios São Mateus e Caravelas. A-C: Rio São Mateus; A – riqueza, B – abundância, C – biomassa; D-E: Rio Caravelas; D – riqueza, E – abundância, F – biomassa.....	75
Figura 28: Rede utilizada para amostragem de ictiofauna realizada em fevereiro de 2019, na área externa do estuário do rio Ipiranga.....	80
Figura 29: Coleta de dados ambientais realizada em fevereiro de 2019, na área externa do estuário do Rio Ipiranga .....	80
Figura 30: Deslocamento nas áreas amostrais na área interna do estuário do rio Ipiranga utilização de GPS, em fevereiro de 2019.....	81
Figura 31: Triagem do material realizada no laboratório de ecologia de peixes marinhos em dezembro de 2018.....	81
Figura 32: Peixes organizados para a biometria Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos, em dezembro de 2018. ....	82
Figura 33: Biometria de peixes coletados pelo Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos, em dezembro de 2018. ....	82
Figura 34: Indivíduo da espécie <i>Diapterus rhombeus</i> coletado no ponto 2, arrasto 3, no Rio São Mateus em 16 de novembro de 2018 .....	89
Figura 35: Gráfico de absorvância de uma amostra da espécie <i>Anchoa spinifera</i> .....	90
Figura 36: Fragmentos da região do DNA mitocondrial COI amplificados para 27 espécies de peixes marinhos/estuarinos e recifais. Eletroforese em gel de agarose 1% e visualização com marcador GelRed. Ladder 100pb.....	91
Figura 37: Curva de acumulação de espécies realizada no programa Past 3 a partir do Método de Mao Tau para as quatro unidades amostrais analisadas (intervalo de confiança de 95%). ....	92
Figura 38: Curva de acumulação de espécies para realizada no programa Past 3 a partir do Método de Mao Tau para as quatro unidades amostrais analisadas (intervalo de confiança de 95%). ....	92
Figura 39: Equipe técnica processando os peixes coletados no rio Doce em janeiro de 2019 .....	98
Figura 40: Otólito sagittae de <i>Centropomus parallelus</i> emblocado, pronto para ser cortado.....	98

Figura 41: Otólito sagittae de <i>Centropomus undecimalis</i> emblocado, sendo cortado transversalmente. ....	99
Figura 42: Abundância (A), Riqueza (b), Diversidade (C) e Biomassa (D) de peixes recifais nas zonas estudadas. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos. A diversidade de espécies foi estatisticamente diferente entre as zonas (PERMANOVA: Pseudo-F= 3,26; p=0,02; Figura 35C). A zona que apresentou maior diversidade de espécies foi o Controle 4, enquanto que a zona Impacto apresentou a menor diversidade de espécies .....	101
Figura 43: Estimativas de riqueza de espécies de peixes recifais para as zonas Impacto e Controles. Em verde claro número de espécies observadas, outras cores representam diferentes estimadores. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.....	102
Figura 44: Diagrama de ordenação NMDS da composição de espécies de peixes recifais, baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis. Cada símbolo na figura representa uma amostra (um censo visual). As cores correspondem às diferentes zonas.....	103
Figura 45: Dez espécies mais abundantes (média e erro padrão) nos censos visuais subaquáticos. ABUSAX= <i>Abudefduf saxatilis</i> , ACABAH= <i>Acanthurus baianus</i> , ACACHI= <i>Acanthurus chirurgus</i> , ACACOE= <i>Acanthurus coeruleus</i> , HAEAUR= <i>Haemulon aurolineatum</i> , HAEPLU= <i>Haemulon plumieri</i> , OCYCHR= <i>Ocyurus chysurus</i> , SCATRI= <i>Scarus trispinosus</i> , HAEPOE= <i>Halichoeres poeyi</i> . I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos. ....	103
Figura 46: Comprimento médio dos peixes recifais amostras na primeira campanha do projeto. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos. ....	104
Figura 47: Cobertura bentônica média (%) dos principais grupos nas cinco zonas analisadas. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.....	108
Figura 48: Armadilha de luz utilizada para coleta de larvas e recrutas de peixes marinhos.....	109
Figura 49: Diagrama de ordenação NMDS da composição de espécies de larvas de peixes, baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis. Cada símbolo na figura representa uma amostra. As cores correspondem aos diferentes locais.....	109
Figura 50: Abundância (A), riqueza (b), Diversidade (C) e Biomassa (D) de peixes marinhos nos locais estudados. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Rio Doce, C1=Piraqueaçu, C2=São Mateus, C3=Mucuri. ....	110



Figura 51: Mapa com a representação esquemática das quatro áreas de coleta de amostras de peixes recifais (A1-Norte de Abrolhos e Royal Charlotte, A2-Sul do banco de Abrolhos, A3-Plataforma estreita entre Linhares e Piúma, A4-Marataízes e norte do RJ); e os quatro rios de coleta de peixes estuarinos (1-Rio Caravelas, 2-Rio Doce, 3-Rio Ipiranga e 4-Rio São Mateus). .....	113
Figura 52: Representação gráfica quantitativa das espécies estuarinas coletadas por rio. Chible = <i>Chirocentrodon bleekermanus</i> ; Connob = <i>Conodon nobilis</i> ; Genlut = <i>Genypterus luteus</i> ; Isopar = <i>Isopisthus parvipinnis</i> ; Larbre = <i>Larimus breviceps</i> ; Lycgros = <i>Lycengraulis grossidens</i> ; Pelharr = <i>Pellona harroweri</i> ; Tripau = <i>Trinectes paulistanus</i> . .....	114
Figura 53: Representação gráfica quantitativa das espécies recifais coletadas por área. Mycbon = <i>Mycteroperca bonaci</i> , Mycven = <i>Mycteroperca venenosa</i> , Mycint = <i>Mycteroperca interstitialis</i> , Mycbon = <i>Mycteroperca bonaci</i> , Cepful = <i>Cephalopholis fulva</i> , Ocychry = <i>Ocyurus chrysurus</i> , Lutana = <i>Lutjanus analis</i> . .....	115
Figura 54: Parte da equipe do Anexo 7 em campo.....	138
Figura 55: Equipe preparando para lançamento de armadilha de luz para captura de recrutas e larvas de peixes marinhos. ....	138
Figura 56: Pesquisadora utilizando sonda multiparâmetro para coleta de dados referentes às variáveis ambientais. ....	139
Figura 57: Pesquisadoras triando larvas de peixes marinhos. ....	139
Figura 58: Pesquisadores se preparando para as atividades de censos visuais subaquáticos.....	140
Figura 59: Pesquisadora tirando fotos para amostragem de assembleia bentônica utilizando metodologia foto-quadrado. ....	140
Figura 60: Budião azul <i>Scarus trispinosus</i> , espécie endêmica e ameaçada de extinção registrada nas zonas Controles.....	141
Figura 61: Dentão, <i>Lutjanus jocu</i> , espécie com importância comercial registrada nas zonas Controle. ....	141
Figura 62: Mapa ilustrando pontos de prospecção e profundidades observados na área interna e externa do rio São Mateus, pontos representam dados de profundidade sinalizados de acordo com a cor. Pontos em verde claro, amarelo, laranja e vermelho sinalizam viáveis para instalação de receptores VR2W para telemetria acústica passiva. ....	143
Figura 63: : Mapa da área interna e externa da foz do rio Doce, pontos representam dados de profundidade sinalizados de acordo com a cor. Pontos em verde claro, amarelo, laranja e vermelho sinalizam locais viáveis para instalação de receptores VR2W para telemetria acústica passiva. ....	144

Figura 64: Range Test realizado durante o período de maré vazante na parte interna do rio Doce. Amplitude do sinal foi registrada em 450 metros .....	145
Figura 65: Range Test realizado durante o período de maré enchente na parte interna do rio Doce. Amplitude do sinal foi registrada em 300 metros .....	146
Figura 66: Mapa com amplitudes para ambos os períodos, manhã e tarde para a foz do rio Doce. Foi adotado o menor sinal como medida conservativa e garantindo a detecção dos indivíduos marcados para 300 m. ....	146
Figura 67: Captura e marcação de indivíduo de <i>C. parallelus</i> , processo de inserção do transmissor (esquerda) e detalhe do transmissor acústico (à direita) utilizado na marcação de robalos na foz do rio Doce. ....	148
Figura 68: Receptor acústico utilizado para telemetria ativa VR100. À esquerda, detalhe do dispositivo fechado em sua caixa de proteção; à direita, dispositivo aberto. ....	148
Figura 69: Processo de soltura de indivíduo de <i>C. parallelus</i> marcado. Neste exemplo contando com o apoio do pescador local, Sr. José Sabino, no porto municipal de Regência .....	148
Figura 70: Receptores VR2W, instalados em pontos estratégicos na foz do rio Doce, com duração média de 14 meses para monitoramento das espécies de robalo .....	149
Figura 71: Poita especialmente confeccionada, já com o receptor VR2W no topo, prontas para fundeamento e monitoramento de sinais acústicos na foz do rio Doce. ....	149
Figura 72: Processo de fundeamento das poitas com os receptores acústicos VR2W em pontos estratégicos da foz do rio Doce.....	150
Figura 73: Mapa demonstrando a amplitude do sinal acústico baseado nos range test dos receptores VR2W fundeados na foz do rio Doce.....	150
Figura 74: Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa, rastreamento dos mesmos através do sinal acústico. No detalhe receptor VR100 sendo operado. ....	151
Figura 75 : Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa, rastreamento dos mesmos através do sinal acústico. No detalhe haste e hidrofone direcional sendo utilizados. ....	151
Figura 76:: Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa realizada durante períodos noturnos. No detalhe receptor VR100, haste e hidrofone direcional sendo utilizados. ....	152
Figura 77: Área da foz do rio Doce demonstrando o percurso (transectos) realizados para o rastreamento de indivíduos marcados com transmissores contínuos através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019. Percorrendo um perímetro de 7,08 km abrangendo uma área total de 2,51 Km <sup>2</sup> para cada período de 24 horas. ....	152

Figura 78: Trajetória dos indivíduos rastreados através da telemetria ativa durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	153
Figura 79: Trajetória geral de todos os indivíduos rastreados através da telemetria ativa durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	154
Figura 80: Mínimo Polígono Convexo (MPC) demonstrando padrão de ocupação espacial de seis indivíduos de <i>C. parallelus</i> rastreados através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	156
Figura 81: : Mínimo Polígono Convexo (MPC) demonstrando área de ocupação espacial de seis indivíduos de <i>C. parallelus</i> rastreados através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	157
Figura 82: Área de uso (KUD 50%) e áreas de vida (KUD 95%) dos indivíduos de <i>C. parallelus</i> rastreados com telemetria ativa (n = 6), durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	158
Figura 83: : Áreas de uso (KUD 50%) e áreas de vida (KUD 95%) para todos os indivíduos de <i>C. parallelus</i> rastreados com telemetria ativa (n = 6), durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce. ....	159
Figura 84: Folder distribuído junto à comunidade de Regência e Associação de Pesca local, informando os objetivos do projeto de telemetria de Robalos, e como proceder no caso de captura de algum peixe marcado. ....	159

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Frequência de ocorrência (FO%), abundância absoluta (n), abundância relativa (n%), biomassa absoluta (B, em g), biomassa relativa (B%) e comprimento total – CT (média e amplitude em mm) dos peixes coletados no rio Doce (macroescala) entre os meses de outubro/2018 e março/2019 para o monitoramento da ictiofauna marinha..... 40
- Tabela 2: Frequência de ocorrência (FO%), abundância absoluta (n), abundância relativa (n%), biomassa absoluta (B, em g), biomassa relativa (B%) e comprimento total – CT (média e amplitude em mm) dos peixes coletados nos rios Caravelas, Ipiranga e São Mateus entre os meses de outubro/2018 e março/2019 para o monitoramento da ictiofauna marinha. .... 44
- Tabela 3: Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da abundância (n), biomassa e riqueza (S) de peixes, comparando-se os estuários estudados, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes ( $P\text{-perm} < 0,05$ ) estão em negrito; E=estuário; P=ponto. .... 64
- Tabela 4: Gêneros e espécies de peixes coletados nas quatro unidades amostrais analisadas neste estudo (rio Caravelas, rio Doce, rio Ipiranga e rio São Mateus). .... 83
- Tabela 5: Espécies coletadas, número de amostras de tecido coletadas e a número de amostras extraídas e amplificadas, via PCR, para cada espécie até o sexto mês de projeto. .... 86
- Tabela 6: Lista de espécies recifais e estuarinos com quantidade coletada, extraída, quantificada. Porcentagem indica a quantidade de organismos extraídos de em relação a totalidade coletada.... 115
- Tabela 7: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando abundância de peixes entre as zonas estudadas (Impacto, Controle 1, 2, 3 e 4), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). I. vs. C corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo.Fatores..... 123
- Tabela 8: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando diversidade (obtido através do índice de Shannon) de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo ..... 123
- Tabela 9: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a composição de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos

resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle agrupadas. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo. .... 124

Tabela 10: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a riqueza de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo.. 124

Tabela 11: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a biomassa de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo. .... 125

Tabela 12: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando o comprimento dos peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- grau de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo. .... 125

Tabela 13: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a biomassa de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). I. vs. C. corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle. .... 131

Tabela 14: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a abundância de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle. .... 131

Tabela 15: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a riqueza de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle. .... 132

Tabela 16: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a diversidade (Shannon) de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle. .... 132

Tabela 17: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a composição de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle. .... 132

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Frequência de ocorrência (FO), abundância absoluta (N) e relativa (N%), biomassa absoluta (B) e relativa (B%) e média e intervalos (mínimo e máximo) de comprimento total (CT) dos táxons coletados ao longo dos seis meses de monitoramento nas regiões estuarinas do Piraquê-açú e rio Doce (outubro 2018 a março 2019). NI: Não identificada. ....	18
Quadro 2: : Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da riqueza (S), abundância (n), biomassa, equitatividade de Pielou (J') e diversidade de Shannon-Wiener (H'Loge), dentro de cada estuário, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes (P-perm<0,05) estão em negrito. ....	51
Quadro 3: Lista de táxons de camarões identificados para as áreas monitoradas durante os 6 meses de amostragem, com respectivas FO % (Frequência de ocorrência), Número de indivíduos (N e N%), Biomassa (B e B%), Comprimento Total (CT) e Comprimento da Carapaça (CC). ....	68
Quadro 4: Lista de táxons de caranguejos identificados para as áreas monitoradas durante os 6 meses de amostragem, com respectivas FO % (Frequência de ocorrência), Número de indivíduos (N e N%), Biomassa (B e B%), Comprimento Total (CT) e Comprimento da Carapaça (CC). ....	69
Quadro 5: Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da riqueza (S), abundância (n), biomassa, equitatividade de Pielou (J') e diversidade de Shannon-Wiener (H'Loge), dentro de cada estuário, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes (P-perm<0,05) estão em negrito. ....	70
Quadro 6: Espécies de interesse comercial coletadas nos quatro pontos amostrais do ANEXO 7 – Estudo e Monitoramento da Ictiofauna Marinha / META 4 – Microquímica dos otólios. Comprimento total médio, máximo e mínimo (CT médio (max/min) em milímetros; Peso total médio, máximo e mínimo (PT médio (max/min) em grama; Número de exemplares (N). ....	97
Quadro 7: Espécies observadas na Campanha 1 (janeiro-fevereiro de 2019) através de censos visuais subaquático, classificadas quanto a sua raridade, endemismo, ameaçada de extinção, migratória e comercial. ....	105
Quadro 8: Lista de espécies de peixes marinhos e número de indivíduos capturados nas armadilhas de luz na zona de Impacto (em frente ao Rio Doce), C1 (Piraqueaçu), C2 (São Mateus) e C3 (Mucuri). ....	111
Quadro 9: Lista de espécies de peixes recifais e estuarinos amostrados por localidade. ....	114
Quadro 10: Primers universais que serão utilizados para análise da região controle da região mitocondrial (Dloop) no presente trabalho. ....	116
Quadro 11: Primers que serão utilizados para análise dos microsatélites no presente trabalho. ....	116

Quadro 12: Resultados de todas as amostras dos censos visuais referentes a riqueza de espécies, abundância, diversidade de Margalef, índice de equitatividade de Pielou's e índice de diversidade de Shannon. ....	126
Quadro 13: Total de extrações e quantificações de DNA obtido das espécies recifais. Locais: A1 -Norte de Abrolhos e Royal Charlotte, A2 - Sul do banco de Abrolhos, A3 -Plataforma estreita entre Linhares e Piúma, A4- Marataízes e norte do RJ .....	133
Quadro 14: Dados de marcação e área de vida ( <i>home range</i> ) das espécies de Robalo marcadas para monitoramento com telemetria acústica na foz do Rio Doce. São apresentados o código de identificação de cada indivíduo, comprimento total (CT) em centímetros, número de detecções realizadas com a telemetria ativa, tamanho da área de vida segundo três estimadores: MCP = Polígono Convexo Mínimo, KUD50 = Kernel Utilization Distribution em 50% e em 95%; data de captura e marcação do animal, e o período de rastreamento, em dias. ....	155



## 1 SUBPROJETO: ECOLOGIA TRÓFICA DA ICTIOFAUNA

### 1.1 OBJETIVO

Determinar a frequência de ocorrência, a abundância relativa (em número e peso) e o comprimento das espécies de peixes capturadas nos estuários do rio Doce (pequena escala) e Piraquê-açú, para fundamentar a seleção das espécies a serem monitoradas quanto à dieta e ecologia trófica.

### 1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seis amostragens mensais - outubro 2018 até março 2019 - em doze pontos localizados nos estuários do rio Doce e Piraquê-açú e regiões costeiras adjacentes, usando arrastos de fundo em triplicatas de cinco minutos, resultaram em duzentos e dezesseis amostras contendo 277.445 g e 21.232 indivíduos pertencentes a 136 espécies e 48 famílias. Sciaenidae foi a família mais rica em espécies (19 espécies), seguida por Engraulidae (10), Paralichthyidae (9), Ariidae (8) e Serranidae (7). As famílias mais representativas em número de indivíduos foram Sciaenidae (8.795 indivíduos), Pristigasteridae (3.277), Ariidae (3.187), Engraulidae (2.007) e Gerreidae (1.216). Em termos de biomassa as assembleias foram dominadas por Ariidae (117.620,8 g), Sciaenidae (79.972,3 g), Gerreidae (9.803,4 g), Tetraodontidae (8.988,1 g) e Pristigasteridae (8.384,4 g). As espécies mais importantes foram *Stellifer brasiliensis* e *Genidens genidens*, tanto em biomassa (44,8% do total) quanto em número de indivíduos (27,8%). A abundância relativa em peso e número de indivíduos, bem como a frequência de ocorrência e intervalos de tamanho das espécies capturadas, estão descritos na Quadro 1.

No estuário do rio Doce foram coletados 10.917 indivíduos pesando 179.415 g e pertencentes a 93 espécies e 32 famílias. No estuário do Piraquê-açú as coletas totalizaram 98.030 g e 10.315 indivíduos de 110 espécies e 43 famílias. Três das quatro espécies mais representativas em biomassa diferiram entre os estuários (Figura 1). Enquanto *G. genidens* (50,5%), *S. brasiliensis* (10,7%), *Cathorops spixii* (8,6%) e *Genidens barbatus* (4,4%) dominaram a assembleia do rio Doce em termos de biomassa, *S. brasiliensis* (14,4%), *Ctenosciaena gracilicirrhus* (12,7%), *Stellifer rastrifer* (9,1%) e *Sphoeroides testudineus* (6,4%) dominaram a assembleia do Piraquê-açú. A Figura 1 ilustra a distribuição espacial das mesmas em cada estuário estudado. *Genidens barbatus* ocorreu exclusivamente no estuário do rio Doce enquanto *G. genidens*, *S. brasiliensis* e *C. spixii* foram capturadas principalmente no estuário, mas também ocorreram na região marinha adjacente a ele (Figura 1). Tais espécies também são comumente capturadas por pescadores locais empregando outras artes de pesca (e.g., rede de espera e linha de mão), o que evidencia a importância destas para a subsistência da população e a economia local (Pinheiro & Joyeux, 2007). No Piraquê-açú, *C. gracilicirrhus* ocorreu exclusivamente na região marinha e a biomassa média de *S. brasiliensis* e *S. rastrifer* foram maiores nessa mesma região, enquanto *S. testudineus* teve maiores médias de biomassa no estuário (Figura 1).

Quadro 1: Frequência de ocorrência (FO), abundância absoluta (N) e relativa (N%), biomassa absoluta (B) e relativa (B%) e média e intervalos (mínimo e máximo) de comprimento total (CT) dos táxons coletados ao longo dos seis meses de monitoramento nas regiões estuarinas do Piraquê-açú e rio Doce (outubro 2018 a março 2019). NI: Não identificada.

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<b>Achiridae</b>												
<i>Achirus declivis</i>	3,7	23	0,2	1110,7	1,1	104,4 (33–190)	1,9	3	0,0	32,0	0,0	74 (30–107)
<i>Achirus lineatus</i>	28,7	224	2,2	3434,9	3,5	77,4 (26–152)	3,7	4	0,0	62,4	0,0	84,5 (57–117)
<i>Catathyridium garmani</i>							14,8	32	0,3	1504,2	0,8	119,6 (59–156)
<i>Gymnachirus nudus</i>	1,9	2	0,0	7,9	0,0	60 (32–88)						
<i>Trinectes microphthalmus</i>	5,6	7	0,1	4,6	0,0	31,3 (25–36)	22,2	177	1,6	181,7	0,1	30,7 (14–49)
<i>Trinectes paulistanus</i>	3,7	6	0,1	89,5	0,1	57,5 (23–159)	20,4	73	0,7	982,9	0,5	79,4 (19–135)
<b>Antennariidae</b>												
<i>Antennarius striatus</i>							3,7	4	0,0	47,6	0,0	65,3 (60–70)
<b>Ariidae</b>												
Ariidae NI							4,6	323	3,0	721,5	0,4	64,6 (41–90)
<i>Aspistor luniscutis</i>							0,9	1	0,0	37,1	0,0	163
<i>Bagre bagre</i>	1,9	2	0,0	102,0	0,1	191,5 (183–200)	2,8	6	0,1	30,1	0,0	85,5 (61–129)
<i>Cathorops arenatus</i>							3,7	8	0,1	1009,6	0,6	228,4 (165–285)
<i>Cathorops sp.</i>							4,6	16	0,1	31,0	0,0	59,4 (44–83)
<i>Cathorops spixii</i>	4,6	6	0,1	364,4	0,4	162,2 (70–250)	17,6	412	3,8	15434,3	8,6	149,7 (17,7–284)
<i>Genidens barbatus</i>							13,0	268	2,5	8001,1	4,5	148,1 (110–369)
<i>Genidens genidens</i>							30,6	2083	19,1	90653,0	50,5	171,2 (46–348)
<i>Genidens sp.</i>							1,9	50	0,5	56,1	0,0	57,5 (40–81)
<i>Notarius grandicassis</i>	2,8	3	0,0	365,3	0,4	181,7 (151–233)	1,9	2	0,0	109,7	0,1	167,5 (135–200)
<i>Potamarius grandoculis</i>							3,7	7	0,1	705,6	0,4	223,3 (66–300)
<b>Auchenipteridae</b>												

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Pseudauchenipterus affinis</i>							8,3	84	0,8	1903,0	1,1	111,2 (18–157)
<b>Batrachoididae</b>												
<i>Porichthys porosissimus</i>	2,8	3	0,0	6,3	0,0	57,7 (42–71)	1,9	2	0,0	6,3	0,0	66,5 (54–79)
<b>Bothidae</b>												
<i>Bothus ocellatus</i>	0,9	1	0,0	2,4	0,0	58						
<i>Bothus robinsi</i>	1,9	2	0,0	2,0	0,0	40,5 (28–53)						
<b>Carangidae</b>												
<i>Caranx latus</i>							2,8	9	0,1	58,7	0,0	70,8 (45–103)
<i>Selene vomer</i>	2,8	3	0,0	32,6	0,0	81,7 (54–101)	1,9	2	0,0	4,3	0,0	47 (30–64)
<b>Centropomidae</b>												
<i>Centropomus parallelus</i>	0,9	1	0,0	130,9	0,1	244	0,9	1	0,0	456,9	0,3	360
<i>Centropomus undecimalis</i>							0,9	1	0,0	110,5	0,1	253
<b>Chaetodontidae</b>												
<i>Chaetodon sedentarius</i>	0,9	1	0,0	1,3	0,0	32						
<b>Clupeidae</b>												
<i>Opisthonema oglinum</i>	0,9	2	0,0	37,5	0,0	125,5 (124–127)	0,9	5	0,0	89,8	0,1	129,6 (126–132)
<i>Sardinella brasiliensis</i>							1,9	7	0,1	103,5	0,1	126,1 (119–135)
<b>Cynoglossidae</b>												
<i>Symphurus plagusia</i>	4,6	6	0,1	20,4	0,0	74,8 (56–95)	43,5	137	1,3	1051,6	0,6	100,9 (44–130)
<i>Symphurus tessellatus</i>	35,2	117	1,1	823,4	0,8	90 (12–189)	13,0	37	0,3	293,0	0,2	98,8 (66–164)
<b>Dactylopteridae</b>												
<i>Dactylopterus volitans</i>	2,8	4	0,0	17,0	0,0	56,8 (18–94)	0,9	1	0,0	2,6	0,0	56
<b>Dactyloscopidae</b>												
<i>Dactyloscopus tridigitatus</i>	0,9	1	0,0	1,3	0,0	56						
<i>Dactyloscopus foraminosus</i>	0,9	1	0,0	0,3	0,0	33						

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<b>Dasyatidae</b>												
<i>Hypanus guttatus</i>	0,9	1	0,0	570,0	0,6	880	3,7	4	0,0	1106,1	0,6	741 (604–890)
<b>Diodontidae</b>												
<i>Chilomycterus spinosus</i>	0,9	1	0,0	153,1	0,2	135						
<b>Eleotridae</b>												
<i>Butis koilomatodon</i>	0,9	4	0,0	23,5	0,0	73,8 (55–93)						
<b>Engraulidae</b>												
<i>Anchoa clupeioides</i>							0,9	1	0,0	34,4	0,0	164
<i>Anchoa filifera</i>	12,0	143	1,4	503,6	0,5	81,8 (56–93)	15,7	901	8,3	2825,1	1,6	79,8 (53–97)
<i>Anchoa januaria</i>	8,3	418	4,1	576,1	0,6	57,8 (46–114)	1,9	2	0,0	10,6	0,0	87 (68–106)
<i>Anchoa lyolepis</i>							2,8	178	1,6	372,4	0,2	72,2 (61–89)
<i>Anchoa spinifer</i>	0,9	4	0,0	4,1	0,0	53,8 (50–56)	15,7	161	1,5	705,5	0,4	82,5 (39–128)
<i>Anchoa tricolor</i>	4,6	77	0,7	86,4	0,1	56,6 (46–89)	0,9	2	0,0	4,2	0,0	61 (51–71)
<i>Anchovia clupeioides</i>	0,9	5	0,0	96,4	0,1	134,8 (129–142)	3,7	12	0,1	244,3	0,1	143,2 (113–229)
<i>Anchoviella lepidentostole</i>	2,8	73	0,7	86,2	0,1	55,8 (49–85)	0,9	3	0,0	0,6	0,0	35 (31–39)
Engraulidae NI							0,9	1	0,0	0,2	0,0	33
<i>Engraulis anchoita</i>	2,8	7	0,1	10,8	0,0	65,6 (64–68)						
<i>Lycengraulis grossidens</i>	4,6	8	0,1	186,6	0,2	134,6 (76–270)	5,6	13	0,1	153,5	0,1	119,2 (101–139)
<b>Ephippidae</b>												
<i>Chaetodipterus faber</i>	9,3	12	0,1	227,5	0,2	61 (20–141)						
<b>Fistulariidae</b>												
<i>Fistularia petimba</i>	1,9	2	0,0	5,3	0,0	217,5 (170–265)						
<b>Gerreidae</b>												
<i>Diapterus auratus</i>	19,4	114	1,1	2170,5	2,2	91 (23,71–270)	2,8	3	0,0	24,6	0,0	82,3 (61–99)
<i>Diapterus rhombeus</i>	12,0	68	0,7	819,2	0,8	86,7 (45–160)	2,8	4	0,0	172,5	0,1	125,8 (55–157)

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Eucinostomus argenteus</i>	37,0	970	9,4	2126,6	2,2	54,1 (20–129)	5,6	16	0,1	136,3	0,1	81,7 (32–120)
<i>Eucinostomus gula</i>	0,9	1	0,0	6,5	0,0	79						
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	0,9	1	0,0	4,5	0,0	74	3,7	29	0,3	972,9	0,5	131,4 (68–200)
<i>Eucinostomus</i> sp.							0,9	1	0,0	0,1	0,0	24
<i>Eugerres brasilianus</i>	4,6	6	0,1	2915,7	3,0	316,2 (242–390)	2,8	3	0,0	453,9	0,3	219,3 (159–271)
<b>Gobiidae</b>												
<i>Awaous tajasica</i>							0,9	1	0,0	4,3	0,0	77
<i>Ctenogobius boleosoma</i>	3,7	4	0,0	1,1	0,0	33 (31–38)	1,9	6	0,1	1,1	0,0	28,2 (22–33)
Gobiidae NI	0,9	1	0,0	0,1	0,0	28						
<i>Gobionellus oceanicus</i>							1,9	7	0,1	2,2	0,0	37,4 (24–61)
<i>Microgobius meeki</i>	23,1	41	0,4	14,3	0,0		0,9	2	0,0	0,6	0,0	34,5 (30–39)
<i>Parrella macropteryx</i>	4,6	6	0,1	1,6	0,0							
<b>Gymnuridae</b>												
<i>Gymnura altavela</i>	0,9	1	0,0	20,1	0,0							
<b>Haemulidae</b>												
<i>Conodon nobilis</i>	0,9	1	0,0	42,6	0,0		2,8	3	0,0	28,0	0,0	84,7 (65–100)
<i>Genyatremus luteus</i>	0,9	1	0,0	0,2	0,0							
Haemulidae NI							0,9	1	0,0	0,1	0,0	24
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	0,9	1	0,0	67,6	0,1							
<i>Orthopristis ruber</i>	0,9	1	0,0	7,9	0,0							
<i>Pomadasys ramosus</i>							0,9	2	0,0	131,8	0,1	178 (169–187)
<i>Pomadasys</i> sp.	0,9	1	0,0	0,2	0,0							
<b>Lutjanidae</b>												
<i>Lutjanus jocu</i>							2,8	5	0,0	54,9	0,0	65,2 (21–123)
<i>Lutjanus</i> sp.							1,9	7	0,1	0,8	0,0	20,6 (20–21)

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Lutjanus synagris</i>	19,4	42	0,4	1618,6	1,7		0,9	1	0,0	0,2	0,0	23
<b>Mugilidae</b>												
<i>Mugil curema</i>							1,9	2	0,0	421,6	0,2	273 (212–334)
<b>Mullidae</b>												
<i>Mulloidichthys martinicus</i>							0,9	9	0,1	25,4	0,0	64,8 (62–69)
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	2,8	4	0,0	8,0	0,0		12,0	107	1,0	274,5	0,2	63,6 (55–73)
<i>Upeneus parvus</i>	12,0	31	0,3	340,9	0,3		4,6	5	0,0	63,3	0,0	101,8 (83–119)
<b>Muraenidae</b>												
<i>Gymnothorax ocellatus</i>	8,3	9	0,1	397,8	0,4							
<b>Narcinidae</b>												
<i>Narcine brasiliensis</i>	0,9	1	0,0	74,9	0,1							
<b>Ogcocephalidae</b>												
<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	6,5	22	0,2	397,5	0,4							
<b>Ophichthidae</b>												
<i>Ophichthus cylindroideus</i>							0,9	1	0,0	79,2	0,0	415
<i>Ophichthus gomesii</i>	0,9	1	0,0	24,0	0,0		0,9	1	0,0	42,7	0,0	389
<b>Paralichthyidae</b>												
<i>Citharichthys arenaceus</i>	9,3	12	0,1	170,0	0,2		5,6	10	0,1	85,1	0,0	98,3 (75–123)
<i>Citharichthys macrops</i>	12,0	16	0,2	174,3	0,2		3,7	6	0,1	31,5	0,0	73,3 (42–104)
<i>Citharichthys</i> sp.	0,9	3	0,0	0,9	0,0							
<i>Citharichthys spilopterus</i>	0,9	1	0,0	15,0	0,0		0,9	1	0,0	6,9	0,0	94
<i>Etropus crossotus</i>	15,7	35	0,3	108,2	0,1							
<i>Etropus longimanus</i>	2,8	4	0,0	3,3	0,0							
<i>Paralichthys brasiliensis</i>	8,3	11	0,1	4397,9	4,5							
<i>Syacium micrurum</i>	5,6	7	0,1	86,1	0,1							

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Syacium papillosum</i>	18,5	64	0,6	1587,0	1,6		0,9	1	0,0	118,3	0,1	218
<i>Xystreureys rasile</i>	2,8	7	0,1	10,2	0,0							
<b>Pimelodidae</b>												
<i>Pimelodus maculatus</i>							16,7	92	0,8	6760,8	3,8	199,3 (56–295)
<b>Polynemidae</b>												
<i>Polydactylus oligodon</i>	2,8	6	0,1	181,7	0,2		0,9	1	0,0	9,7	0,0	110
<i>Polydactylus virginicus</i>	3,7	8	0,1	159,5	0,2		1,9	2	0,0	105,8	0,1	170 (130–210)
<b>Priacanthidae</b>												
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	7,4	12	0,1	70,5	0,1		1,9	2	0,0	10,1	0,0	68,5 (67–70)
<b>Pristigasteridae</b>												
<i>Chirocentrodon bleekermanus</i>	25,0	1476	14,3	3503,3	3,6		25,9	479	4,4	1170,8	0,7	69,2 (20–100)
<i>Odontognathus mucronatus</i>	9,3	470	4,6	558,5	0,6		8,3	56	0,5	99,2	0,1	72,6 (49–141)
<i>Pellona harroweri</i>	27,8	653	6,3	2570,1	2,6		14,8	112	1,0	314,6	0,2	55,1 (21–93)
<b>Rhinobatidae</b>												
<i>Zapteryx brevirostris</i>	0,9	1	0,0	640,0	0,7							
<b>Sciaenidae</b>												
<i>Bairdiella ronchus</i>	12,0	442	4,3	2120,1	2,2		3,7	75	0,7	977,5	0,5	66,8 (29–212)
<i>Ctenosciaena gracilicirrhus</i>	16,7	656	6,4	12473,6	12,7		15,7	355	3,3	4639,8	2,6	87,8 (10,3–183)
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	2,8	23	0,2	1793,4	1,8		0,9	1	0,0	2,8	0,0	68
<i>Cynoscion leiarchus</i>	2,8	11	0,1	79,2	0,1		0,0		0,0		0,0	0 (–)
<i>Cynoscion microlepidotus</i>	1,9	2	0,0	4,1	0,0		3,7	5	0,0	93,0	0,1	108 (65–196)
<i>Cynoscion sp.</i>	0,9	2	0,0	5,8	0,0		2,8	10	0,1	1,3	0,0	25,2 (17–31)
<i>Cynoscion virescens</i>	0,9	1	0,0	63,6	0,1							
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	10,2	187	1,8	1492,6	1,5		17,6	148	1,4	376,8	0,2	59,6 (28–153)
<i>Larimus breviceps</i>	22,2	166	1,6	1955,0	2,0		6,5	7	0,1	34,1	0,0	59,9 (21–105)

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Macrodon ancylodon</i>							6,5	208	1,9	395,6	0,2	64,6 (25–135)
<i>Macrodon atricauda</i>	4,6	37	0,4	1714,7	1,7		9,3	45	0,4	554,6	0,3	107,3 (45–240)
<i>Macrodon sp.</i>							1,9	12	0,1	20,3	0,0	57,2 (29–91)
<i>Menticirrhus americanus</i>	9,3	19	0,2	655,4	0,7		2,8	4	0,0	36,5	0,0	90,8 (44–111)
<i>Micropogonias furnieri</i>	3,7	8	0,1	508,0	0,5		3,7	6	0,1	690,7	0,4	174,2 (79–359)
<i>Nebris microps</i>	13,0	29	0,3	697,1	0,7		17,6	179	1,6	1755,4	1,0	76,1 (23–266)
<i>Ophioscion punctatissimus</i>	4,6	19	0,2	506,1	0,5		0,9	1	0,0	124,4	0,1	216
<i>Pachyurus adspersus</i>							11,1	546	5,0	175,3	0,1	37,1 (16–134)
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	23,1	73	0,7	2606,1	2,7		44,4	730	6,7	6486,8	3,6	92,4 (16,5–214)
Sciaenidae NI	26,9	1481	14,4	14126,8	14,4		54,6	2190	20,1	19284,3	10,7	83,9 (17–187)
<i>Stellifer brasiliensis</i>	25,0	1229	11,9	8964,7	9,1		16,7	154	1,4	839,9	0,5	74,7 (1,31–124)
<i>Stellifer rastrifer</i>	2,8	8	0,1	1,7	0,0		2,8	23	0,2	12,2	0,0	36,9 (20–67)
<i>Stellifer sp.</i>	17,6	225	2,2	440,2	0,4		12,0	46	0,4	292,4	0,2	68,7 (31–163)
<i>Stellifer stellifer</i>	0,9	3	0,0	0,2	0,0		5,6	85	0,8	12,4	0,0	24,7 (16–41)
<b>Scorpaenidae</b>												
<i>Scorpaena plumieri</i>	0,9	2	0,0	185,9	0,2							
<b>Serranidae</b>												
<i>Alphestes afer</i>	0,9	1	0,0	12,8	0,0							
<i>Diplectrum bivittatum</i>	5,6	10	0,1	19,3	0,0							
<i>Diplectrum formosum</i>	10,2	13	0,1	137,7	0,1							
<i>Diplectrum radiale</i>	6,5	10	0,1	60,8	0,1							
<i>Diplectrum sp.</i>	0,9	1	0,0	0,0	0,0							
<i>Epinephelus morio</i>	0,9	1	0,0		0,0							
<i>Rypticus randalli</i>	7,4	11	0,1	630,8	0,6							
<i>Serranus atrobranchus</i>	1,9	3	0,0	4,6	0,0							



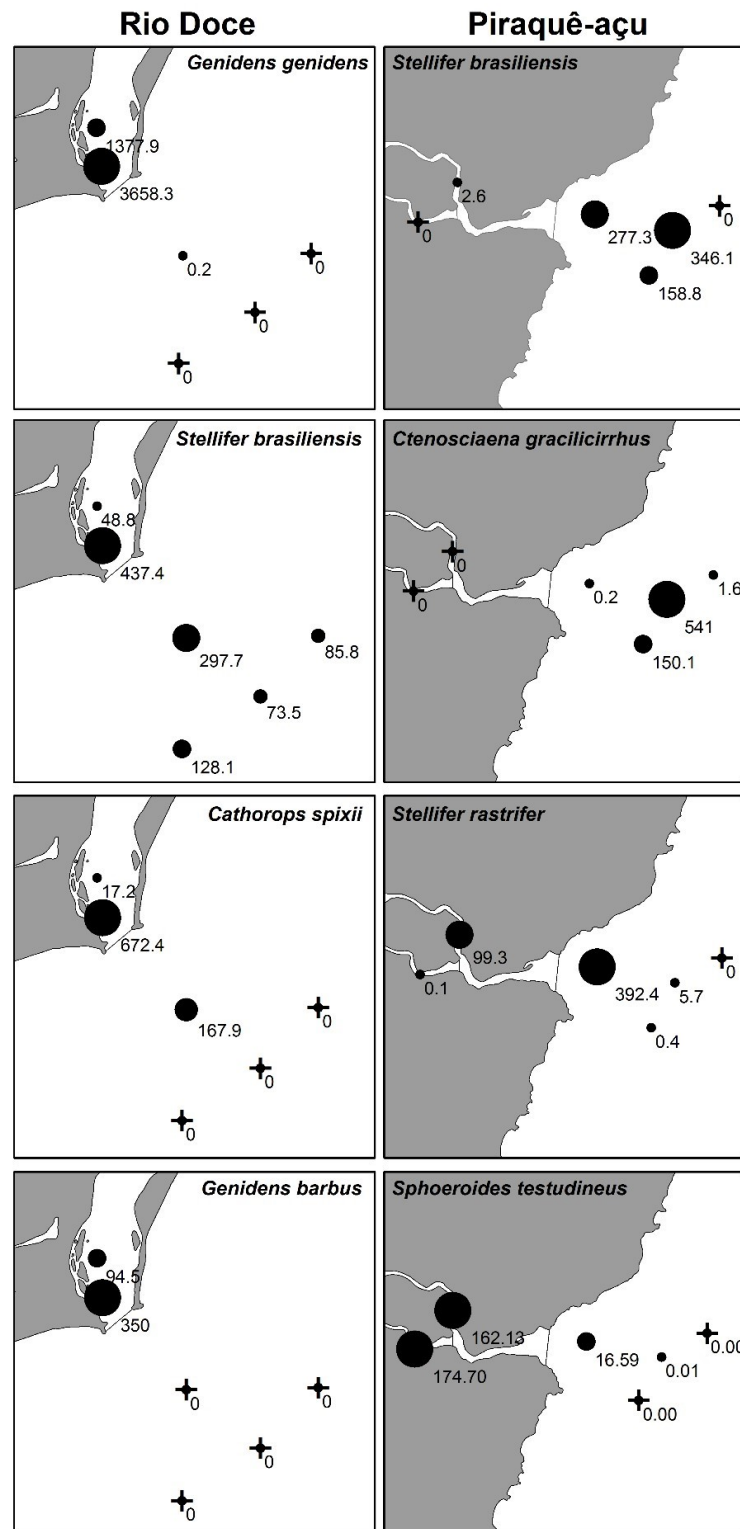
Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Serranus flaviventris</i>							0,9	1	0,0	0,7	0,0	37
<b>Sparidae</b>												
<i>Archosargus probatocephalus</i>	1,9	3	0,0	2488,4	2,5							
<b>Sphyraenidae</b>												
<i>Sphyraena cf. guachancho</i>	0,9	1	0,0	0,2	0,0							
<i>Sphyraena sp.</i>	0,9	1	0,0	0,2	0,0							
<b>Stromateidae</b>												
<i>Peprilus paru</i>							0,9	1	0,0	13,5	0,0	90
<b>Syngnathidae</b>												
<i>Hippocampus reidi</i>	0,9	1	0,0		0,0							
<i>Microphis lineatus</i>							1,9	3	0,0	1,4	0,0	114,7 (110–119)
<i>Pseudophallus mindii</i>	0,9	1	0,0	0,3	0,0		2,8	3	0,0	1,3	0,0	98 (77–117)
<b>Synodontidae</b>												
<i>Saurida brasiliensis</i>	14,8	65	0,6	153,4	0,2		5,6	10	0,1	61,3	0,0	93,1 (76–125)
<i>Synodus cf. intermedius</i>	0,9	1	0,0	0,4	0,0							
<i>Synodus foetens</i>	18,5	50	0,5	152,9	0,2							
<i>Synodus poeyi</i>	6,5	21	0,2	64,3	0,1							
<i>Synodus sp.</i>	0,9	1	0,0	0,4	0,0							
<i>Synodus synodus</i>	1,9	8	0,1	6,7	0,0							
<i>Trachinocephalus myops</i>	2,8	3	0,0	4,2	0,0							
<b>Tetraodontidae</b>												
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	3,7	4	0,0	33,9	0,0		0,9	1	0,0	39,8	0,0	124
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	13,9	30	0,3	668,1	0,7		0,9	1	0,0	2,2	0,0	44
<i>Sphoeroides sp.</i>	1,9	2	0,0	0,3	0,0							
<i>Sphoeroides spengleri</i>	3,7	20	0,2	512,7	0,5		0,9	1	0,0	1,5	0,0	33

Família/Espécie	Piraquê-açú						Rio Doce					
	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)	FO	N	N%	B (g)	B%	CT (cm)
<i>Sphoeroides testudineus</i>	23,1	58	0,6	6361,6	6,5		13,0	20	0,2	1368,1	0,8	139,1 (19–187)
<b>Trichiuridae</b>												
<i>Trichiurus lepturus</i>	3,7	18	0,2	1304,7	1,3		4,6	6	0,1	191,7	0,1	374,5 (329–425)
<b>Triglidae</b>												
<i>Prionotus punctatus</i>	33,3	72	0,7	637,3	0,7		11,1	19	0,2	147,1	0,1	70,8 (18–115)
<i>Prionotus sp.</i>							3,7	8	0,1	0,9	0,0	21,6 (19–25)

Fonte: Autoria própria.

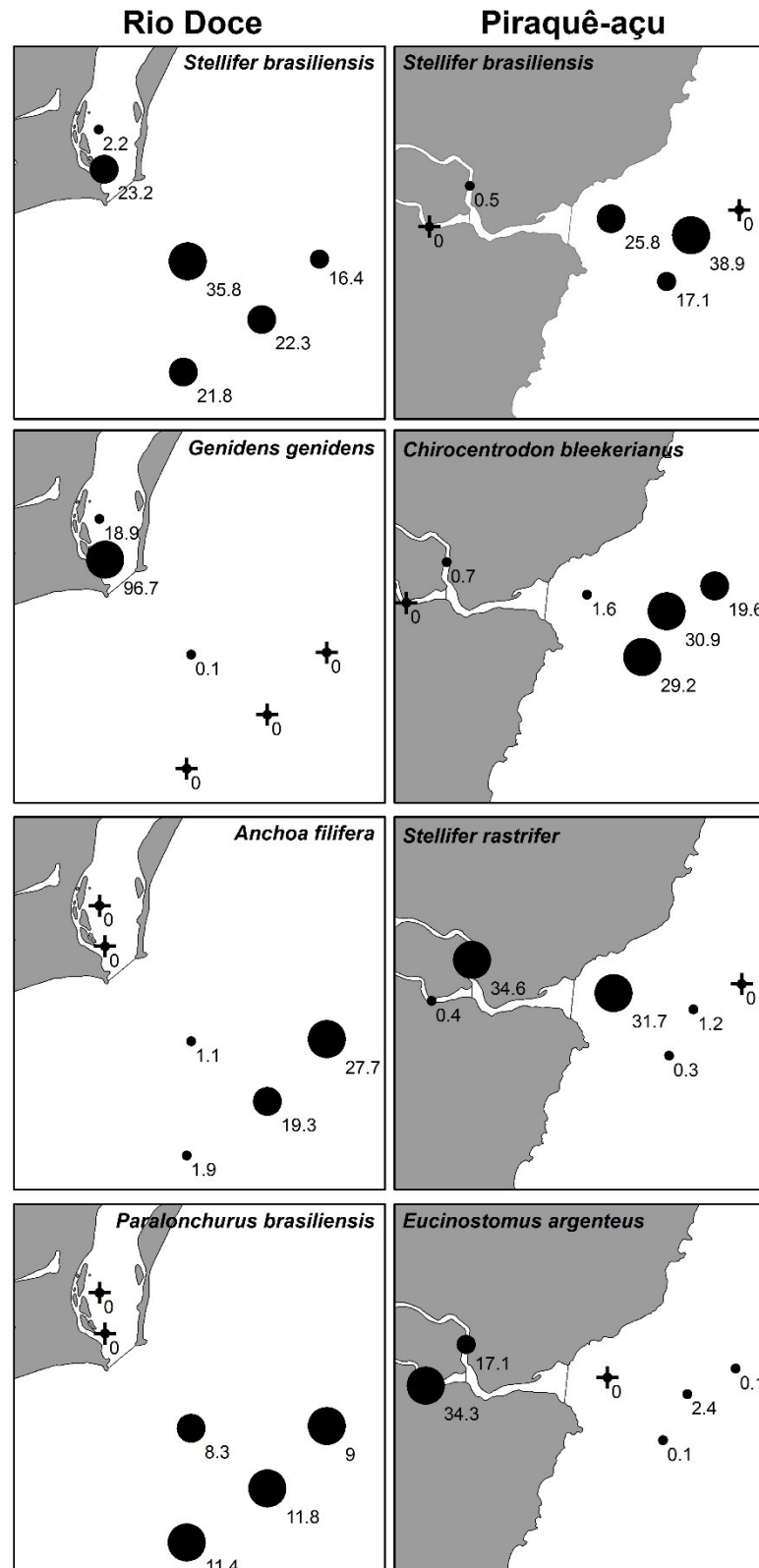
Três das quatro espécies mais importantes em número de indivíduos também diferiram entre os estuários (Figura 2). *S. brasiliensis* (20%), *G. genidens* (19%), *Anchoa filifera* (8,2%) e *Paralonchurus brasiliensis* (6,6%) dominaram numericamente as assembleias do rio Doce; *S. brasiliensis* (14,3%), *Chirocentrodon bleekermanus* (14,3%), *Stellifer rastrifer* (11,9%) e *Eucinostomus argenteus* (9,4%) dominaram a ictiofauna do Piraquê-açú. A distribuição espacial dos indivíduos destas espécies é apresentada na Figura 2. Tanto no rio Doce quanto no Piraquê-açú, as maiores capturas de *S. brasiliensis* ocorreram na região marinha. O mesmo foi observado para *A. filifera* e *P. brasiliensis* no rio Doce e para *C. bleekermanus* no Piraquê-açú. O número de indivíduos de *S. rastrifer* foi similar no estuário do Piraquê-açú e na zona marinha adjacente a ele e o de *G. genidens* foi notavelmente maior dentro do rio Doce (Figura 2). De forma similar, *S. brasiliensis*, *P. brasiliensis* e *C. gracilicirrus* dominaram as capturas realizadas na região marinha adjacente ao rio Doce nos meses posteriores ao rompimento da barragem de Fundão (CTA, 2017). O registro destas espécies em estudos independente usando diferentes metodologias, realizados antes (Pinheiro & Joyeux, 2007) e depois (CTA, 2017) do rompimento da barragem, indica que as mesmas são comuns na área de estudo e potencialmente úteis em monitoramentos de longo-prazo como indicadoras de mudanças na ecologia trófica dos organismos e das assembleias.

Figura 1: Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em biomassa nos estuários do rio Doce e Piraquê-açu e na região marinha adjacente (outubro 2018 a março 2019). Os valores representam a biomassa média (em g) por ponto de amostragem. Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em biomassa nos estuários região



Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Distribuição espacial das quatro espécies mais importantes em número de indivíduos nos estuários do rio Doce e Piraquê-açu e na região marinha adjacente (outubro 2018 a março 2019). Os valores representam o número médio de indivíduos por ponto de amostragem.

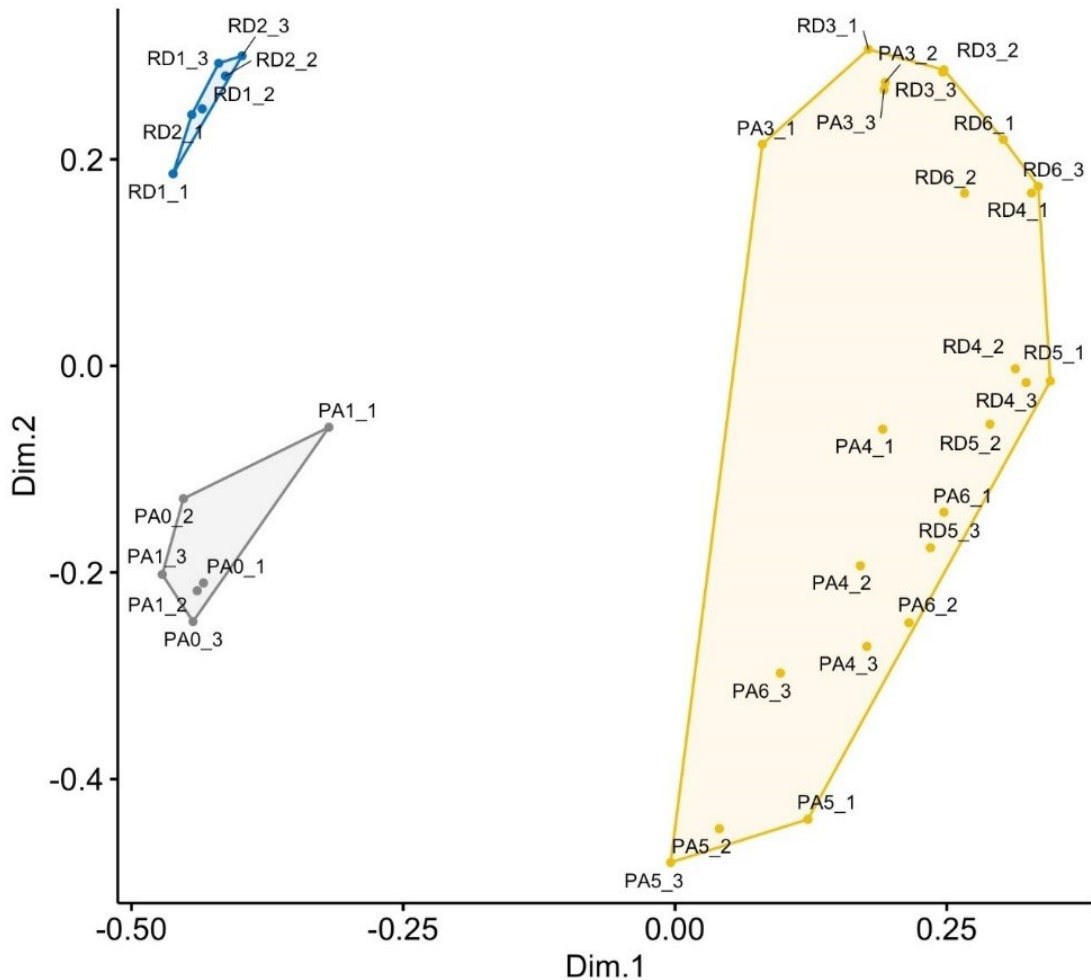


Fonte: Autoria própria.

Acerca da composição das assembleias, a análise de escalonamento multidimensional separou os pontos localizados nas porções internas dos estuários monitorados, RD1 e RD2 no rio Doce e PA0 e PA1 no Piraquê-açú, de acordo com cada estuário, ao contrário dos pontos monitorados nas porções externas destes (RD3-6 no rio Doce e PA3-6 no Piraquê-açú; Figura 3). Não houve sobreposição entre os pontos dos dois estuários no diagrama da ordenação, o que realça a grande dissimilaridade entre eles quanto à composição das assembleias. Tal distinção foi suportada pela análise K-means, que agrupou os pontos dentro do rio Doce e do Piraquê-açú em dois grupos distintos e bem separados. Por outro lado, os pontos localizados na região marinha adjacente aos estuários formaram um único grupo. Desta forma, observa-se que as porções externas aos estuários abrigam uma ictiofauna similar e típica da plataforma rasa do sudeste brasileiro quando comparada sua composição com a de outros locais, como os litorais do Rio de Janeiro (Rodrigues et al., 2007) e São Paulo (Rocha & Rossi-Wongtschowski, 1998).

A utilidade das espécies como organismos modelo para investigar impactos antropogênicos é frequentemente variável. Aquelas relativamente abundantes e comuns podem ter implicações significantes para o funcionamento dos ecossistemas, são relativamente fáceis de capturar e geralmente boas indicadoras de distúrbios na estrutura geral das assembleias em monitoramentos de longo-prazo (Gaston & Fuller, 2008; Espírito-Santo et al., 2009). Com base nesses critérios, os dados analisados até o presente momento indicam que *S. brasiliensis*, *G. genidens*, *G. barbuis*, *C. spixii*, *Pimelodus maculatus*, *P. brasiliensis*, *S. testudineus* e *E. argenteus* são potenciais candidatas para os estudos de dieta previstos para os próximos anos. Todas são abundantes nas áreas estudadas, frequentes nas amostras e podem fornecer um panorama geral sobre os impactos crônicos no fluxo de energia, fontes de nutrientes, relações predador-presa entre outros aspectos importantes para a compreensão dos distúrbios no funcionamento dos ecossistemas costeiros em questão.

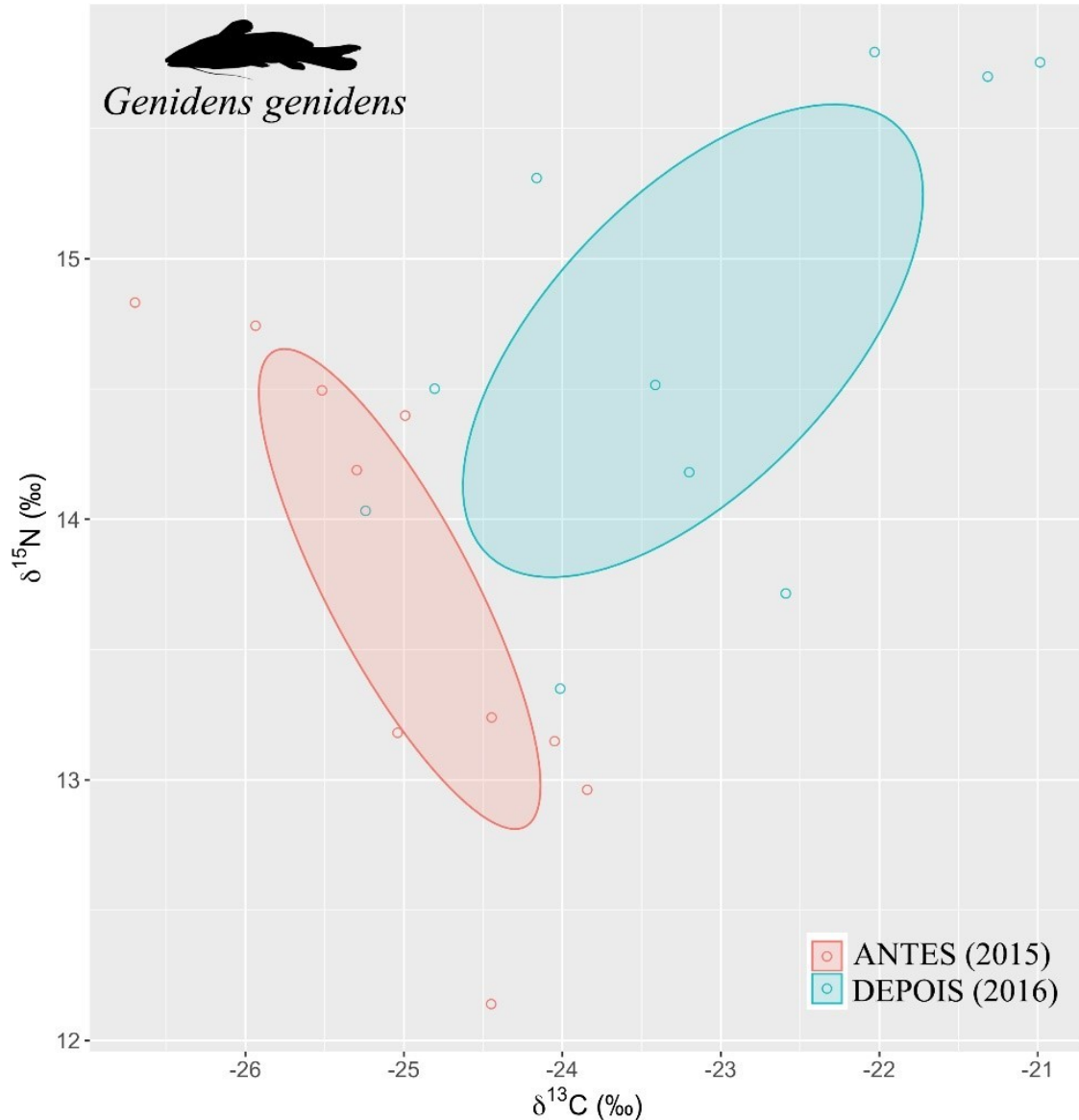
Figura 3: Escalonamento multidimensional (MDS) baseado na similaridade de Bray-Curtis calculada com os dados de biomassa (outubro 2018 a março 2019) das espécies transformados em  $\log(x + 1)$ . Legendas: PA, Piraquê-açú; RD, Rio Doce; 1–2, pontos localizados dentro dos estuários; 3–6, pontos localizados na plataforma interna; \_1–\_3, triplicatas por ponto. Os grupos foram definidos com base na análise K-means considerando a hipótese de três assembleias distintas compostas pelos dois estuários e pela zona costeira adjacente.



Fonte: Autoria própria.

Embora neste primeiro ano o objetivo central do subprojeto Ecologia trófica seja monitorar as assembleias de peixes com o intuito de selecionar espécies para estudos tróficos (e.g., isótopos estáveis) para o segundo ano, atualmente é possível indicar que houve variação significativa do nicho isotópico de espécies residentes no rio Doce, como ilustrado na Figura 4 através de dados do Laboratório de Ictiologia-UFES. Os nichos isotópicos foram estimados a partir de inferência Bayesiana utilizando o modelo SIBER que permite através das assinaturas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  estimar a amplitude e espaço isotópico ocupado por uma dada população ou comunidade.

Figura 4: Nicho isotópico da espécie residente *Genidens genidens* na foz do rio Doce antes e depois do rompimento da barragem de rejeitos. O nicho foi estimado através das assinaturas isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  de amostras de músculo epaxial (dados Laboratório de Ictiologia-UFES).



### 1.3 CONCLUSÃO

As amostragens realizadas até o momento providenciaram uma visão preliminar da composição das assembleias de peixes das áreas monitoradas. Estes dados contribuirão, particularmente, para o preenchimento de uma notável lacuna de conhecimento existente na costa do Brasil, a região do rio Doce. Porém, visto que a abundância das espécies geralmente varia ao longo do ano, somente após 12 meses de monitoramento será possível identificar, de forma adequada e segura, as espécies mais apropriadas para os estudos de dieta e ecologia trófica previstos para os próximos anos. Através do



monitoramento de longo prazo ( $\geq 5$  anos), será possível uma avaliação aprofundada de impactos crônicos nos peixes do rio Doce e adjacências, como previsto por este subprojeto. Estudos recentes acerca de impactos ambientais em larga-escala apontam que muitas vezes as populações de peixes não sinalizam efeitos agudos nas suas dinâmicas, no entanto estas frequentemente refletem efeitos crônicos e o monitoramento destes é fortemente recomendado para investigar mudanças de longo-prazo em espécies costeiras que sofreram diretamente com o impacto (Fodrie & Heck, 2011). Neste sentido, o estudo da ecologia trófica utilizando isótopos estáveis e conteúdos estomacais já se mostrou valioso em diagnosticar mudanças na dinâmica alimentar de espécies de interesse comercial afetadas por desastres ambientais (Tarnecki & Patterson, 2015). Por isso, é imperativa a continuação do monitoramento da ecologia trófica das comunidades de peixes nas áreas diretamente comprometidas pelos rejeitos bem como em regiões controle. Assim será possível determinar, ao longo do tempo, os impactos na cadeia alimentar e nos recursos pesqueiros da região.

Os resultados mostraram, ainda, que a ictiofauna do rio Doce possui uma composição singular se compara àquela do Piraquê-açú e de outros estuários brasileiros. A característica mais notável é a dominância da assembleia em termos de biomassa por Ariidae, principalmente devido a grande captura de *G. genidens* e *C. spixii*. A biomassa relativa de outras espécies, como *S. brasiliensis*, *P. brasiliensis*, *S. testudineus* e *E. argenteus*, foi relativamente alta nas duas áreas estudadas. Todas estas espécies são abundantes, frequentes nas amostras, fáceis de capturar, não migram, e podem ser encontradas tanto em áreas de referência como na área impactada pelo desastre em questão, possuindo, portanto, diversos pré-requisitos desejáveis para a seleção de espécies sentinelas (Silva Junior et al., 2013). As análises isotópicas da ictiofauna – previstas para o próximo ano – são esperadas para desempenhar um papel-chave na definição do *status* ecológico e ambiental da área impactada bem como das principais fontes de nutrientes responsáveis pela manutenção do ecossistema local. A continuidade do monitoramento e a inserção das análises de isótopos estáveis (AIE) programada para o segundo ano serão fundamentais para a compreensão das mudanças (ou não) que possam vir a ocorrer no nicho isotópico das espécies no rio Doce e ambientes adjacentes ao longo do tempo.

#### 1.4 REFERÊNCIAS

- CTA. (2017). Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES. CTA - Serviços em meio ambiente. 124 p.
- Espírito-Santo, H. M. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J., Mendonça, F. P. & Landeiro, V. L. (2009). Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, 54, 536-548.
- Fodrie, F. J., & Heck Jr, K. L. (2011). Response of coastal fishes to the Gulf of Mexico oil disaster. *PLoS One*, 6(7), e21609.
- Gaston, K. J. & Fuller, R. A. (2008). Commonness, population depletion and conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, 14–19.
- Pinheiro, H. T., & Joyeux, J. C. (2007). Pescarias multi-específicas na região da foz do Rio Doce, ES, Brasil: características, problemas e opções para um futuro sustentável. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 11(2), 15-23.
- Rocha, G. R., & Rossi-Wongtschowski, C. L. (1998). Demersal fish community on the inner shelf of Ubatuba, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46(2), 93-109.
- Rodrigues, C. E. L. S. O., Lavrado, H. P., Falcão, A. P. C., & Silva, S. H. G. (2007). Distribuição da ictiofauna capturada em arrastos de fundo na Baía de Guanabara – Rio de Janeiro, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 65, 199-210.
- Silva Junior, D. R., Carvalho, D. M. T. & Vianna, M. (2013). The catfish *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) as a potential sentinel species in Brazilian estuarine waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 29, 1297-1303.
- Tarnecki, J. H., & Patterson III, W. F. (2015). Changes in Red Snapper diet and trophic ecology following the Deepwater Horizon Oil Spill. *Marine and Coastal Fisheries*, 7(1), 135-147

## **2 SUBPROJETO: ICTIOFAUNA E CARCINOFAUNA DOS ESTUÁRIOS E ÁREAS MARINHAS**

### **2.1 OBJETIVO**

Descrever abundância, biomassa, frequência de ocorrência e tamanho dos indivíduos, além de calcular os descritores (riqueza de espécies, diversidade e equitatividade) da ictiofauna e carcinofauna dos estuários e áreas marinhas adjacentes dos rios Doce, Ipiranga, São Mateus e Caravelas.

### **2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este relatório descreve a ictiofauna e carcinofauna amostradas durante os seis primeiros meses do “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática na Área Ambiental I”. Peixes e crustáceos foram coletados entre outubro de 2018 e março de 2019 utilizando-se arrasto de fundo em triplicata em 06 pontos de cada estuário. Os estuários estudados representam um gradiente em relação ao impacto, permitindo o acompanhamento de suas comunidades ictiofaunísticas e carcinofaunísticas ao longo do tempo. Como há indícios de que a lama tenha chegado à Abrolhos (MMA/ICMBio, 2017), faz-se necessário acompanhar seus efeitos nos estuários possivelmente atingidos, mesmo que em menor grau. Visando maior integração dos resultados, as variações espaciais e temporais na ictiofauna do rio Piraquê-Açu serão também descritas no presente documento. Além da ictiofauna e carcinofauna, para fazer a caracterização ambiental do momento das coletas, antes de cada arrasto, próximas ao fundo, foram medidas variáveis ambientais como profundidade (m), temperatura (°C), salinidade (ppt), pH e turbidez (NTU).

#### **2.2.1 Variáveis ambientais**

A descrição das variáveis ambientais neste subprojeto tem por objetivo fornecer um panorama das condições ambientais no momento das coletas. Mesmo que as mensurações tenham sido feitas pontualmente (um único dia no mês), este panorama auxilia na descrição das comunidades ictiofaunísticas estuarinas, uma vez que tais variáveis influenciam sua composição e estrutura (Henriques et al., 2016), além do recrutamento (Martinho et al., 2009). A pluviosidade é outro fator que influencia os diversos aspectos na composição e estrutura da ictiofauna costeira, sendo responsável pelo aporte de nutrientes nestas áreas.

Neste estudo, as medições foram realizadas próximas ao fundo (estrato inferior da coluna d’água), através de uma sonda multiparâmetros Horiba modelo U-52G, acoplada a um sensor com cabo (Figura 5). Para melhor visualização, os dados das áreas interna (estuarina) e externa (marinha) são apresentados separadamente para a área interna e externa de cada rio.

Figura 5: Coleta de dados para mensuração das variáveis ambientais utilizando sonda multiparâmetros Horiba modelo U52-G em campo



Fonte: Autoria própria.

Os pontos localizados na área interna apresentaram profundidades menores do que os da área externa, com exceção do rio Caravelas, onde esse padrão se inverteu (A e 2B). Isto se deve ao fato de o canal principal do rio Caravelas ser constantemente dragado em razão do escoamento da produção de madeira que ocorre através do terminal marítimo de Caravelas, instalado na margem esquerda deste rio. Importante destacar a baixa profundidade constatada nas áreas internas dos rios Doce, São Mateus e Ipiranga ( $\leq 3$  metros), indicando um processo de assoreamento nas áreas de foz destes rios.

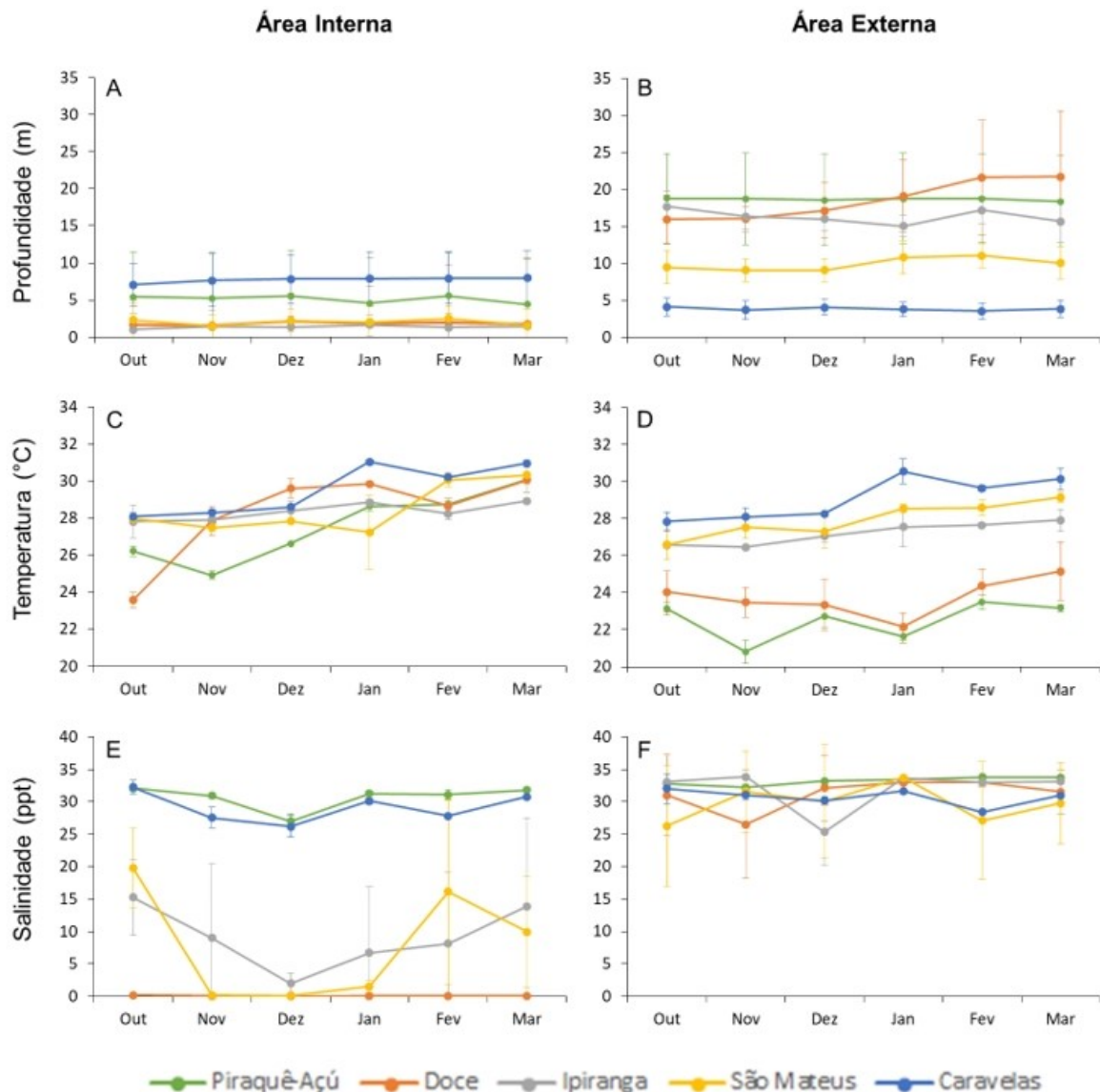
A temperatura da água apresentou aumento gradual durante o verão (dezembro a março) na área interna (Figura 6C). Entretanto, na área externa este padrão sazonal de elevação da temperatura da água não foi tão evidente (Figura 6D). As menores temperaturas registradas na área externa dos rios Piraquê-Açú e Doce podem ser explicadas pela profundidade mais elevada dos pontos de coleta na região marinha adjacente a estes rios.

Houve forte influência de água marinha na área interna dos rios Piraquê-Açú e Caravelas (salinidades  $\geq 25$  ppt), indicando elevado aporte de água salgada nestas regiões. Ao contrário, a água salgada não adentra a região da foz do rio Doce ( $\leq 1$  ppt) (Figura 6E). As áreas externas não apresentaram variação acentuada da salinidade (Figura 6F).

Os valores de pH registrados nas áreas internas variaram entre os rios amostrados. Destaque para a rio Ipiranga onde os valores na área interna foram extremamente ácidos ( $\text{pH} \leq 6$ ) (Figura 7A), indicando uma possível influência antrópica na região. Nas áreas externas, os valores de pH foram semelhantes em todas os pontos amostrados, quando comparados às áreas internas (Figura 7B). Os valores de oxigênio dissolvido variaram bastante entre os rios e meses amostrados, tanto nas áreas internas (Figura 7C) quanto externas (Figura 7D). A área interna do rio Ipiranga apresentou os menores valores de oxigênio dissolvido, principalmente durante o verão (dezembro a março), o que pode estar relacionado aos baixos valores de pH também registrados na área interna deste rio.

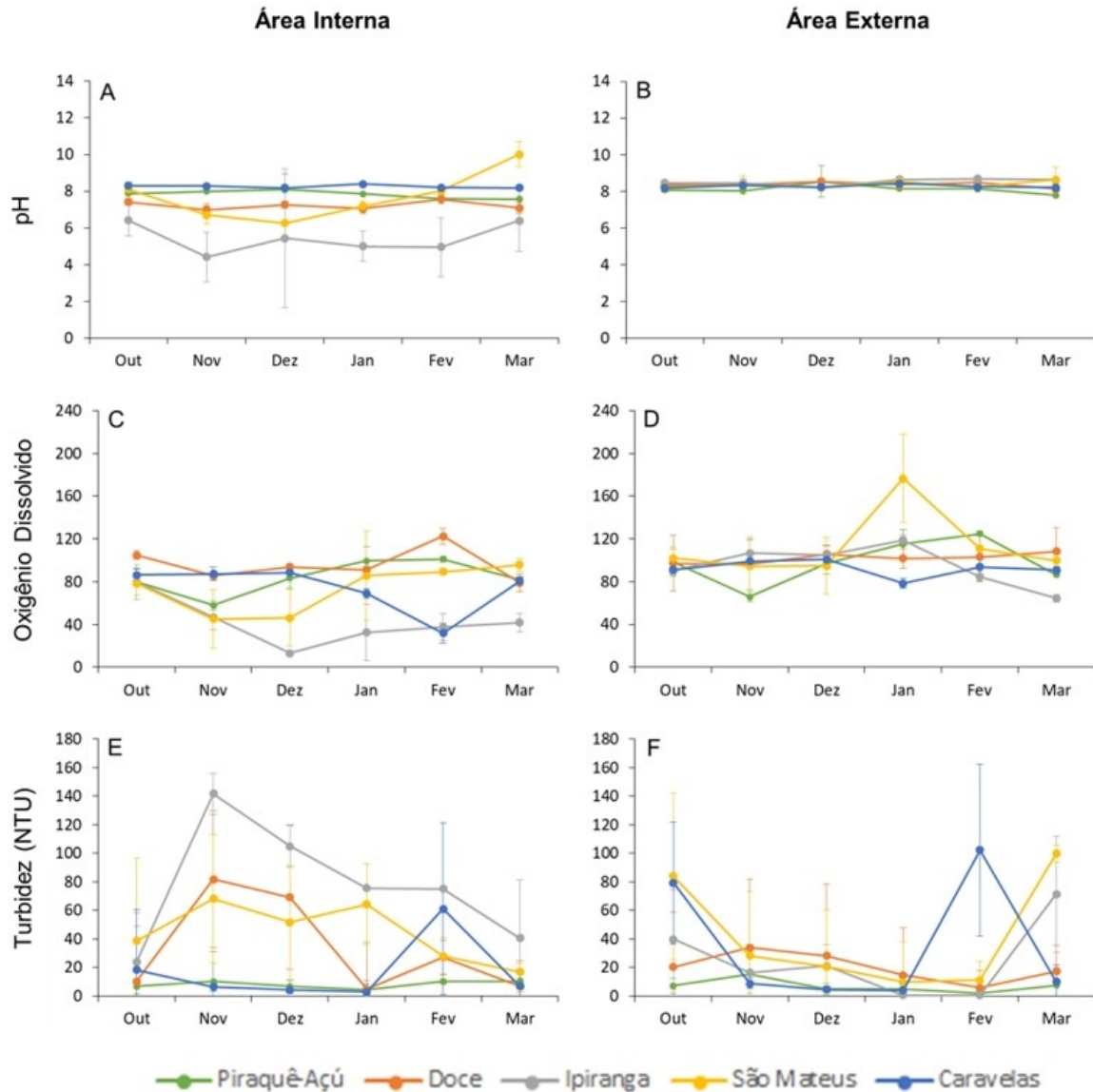
Os valores de turbidez nas áreas internas (Figura 7E) foram mais elevados do que nas externas (Figura 7F). Tal fato é esperado pois está relacionado ao maior aporte de matéria orgânica e sedimento provenientes de áreas marginais a montante dos rios. Notadamente nos meses de novembro e dezembro foram registrados os maiores valores de turbidez nas áreas internas dos rios Ipiranga, Doce e São Mateus, devido à maior pluviosidade observada neste período (Fonte: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-acumulado-mensal-e-anual>). Valores elevados de turbidez implicam em menor transparência, interferindo na passagem de luz através da água, podendo afetar a taxa fotossintética de produtores primários.

Figura 6: Médias (●) ± desvio padrão (†) dos valores mensais, da profundidade (m), temperatura (°C) e salinidade (ppt) nas áreas internas e externas dos estuários amostrados nos seis meses de monitoramento (outubro/2018 a março/2019). Cada estuário é representado por uma cor de linha



Fonte: Autoria própria.

Figura 7: Média (●) e desvio padrão (†) mensais, por estuário, do pH, oxigênio dissolvido, e turbidez nas áreas internas e externas dos estuários amostrados nos seis meses de monitoramento (outubro/2018 a março/2019). Cada estuário é representado por uma cor de linha.



Fonte: Autoria própria.

## 2.2.2 Ictiofauna marinha

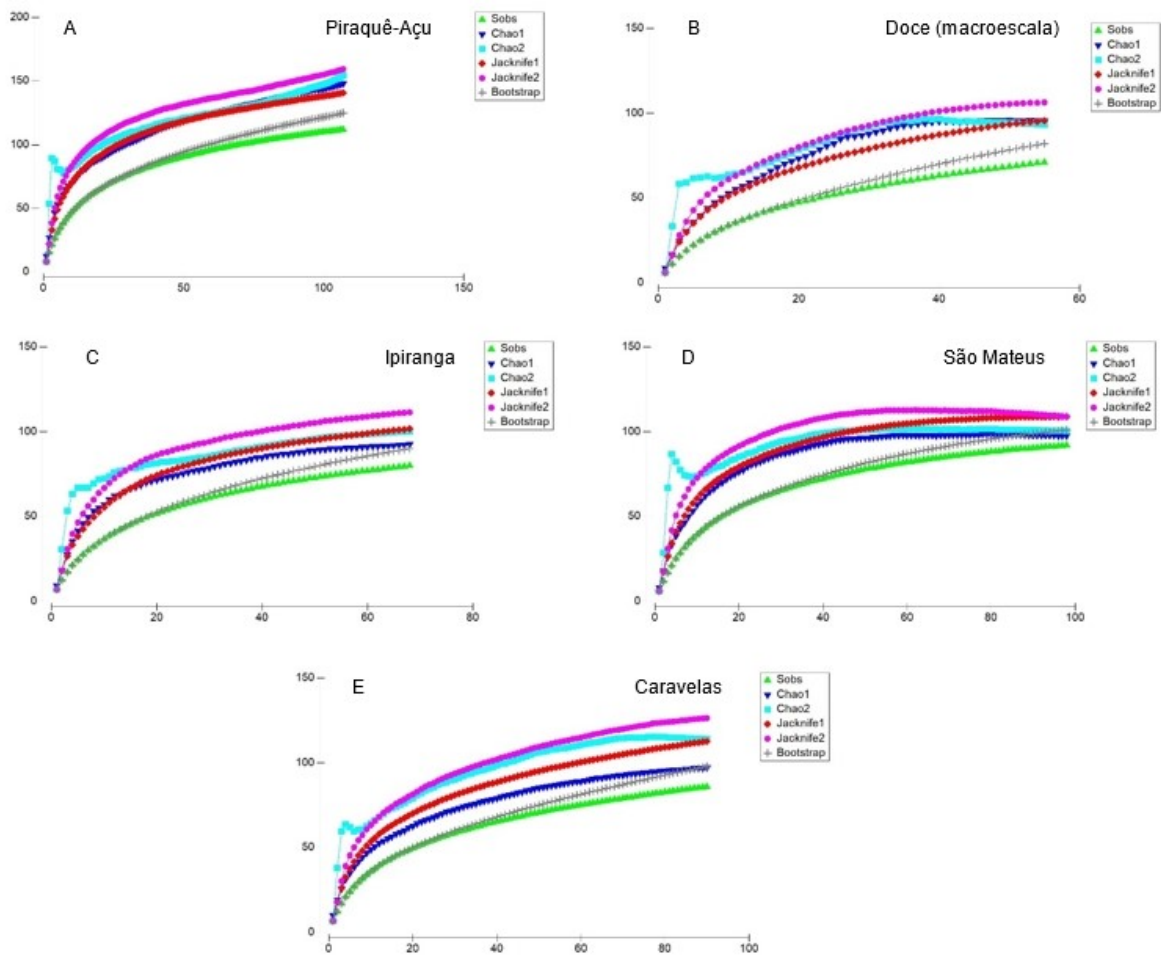
### 2.2.2.1 Composição

As amostragens no rio Doce (macroescala), Ipiranga, São Mateus e Caravelas resultaram na captura de 148 espécies distribuídas em 51 famílias. A abundância numérica absoluta foi de 22184 indivíduos, que constituíram uma biomassa total de 179797,52g.

De forma geral, as curvas de acumulação de espécies calculadas através dos estimadores de riqueza (espécies observadas – Sobs, Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2, e Bootstrap), ainda não atingiram a assíntota

nas áreas estudadas. Apenas Chao 2 (rio Doce), e Chao 2 e Jackknife 2 (São Mateus) estabilizaram, demonstrando que a riqueza total estimada ainda não foi amostrada nas áreas estudadas (Figura 8).

Figura 8: Curvas de acumulação de espécies calculadas (Chao 1, Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 e Bootstrap) e espécies observadas (Sobs) nas amostragens dos rios Piraquê-Açu, Doce (macroescala), Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

A Tabela 1 e Tabela 2 descrevem a composição da ictiofauna (frequência de ocorrência, abundâncias numéricas absoluta e relativa, e a biomassa absoluta e relativa por espécie).

No rio Doce (macroescala, Tabela 1) foram capturados 8832 indivíduos distribuídos em 28 famílias e 71 espécies, compondo 33420,13g de biomassa. Sciaenidae apresentou maior riqueza de espécies (13), enquanto as demais famílias apresentaram no máximo cinco (Engraulidae) ou quatro (Serranidae) espécies. Maior riqueza de espécies da família Sciaenidae também foi observada no estudo da CTA (2017). Uma análise sobre a ictiofauna do rio Doce com as amostragens feitas em pequena escala, bem como do Piraquê-Açu, encontra-se no subprojeto que visa cumprir a meta 2 (ecologia trófica).

Tabela 1: Frequência de ocorrência (FO%), abundância absoluta (n), abundância relativa (n%), biomassa absoluta ( B, em g), biomassa relativa (B%) e comprimento total – CT (média e amplitude em mm) dos peixes coletados no rio Doce (macroescala) entre os meses de outubro/2018 e março/2019 para o monitoramento da ictiofauna marinha

Família	Espécie	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT médio (mm)
Acanthuridae	Acanthurus chirurgus	1,8	1	0,0	1,76	0,0	44
Achiridae	Gymnachirus nudus	1,8	1	0,0	1,54	0,0	56
	Trinectes microphthalmus	1,8	1	0,0	0,7	0,0	36
	Trinectes paulistanus	10,9	12	0,1	202,25	0,6	85 (80 - 119)
Antennariidae	Antennarius scaber	1,8	1	0,0	0,82	0,0	40
	Antennarius striatus	3,6	2	0,0	1,47	0,0	37,5 (26 - 35)
Ariidae	Aspistor luniscutis	1,8	1	0,0	3,26	0,0	78
	Cathorops spixii	16,4	39	0,4	1792,06	5,4	160 (44 - 275)
	Notarius grandicassis	1,8	2	0,0	98,24	0,3	111 (167 - 192)
Batrachoididae	Porichthys porosissimus	3,6	3	0,0	8,32	0,0	72 (67 - 74)
Bothidae	Bothus ocellatus	1,8	1	0,0	5,99	0,0	81
	Bothus robinsi	1,8	1	0,0	2,1	0,0	54
Carangidae	Chloroscombrus chrysurus	1,8	1	0,0	0,67	0,0	40
Chaetodontidae	Chaetodon sedentarius	5,5	4	0,0	3,82	0,0	34,5 (32 - 38)
Clupeidae	Opisthonema oglinum	3,6	3	0,0	31,96	0,1	110 (109 - 110)
	Sardinella brasiliensis	1,8	1	0,0	13,32	0,0	110
Cynoglossidae	Symphurus diomedeanus	1,8	1	0,0	3,63	0,0	75
	Symphurus plagusia	1,8	5	0,1	53,07	0,2	110
	Symphurus tessellatus	25,5	68	0,8	521,29	1,6	95 (33 - 200)
Dactylopteridae	Dactylopterus volitans	3,6	2	0,0	4,97	0,0	57 (55 - 59)
Engraulidae	Anchoa filifera	3,6	173	2,0	558,78	1,7	69 (71 - 89)
	Anchoa januaria	1,8	4	0,0	10,57	0,0	66,5 (56 - 100)
	Anchoa lyolepis	3,6	268	3,0	433,84	1,3	68 (63 - 84)
	Anchoa spinifer	10,9	27	0,3	105,56	0,3	83 (58 - 125)
	Anchovia clupeoides	1,8	1	0,0	30,64	0,1	155
	Anchoviella brevisrostris	1,8	1	0,0	9,05	0,0	110
	Anchoviella lepidentostole	3,6	2	0,0	14,13	0,0	111,5 (67 - 113)
	Engraulis anchoita	3,6	1103	12,5	1487,88	4,5	70 (60 - 84)
	Lycengraulis grossidens	9,1	24	0,3	439,39	1,3	132,5(83 - 195)
Gobiidae	Parrella macropteryx	3,6	2	0,0	3,11	0,0	56 (40 - 72)
Haemulidae	Conodon nobilis	16,4	19	0,2	1614,64	4,8	87 (44 - 272)
Hemirhamphidae	Hyporhamphus roberti	1,8	1	0,0	14,37	0,0	185
Mullidae	Pseudupeneus maculatus	3,6	3	0,0	5,42	0,0	133 (60 - 65)
	Upeneus parvus	5,5	7	0,1	145,79	0,4	65 (62 - 167)
Muraenidae	Gymnothorax ocellatus	1,8	2	0,0	78,17	0,2	329,5 (281 - 378)
Ophiidae	Genypterus brasiliensis	3,6	7	0,1	85,17	0,3	136 (124 - 181)
Paralichthyidae	Citharichthys macrops	14,5	24	0,3	110,63	0,3	52,5 (34 - 145)
	Etropus crossotus	5,5	4	0,0	46,2	0,1	47 (24 - 126)



Família	Espécie	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT médio (mm)
	<i>Syacium micrurum</i>	7,3	32	0,4	107,88	0,3	61,5 (28 - 116)
	<i>Syacium papillosum</i>	56,4	240	2,7	3445,24	10,3	77,5 (28 - 221)
Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i>	1,8	1	0,0	8,35	0,0	102
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	1,8	1	0,0	7,18	0,0	77
	<i>Priacanthus cruentatus</i>	1,8	1	0,0	2,42	0,0	52
Pristigasteridae	<i>Chirocentrodon bleekermanus</i>	23,6	4331	49,0	9924,408	29,7	71 (50 - 95)
	<i>Odontognathus mucronatus</i>	10,9	14	0,2	82,31	0,2	114,5 (150 - 160)
	<i>Pellona harroweri</i>	16,4	82	0,9	206,31	0,6	64 (30 - 111)
Sciaenidae	<i>Ctenosciaena gracilicirrus</i>	21,8	1122	12,7	2445,7	7,3	90 (75 - 109)
	<i>Cynoscion jamaicensis</i>	5,5	13	0,1	121,01	0,4	93 (70 - 150)
	<i>Isopisthus parvipinnis</i>	12,7	117	1,3	786,66	2,4	93 (49 - 147)
	<i>Larimus breviceps</i>	12,7	55	0,6	713,015	2,1	110 (50 - 130)
	<i>Macrodon ancylodon</i>	3,6	2	0,0	2,91	0,0	53,5 (31 - 76)
	<i>Macrodon atricauda</i>	3,6	2	0,0	84,01	0,3	179 (178 - 180)
	<i>Menticirrus americanus</i>	3,6	2	0,0	132,47	0,4	101 (54 - 148)
	<i>Micropogonias furnieri</i>	1,8	1	0,0	897,37	2,7	440
	<i>Nebris microps</i>	12,7	16	0,2	107,05	0,3	54 (35 - 150)
	<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	32,7	189	2,1	1936	5,8	108,5 (24 - 160)
	<i>Stellifer brasiliensis</i>	32,7	441	5,0	2372,98	7,1	82 (28 - 114)
	<i>Stellifer rastrifer</i>	14,5	54	0,6	122,77	0,4	56 (24 - 143)
	<i>Stellifer sp.</i>	1,8	1	0,0	3,03	0,0	70
	<i>Stellifer stellifer</i>	10,9	26	0,3	31,31	0,1	79 (26 - 79)
Scorpaenidae	<i>Scorpaena brasiliensis</i>	14,5	21	0,2	57,14	0,2	54 (35 - 70)
Serranidae	<i>Diplectrum formosum</i>	12,7	10	0,1	146,48	0,4	97,5 (70 - 155)
	<i>Diplectrum radiale</i>	12,7	8	0,1	86,83	0,3	104,5 (49 - 132)
	<i>Dules auriga</i>	1,8	1	0,0	2,54	0,0	57
	<i>Serranus atrobranchus</i>	5,5	4	0,0	25,37	0,1	60 (60 - 94)
Synodontidae	<i>Saurida brasiliensis</i>	21,8	116	1,3	631,19	1,9	98 (63 - 102)
	<i>Synodus foetens</i>	30,9	52	0,6	229,67	0,7	55,5 (35 - 250)
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides dorsalis</i>	1,8	1	0,0	1,94	0,0	45
	<i>Sphoeroides spengleri</i>	5,5	5	0,1	10,36	0,0	50 (45 - 63)
	<i>Sphoeroides testudineus</i>	1,8	1	0,0	3,77	0,0	61
Triglidae	<i>Prionotus punctatus</i>	27,3	48	0,5	739,88	2,2	79 (16 - 280)
<b>28 famílias</b>	<b>71 espécies</b>		<b>8832</b>		<b>33420,133</b>		

Fonte: Autoria própria

Foram coletados 6123 peixes no rio **Ipiranga** (Tabela 2), e estes estavam distribuídos em 37 famílias e 81 espécies, constituindo 50033,96g de biomassa. As famílias com maior riqueza foram Sciaenidae, apresentando 12 espécies, além de Engraulidae (10), Ariidae e Carangidae (5 cada) e Paralichthyidae (4).

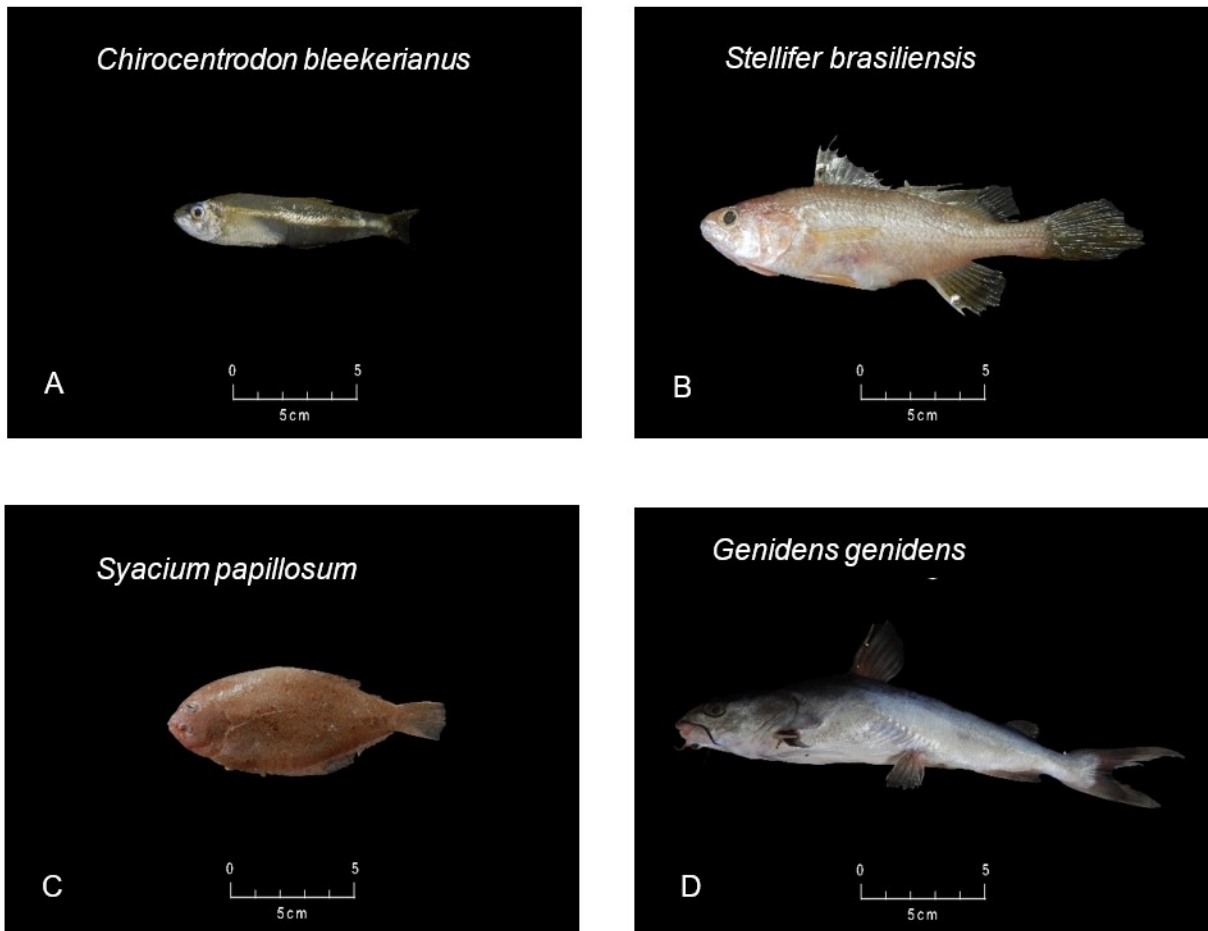
No rio **São Mateus** (Tabela 2), foram capturados 4158 indivíduos distribuídos em 92 espécies e 35 famílias, cuja maior riqueza foi apresentada por Sciaenidae (16 espécies), seguida por Engraulidae (8), Paralichthyidae (6), além de Ariidae e Gerreidae (5 cada). A biomassa totalizou 63853,56g

No estuário do rio **Caravelas** (Tabela 2), foram identificadas 85 espécies de peixes que constituíram 29 famílias, somando 3071 indivíduos e constituindo 32759,87g de biomassa. Neste estuário, Sciaenidae foi a família com maior riqueza (13 espécies), seguida de Engraulidae (9), Paralichthyidae (7), e Ariidae e Tetraodontidae (5 espécies cada). O rio Caravelas abriga a Reserva Extrativista de Cassurubá e representa importante fonte de recursos pesqueiros (Giglio & Freitas, 2013). Por conta das constantes operações de dragagem visando a navegação de embarcações de grande porte para escoamento da produção de madeira, a região sofre forte pressão antrópica, o que torna essencial o monitoramento de sua ictiofauna.

No rio **Doce** (Tabela 2), a abundância numérica e a biomassa da ictiofauna foram amplamente dominadas por *Chirocentron bleekermanus* (Figura 9A) que representou 49% da abundância numérica e 29,7% da biomassa das capturas. Outras espécies também foram abundantes, como *Ctenosciaena gracilicirrhus* (12,7%), *Engraulis anchoita* (12,5%) e *Stellifer brasiliensis* (5% - Figura 9B). Por outro lado, além de *C. bleekermanus*, a biomassa desta área foi dominada por *Syacium papillosum* (10,3% da biomassa total – Figura 9C), *Ctenosciaena gracilicirrhus* (7,3%) e *Stellifer brasiliensis* (7,1%). São escassos os estudos sobre a ictiofauna na área da foz do rio Doce, e estudos anteriores ao impacto do rompimento da barragem de Fundão inexistem. Entretanto, em estudo relatado por CTA (2017), iniciado 05 meses após o rompimento, onde além de arrasto de fundo também foram empregadas redes de espera, *C. bleekermanus*, *Ctenosciaena gracilicirrhus* e *Stellifer brasiliensis* também dominaram a ictiofauna.

A exemplo do rio Doce, as assembleias ictiofaunísticas dos rios São Mateus e Ipiranga também foram dominadas por *C. bleekermanus*, que represento 39,7% da abundância total do rio Ipiranga e 21,2% do São Mateus. A espécie *S. brasiliensis* foi a segunda mais abundante nos estuários Ipiranga e São Mateus, e exerceu dominância numérica no estuário Caravelas (18,3% do total). Além disso, esta espécie apresentou alta frequência de ocorrência, estando presente em pelo menos 20% dos arrastos com captura nos cinco estuários amostrados. Além de *C. bleekermanus* (21,6%), o bagre *Genidens genidens* (9,1% - Figura 9D) dominou a biomassa do estuário do Ipiranga. Por outro lado, a raia-lixia *Hypanus guattatus* (antiga *Dasyatis guttata*), importante componente da ictiofauna acompanhante da pesca artesanal, dominou a biomassa tanto do São Mateus (14,1%) quanto do Caravelas (11,8%). Ainda, em ambas as áreas, *S. brasiliensis* foi a segunda espécie em biomassa (São Mateus 9,6% e Caravelas 7,7%). Destacaram-se ainda *Odontognathus mucronatus* (8,1% da abundância do Ipiranga), *Stellifer rastrifer* (7,7% da abundância de Caravelas) e *Pseudauchenipterus affinis* (7,5% da captura do São Mateus).

Figura 9: Peixes capturados nas amostragens de ictiofauna durante o monitoramento dos estuários do Doce (macroescala), Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2: Frequência de ocorrência (FO%), abundância absoluta (n), abundância relativa (n%), biomassa absoluta ( B, em g), biomassa relativa (B%) e comprimento total – CT (média e amplitude em mm) dos peixes coletados nos rios Caravelas, Ipiranga e São Mateus entre os meses de outubro/2018 e março/2019 para o monitoramento da ictiofauna marinha.

Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus					
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)
Acanthuridae	Acanthurus chirurgus							1,5	1	0	16,7	0	92						
Achiridae	Achirus declivis													5,1	14	0,3	146,9	0,2	85,8 (67-101)
	Achirus lineatus	3,3	8	0,3	39,5	0,1	54,4 (39-69)							33,7	252	6,1	2880,8	4,5	83 (18-130)
	Catathyridium garmani	1,1	2	0,1	65	0,2	116 (105-127)												
	Trinectes microphthalmus	5,6	43	1,4	128,6	0,4	52,1 (41-72)	4,4	5	0,1	7,8	0	42,8 (35-48)	14,3	65	1,6	70,6	0,1	38 (26-51)
	Trinectes paulistanus	10	10	0,3	353,9	1,1	105,6 (52-153)	13,2	11	0,2	419,3	0,8	112,6 (40-145)	9,2	21	0,5	309	0,5	86,5 (25-182)
	Trinectes sp.	1,1	1	0	10	0	75												
	Trinectes sp2.	1,1	1	0	6	0	65												
Antennariidae	Antennarius striatus							1,5	1	0	13,1	0	76						
Ariidae	Aspistor luniscutis	7,8	38	1,2	2076,6	6,3	260 (40-420)	4,4	13	0,2	345,8	0,7	85,8 (67-295)	3,1	15	0,4	323	0,5	134,9 (110-185)
	Aspistor quadriscutis	1,1	2	0,1	275	0,8	247 (245-249)												
	Bagre Bagre	14,4	65	2,1	153,1	0,5	71,5 (7-396)	4,4	5	0,1	10,4	0	67,4 (65-69)	2	2	0	14,6	0	94,5 (64-125)
	Bagre marinus	4,4	5	0,2	58,1	0,2	117,9 (100-147)	2,9	2	0	64,6	0,1	120,5 (41-200)	2	2	0	8,5	0	83,5 (70-97)
	Cathorops spixii	5,6	32	1	181,1	0,6	78,7 (40-202)	2,9	3	0	149,3	0,3	174,7 (154-210)	17,3	213	5,1	4011,6	6,3	120,4 (40-337)
	Genidens genidens							8,8	84	1,4	4533	9,1	184,4 (72-339)	12,2	92	2,2	1929,7	3	113,5 (48-318)
	Notarius grandicassis													2	2	0	1710,3	2,7	441 (379-503)
Auchenipteridae	Pseudoauchenipterus affinis													5,1	310	7,5	2915	4,6	97,9 (74-135)
Batrachoididae	Porichthys porosissimus							5,9	7	0,1	15,8	0	63,4 (55-75)						
Bothidae	Bothus robinsi	1,1	2	0,1	89	0,3	94,5 (94-95)	7,4	7	0,1	37,1	0,1	73,4 (61-97)	5,1	7	0,2	67,4	0,1	90,6 (84-103)
Carangidae	Caranx latus	5,6	13	0,4	42,8	0,1	48,2 (4-110)							2	2	0	18,1	0	91,5 (91-92)
	Chloroscombrus chrysurus	10	15	0,5	236,1	0,7	111,6 (27-140)	7,4	7	0,1	37,1	0,1	73,4 (61-97)	13,3	64	1,5	1029,3	1,6	119,8 (75-180)
	Hemicaranx amblyrhynchus							1,5	1	0	1,3	0	48 (48-48)	1	1	0	4,3	0	70
	Oligoplites saliens	1,1	1	0	13	0	121	2,9	3	0	93,2	0,2	164,3 (146-180)						

Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus					
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)
	<i>Selene setapinnis</i>							1,5	1	0	0,6	0	35						
	<i>Selene vomer</i>	1,1	1	0	51	0,2	150	2,9	2	0	6,1	0	56,5 (51-62)	1	1	0	2,2	0	52
Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>							1,5	1	0	139,7	0,3	245	3,1	2	0	161,8	0,3	180 (114-246)
	<i>Centropomus undecimalis</i>													2	2	0	89,6	0,1	181,5 (150-213)
Characidae	<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>							1,5	2	0	0,6	0	32 (31-33)						
	<i>Pygocentrus nattereri</i>													1	1	0	0,6	0	36
Cichlidae	<i>Geophagus brasiliensis</i>							8,8	16	0,3	79,5	0,2	61,625 (33-100)						
Clupeidae	<i>Harengula clupeola</i>	1,1	3	0,1	35,7	0,1	111,3 (104-123)												
	<i>Lile piquitinga</i>	1,1	1	0	0,4	0	60												
	<i>Opisthonema oglinum</i>	1,1	1	0	36,8	0,1	161							5,1	11	0,3	215,3	0,3	119 (14-149)
	<i>Platanichthys platana</i>													3,1	10	0,2	17,7	0	62,8 (44-87)
	<i>Sardinella brasiliensis</i>													2	6	0,1	14	0	76,3 (60-87)
Cynoglossidae	<i>Symphurus jenynsi</i>	2,2	5	0,2	47	0,1	133,4 (110-165)												
	<i>Symphurus plagusia</i>	28,9	79	3,1	998,4	3	106,9 (16-190)												
	<i>Symphurus tessellatus</i>	23,3	116	3,8	1130,6	3,5	100,2 (5-250)	25	41	0,7	470,3	0,9	110,7 (32-185)	10,2	53	1,3	851,9	1,3	128,4 (36-197)
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>							1,5	1	0	5,3	0	74						
Dactyloscopidae	<i>Dactyloscopus crossotus</i>	1,1	1	0	1,6	0	75												
Dasyatidae	<i>Hypanus guttatus</i>	8,9	8	0,3	3875,2	11,8	647,5 (57-1145)	5,9	8	0,1	3332	6,7	818 (620-1004)	6,1	6	0,1	8978,7	14,1	867,2 (679-1184)
Diodontidae	<i>Chilomycterus spinosus</i>	1,1	1	0	2,2	0	35												
Eleotridae	<i>Butis koilomatodon</i>	1,1	1	0	2,4	0	60												
	<i>Eleotris pisonis</i>	1,1	1	0	6,6	0	84												
Engraulidae	<i>Anchoa filifera</i>							13,2	388	6,3	1904,5	3,8	85,2 (65-99)						
	<i>Anchoa januaria</i>	3,3	10	0,3	48,1	0,1	91,1 (39-117)	2,9	4	0,1	48,3	0,1	116,5 (109-122)	12,2	72	1,7	175,4	0,3	62,3 (32-147)
	<i>Anchoa lyolepis</i>							2,9	2	0	6,6	0	74 (65-83)						
	<i>Anchoa marinii</i>	1,1	12	0,4	7,6	0	42,3 (31-55)												
	<i>Anchoa spinifer</i>	2,2	5	0,2	19,6	0,1	313,7 (45-456)	5,9	32	0,5	154,7	0,3	81,2 (44-138)	1	1	0	4,5	0	88

Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus					
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)
	Anchoa tricolor	1,1	8	0,3	13,2	0	60,8 (47-76)	2,9	13	0,2	67,2	0,1	88,9 (74-96)	1	2	0	1,4	0	49 (48-50)
	Anchovia clupeioides	6,7	24	0,8	135,4	0,4	97,5 (65-144)	2,9	3	0	24,8	0	105,7 (96-117)	4,1	9	0,2	16,8	0	51,1 (34-130)
	Anchoviella brevirostris	1,1	1	0	2	0	63	1,5	1	0	5,9	0	88	1	1	0	5,2	0	95
	Anchoviella lepidentostole	3,3	17	0,6	40,3	0,1	68,9 (52-85)	5,9	6	0,1	41,2	0,1	93 (85-106)	9,2	195	4,7	109,4	0,2	43,6 (32-113)
	Cetengraulis edentulus	4,4	5	0,2	80,4	0,2	111,375 (80-135)							4,1	27	0,6	593,8	0,9	138,5 (112-160)
	Engraulis anchoita							2,9	8	0,1	46,9	0,1	96,75 (93-102)						
	Lycengraulis grossidens	23,3	131	4,2	925	2,8	85,1 (20-195)	7,4	27	0,4	487,3	1	127,4 (111-175)	6,1	55	1,3	72,3	0,1	52,6 (31-119)
Ephippidae	Chaetodipterus faber	16,7	26	0,8	295	0,9	49,3 (17-105)	2,9	2	0	9,3	0	58 (50-66)	4,1	3	0,1	41,7	0,1	58 (33-102)
Gerreidae	Diapterus auratus													11,2	12	0,3	224,7	0,4	108,3 (65-154)
	Diapterus rhombeus	15,6	82	2,7	636,6	1,9	69 (25-121)							14,3	51	1,2	950,1	1,5	101,9 (33-155)
	Eucinostomus argenteus	10	27	0,9	198,4	0,6	79,6 (38-148)							6,1	7	0,2	48	0,1	89,1 (49-151)
	Eucinostomus gula	6,7	63	2	381,2	1,2	74,6 (30-105)												
	Eucinostomus melanopterus													2	2	0	78,4	0,1	148,5 (123-174)
	Eugerres brasiliensis	2,2	2	0,1	27,4	0,1	96,5 (76-117)							4,1	5	0,1	431,2	0,7	191,8 (162-242)
Gobiidae	Ctenogobius stigmaticus	2,2	5	0,2	1,7	0	39,9 (38-44)												
	Gobionellus oceanicus							7,4	7	0,1	0,9	0	30,6 (25-40)	4,1	6	0,1	2,5	0	40,8 (35-53)
	Microgobius meeki	2,2	3	0,1	2	0	49,3 (43-58)	1,5	1	0	0,2	0	30						
Gymnuridae	Gymnura micrura													1	1	0	2000,3	3,1	621 (621-621)
Haemulidae	Conodon nobilis	17,8	97	3,1	675,6	2,1	75,1 (15-154)	29,4	102	1,7	4310,5	8,6	117,1 (25-260)	24,5	90	2,2	1744,6	2,7	94,5 (31-213)
	Genyatremus luteus	17,8	148	4,8	2144,4	6,5	68,2 (21-213)							5,1	4	0,1	20,2	0	58,5 (36-97)
	Haemulon aurolineatum													2	4	0,1	57,4	0,1	102,75 (99-107)
	Haemulopsis corvinaeformis	25,6	96	3,1	1708,1	5,2	94,4 (31-188)	1,5	2	0	37,3	0,1	110 (109-111)	20,4	70	1,7	840,2	1,3	90,7 (33-147)
	Pomadasyus ramosus							1,5	7	0,1	28,3	0,1	67,1 (48-80)	3,1	3	0,1	814,3	1,3	286,3 (248-320)
Labrisomidae	Paraclinus nigripinnis													1	1	0	0,6	0	37

Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus						
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	
Lutjanidae	Lutjanus alexandrei	1,1	2	0,1	300	0,9	186 (172-200)													
	Lutjanus jocu													3,1	6	0,1	370,1	0,6	148,7 (91-196)	
	Lutjanus synagris	2,2	2	0,1	2,6	0	37 (18-56)	2,9	2	0	15,8	0	71,5 (44-99)	4,1	47	1,1	1268,7	2	121,2 (95-147)	
Monacanthidae	Stephanolepis hispidus	1,1	1	0	4,9	0	60	1,5	1	0	0,1	0	15							
Mullidae	Upeneus parvus							1,5	2	0	32,8	0,1	112 (105-119)	1	1	0	24,9	0	129	
Muraenidae	Gastromyzon ocellatus	1,1	1	0	160	0,5	450	7,4	5	0,1	207,4	0,4	285,6 (166-403)							
Narcinidae	Narcine bancroftii	1,1	2	0,1	828	2,5	316 (312-320)													
Ogcocephalidae	Ogcocephalus vespertilio							4,4	3	0	35,9	0,1	82,7 (59-123)	2	2	0	10,5	0	71 (66-76)	
Ophichthidae	Ophichthus gomesii	1,1	1	0	15,7	0	297	1,5	1	0	57,2	0,1	382							
Ostraciidae	Acanthostracion quadricornis													3,1	2	0	9,3	0	42,5 (35-50)	
Paralichthyidae	Citharichthys arenaceus	1,1	1	0	2,6	0	70							4,1	3	0,1	31	0	89 (37-148)	
	Citharichthys macrops	2,2	2	0,1	2	0	50,5 (46-55)	11,8	13	0,2	56,5	0,1	73,5 (52-96)	17,3	19	0,5	105,1	0,2	78,2 (30-111)	
	Citharichthys spilopterus	1,1	1	0	17,3	0,1	120	1,5	1	0	2,9	0	69	2	2	0	22,5	0	108 (105-111)	
	Etropus crossotus	20	30	1	282,1	0,9	94,1 (53-129)	8,8	15	0,2	85,7	0,2	78,7 (42-104)	13,3	22	0,5	184,7	0,3	92,5 (65-106)	
	Paralichthys brasiliensis													1	1	0	223,3	0,3	269	
	Paralichthys orbignyanus	1,1	3	0,1	27,8	0,1	97,3 (71-129)													
	Syacium micrurum	1,1	1	0	4,5	0	81													
	Syacium papillosum	2,2	3	2,6	16	0	75,25 (37-96)	19,1	44	0,7	577	1,2	103,6 (58-160)	21,4	49	1,2	1463,7	2,3	135,6 (90-215)	
Polynemidae	Polydactylus virginicus	41,1	238	7,7	1211	3,7	56,8 (28-181)	8,8	23	0,4	342,8	0,7	115,8 (54-140)	7,1	24	0,6	277,4	0,4	94,9 (47-188)	
Priacanthidae	Priacanthus cruentatus							2,9	4	0,1	43,3	0,1	87,5 (79-93)	6,1	10	0,2	104,7	0,2	88,4 (67-98)	
Pristigasteridae	Chirocentron bleekermanus	16,7	72	2,3	344	1,1	89,3 (9-115)	36,8	2450	39,7	10803,3	21,6	71,4 (24-111)	25,5	878	21,1	2073,6	3,2	69,3 (31-111)	
	Odontognathus mucronatus	13,3	49	1,6	516,2	1,6	131,4 (50-172)	39,7	499	8,1	1490,7	3	82,4 (40-173)	13,3	154	3,7	642,1	1	92 (33-165)	
	Pellona harroweri	10	30	1	365	1,1	102,7 (81-138)	42,6	384	6,2	2686,6	5,4	79,7 (20-160)	6,1	40	1	139	0,2	60,4 (29-130)	
Prochilodontidae	Prochilodus lineatus													1	1	0	6,5	0	84	
Scaridae	Nicholsina usta							8,8	10	0,2	36,4	0,1	59,5 (35-100)	3,1	7	0,2	109,1	0,2	95,1 (72-144)	

Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus					
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)
Sciaenidae	Bairdiella ronchus													2	16	0,4	80,9	0,1	56,1 (28-154)
	Ctenosciaena gracilicirrhus	3,3	11	0,4	134,8	0,4	88,1 (42-126)	17,6	232	3,8	4139,4	8,3	102,5 (52-163)	15,3	66	1,6	1186,6	1,9	102,4 (43-165)
	Cynoscion jamaicensis							17,6	40	0,6	403	0,8	91,6 (45-163)	7,1	23	0,6	193	0,3	87,5 (46-180)
	Cynoscion leiarchus	5,6	13	0,4	134	0,4	82,5 (25-190)							3,1	7	0,2	154,6	0,2	86,1 (39-235)
	Cynoscion microlepidotus	6,7	20	0,6	133,4	0,4	63,4 (27-216)												
	Cynoscion similis													1	1	0	6,7	0	100
	Cynoscion sp.	2,2	10	0,3	4,9	0	40,9 (21-61)												
	Cynoscion virescens	1,1	1	0	96	0,3	211	4,4	3	0	242,4	0,5	231 (208-254)						
	Isopisthus parvipinnis	10	20	0,6	523,7	1,6	145,8 (26-243)	27,9	152	2,5	1691,1	3,4	90,7 (27-175)	14,3	42	1	612,8	1	106,7 (33-205)
	Larimus breviceps	31,1	134	4,3	286,4	0,9	53,8 (4-125)	32,4	182	2,9	3390,6	6,8	114,6 (23-175)	17,3	144	3,5	3254	5,1	113,6 (11-173)
	Macrodon ancylodon	2,2	3	0,1	7	0	66,25 (65-70)	4,4	34	0,6	99,1	0,2	54,8 (36-190)	3,1	23	0,6	236,8	0,4	71,4 (48-250)
	Menticirrhus americanus	25,6	50	1,6	647,7	2	95,7 (20-225)	4,4	7	0,1	96,2	0,2	113,7 (93-139)	16,3	24	0,6	430	0,7	101,4 (28-184)
	Micropogonias furnieri													15,3	31	0,7	436,6	0,7	103,4 (45-192)
	Nebris microps	2,2	2	0,1	131	0,4	187,5 (185-190)	5,9	8	0,1	27,6	0,1	74,25 (38-93)	2	6	0,1	53,1	0,1	71,3 (45-175)
	Paralichthys brasiliensis	36,7	185	6	1979,8	6	108 (17-536)	39,7	166	2,7	1998,8	4	103,3 (23-235)	17,3	58	1,4	1596,6	2,5	127,2 (12-225)
	Pareques acuminatus													2	2	0	15,3	0	82,5 (74-91)
	Stellifer brasiliensis	42,2	564	18,3	3776,2	11,5	74,7 (11-280)	41,2	870	14,1	3767,8	7,5	66,7 (15-155)	30,6	350	8,4	6122	9,6	113,7 (35-188)
	Stellifer rastrifer	21,1	239	7,7	1681,5	5,1	79,3 (9-163)	1,5	7	0,1	13,8	0	58,3 (35-78)	7,1	78	1,9	102,5	0,2	46,9 (26-125)
	Stellifer sp.	6,7	30	1	169,9	0,5	68,6 (29-110)	11,8	55	0,9	92,8	0,2	54,2 (30-88)	1	32	0,8	42,7	0,1	51 (28-75)
	Stellifer stellifer	15,6	80	2,6	550,2	1,7	68,3 (20-131)	10,3	14	0,2	39,8	0,1	64,6 (42-77)	4,1	4	0,1	87,1	0,1	93 (50-185)
Scorpaenidae	Scorpaena brasiliensis							8,8	10	0,2	16,9	0	45,5 (35-52)	5,1	6	0,1	17,8	0	49,2 (30-84)
Serranidae	Diplectrum formosum							4,4	5	0,1	81,1	0,2	114 (106-124)	22,4	64	1,5	1697,4	2,7	130 (105-156)
	Diplectrum radiale	2,2	2	0,1	25,2	0,1	87 (50-124)	1,5	1	0	5,6	0	85						
	Rypticus randalli	5,6	6	0,2	157,1	0,5	118,5												



Família	Espécie	Caravelas						Ipiranga						São Mateus					
		FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)	FO%	n	n%	B (g)	B%	CT (mm)
							(88-143)												
	Serranus flaviventris							5,9	9	0,1	5,1	0	34 (19-39)						
Stromateidae	Peprilus crenulatus							1,5	3	0	86,2	0,2	122 (109-134)						
	Peprilus paru							5,9	7	0,1	134,3	0,3	105 (24-165)						
	Peprilus xanthurus							1,5	1	0	31,4	0,1	123						
Syngnathidae	Hippocampus erectus													3,1	2	0	4,3	0	70,5 (65-76)
	Hippocampus reidi							1,5	1	0	0,6	0	42	1	1	0	0,9	0	53
Synodontidae	Saurida brasiliensis	1,1	1	0	0,7	0	50	1,5	1	0	6	0	103						
	Synodus foetens	2,2	2	0,1	5,5	0	69,5 (49-90)	11,8	17	0,3	25,2	0,1	63,7 (40-98)	9,2	10	0,2	42,8	0,1	93,1 (49-132)
Tetraodontidae	Lagocephalus laevigatus	1,1	2	0,1	21	0,1	70 (45-95)							2	2	0	550	0,9	247 (232-262)
	Sphoeroides dorsalis	4,4	4	0,1	0,9	0	20 (20-20)												
	Sphoeroides greeleyi	4,4	9	0,3	126,6	0,4	52,6 (32-98)	1,5	2	0	1,1	0	29 (28-30)	1	1	0	0,6	0	28
	Sphoeroides spengleri							10,3	13	0,2	19,1	0	39,6 (28-49)	11,2	23	0,6	95,1	0,1	51,6 (20-85)
	Sphoeroides testudineus	13,3	25	0,8	715,8	2,2	115,6 (35-230)	2,9	3	0	0,8	0	18,3 (15-21)	19,4	73	1,8	5591,8	8,8	141,9 (35-270)
	Sphoeroides tyleri	5,6	5	0,2	13,8	0	47,2 (27-70)							2	2	0	17,1	0	72,5 (70-75)
Trichiuridae	Trichiurus lepturus	4,4	6	0,2	101,9	0,3	257,25 (130-454)	11,8	10	0,2	121,4	0,2	249 (150-432)	4,1	7	0,2	10,5	0	160,6 (94-187)
Triglidae	Prionotus punctatus	2,2	2	0,1	27,8	0,1	102,5 (85-120)	14,7	24	0,4	146,5	0,3	74,75 (37-128)	12,2	17	0,4	143,9	0,2	83,8 (25-107)
<b>48 famílias</b>	<b>134 espécies</b>		<b>3083</b>		<b>32810,20</b>				<b>6161</b>		<b>50110,60</b>				<b>4158</b>		<b>63853,60</b>		

Fonte: Autoria própria.

Mesmo não sendo a primeira espécie dominante em abundância (ficando atrás apenas dos bagres *Pseudauchenipterus affinis* e *Cathorops spixii*), o cangoá *S. brasiliensis* ocorre de forma constante ao longo do ano todo no rio São Mateus, conforme demonstrado por dados não publicados do Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos, coletados ao longo de mais de quatro anos. No presente estudo, esta espécie ocorreu de forma constante em todos os estuários amostrados, fato demonstrado pela alta frequência de ocorrência. Desta forma, visando o acompanhamento populacional dos efeitos da lama nas populações de peixes, além de *C. bleekermanus*, recomenda-se que *S. brasiliensis* também seja monitorada quanto aos estudos dirigidos (alimentação, reprodução, crescimento).

#### 2.2.2.2 Variações temporais e espaciais nas comunidades de cada estuário

Nas regiões costeiras o regime hidrológico é fortemente influenciado pela pluviosidade, que em conjunto com as marés, causam modificações nas variáveis ambientais, como por exemplo salinidade. Além disso, o regime pluviométrico continental influencia a produtividade primária nestas regiões, refletindo desta forma na composição e estrutura da ictiofauna local (Robertson & Duke, 1990). Sendo assim, espera-se mais mudanças na composição da ictiofauna entre os períodos seco/chuvoso que entre os meses. Desta forma, as análises temporais apresentam as variações mensais em cada estuário, porém as variações temporais observadas são, de forma geral, inconspícuas, uma vez que foram realizadas apenas seis campanhas que estão contidas apenas no período chuvoso.

Em cada estuário, utilizando-se PERMANOVA (Análise de Variância Permutacional), foram testadas as variações mensais e entre os pontos de coleta nas médias de abundância numérica ( $n$ ), riqueza de espécies ( $S$ ), biomassa, diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ Loge) e equitatividade de Pielou ( $J'$ ). O valor do teste é mostrado no Quadro 2. Tanto a equitatividade quanto a diversidade apresentaram pouca variação temporal, sendo a primeira significativamente diferente ( $P$ -Perm $<0,05$ ) entre os meses no rio São Mateus. Por sua vez, a diversidade foi significativamente diferente apenas entre os pontos do rio Ipiranga, provavelmente devido as baixas capturas em sua porção interna, inclusive sem capturas nos meses de novembro e dezembro (Figura 12A, C e E). Para facilitar a compreensão, por estuário, são apresentados gráficos da variação mensal dos valores médios de riqueza de espécie ( $S$ ), abundância ( $N$ ) transformada em  $\text{Log}(x+1)$ , além da biomassa.

Quadro 2: : Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da riqueza (S), abundância (n), biomassa, equitatividade de Pielou (J') e diversidade de Shannon-Wiener (H'Loge), dentro de cada estuário, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes (P-perm<0,05) estão em negrito.

	Piraquê-Açu			Doce (macroescala)			Ipiranga			São Mateus			Caravelas		
	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P
S mês	5	1,482	0,1647	5	9,0481	<b>0,0001</b>	5	6,0762	<b>0,0001</b>	5	1,5293	0,1517	5	1,4539	0,1855
S ponto	5	7,2848	<b>0,00001</b>	3	16,06	<b>0,0001</b>	5	4,5629	<b>0,0004</b>	5	2,6487	<b>0,0116</b>	5	4,3759	<b>0,0005</b>
S mês x ponto	25	1,103	0,3306	13	2,0913	<b>0,0076</b>	16	2,8477	<b>0,0003</b>	25	1,3388	0,125	25	1,5526	<b>0,0474</b>
n mês	5	4,319	0,0006	5	10,892	<b>0,0001</b>	5	8,1859	<b>0,0001</b>	5	3,8519	<b>0,0006</b>	5	1,8977	0,0914
n ponto	5	8,2522	0,0001	3	12,354	<b>0,0001</b>	5	3,4264	<b>0,0075</b>	5	5,3627	<b>0,0003</b>	5	3,0789	<b>0,0091</b>
n mês x ponto	25	1,5137	<b>0,0495</b>	13	4,3489	<b>0,0001</b>	16	2,2299	<b>0,0107</b>	25	1,4286	0,0833	25	1,5078	0,0859
biom mês	5	1,7921	<b>0,0349</b>	5	5,3845	<b>0,0001</b>	5	6,7184	<b>0,0001</b>	5	1,8569	<b>0,0309</b>	5	1,813	<b>0,037</b>
biom ponto	5	6,3442	<b>0,0001</b>	3	3,819	<b>0,0001</b>	5	1,8068	<b>0,0334</b>	5	1,6099	0,0719	5	1,8766	<b>0,0305</b>
biom mês x ponto	25	1,1603	0,2157	13	2,3205	<b>0,0001</b>	16	2,0207	<b>0,0002</b>	25	1,1171	0,2697	25	1,377	0,0514
J' mês	5	2,7372	<b>0,0164</b>	5	3,3754	<b>0,0222</b>	4	0,41146	0,829	5	2,6456	<b>0,0171</b>	5	0,85815	0,5214
J' ponto	5	1,4967	0,1784	3	2,7705	0,0557	5	1,3243	0,2652	5	0,82682	0,5741	5	0,42828	0,8408
J' mêsx ponto	25	1,6976	<b>0,0329</b>	11	1,499	0,156	12	0,50843	0,9086	25	1,19	0,2432	25	1,2923	0,2211
H'Loge mês	5	1,6984	0,1119	5	2,6764	<b>0,0239</b>	5	1,107	0,3717	5	0,77377	0,6277	5	1,418	0,2037
H' ponto	5	2,0255	0,0565	3	9,952	<b>0,0001</b>	5	2,9954	<b>0,0151</b>	5	1,0721	0,3741	5	1,2721	0,2603
H' mêsx ponto	25	1,822	<b>0,0104</b>	11	1,7874	0,0683	16	1,5461	0,1239	25	1,2081	0,2372	25	0,93717	0,5004

Fonte: Autoria própria.

Devido ao curto período de estudo, poucas tendências mensais ou espaciais foram observadas nos valores de riqueza de espécies, abundância e biomassa. Apenas a riqueza de espécies variou significativamente entre os pontos em todos os estuários ( $P\text{-perm}<0,05$ ), sendo possível observar os maiores valores nas áreas internas de cada estuário.

No rio Piraquê-Açu foram observados maiores valores médios de riqueza de espécies (Figura 10A) e biomassa (Figura 10E) na área interna, nos meses de novembro e dezembro, apesar de não existirem diferenças significativas entre os meses ( $P\text{-perm}>0,05$ ). Em relação ao número médio de indivíduos coletados, o mês de novembro na área interna apresentou um valor ligeiramente maior que os demais meses amostrados (Figura 10 C e D).

No rio Doce o número médio de espécies coletadas na área interna foi de modo geral superior ao da área externa, com variações significativas ( $P\text{-Perm}<0,05$ ) entre os meses amostrados (Figura 11A e B), sendo observada tendência a diminuição dos valores médios tanto na área interna quanto na externa. No relatório do CTA (2017), não houve amostragens nas áreas internas do rio Doce, mas na área externa, menor abundância foi observada na área de deposição da camada espessa (de sedimentos), coincidente com os pontos monitorados na área externa do presente estudo. Por outro lado, houve uma tendência significativa ( $P\text{-perm}<0,05$ ) ao aumento das médias de abundância na área interna (Figura 11C) ao longo dos meses, enquanto a tendência foi contrária na área externa (Figura 11D). Houve tendência ao aumento da biomassa na área interna (Figura 11E) e o maior valor desta média foi observado em fevereiro na área externa (Figura 11F). Destacam-se os valores extremamente baixos ( $P\text{-Perm}<0,05$ ) de biomassa (Figura 11F) nos pontos da área externa, ao longo de todos os meses estudados, em relação aos pontos da área interna.

As médias de riqueza de espécies, abundância e biomassa registrados na área interna do rio Ipiranga foram menores do que na área externa (Figura 12A - F). Nos meses de novembro e dezembro não foram coletados peixes nos arrastos realizados na área interna deste rio. Os baixos valores registrados na área interna (Figura 12A, C e E) do rio Ipiranga podem estar relacionados à algumas variáveis ambientais como pH (Figura 7A) e oxigênio dissolvido (Figura 7C), cujos valores estiveram muito baixos, o que provavelmente afeta a sobrevivência de algumas espécies de peixe neste ambiente. Conforme relatado por pescadores e observado pela equipe em campo, este estuário sofre constantemente com processos de assoreamento que, muitas vezes, chegam a fechar a sua foz. Além disso, em consequência da baixa pluviosidade, que é usual da região, o rio permanece raso, dificultando a sobrevivência de peixes.

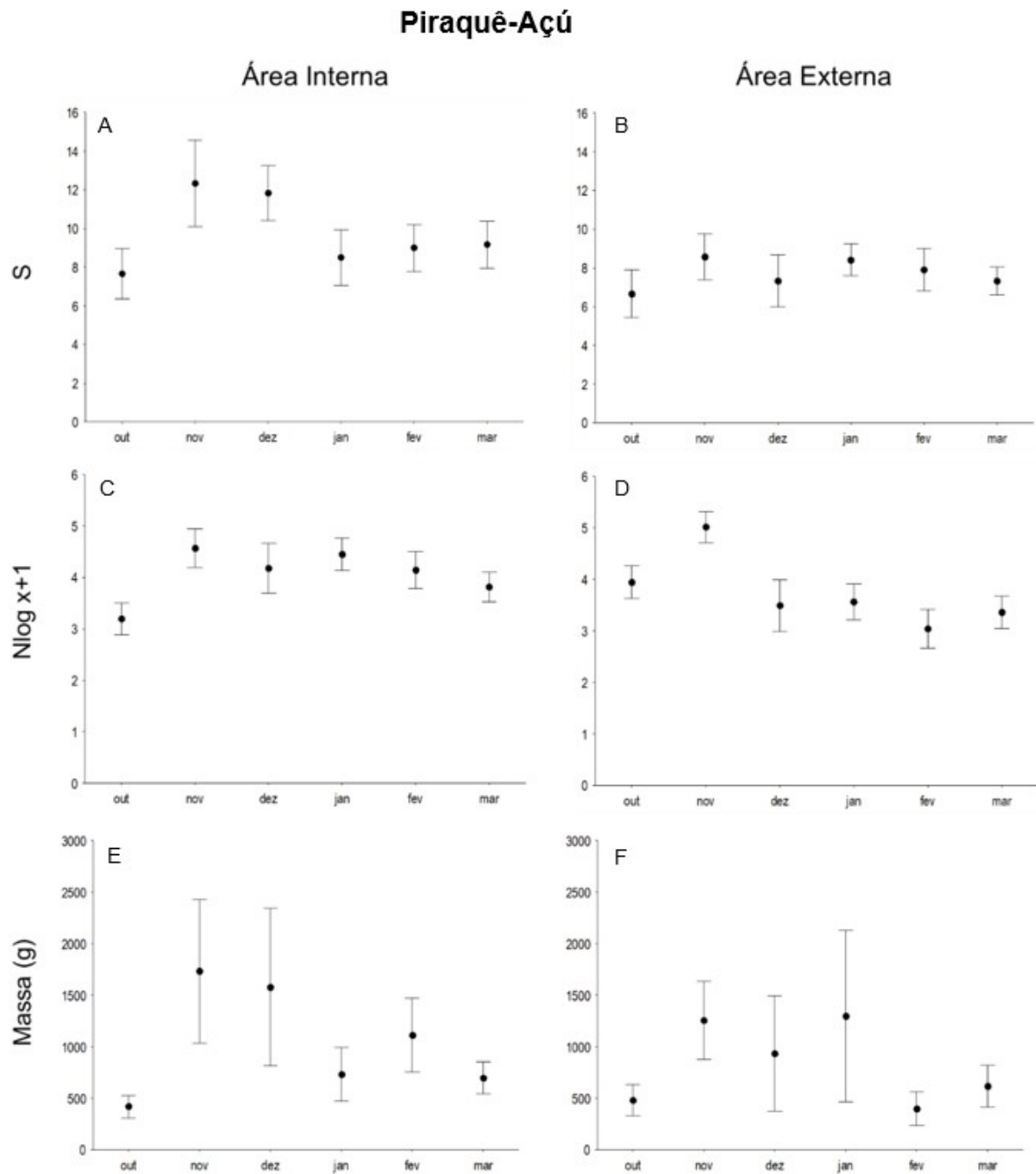
O número médio de espécies tendeu a aumentar no período de estudo na área interna (Figura 13A), enquanto diminuiu na área externa do rio São Mateus (Figura 13B). Destaca-se o menor valor médio em janeiro, na área interna, e o pico observado em outubro na área externa, apesar de não terem sido observadas variações significativas ( $P\text{-perm}>0,05$ ). De modo geral, na área interna (Figura 13C) do rio São Mateus foi registrada maior média de abundância do que na área externa (Figura 13D), com uma pequena oscilação entre os meses. A exemplo da riqueza, na área externa a abundância apresentou

tendência a diminuição ao longo dos meses de coleta. Em relação a biomassa média, os maiores valores ocorreram na área interna durante os meses de novembro e dezembro (Figura 13E). Na área externa do rio São Mateus a biomassa média apresentou diferença significativa ( $P\text{-Perm}<0,05$ ) entre os meses, onde fevereiro apresentou o menor valor (Figura 13F).

Em geral, no rio Caravelas a área interna (Figura 14A) apresentou um número médio de espécies menor do que a externa (Figura 14B), com exceção do mês de dezembro, quando foi observada a maior média. Não houve variação significativa no número médio de espécies entre os meses amostrados na área externa. O número médio de indivíduos variou bastante entre os meses dentro da área interna do rio Caravelas (Figura 14C), no entanto não foi observada tendência temporal e tampouco diferenças significativas ( $P\text{-Perm}>0,05$ ). Na área externa as médias foram mais elevadas e permaneceram constantes entre os meses (Figura 14D). A biomassa esteve baixa em ambas as áreas (Figura 14E e F). Em relação a biomassa, não ocorreram grandes oscilações entre as áreas e meses amostrados, com exceção do mês de dezembro na área interna, quando o valor médio de biomassa foi muito superior aos demais.

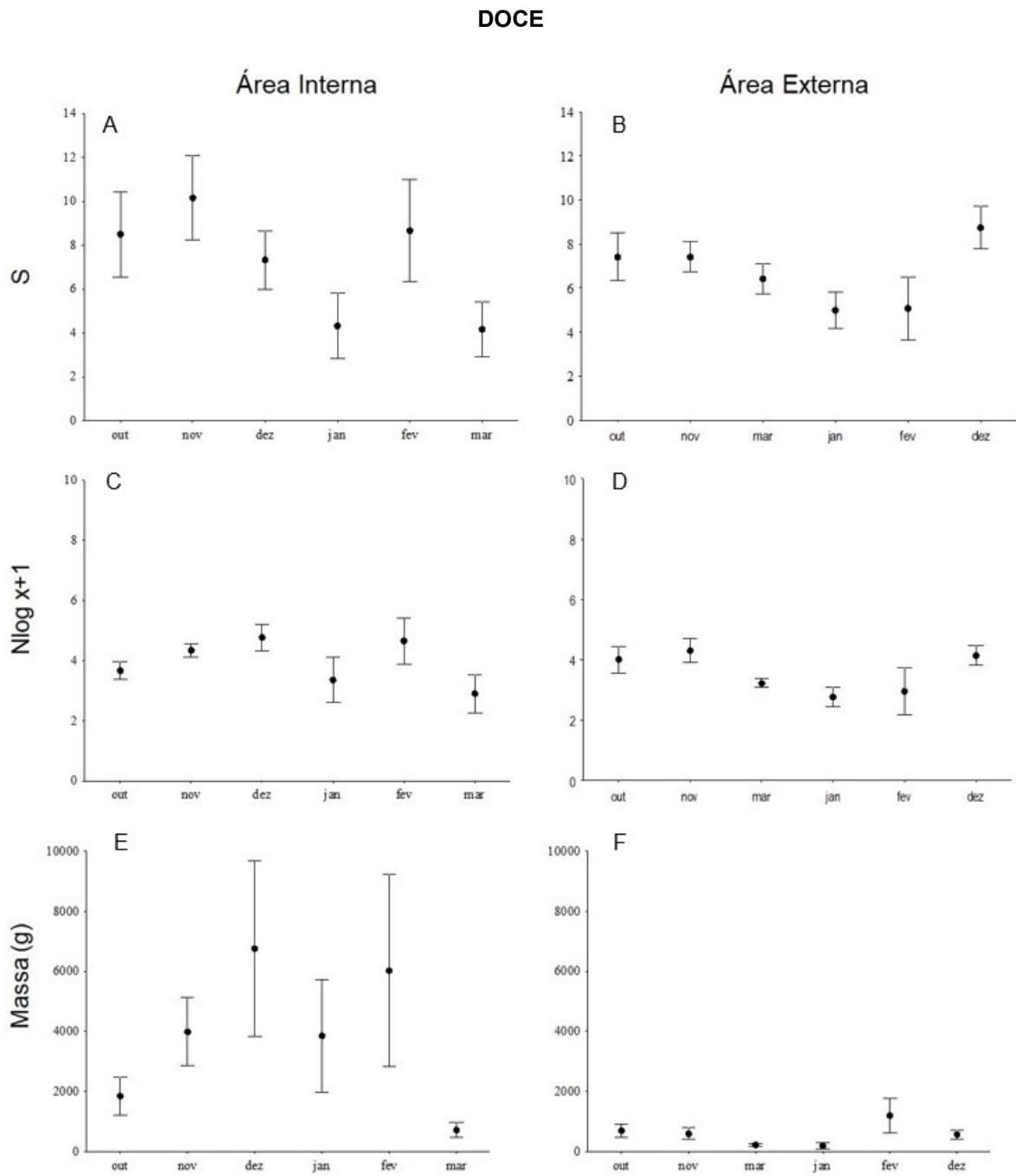
Guardadas as diferenças observadas dentro de cada estuário, foi possível observar alguns resultados comuns a estes, como maiores valores em novembro e dezembro, sobretudo na área interna. As variações espaço-temporais nos atributos das comunidades ictiológicas estuarinas, sobretudo riqueza, abundância e biomassa, são ocasionadas por diversos fatores, dentre os quais destaca-se o recrutamento, observado principalmente na estação chuvosa nestas áreas. Este fenômeno é responsável pelo aumento no número de indivíduos e pelo incremento na riqueza da ictiofauna costeira, ocasionado principalmente por espécies transientes (Pichler et al., 2017), cujos juvenis frequentam estas áreas em busca de águas calmas, alimento e abrigo. Desta forma, os altos valores de riqueza e abundância observados nos estuários estudados em novembro e dezembro, podem estar associados ao recrutamento, uma vez que estes meses apresentaram maiores valores de pluviosidade dentro do período amostrado (Fonte: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-acumulado-mensal-e-anual>). Destaca-se que apenas o rio Doce apresentou menores valores de riqueza, com tendência ao decréscimo entre os meses, porém ainda não é possível inferir a causa deste fenômeno devido ao curto período amostrado.

Figura 10: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do rio Piraquê-Açu entre outubro/2018 e março/2019.



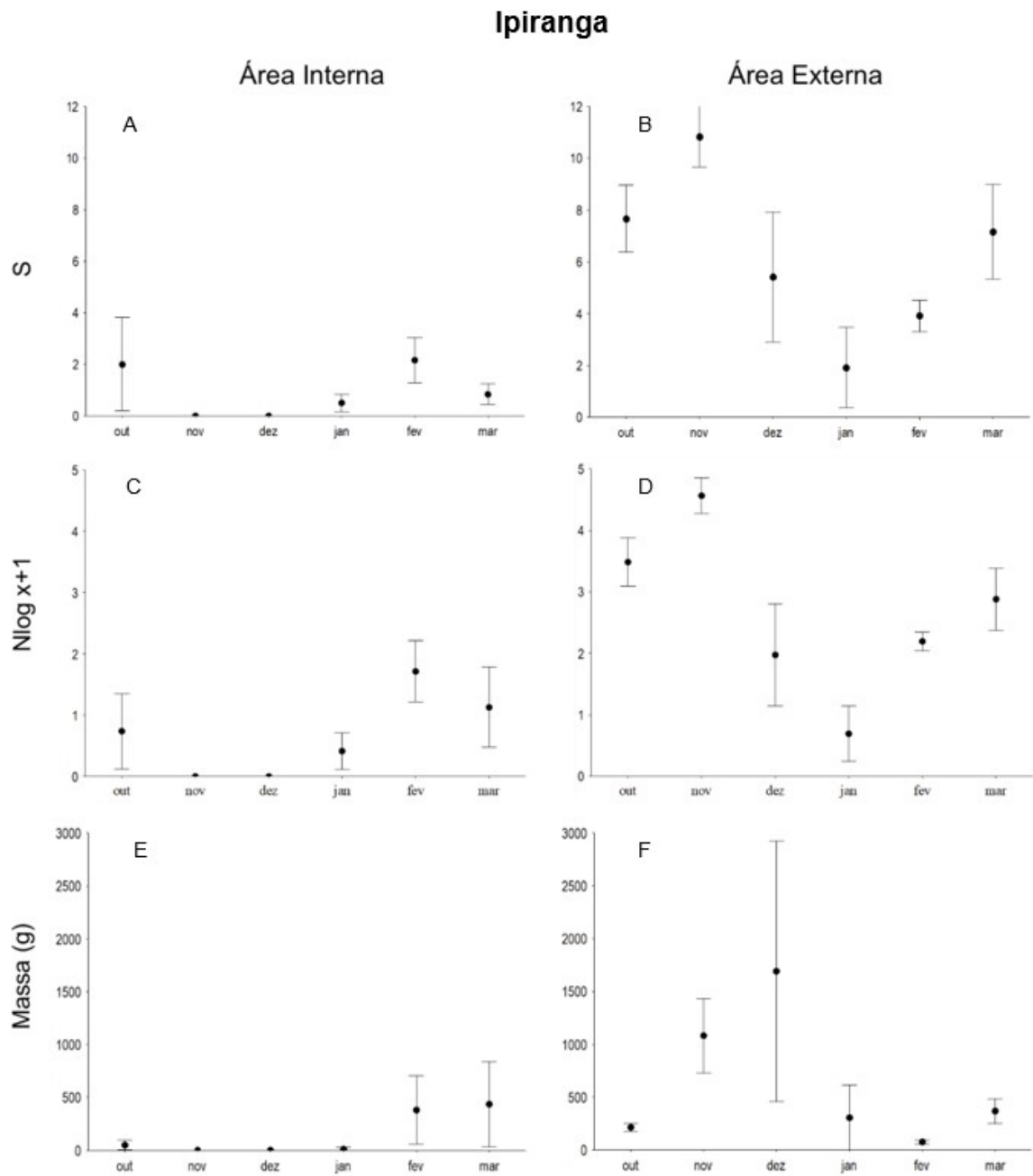
Fonte: Autoria própria.

Figura 11: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do rio Doce entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

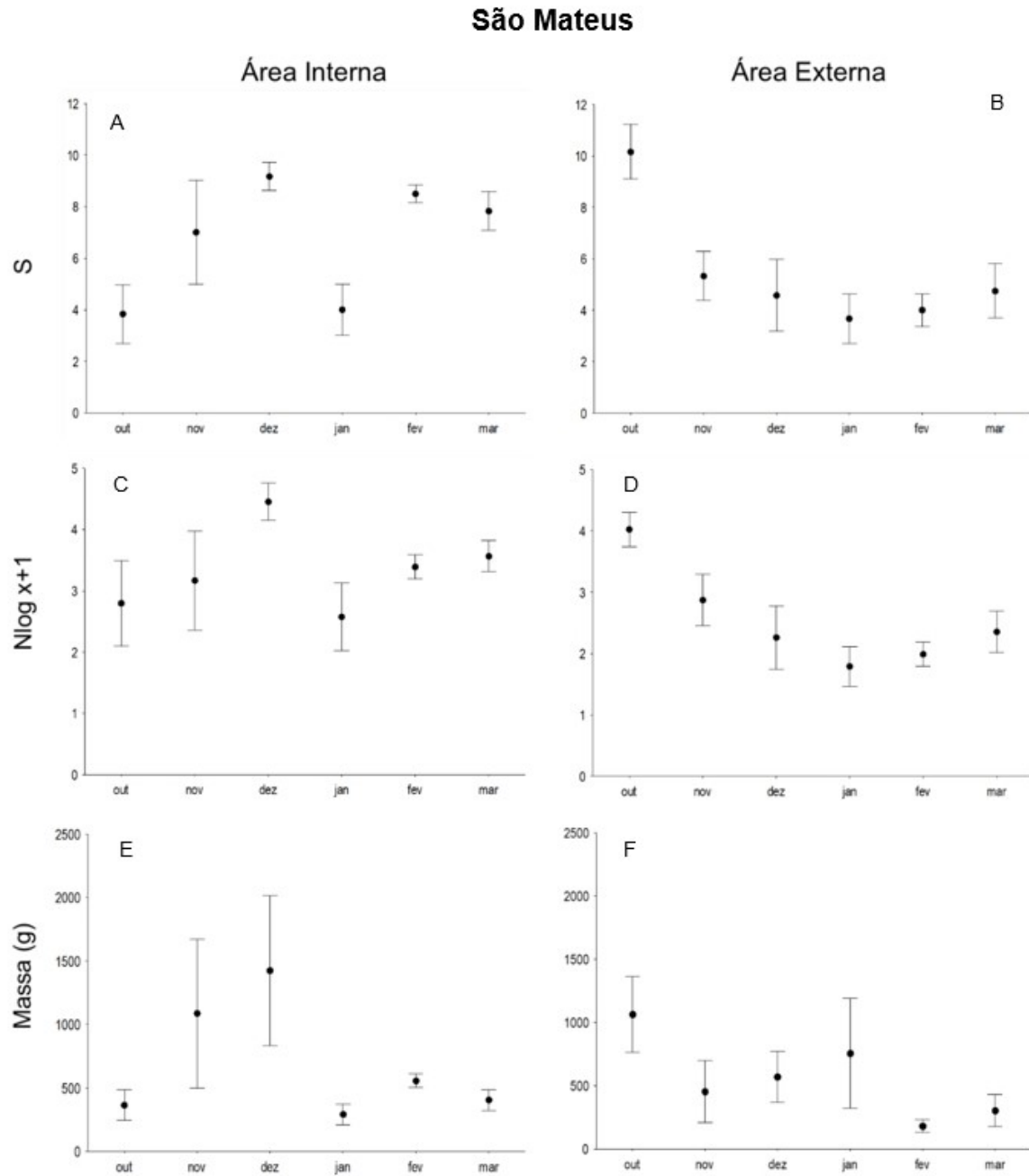
Figura 12: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do rio Ipiranga entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

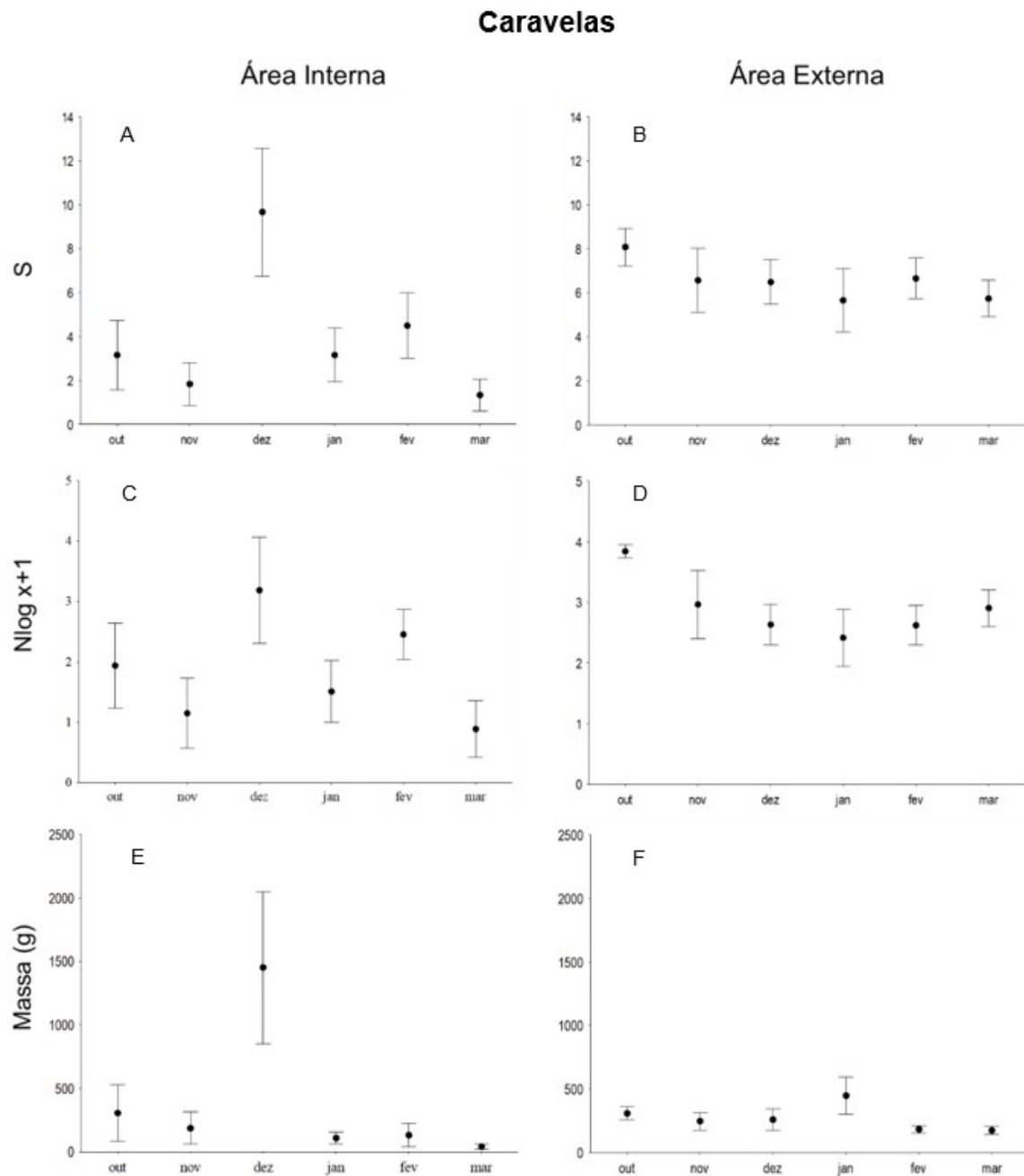


Figura 13: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do **rio São Mateus** entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Médias mensais ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N) transformada em  $\text{Log}(x+1)$  e massa (g) dos peixes capturados nas amostragens durante o monitoramento do rio Caravelas entre outubro/2018 e março/2019.



Fonte: Autoria própria.

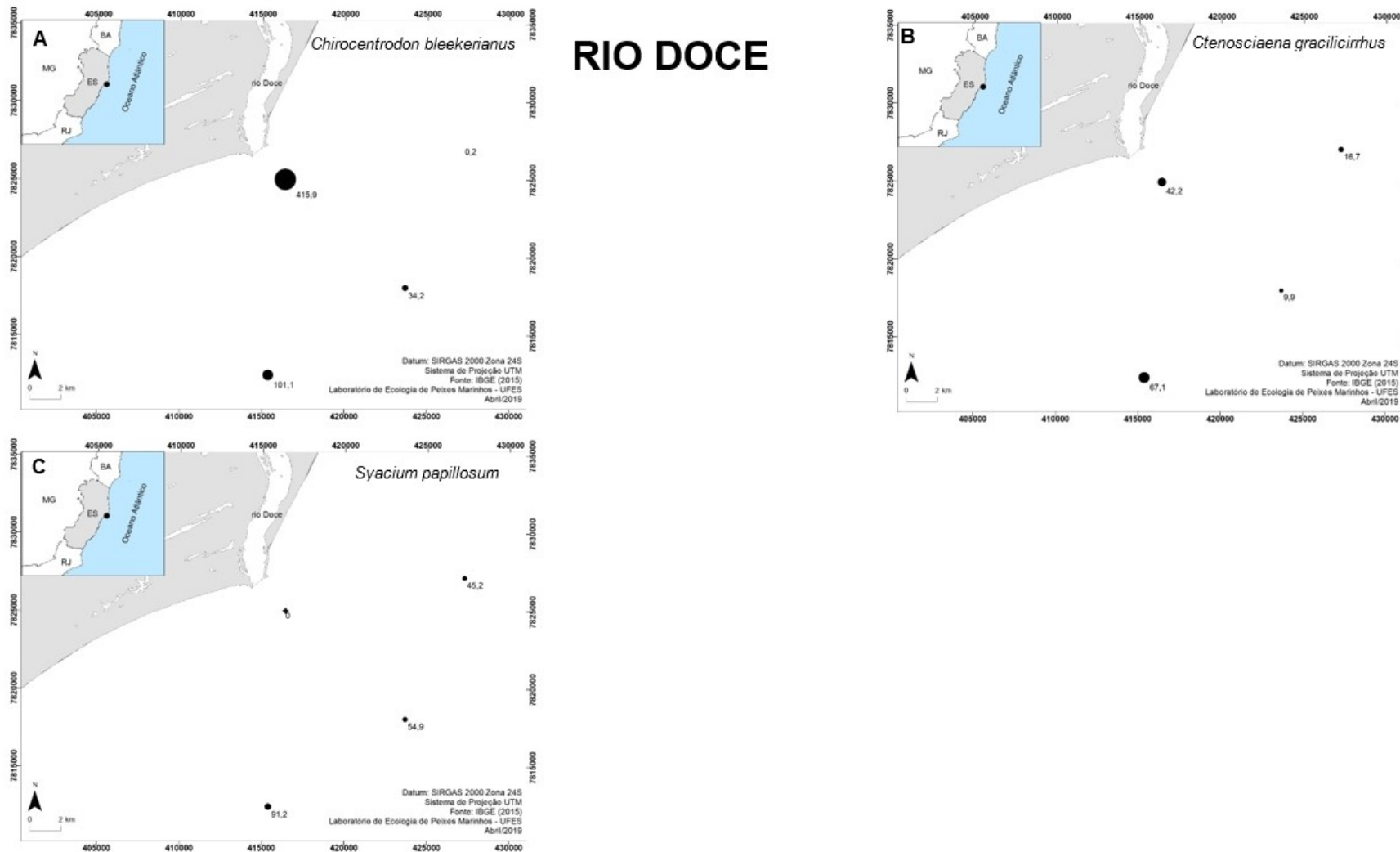
Analisando os mapas de distribuição espacial da biomassa das espécies representativas em cada estuário, observa-se que nas amostragens do rio Doce (macroescala) observa-se que a espécie dominante *C. bleekermanus* apresentou maior biomassa no ponto externo, o mais próximo a foz (Figura 15A), fenômeno também observado no ponto externo mais próximo à foz do rio Ipiranga (Figura 16A). A biomassa da espécie *Syacium papillosum* (Figura 15C) esteve distribuída de maneira uniforme entre os pontos externos a foz do rio Doce. Por sua vez, *C. gracilicirrhus* (Figura 15B) parece estar mais associada ao ponto mais externo em frente ao rio Doce, localizado ao sul.

A espécie *C. bleekermanus* esteve mais associada às áreas externas tanto no Ipiranga (onde predominou em número e biomassa – Figura 16A) quanto São Mateus (Figura 16C) onde predominou numericamente. O mesmo ocorreu com *Odontognathus mucronatus*, cujos valores de biomassa foram maiores nas porções externas do Ipiranga (Figura 15B). Ao contrário, *Pseudauchenipterus affinis* ocorreu exclusivamente nos pontos internos do estuário São Mateus (Figura 16D). Por sua vez, os congêneres *Stellifer brasiliensis* (Figura 16E) e *S. rastrifer* (Figura 16F) apresentaram maior biomassa nos pontos internos ao rio Caravelas, mas também ocorreram nos pontos externos. Destaca-se a maior biomassa de *S. brasiliensis* no ponto interno mais próximo a foz deste rio.

A distribuição de espécies é influenciada por diversos fatores. Chama a atenção o fato de a biomassa de *C. bleekermanus* estar mais concentrada justamente no ponto externo mais próximo à foz do rio Doce, onde se localiza a pluma de sedimentos de maior concentração, segundo a Nota Técnica 23/2017 (MMA/ICMBio, 2017). A espécie *C. bleekermanus* é uma espécie da ordem Clupeiformes, compreendendo sardinhas e manjubas, com tendência r-estrategista, que são aquelas espécies que produzem proles numerosas e não tem cuidado parental. Desta forma, espécies desta ordem costumam viver em grandes agregados, o que geralmente resulta em capturas de grande abundância e biomassa. Ao contrário das espécies desta ordem que são em sua maioria filtradoras, *C. bleekermanus* é uma espécie piscívora (Sazima et al., 2004), mas seria necessário um estudo dirigido para se saber se estes grandes agregados estão naquela área em virtude da disponibilidade de alimento.

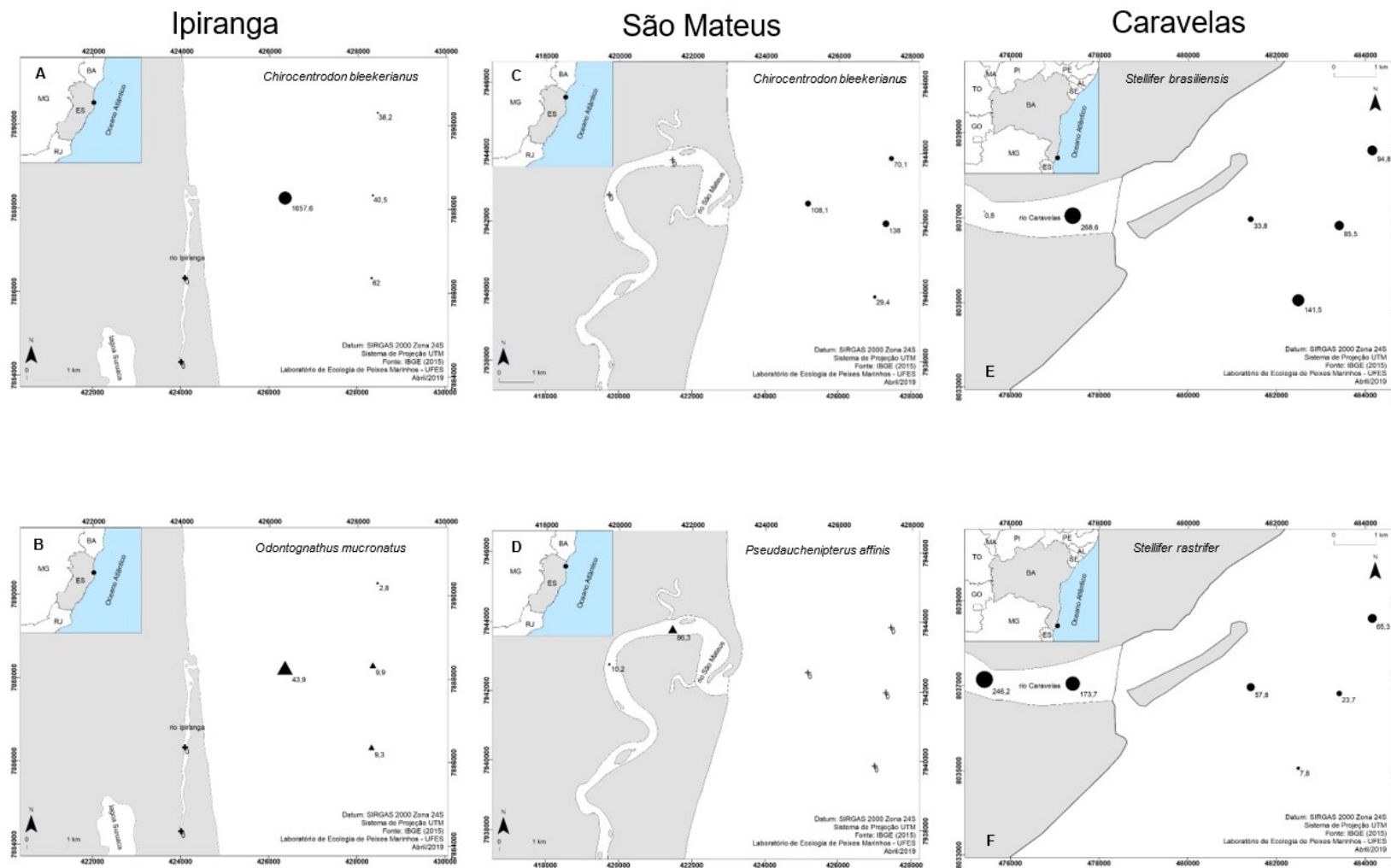
Mapas de distribuição de biomassa provenientes do monitoramento dos rios Piraquê-Açu e Doce (microescala) são apresentados no relatório do subprojeto que visa cumprir a meta 2 (ecologia trófica).

Figura 15: Mapas ilustrando a distribuição espacial das espécies mais abundantes (A e B) e de maior biomassa em g (C) capturadas nas amostragens durante o monitoramento do rio Doce (macroescala) entre outubro/2018 e março/2019. Os valores representam a biomassa média por ponto.



Fonte: Autoria própria.

Figura 16: Mapas ilustrando a distribuição espacial das espécies mais abundantes capturadas nas amostragens durante o monitoramento dos rios Ipiranga, São Mateus e Caravelas entre outubro/2018 e março/2019. Os valores representam a biomassa média por ponto.

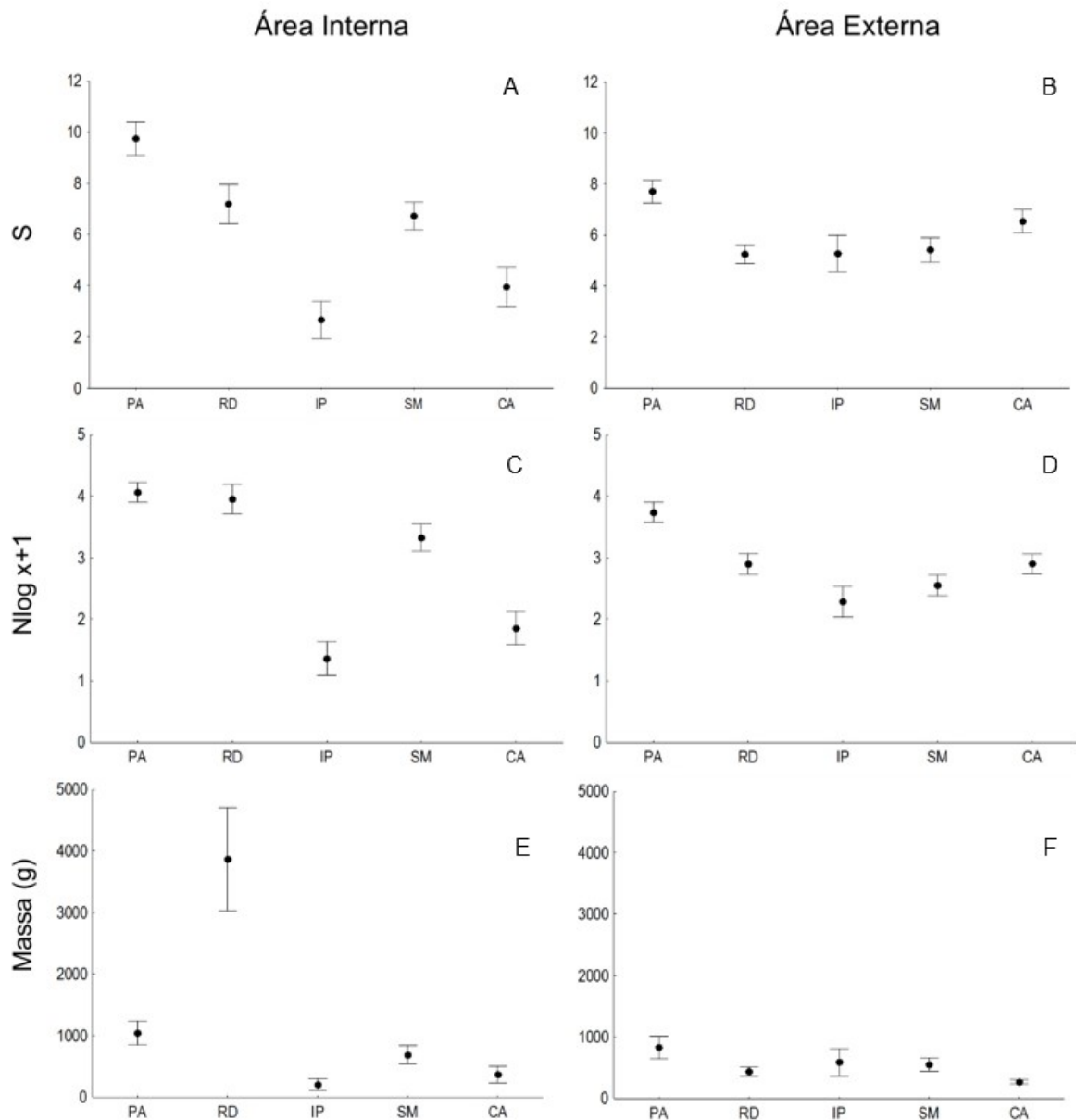


Fonte: Autoria própria.



As médias dos descritores da comunidade do rio Doce permaneceram próximas aos demais estuários, porém a riqueza de espécies está ligeiramente abaixo do Piraquê-Açu, por exemplo. A média de biomassa aparentemente muito maior deve-se à captura de um grande agregado de *Genidens genidens* e *Genidens barbuis* (mais de 20kg) no mês de fevereiro na área interna.

Figura 18: Valores médios ( $\pm$ Erro Padrão) de riqueza de espécies (S), abundância (N – número de indivíduos transformado em  $\text{Log}(x+1)$ ) e biomassa (g) de peixes nos estuários estudados até o momento, entre outubro de 2018 e março de 2019.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 3: Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da abundância (n), biomassa e riqueza (S) de peixes, comparando-se os estuários estudados, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes ( $P\text{-perm} < 0,05$ ) estão em negrito; E=estuário; P=ponto.

	abundância (n)			biomassa (g)			riqueza (S)		
	GL	Pseudo-F	P-perm	GL	Pseudo-F	P-perm	GL	Pseudo-F	P-perm)
E	4	9,6143	0,001	4	9,0725	0,001	4	9,1111	0,001
P	5	4,7704	0,001	6	3,3406	0,003	6	7,1339	0,001
E x P	19	3,0936	0,001	19	3,16	0,001	20	4,018	0,001
Res	422			439			438		
<b>Total</b>	<b>450</b>			<b>468</b>			<b>468</b>		

Fonte: Autoria própria.



### 2.2.3 Carcinofauna

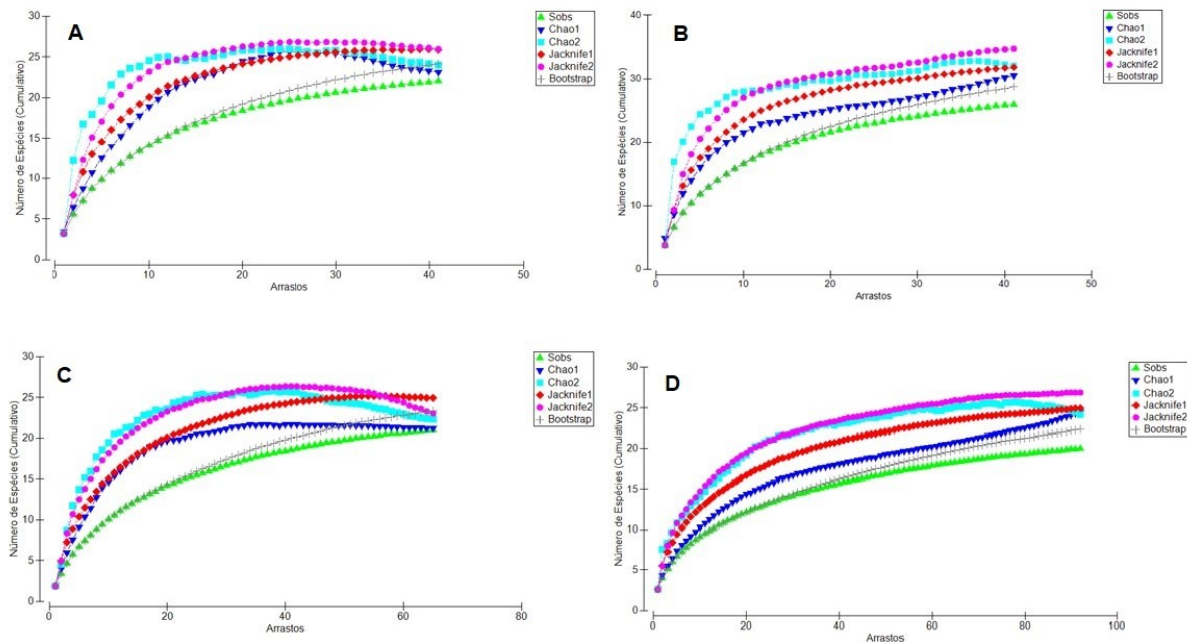
A seguir são apresentados os resultados obtidos das amostragens da carcinofauna nas áreas de monitoramento do subprojeto. Foi coletado um total de 10137 indivíduos, pertencentes a cerca de 38 espécies e 16 famílias. Um número preciso do total de espécies não é ainda possível, pois alguns táxons não puderam ser determinados até esse nível, como é o caso dos alfeídeos que compreendem problemas taxonômicos a serem resolvidos ao largo da costa brasileira (ANKER, 2012; BRACKENGRISSE & FELDER, 2014). A lista de táxons identificados segue na Quadro 3 e Quadro 4. Vale ressaltar que foram separadas os Quadros de camarões e caranguejos para fins de organização e interpretação dos dados.

A Figura 19 mostra as curvas de acúmulo de espécies por número de amostras realizadas (arrastos) para as áreas monitoradas. As curvas mostram que já houve uma estabilidade ou aproximação da assíntota com os arrastos, indicando que a composição específica da carcinofauna tem sido caracterizada de forma adequada através do método de coleta utilizado. Isto demonstra ainda a viabilidade para que o monitoramento a longo prazo destas áreas possa ser adequadamente planejado por meio de amostragens trimestrais, tal como foi proposto para o segundo ano de atividades no plano de trabalho.

O número de espécies obtido nos 6 meses de campanhas de coleta, em ordem decrescente, foram: 26 espécies no Rio Ipiranga, 22 no Doce, 21 no São Mateus e 20 no Caravelas. A grande maioria das espécies compreende componentes típicos da fauna marinha/estuarina da costa brasileira (MELO, 1996; COSTA et al., 2003; DIAS NETO, 2011), ainda que algumas tenham sido coletadas apenas em um dos estuários (p. ex. *Spinolambrus poutulaesii* no Rio Doce, *Callinectes bocourti* e *Callinectes sapidus* no São Mateus, *Charbydis hellerii* no Ipiranga, *Acetes americanus*, *Pleoticus muelleri* e *Rimapenaeus constrictus* no Caravelas). Por outro lado, a espécie exótica *Charbydis hellerii* ainda não havia sido encontrada na região norte do estado do Espírito Santo (FERNANDES et al., 2011).

Os dados relativos à riqueza, diversidade e dominância dos pontos de amostragem encontram-se no Quadro 5. No Rio Doce, os baixos valores de riqueza e abundância certamente refletem na variação do índice de diversidade. Diferenças significativas ocorreram principalmente no Rio Ipiranga, onde poucas espécies e indivíduos foram capturados na área interna, o que levou também a diferenças em termos de equitatividade. Em Caravelas houve também certa variação dos valores de riqueza e abundância entre os pontos, mas não entre os meses. Não se observou nenhuma diferença significativa no Rio São Mateus.

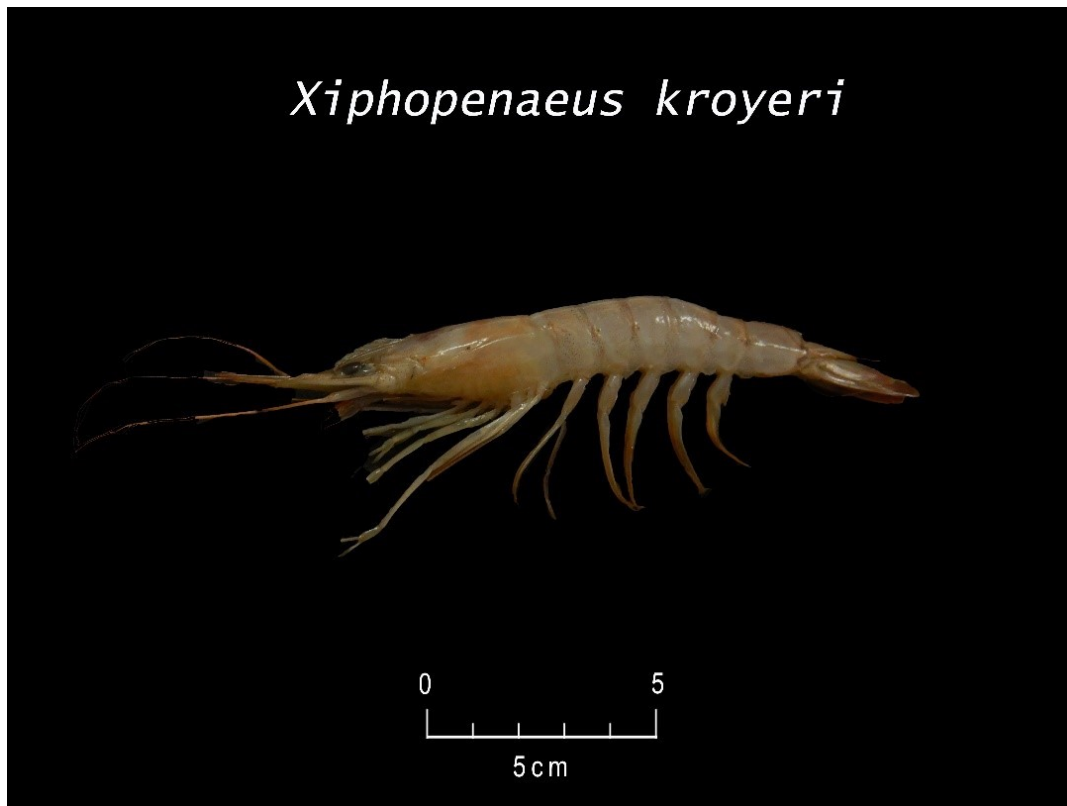
Figura 19: Curva do número de espécies cumulativo por número de amostras coletadas para a carcinofauna de cada área monitorada. A – Rio Doce, B – Rio Ipiranga, C – Rio São Mateus, D – Rio Caravelas.



Fonte: Autoria própria.

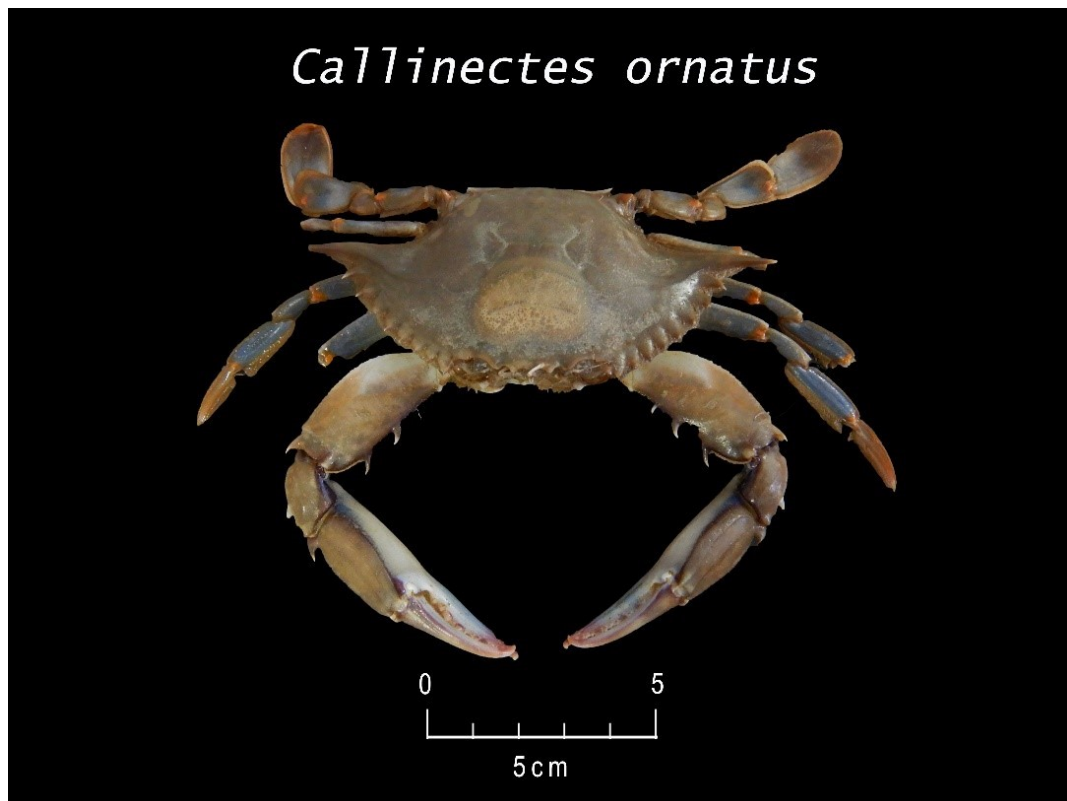
Quanto à composição em categorias mais abrangentes da carcinofauna nas áreas monitoradas, as famílias mais representativas tanto em termos de riqueza como abundância foram Portunidae (8 spp.) e Peneidae (7 spp.), seguidas de Parthenopidae (4 spp.) e Sicyonidae (3 spp.). A nível de composição específica, *Xiphonopaeus kroyeri* (Figura 20) e *Callinectes ornatus* (Figura 21) representaram mais de 70% do total de crustáceos coletados nas campanhas realizadas até o momento, tanto em número de indivíduos como de biomassa (*X. kroyeri* 59,47% - 6037 ind.; 49,54% - 24,55 kg) e (*C. ornatus*: 15,41% - 1562 ind. / 29,8% - 14,77 kg) (Figura 22 e Figura 23). As espécies *Achelous spinicarpus* (312 ind.), *Sycionia dorsalis* (176 ind.) e *Callinectes ornatus* (132 ind.) também podem ser consideradas abundantes no Rio Doce, enquanto que no Ipiranga *Libinia ferreirae* (4,9% - 0,27 kg) e *Farfantepenaeus brasiliensis* (3,7% - 0,17 kg) são comuns e apresentam um ligeiro destaque em termos de biomassa. Já em São Mateus, embora *X. kroyeri* tenha apresentado o maior número de indivíduos (915 ind.), *Callinectes ornatus* (31,6 % - 2,74 kg) foi a espécie mais abundante em termos de biomassa, seguida de *X. kroyeri* (19,4 % - 1,68 kg), *Callinectes sapidus* (16% - 1,38 kg), *L. ferreirae* (13,2% - 1,14 kg) e *Callinectes danae* (12,7% - 1,1 kg). Em Caravelas, *X. kroyeri* (3783 ind. – 16,7 kg) e *C. ornatus* (1159 ind. – 10,73 kg) são as espécies mais abundantes em número de indivíduos e representaram 88% (27,4 kg) da biomassa total.

Figura 20: Indivíduo adulto da espécie *Xiphopenaeus kroyeri*



Fonte: Autoria própria.

Figura 21: Indivíduo adulto da espécie *Callinectes ornatus*.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 3: Lista de táxons de camarões identificados para as áreas monitoradas durante os 6 meses de amostragem, com respectivas FO % (Frequência de ocorrência), Número de indivíduos (N e N%), Biomassa (B e B%), Comprimento Total (CT) e Comprimento da Carapaça (CC).

Familia	Espécie	Caravelas							Ipiranga							São Mateus							rio Doce						
		FO %	N	N %	B(g)	B %	CT (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B(g)	B %	CT (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B(g)	B %	CT (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B(g)	B %	CT (mm)	CC (mm)
Alpheidae	<i>Alpheus intrinsecus</i>							15,4	3	0,3	3,3	0,1	32,3(31-34)	10(9-11)															
	<i>Alpheus platycheirus</i>	5,6	2	0,0	1,5	0,0	29,5 (28-31)	9 (8-10)																					
Lysmatidae	<i>Ehippopsmata oplophoroides</i>							15,4	12	1,3	17,1	0,6	61,6 (47-79)	11,25 (9-15)									13,3	2	19	40,2	1,2	67,7 (40-82)	13 (5-16)
Palaemonidae	<i>Nematopalaemon schmitti</i>							30,8	27	2,9	40,3	1,4	65,8 (36-82)	11,4 (8-19)	7,1	1	8	13,2	0,6	67,5 (60-77)	12,125 (9-18)	23,3	3	24	38,3	1,1	67,2 (33-93)	10,75 (3-14)	
Palinuridae	<i>Panulirus laeivicauda</i>														2,4	0	1		0,0	115 (115-115)	52 (52-52)								
Peneaeidae	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	72,2	93	1,8	59,6	0,3	32,6 (12-117)	11,9 (5-29)	15,4	6	0,7	174,9	5,9	146,7 (92-197)	48 (26-68)	11,9	0	5	47,6	2,3	80 (47-159)	23,6 (9-54)	10,0	1	11	46,1	1,4	65,7 (48-116)	15,5 (10-28)
	<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	88,9	385	7,6	900,8	4,7	57,1 (10-144)	17 (3-52)	53,8	33	3,6	112,7	3,8	61,4 (37-134)	15,6 (8-35)	31,0	3	30	268,9	12,9	85,8 (27-160)	19,9 (4-34)	20,0	2	14	241,9	7,3	91,5 (18-202)	22,6 (4-47)
	<i>Farfantepenaeus subtilis</i>	11,1	5	0,1	26,6	0,1	75 (45-127)	16,6 (11-25)	7,7	5	0,5	10,8	0,4	57,4 (54-62)	16,6 (14-19)	4,8	0	2	7,2	0,3	70,5 (66-75)	16,5 (13-20)	10,0	1	8	64,8	1,9	66 (24-174)	19,1 (6-75)
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	88,9	213	4,2	1219,5	6,4	76,4 (6-185)	27,3 (6-68)	30,8	4	0,4	124,7	4,2	162,7 (141-178)	39 (38-41)	9,5	1	10	17,1	0,8	55,3 (43-88)	15,7 (10-22)							
	<i>Peneaeidae sp</i>	5,6	1	0,0	1,8	0,0	69 (69-69)	25 (25-25)																					
	<i>Rimapenaeus constrictus</i>	22,2	13	0,3	9,8	0,1	42,6 (28-49)	10,5 (8-18)	7,7	3	0,3	5,1	0,2	52,7 (48-58)	14,3 (12-16)														
	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	61,1	3783	75,0	16704,6	87,3	76,7 (8-151)	29,3 (5-88)	69,2	697	75,5	2331,7	79,1	77,9 (11-123)	17,6 (7-32)	21,4	91	915	1681,3	80,6	68,3 (28-114)	15,9 (5-31)	53,3	72	663	2781,4	83,4	82 (6-141)	18 (5-40)
Sergestidae	<i>Acetes americanus</i>	11,1	332	6,6	156,5	0,8	17,6 (10-25)	3,8 (2-10)																					
	<i>Peisos petrunkevitchi</i>	16,7	164	3,3	2,6	0,0	16,1 (8-25)	4,2 (1-10)																					
Sicyoniidae	<i>Sicyonia dorsalis</i>	44,4	48	1,0	18,5	0,1	27,6 (15-48)	7,8 (3-15)	92,3	67	7,3	44,8	1,5	32,3 (16-49)	10,6 (1-23)	11,9	0	5	2,8	0,1	30,4 (25-41)	9,4 (7-13)	63,3	19	176	96,0	2,9	31,5 (13-55)	9,4 (2-41)
	<i>Sicyonia laevigata</i>							23,1	14	1,5	8,7	0,3	31,9 (21-39)	9,8 (5-13)									3,3	0	1	2,9	0,1	48 (48-48)	17 (17-17)
	<i>Sicyonia typica</i>							30,8	41	4,4	51,1	1,7	37 (23-52)	10,6 (6-18)	28,6	3	34	46,8	2,2	39,5 (27-62)	11,9 (7-18)	16,7	1	10	18,3	0,5	42 (26-59)	12,2 (7-18)	
Solenoceridae	<i>Pleoticus muelleri</i>	5,6	4	0,1	19,0	0,1	89 (73-128)	30 (21-45)																					
	<i>Gibbesia neglecta</i>							76,9	11	1,2	21,9	0,7	52,3 (30-69)	13 (9-17)									3,3	0	1	4,2	0,1	72 (72-72)	17 (17-17)
Squillidae	<i>Squilla mantis</i>	11,1	3	0,1	15,5	0,1	71,7 (70-75)	16 (13-18)																					

Fonte: Autoria própria.

Quadro 4: Lista de táxons de caranguejos identificados para as áreas monitoradas durante os 6 meses de amostragem, com respectivas FO % (Frequência de ocorrência), Número de indivíduos (N e N%), Biomassa (B e B%), Comprimento Total (CT) e Comprimento da Carapaça (CC).

Familia	Espécie	Caravelas							Ipiranga							São Mateus							Doce						
		FO %	N	N%	B (g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO%	N	N%	B (g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B (g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B (g)	B%	LC (mm)	CC (mm)
Aethiridae	<i>Hepatus pudibundus</i>	27,8	9	0,8	164,9	1,4		26,1 (10-48)	53,8	19	6,5	82,4	4,7	22,8 (17-32)	19,3 (11-33)	2	1	1	23,7	0,4	29 (28-30)	38,5 (37-40)	16,2	1	40	103,8	16,2	15,3 (7-31)	20,2 (10-42)
Epialtidae	<i>Libinia ferreirae</i>	5,6	1	0,1	4,0	0,0		27 (27-27)	53,8	19	6,5	82,4	4,7	22,8 (17-32)	19,3 (11-33)	4	1	2	1145,9	17,4	52,5 (27-78)	45,5 (22-69)	5,4	0	2	1,4	0,2	11,5 (10-13)	10 (7-13)
Leucosiidae	<i>Persephona lichtensteinii</i>	33,3	10	0,9	58,2	0,5		22 (8-32)	23	7	2,4	46,1	2,6	23,6 (16-27)	24,3 (16-27)								8,1	1	3	20,8	3,2	24,6 (22-28)	24 (21-27)
	<i>Persephona punctata</i>	11,1	6	0,5	55,0	0,5	30,3 (29-32)	28,5 (22-34)	53,8	36	12,2	149,7	8,6	21,8 (13-30)	21,9 (12-32)	4	1	2	13,0	0,2	24,5 (20-29)	24,5 (19-30)	16,2	1	29	88,9	13,9	18 (8-32)	16,7 (7-31)
Majidae	<i>Maja japonica</i>	5,6	1	0,1	0,1	0,0		7 (7-7)	30,8	4	1,4	3,5	0,2	12 (8-16)	13,25 (10-20)	10	4	5	16,6	0,3	20 (11-39)	8 (8-8)	5,4	0	2	0,7	0,1	13 (8-18)	7,5 (5-10)
Ocyropodidae	<i>Ucides cordatus</i>								7,7	1	0,3	105,3	6,0	64 (64-64)	49 (49-49)														
Parthenopidae	<i>Costalambus tommasii</i>								38,5	10	3,4	6,7	0,4	12,1 (9-15)	10,3 (7-13)	4	1	2	2,7	0,0	12 (12-12)	14 (14-14)	21,6	1	16	17,6	2,7	17,3 (7-107)	12,5 (8-16)
	<i>Distolambus maltzami</i>																					5,4	0	2	1,3	0,2	10,5 (9-12)	14,5 (14-15)	
	<i>Heterocrypta lapidea</i>								7,7	1	0,3	0,3	0,0		7 (7-7)							2,7	0	1	0,4	0,1	9 (9-9)		
	<i>Spinolambus pourtalesii</i>																					5,4	0	2	2,6	0,4	14 (11-17)		
Portunidae	<i>Achelous spinicarpus</i>								7,7	2	0,7	4,2	0,2	21,5 (18-25)	13 (11-15)	4	1	2	5,1	0,1	15,5 (11-20)	23,5 (17-30)	67,6	5	312	186,8	29,1	12,7 (5-141)	14,3 (7-25)
	<i>Achelous spinimanus</i>								23,1	7	2,4	10,7	0,6	24 (22-28)	13,6 (10-17)							2,7	0	9	5,0	0,8	9,3 (7-11)		
Familia	Espécie	Caravelas							Ipiranga							São Mateus							Doce						
		FO %	N	N%	B(g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO%	N	N%	B(g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B(g)	B%	LC (mm)	CC (mm)	FO %	N	N %	B(g)	B%	LC (mm)	CC (mm)
	<i>Callinectes bocourti</i>															2	1	1	76,6	1,2	48 (48-48)	82 (82-82)							
	<i>Callinectes danae</i>	22,2	18	1,6	1001,0	8,3	73,9 (40-86)	40,9 (22-48)	7,7	1	0,3	0,3	0,0	14 (14-14)	6 (6-6)														
	<i>Callinectes exasperatus</i>															2	1	1	79,0	1,2	52 (39-65)								
	<i>Callinectes ornatus</i>	100,0	1180	104,9	1073,0	89,3	33,3 (1-117)	23,5 (1-210)	84,6	197	67,0	1083,9	62,2	29,5 (13-65)	17,9 (8-39)	56	51	28	2745,0	41,6	34,6 (10-174)	56,5 (18-112)	27,0	2	132	211,8	33,0	13,9 (7-144)	20,4 (11-66)
	<i>Callinectes sapidus</i>															10	6	5	1386,0	21,0	57,6 (39-71)	102,6 (72-122)							
	<i>Charybdis hellerii</i>								15,4	4	1,4	20,1	1,2		20,5 (18-22)														

Fonte: Autoria própria.

Quadro 5: Resultados da PERMANOVA das médias por mês e por ponto da riqueza (S), abundância (n), biomassa, equitatividade de Pielou (J') e diversidade de Shannon-Wiener (H'Loge), dentro de cada estuário, entre outubro de 2018 e março/2019. Os valores significativamente diferentes (P-perm<0,05) estão em negrito.

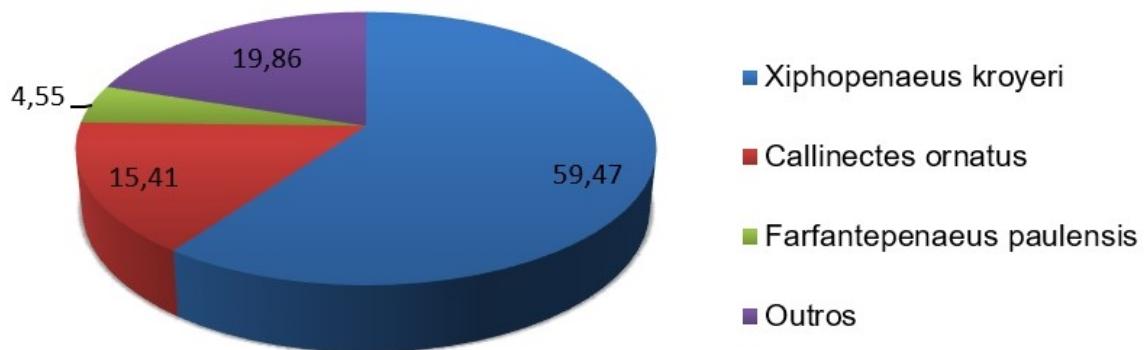
	Doce			Ipiranga			São Mateus			Caravelas		
	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P	GL	Pseudo-F	P
S mês	5	1,107	0,359	5	9,2079	<b>0,0002</b>	5	1,0453	0,3974	5	1,1351	0,36
S ponto	3	3,0427	<b>0,036</b>	4	6,1509	<b>0,0017</b>	2	0,45495	0,7015	5	2,8666	<b>0,011</b>
S mês x ponto	11	1,6411	0,116	11	2,7094	<b>0,0077</b>	10	1,0406	0,4165	25	0,99828	0,485
N mês	5	1,7907	0,089	5	8,6206	<b>0,0001</b>	5	1,3683	0,203	5	1,7147	0,1156
N ponto	3	3,3005	<b>0,007</b>	4	9,928	<b>0,0003</b>	2	0,76365	0,568	5	3,556	<b>0,002</b>
N mês x ponto	11	1,7942	<b>0,033</b>	11	7,662	<b>0,0001</b>	10	1,0423	0,41	25	1,5743	0,0551
bio mês	5	0,59268	0,8774	5	4,5915	<b>0,0001</b>	5	1,2728	0,2131	5	1,7537	0,1051
bio ponto	2	0,46898	0,8251	4	1,4411	0,1757	2	1,4031	0,2061	5	3,5086	<b>0,0043</b>
bio mês x ponto	9	0,72382	0,8246	11	2,9488	<b>0,0001</b>	10	0,93631	0,5712	25	1,5903	0,0564
J' mês	5	2,5464	0,062	5	6,3265	<b>0,022</b>	5	1,3294	0,281	5	0,71829	0,617
J' ponto	3	0,59162	0,635	4	2,8797	<b>0,037</b>	2	1,4775	0,241	5	0,68683	0,675
J' mês x ponto	8	2,2133	0,059	5	4,525	<b>0,005</b>	9	1,595	0,208	22	0,6682	0,866
H' mês	5	5,5325	<b>0,004</b>	5	2,7766	<b>0,044</b>	5	1,6789	0,141	5	0,38165	0,887
H ponto	3	1,742	0,176	4	1,1153	0,403	2	0,43454	0,752	5	0,33229	0,931
H mês x ponto	8	2,9608	<b>0,02</b>	5	2,6943	0,062	9	0,82157	0,623	24	0,88362	0,625

Fonte: Autoria própria.

Conhecida comumente pelo nome de camarão sete-barbas, a espécie *Xiphopenaeus kroyeri* constitui um dos principais recursos pesqueiros do estado do Espírito Santo, sendo dominante em ambientes costeiros rasos ao largo da costa brasileira (SEDREZ, 2013). Nesse sentido, além do valor econômico possui um papel ecológico importante nas relações tróficas que regulam a manutenção do equilíbrio das comunidades bentônicas (PIRES, 1992). Outro aspecto relevante a ser mencionado é a variação no tamanho de primeira maturação das fêmeas desta espécie. Martins et al. (2011) apontam para um tamanho de 9 cm nas regiões centro sul e sul do estado do Espírito Santo, enquanto que dados pretéritos provenientes do monitoramento conduzido em São Mateus demonstram a ocorrência de fêmeas com 7,0 cm de comprimento total já em primeiro estágio de maturação. A análise dos dados referentes à biologia reprodutiva desta espécie em particular deverá ser feita com amostras que compreendam pelo menos um ano de coleta.

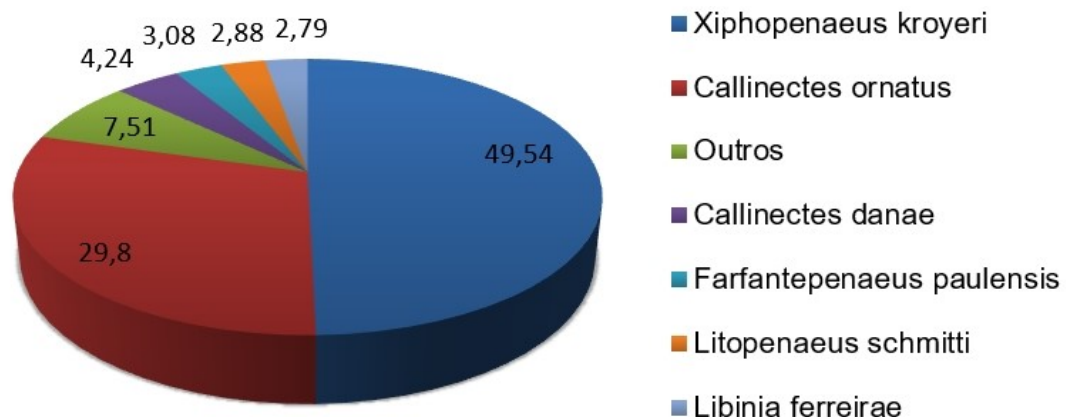
Com hábito alimentar carnívoro oportunista, a espécie *Callinectes ornatus* também apresenta grande relevância no que diz respeito à manutenção das relações tróficas e aos aspectos ligados à estrutura de muitas comunidades bentônicas marinhas/estuarinas, embora não tenha o mesmo valor comercial de *X. kroyeri*. O conhecimento sobre as populações de *C. ornatus* ao longo do litoral do estado do Espírito Santo se restringem ao estudo realizado por Fernandes et al. (2006), que investigaram aspectos reprodutivos da espécie na Ilha do Frade.

Figura 22: Distribuição da abundância total entre as espécies coletadas.



Fonte: Autoria própria.

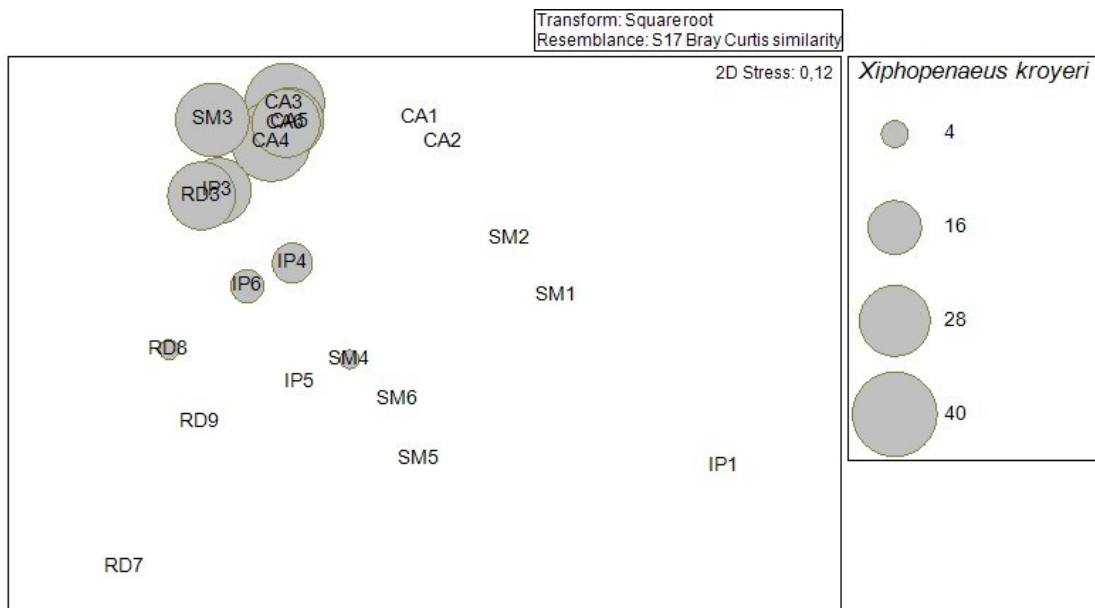
Figura 23: Repartição da biomassa total das espécies coletadas.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 24 e Figura 25 apresentam a análise de ordenamento multidimensional da ocorrência de *X. kroyeri* e *C. ornatus* nos pontos de coleta das áreas monitoradas. Para ambas as espécies se observa baixa frequência de ocorrência ou completa ausência nos pontos RD7, RD8 e RD9, que constituem pontos externos na área de monitoramento do Rio Doce. A ausência de dados populacionais pretéritos e o curto período de 6 meses de campanhas de coleta realizadas pelo subprojeto na região ainda não permitem um diagnóstico adequado desta condição. Entretanto, informações referentes à avaliação da concentração de metais em indivíduos de *X. kroyeri* demonstraram níveis de As, Cd e PB acima dos valores permitido para consumo pela regulamentação da Resolução RDC n. 42 da ANVISA (ICMBio, 2016). É também possível observar que *C. ornatus* é comum na área interna do Rio Caravelas (Figura 25), onde *X. kroyeri* também foi ausente, o que pode ser explicado pela preferência de indivíduos jovens de *C. ornatus* por áreas de grande concentração de matéria orgânica (NEGREIROS-FRANSOZO & FRANSOZO, 1995; FERNANDES et al., 2006), uma vez que há remobilização contínua do assoalho estuarino devido ao processo de dragagem do canal utilizado para tráfego marítimo.

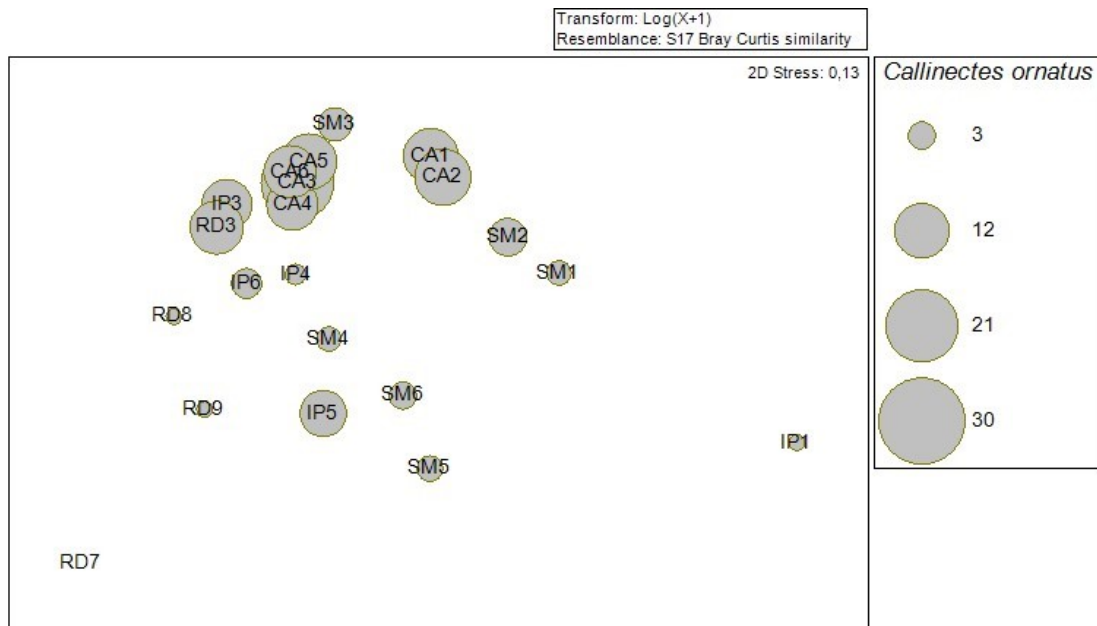
Figura 24: Ordenação NMDS dos pontos de coleta dos estuários monitorados. Círculos representam a ocorrência de *Xiphopenaeus kroyeri*



Fonte: Autoria própria.



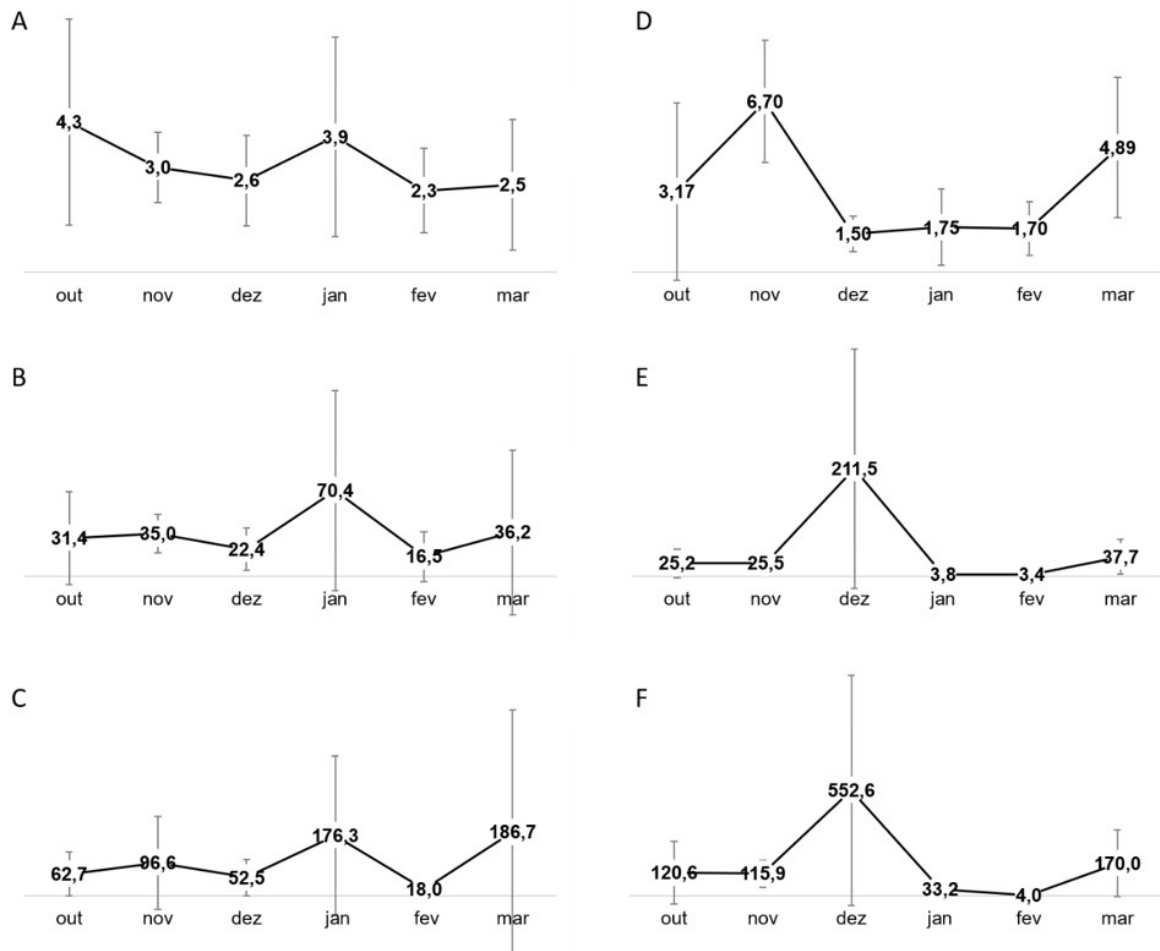
Figura 25: Ordenação NMDS dos pontos de coleta dos estuários monitorados. Círculos representam a ocorrência de *Callinectes ornatus*.



Fonte: Autoria própria.

Ao se analisar os valores de abundância e biomassa da carcinofauna no Rio Doce ao longo dos 6 meses de amostragem se percebe uma variação espacial e temporal entre pontos e meses (PERMANOVA;  $P < 0,05$ ), o que se deve especialmente à ausência de *X. kroyeri* nos pontos RD7 e RD9, além de baixa abundância em RD8, que são os pontos mais distantes da costa (externos). Por outro lado, a ocorrência de *X. kroyeri* e *C. ornatus* no ponto RD3 certamente influenciam o pico de abundância observado em janeiro/19 e uma nova tendência de aumento em março/19 (Figura 26). Martins et al. (2013) sugerem que *X. kroyeri* apresenta desova anual contínua e períodos de recrutamento entre dezembro e fevereiro e em julho e agosto no litoral sul do Espírito Santo, o que vem sendo corroborado pelos resultados obtidos. Não se reconhece diferença significativa em termos de variação de riqueza no Rio Doce, ainda que tenha sido observado um aumento médio no mês de janeiro/19.

Figura 26: Distribuição mensal dos valores médios de riqueza, abundância e biomassa para os rios Doce e Ipiranga. A-C: Rio Doce; A – riqueza, B – abundância, C – biomassa; D-E: Rio Ipiranga; D – riqueza, E – abundância, F – biomassa.



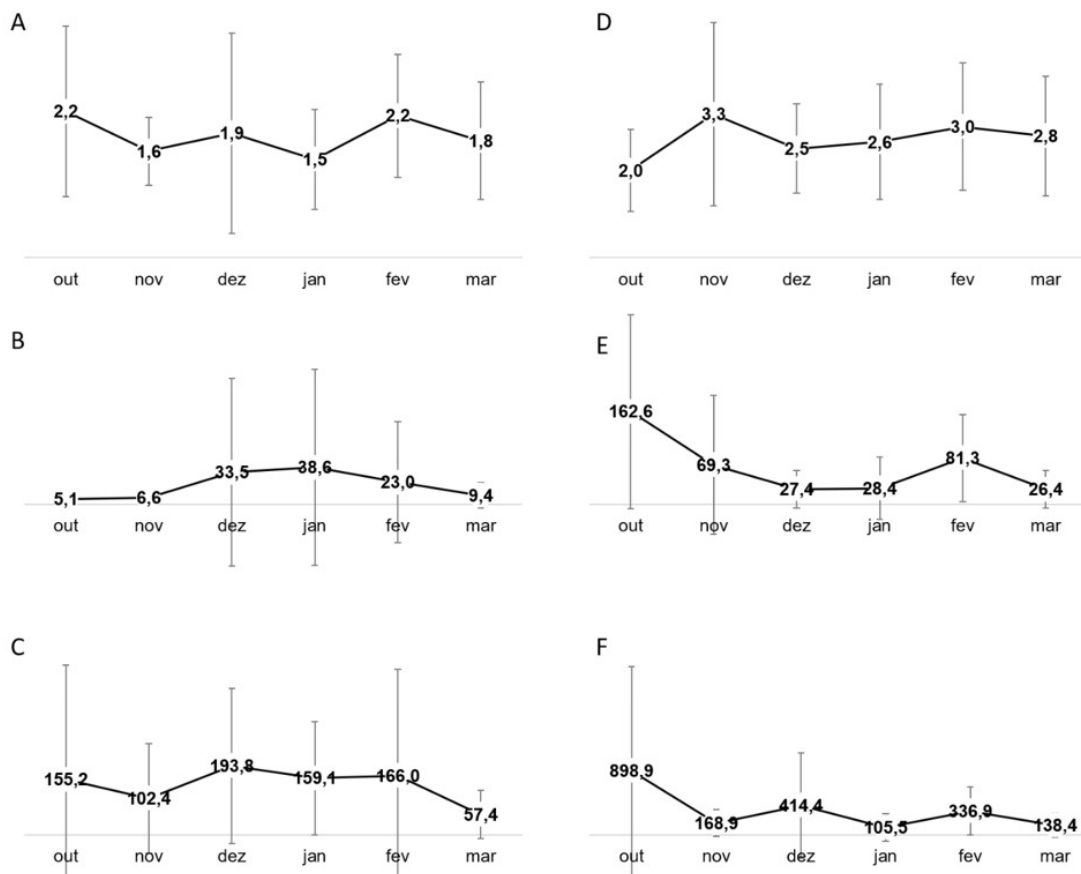
Fonte: Autoria própria.

Ao se analisar a variação espaço-temporal da carcinofauna em termos de riqueza no Rio Ipiranga, se observa diferenças significativas dos valores obtidos entre os pontos de coleta ao longo dos 6 meses de coleta (PERMANOVA,  $P < 0,05$ ). Tal diferença é evidenciada pelo aumento significativo do valor obtido para o mês de novembro/18 em relação a outubro/18 (Figura 26). Em seguida, há um decréscimo em dezembro/18, permanecendo baixa em janeiro/19 e fevereiro/19. Em março/19 se observa uma nova tendência de aumento da riqueza, devido à ocorrência de espécies mais raras. Em termos de número de indivíduos e biomassa, se observa diferenças entre meses e na comparação direta entre meses e pontos de coleta (PERMANOVA,  $P < 0,05$ ). Este resultado se deve principalmente à elevada abundância de *X. kroyeri* (578 ind – 1,7 kg) e *C. ornatus* (105 ind. – 0,33 kg) em dezembro/18, especialmente no ponto IP3, assim como aos baixos valores obtidos em IP1.

A partir dos dados coletados até o momento, não se reconhece diferença significativa em termos de riqueza e abundância de espécies entre os meses e os pontos de coleta no Rio São Mateus. No entanto, ao se analisar a abundância em termos do número de indivíduos os dados indicam um aumento significativo em dezembro/18 e janeiro/19 (Figura 27), com a típica dominância de *X. kroyeri* (222 e 292 ind., respectivamente) e uma maior representatividade da espécie *C. danae* (10 ind.) em janeiro/19. Se

percebe ainda, tal como no Rio Caravelas, uma inversão das espécies mais abundantes em relação à biomassa nos rios Doce e Ipiranga, sendo *C. ornatus* (31,6% - 2,74 kg) a espécie mais abundante, seguida de *X. kroyeri* (19,4 % - 1,68 kg) e *C. sapidus* (31,6% - 1,38 kg).

Figura 27: Distribuição mensal dos valores médios de riqueza, abundância e biomassa para os rios São Mateus e Caravelas. A-C: Rio São Mateus; A – riqueza, B – abundância, C – biomassa; D-E: Rio Caravelas; D – riqueza, E – abundância, F – biomassa.



Fonte: Autoria própria.

As análises dos valores obtidos de riqueza e abundância em termos de número de indivíduos e biomassa para Caravelas apresentam certa regularidade temporal ao longo dos 6 meses de coleta. Quanto aos pontos de coleta, se observa diferenças (PERMANOVA,  $P < 0,05$ ) relacionadas à dominância de *X. kroyeri* (60,5% - 3783 ind.) na área externa (CA3, CA4, CA5 e CA6) e sua completa ausência na área interna (CA1 e CA2) do estuário. Por outro lado, *C. ornatus* foi a espécie mais abundante nos pontos internos em biomassa, com maior destaque no ponto CA1 em outubro/18 (99% - 0,99 kg) e dezembro/18 (88% - 1 kg) e no ponto CA2 dezembro/18 (83% - 2,24 kg) (Figura 27). As diferenças entre as áreas interna e externa é ainda reforçada pela abundância da espécie *Acetes americanus* em dois pontos externos (CA3 e CA5), cuja ocorrência na área de monitoramento é restrita ao Rio Caravelas.

Aproximadamente um terço do volume total de camarões pescados no estado do Espírito Santo corresponde à espécie *X. kroyeri*. A intensa atividade pesqueira por meio da pesca de arrasto tem

efeitos importantes sobre a epifauna bentônica, por ser pouco seletiva e trazer a bordo mais que o dobro do peso da espécie-alvo capturada na forma de descartes e fauna acompanhante (SEDREZ et al., 2013). Os efeitos diretos e indiretos que a pesca exerce sobre as comunidades bentônicas alteram sua estrutura em diversos níveis, desde a teia-alimentar, alteração física do ambiente, riqueza de espécies, diversidade genética etc. (FRID & DOBSON, 2002). Estes últimos autores mencionam ainda um estudo conduzido pelo primeiro autor mostrando que, no Mar do Norte, a pesca demersal causou sérios impactos à fauna bentônica, causando um decréscimo considerável nas abundâncias de crustáceos e moluscos, e por conseguinte um aumento na abundância de equinodermos. Dessa forma, os dados obtidos até o momento para as áreas monitoradas do Rio Doce ainda não permitem associar a baixa ocorrência da espécie *X. kroyeri* diretamente ao rompimento da barragem.

Os resultados e discussões aqui apresentados referem-se a dados parciais, sem a determinação de alguns indivíduos de espécies mais raras. Entretanto, de forma geral já são apresentadas as tendências que serão melhor discutidas e interpretadas posteriormente, com a inclusão de dados reprodutivos e uma melhor descrição da estrutura desta comunidade.

### 2.3 CONCLUSÃO

O artefato de pesca utilizado (arrasto de fundo com portas) no presente estudo foi escolhido por ser empregado em uma das pescarias mais importantes do estado do Espírito Santo, a pesca do camarão-sete-barbas, mas também por propiciar a padronização do esforço, mesmo sendo empregado em ambientes diferentes, facilitando as comparações. Este artefato é também pouco seletivo, propiciando a captura de mais representantes da atividade pesqueira. Assim, a ictiofauna e carcinofauna capturadas neste estudo, representam a atividade pesqueira no estado. Além disso, a fauna capturada por este artefato, vive em contato direto com o sedimento, refletindo a saúde do habitat. Foram ainda escolhidos outros estuários ao norte e ao sul do rio Doce visando fazer analogias entre as tendências temporais observadas nos mesmos.

Com exceção do estuário e região marinha adjacente do rio São Mateus (53 meses de coletas, dados não publicados do Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos – CEUNES), estudos de longo prazo e anteriores ao rompimento da barragem de Mariana/MG são escassos e, desta forma, as variações temporais e espaciais naturais destas assembleias são desconhecidas. Como não se sabe o que, quando e onde se pesca, há dificuldades para implementação de medidas de ordenamento pesqueiro, colocando em risco a manutenção dos recursos pesqueiros e, conseqüentemente, a sobrevivência do próprio pescador.

Destaca-se que o período de seis meses a que se refere este relatório, é insuficiente para se observar mudanças significativas nas assembleias ictiofaunísticas e carcinofaunísticas. Monitoramentos de apenas 12 meses estão sujeitos a fenômenos extraordinários como períodos de El Niño/La Niña, intempéries, secas, mascarando os efeitos agudos e crônicos dos impactos ambientais. Desta forma,

monitoramentos de longo prazo permitem a adequada compreensão do comportamento natural das comunidades ecológicas, facilitando o entendimento destes desastres ambientais como o que ocorreu no rio Doce. Por outro lado, apesar do curto período de estudo, houve um avanço significativo no conhecimento da diversidade dos estuários estudados, que são carentes de estudos sobretudo na região do rio Doce. Assim, é recomendado o monitoramento por um período mínimo de cinco anos para que sejam contempladas as diversas variáveis que podem influenciar os padrões de distribuição e abundância das comunidades e populações de peixes marinhos.

A partir dos dados apresentados é possível perceber aspectos importantes da composição e estrutura das assembleias de peixes e crustáceos das áreas estuarinas e marinhas costeiras adjacentes aos rios Doce, Ipiranga, São Mateus e Caravelas. De maneira geral, o que se pode evidenciar é uma grande heterogeneidade ao se observar a composição de espécies nos 6 meses de campanha de coleta realizados, não permitindo ainda a identificação de padrões exclusivamente associados aos efeitos dos impactos do rompimento da barragem.

Até o momento, o estudo realizado mensalmente em cinco estuários simultaneamente, permitiu destacar espécies que precisam ter seus aspectos biológicos básicos (alimentação, reprodução, crescimento) estudados e podem servir como indicadores do impacto. Dentre estas espécies, destacam-se *Chirocentrodon bleekermanus* e *Stellifer brasiliensis* que, apesar de não figurarem em listas de espécies ameaçadas, requerem total atenção pois são importantes alicerces das redes tróficas costeiras no Espírito Santo, além de representarem grande parte do *bycatch* das frotas camaroneiras.

As espécies *Xyphopeneus kroyeri* e *Callinectes ornatus* representam componentes majoritários em termos de abundância e biomassa em todas as áreas de monitoramento. Ainda assim, outras espécies que constituem recursos estuarinos/marinhos pesqueiros importantes foram encontradas, como *Farfantepenaeus brasiliensis*, *Farfantepenaeus paulensis* e *Litopenaeus schimittii*. Embora os resultados aqui apresentados sejam ainda preliminares para uma avaliação adequada das populações de crustáceos, se observa variação significativa da abundância entre os pontos de coleta e os picos de maior abundância observados entre as áreas monitoradas. Destaca-se a ausência ou baixos valores obtidos para a espécie *X. kroyeri* observados no Rio Doce ainda precisam ser melhor investigados em consonância com a determinação da variabilidade ambiental deste estuário. A abundância e a biomassa das assembleias da macrofauna bentônica são associadas aos padrões espaciais e temporais da variabilidade na salinidade, temperatura, teor de lama e produção estuarina, enquanto múltiplos impactos antrópicos adicionalmente alteram estes parâmetros em ambas escalas espacial e temporal. Embora existam fatores que governam mudanças naturais na abundância das comunidades bentônicas, altas densidades têm sido observadas em locais com elevado teor de lama em setores mesohalinos (LANA & BERNADINO, 2018). Fica patente, portanto, a relevância da continuidade deste monitoramento a médio/longo prazo, para que se permita avaliar o componente sazonal intra e interanual possibilitando a produção de um diagnóstico adequado e conclusivo dos efeitos do rompimento da barragem sobre a carcinofauna da região.

## 2.4 REFERÊNCIAS

- ANKER, A. Revision of the western Atlantic members of the *Alpheus armillatus* H. Milne Edwards, 1937 species complex (Decapoda, Alpheidae), with description of seven new species. *Zootaxa (Monograph)*, 3386: 1-109.
- BRACKEN-GRISSOM, H.D., FELDER, D. L. 2014. Provisional revision of American shrimp allied to *Alpheus floridanus* Kingsley, 1878 (Crustácea: Decapoda: Alpheidae) with notes on *A. floridanus africanus*. *Zootaxa* 3895(4): 451-491.
- COSTA, R. C. C., FRANSOZO, A., MELO, G. A. S., FREIRE, F. A. M. Chave Ilustrada para Identificação dos Camarões Dendrobranchiata do Litoral Norte do Estado de São Paulo. *Biota Neotropica*, 3(1) – BN01503012003.
- CTA. 2017. Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES. CTA - Serviços em meio ambiente. 124 p.
- DIAS NETO, 2011. Proposta de Plano Nacional de Gestão para o uso sustentável de Camarões Marinhos do Brasil. Ministério de Meio Ambiente, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília. 242p.
- FERNANDES, J.M., ROSA, D.M., ARAUJO, C.C.V., RIPOLI, L. V., SANTOS, H.S. 2006. Biologia e distribuição temporal de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Crustácea, Portunidae) em uma praia arenosa da Ilha do Frade, Vitória-ES. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 20: 59-71.
- FRID, C., DOBSON, M. 2002. *Ecology of Aquatic Management*. Pearson Education Ltd., Harlow, Essex. 274 pp.
- GIGLIO, V. J., & FREITAS, M. O. 2013. Caracterização da pesca artesanal com rede de camboa na Reserva Extrativista de Cassurubá, Bahia. *Biotemas*, 26(2): 249-259.
- HENRIQUES, S., GUILHAUMON, F., VILLÉGER, S., AMOROSO, S., FRANÇA, S., PASQUAUD, S., CABRAL, H. N. & VASCONCELOS, R. P. 2016. Biogeographical region and environmental conditions drive functional traits of estuarine fish assemblages worldwide. *Fish and Fisheries*, 1-10.
- ICMBio, 2016. Avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (Relatório), 62p.
- LANA, P.C., BERNADINO, A.F. 2018. *Brazilian Estuaries: A Benthic Perspective*. Ed. Springer, Switzerland. 226 p.
- MARTINHO, F., DOLBETH, M., VIEGAS, I., TEIXEIRA, C. M., CABRAL, H. N. & PARDAL, M. A. 2009. Environmental effects on the recruitment variability of nursery species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83, 460-468.

- MARTINS, A.S., PINHEIRO, H.T., LEITE JÚNIOR, N. O. 2013. Biologia reprodutiva do camarão sete-barbas no litoral centro sul e sul do Espírito Santo, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca, 39(3): 205-2015.
- MELO, G. A. S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do Litoral Brasileiro. Ed. Plêiade, São Paulo. 603p.
- MMA/ICMBio. 2017. Monitoramento da Pluma de Sedimentos Provenientes da Barragem de Fundão. Nota Técnica n. 23/2017/TAMAR-Vitória-ES/DIBIO/ICMBio. Thomé, J. C. A., Coordenador, Vitória. 44 p.
- FERNANDES, J.M., VILAR, CIRO, C.C., ROSA, D.M. 2011 Ocorrência da espécie exótica *Charbdis hellerii* Milne Edwards, 1867 (Crustácea, Portunidae) no litoral do Espírito Santo. Natureza on line, 9(1) 35-37.
- NEGREIROS-FRANSOZO, M.A., FRANSOZO, A. 1995. On the distribution of *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 and *Callinectes danae* Smith, 1869 (Brachyura, Portunidae) in the Fortaleza Bay, Ubatuba, Brazil. Iheringia Serie Zoologia, 29(79): 13-25.
- PICHLER, H. A., GRAY, C. A., BROADHURST, M. K., SPACH, H. L. & NAGELKERKEN, I. 2017. Seasonal and environmental influences on recruitment patterns and habitat usage among resident and transient fishes in a World Heritage Site subtropical estuary. Journal of Fish Biology, 90: 396 – 416.
- PIRES, A.M.S. 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southern Brazil. Marine Ecology Progress Series, 86, 63-76.
- ROBERTSON, A. I. & DUKE, N. C. 1990. Recruitment, growth and residence time of fishes in a tropical Australian mangrove system. Estuarine Coastal and Shelf Science, 31, 723-743.
- SAZIMA, C., MOURA, R. L., & SAZIMA, I. 2004. *Chirocentrodon bleekermanus* (Teleostei: Clupeiformes: Pristigasteridae), a small predaceous herring with folded and distinctively oriented prey in stomach. Brazilian Journal of Biology, 64(1), 165-168.
- SEDREZ, M.C., BRANCO, J.O., FREITAS-JUNIOR, F., MONTEIRO, H.S., BARBIERI, E. 2013. Ictiofauna acompanhante na pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral sul do Brasil. Biota Neotropica, 13(1): 165-175.
- SEDRZ, M.C., BRANCO, J.O, FREITAS JUNIOR, F., MONTEIRO, H.S., BARBIERI, E. Ichthyofauna bycatch of sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri*) fishing in the town of Porto Belo, SC, Brasil. Biota Neotropica, 13(1): 165-175.

## 2.5 APÊNDICE

Figura 28: Rede utilizada para amostragem de ictiofauna realizada em fevereiro de 2019, na área externa do estuário do rio Ipiranga.



Fonte: Autoria própria.

Figura 29: Coleta de dados ambientais realizada em fevereiro de 2019, na área externa do estuário do Rio Ipiranga



Fonte: Autoria própria.



Figura 30: Deslocamento nas áreas amostrais na área interna do estuário do rio Ipiranga utilização de GPS, em fevereiro de 2019.



Fonte: Autoria própria.

Figura 31: Triagem do material realizada no laboratório de ecologia de peixes marinhos em dezembro de 2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 32: Peixes organizados para a biometria Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos, em dezembro de 2018.



Fonte: Autoria própria.

Figura 33: Biometria de peixes coletados pelo Laboratório de Ecologia de Peixes Marinhos, em dezembro de 2018.



Fonte: Autoria própria.

### 3 SUBPROJETO: GENÉTICA DE PEIXES ESTUARINOS/MARINHOS E RECIFAIS

#### 3.1 OBJETIVO

Dentro da meta 3 (realizar estudos de genética de peixes estuarinos/marinhos e recifais) do plano de trabalho, este subprojeto tem o objetivo de cumprir a meta 3.3 que irá avaliar o DNA mitocondrial (*Barcoding*) das espécies de peixes coletadas.

#### 3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta etapa do projeto está sendo realizada pelo Laboratório de Genética e Conservação Animal do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), São Mateus, ES.

Entre os meses de outubro de 2018 e março de 2019 foram coletados músculos de todas as espécies de peixes que vieram nos seis arrastos para quatro unidades amostrais: rio Doce, rio Ipiranga, rio São Mateus e rio Caravelas para as análises de DNA *Barcoding* e formação de um banco de tecidos das espécies identificadas. No total foram amostrados 2.560 espécimes, representando 95 gêneros e 133 espécies de peixes marinhos/estuarinos e recifais. Destas amostras, 506 foram provenientes do rio Caravelas, 437 do rio Doce, 696 do rio Ipiranga e 921 do rio São Mateus (Tabela 4).

Tabela 4: Gêneros e espécies de peixes coletados nas quatro unidades amostrais analisadas neste estudo (rio Caravelas, rio Doce, rio Ipiranga e rio São Mateus).

Gêneros	Espécies	Caravelas	Doce	Ipiranga	São Mateus	Total
<i>Acanthostracion</i>	1				1	1
<i>Acanthurus</i>	1			1		1
<i>Achirus</i>	2				34	34
<i>Anchoa</i>	5	6	37	48	18	109
<i>Anchovia</i>	1	14	1	5	9	29
<i>Anchoviella</i>	2	15	2	8	12	37
<i>Antennarius</i>	1		1			1
<i>Aspistor</i>	1	8		11	11	30
<i>Bagre</i>	2	14		6	6	26
<i>Bairdiella</i>	1				10	10
<i>Bothus</i>	2		2	8	6	16
<i>Caranx</i>	1				2	2
<i>Cathorops</i>	1	15	16	3	15	49
<i>Centropomus</i>	2			1	4	5
<i>Cetengraulis</i>	1	1			15	16
<i>Chaetodon</i>	1		2			2
<i>Chaetordipterus</i>	1	12		2	3	17
<i>Chilomycterus</i>	1	1				1
<i>Chirocentron</i>	1	12	11	16	10	49

Gêneros	Espécies	Caravelas	Doce	Ipiranga	São Mateus	Total
<i>Chloroscombrus</i>	1	6	1	12	35	54
<i>Citharichthys</i>	3	3	13	11	18	45
<i>Conodon</i>	1	17	10	28	22	77
<i>Ctenogobius</i>	1	2				2
<i>Ctenosciaena</i>	1	11	10	12	10	43
<i>Cynoscion</i>	5	6	6	10	22	44
<i>Dactylopterus</i>	1		1	1		2
<i>Dactyloscopus</i>	1	1				1
<i>Diapterus</i>	2	12		18	48	78
<i>Diplectrum</i>	2	1	10	6	16	33
<i>Eleotris</i>	1	1				1
<i>Engraulis</i>	1		5	8		13
<i>Etropus</i>	1	14	3	15	15	47
<i>Eucinostomus</i>	3	19	9		8	36
<i>Eugerres</i>	1	1			7	8
<i>Genidens</i>	1			21	20	41
<i>Genyatremus</i>	1	14		1	3	18
<i>Genypterus</i>	1		5			5
<i>Geophagus</i>	1			10		10
<i>Gobionellus</i>	1			7	3	10
<i>Gymnothorax</i>	1		2	5		7
<i>Gymnura</i>	1				1	1
<i>Haemulon</i>	1				4	4
<i>Haemulopsis</i>	1	6		9	19	34
<i>Harengula</i>	1	3				3
<i>Hemicaranx</i>	1			1	1	2
<i>Hippocampus</i>	2			1	3	4
<i>Hypanus</i>	1	1		6	4	11
<i>Hyphessobrycom</i>	1			1		1
<i>Hyporhamphus</i>	1		1			1
<i>Isopisthus</i>	1	10	13	10	15	48
<i>Lagocephalus</i>	1				2	2
<i>Larimus</i>	1	22	3	37	10	72
<i>Lutjanus</i>	2	1		2	22	25
<i>Lycengraulis</i>	1	10	23	17	35	76
<i>Macrodon</i>	2		2	10	10	22
<i>Menticirrhus</i>	1	33	2	4	16	55
<i>Microgobius</i>	1	3				3
<i>Micropogonias</i>	1				25	25
<i>Nebris</i>	1		10	6	5	21
<i>Nicholsina</i>	1			10	7	17
<i>Odontognathus</i>	1	32	8	10	19	69
<i>Ogcocephalus</i>	1			2	1	3
<i>Oligoplites</i>	1			2		2
<i>Ophichthus</i>	1	1		1		2

Gêneros	Espécies	Caravelas	Doce	Ipiranga	São Mateus	Total
<i>Opisthonema</i>	1		3	1	9	13
<i>Paralonchurus</i>	1	16	22	40	19	97
<i>Pareques</i>	1				2	2
<i>Parrella</i>	1		1			1
<i>Pellona</i>	1	12	15	23	12	62
<i>Peprilus</i>	3			8		8
<i>Platanichthys</i>	1				10	10
<i>Polydactylus</i>	1	15	1	11	11	38
<i>Pomadasys</i>	2	8			3	11
<i>Porichthys</i>	1		2	8		10
<i>Priacanthus</i>	2		1	4	10	15
<i>Prionotus</i>	1	1	14	15	12	42
<i>Prochilodus</i>	1				2	2
<i>Pseudauchenipterus</i>	1				10	10
<i>Pseudupeneus</i>	1		2			2
<i>Pygocentrus</i>	1				1	1
<i>Rypticus</i>	1	2				2
<i>Sardinella</i>	1		1		5	6
<i>Sauria</i>	1	1	10	1		12
<i>Scorpaena</i>	1		12	3	7	22
<i>Selene</i>	1			2	1	3
<i>Serranus</i>	2		4	9		13
<i>Sphoeroides</i>	5	15	5	13	39	72
<i>Stellifer</i>	4	64	74	98	109	345
<i>Stephanolepsis</i>	1	1		1		2
<i>Syacium</i>	2	2	22	10	20	54
<i>Symphurus</i>	3	15	17	14	15	61
<i>Synodus</i>	1	1	14	11	10	36
<i>Trichiurus</i>	1			6	5	11
<i>Trinectes</i>	2	25	12	13	26	76
<i>Upeneus</i>	1		5	2	1	8
<b>Total Geral</b>	<b>133</b>	<b>506</b>	<b>437</b>	<b>696</b>	<b>921</b>	<b>2560</b>

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o plano de trabalho apresentado, para as análises de DNA *Barcoding* serão necessários cinco espécimes por espécie coletada. No decorrer dos seis primeiros meses de estudo, das 133 espécies que vieram nos arrastos, 83 já tiveram o número de cinco espécimes atingidos (Tabela 5). As amostras extras coletadas serão para o armazenamento e banco de tecidos do Laboratório de Genética e Conservação Animal do CEUNES, para caso seja continuado o monitoramento a médio e longo prazo possam ser realizadas novas análises genéticas das espécies de peixes.

Tabela 5: Espécies coletadas, número de amostras de tecido coletadas e a número de amostras extraídas e amplificadas, via PCR, para cada espécie até o sexto mês de projeto.

<b>Espécies</b>	<b>N de amostras</b>	<b>Extraídas</b>	<b>Amplificadas</b>
<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	0	0
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	1	0	0
<i>Achirus declives</i>	5	0	0
<i>Achirus lineatus</i>	5	5	5
<i>Anchoa filifera</i>	5	5	5
<i>Anchoa januaria</i>	5	5	4
<i>Anchoa lyoleps</i>	5	4	1
<i>Anchoa spinifera</i>	5	5	5
<i>Anchoa tricolor</i>	5	5	2
<i>Anchovia clupeioides</i>	5	5	2
<i>Anchoviella brevirostris</i>	3	3	0
<i>Anchoviella lepidentostole</i>	5	5	5
<i>Antennarius scaber</i>	1	0	0
<i>Aspistor luniscutis</i>	5	5	5
<i>Bagre bagre</i>	5	5	0
<i>Bagre marinus</i>	5	4	4
<i>Bairdiella ronchus</i>	5	5	2
<i>Bothus ocellatus</i>	1	0	0
<i>Bothus robinsi</i>	5	3	3
<i>Caranx latus</i>	2	0	0
<i>Cathorops spixii</i>	5	5	5
<i>Centropomus parallelus</i>	3	0	0
<i>Centropomus undecimalis</i>	2	0	0
<i>Cetengraulis edentulus</i>	5	0	0
<i>Chaetodon sedentarius</i>	2	0	0
<i>Chaetodipterus faber</i>	5	5	3
<i>Chilomycterus spinosus</i>	1	0	0
<i>Chirocentrodon bleekermanus</i>	5	5	2
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	5	5	5
<i>Citharichthys arenaceus</i>	3	0	0
<i>Citharichthys macrops</i>	5	5	5
<i>Citharichthys spilopterus</i>	4	0	0
<i>Conodon nobilis</i>	5	5	4
<i>Ctenogobius stigmatus</i>	2	0	0
<i>Ctenosciaena gracilichirrus</i>	5	5	2
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	5	5	5
<i>Cynoscion leiarchus</i>	5	0	0
<i>Cynoscion microlepidotus</i>	5	0	0
<i>Cynoscion similis</i>	1	0	0
<i>Cynoscion virescens</i>	2	0	0
<i>Dactylopterus volitans</i>	2	0	0
<i>Dactyloscopus crossotus</i>	1	1	0
<i>Diapterus auratus</i>	5	0	0
<i>Diapterus rhombeus</i>	5	5	2

<b>Espécies</b>	<b>N de amostras</b>	<b>Extraídas</b>	<b>Amplificadas</b>
<i>Diplectrum formosum</i>	5	5	0
<i>Diplectrum radiale</i>	5	0	0
<i>Eleotris pisonis</i>	1	0	0
<i>Engraulis anchoita</i>	5	5	1
<i>Etropus crossotus</i>	5	3	0
<i>Eucinostomus argenteus</i>	5	0	0
<i>Eucinostomus gula</i>	5	0	0
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	2	0	0
<i>Eugerres brasilianus</i>	5	0	0
<i>Genidens genidens</i>	5	5	5
<i>Genyatremus luteus</i>	5	0	0
<i>Genypterus brasiliensis</i>	5	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	5	0	0
<i>Gobionellus oceanicus</i>	5	0	0
<i>Gymnothorax ocellatus</i>	5	1	0
<i>Gymnura micrura</i>	1	0	0
<i>Haemulon aurolineatum</i>	4	0	0
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i>	5	5	5
<i>Harengula clupeola</i>	3	0	0
<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	2	0	0
<i>Hippocampus erectus</i>	2	0	0
<i>Hippocampus reidi</i>	2	0	0
<i>Hypanus guttatus</i>	5	0	0
<i>Hypessobrycom bifasciatus</i>	1	0	0
<i>Hyporhamphus roberti</i>	1	0	0
<i>Isopisthus parvipinnis</i>	5	5	4
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	2	0	0
<i>Larimus breviceps</i>	5	5	2
<i>Lutjanus jocu</i>	5	0	0
<i>Lutjanus synagris</i>	5	1	0
<i>Lycengraulis grossidens</i>	5	5	2
<i>Macrodon ancylodon</i>	5	5	4
<i>Macrodon atricauda</i>	2	0	0
<i>Menticirrhus americanus</i>	5	5	5
<i>Microgobius meeki</i>	3	0	0
<i>Micropogonias furnieri</i>	5	5	2
<i>Nebris microps</i>	5	5	2
<i>Nicholsina usta</i>	5	1	0
<i>Odontognathus mucronatus</i>	5	5	0
<i>Ogcocephalus vespertilio</i>	3	1	0
<i>Oligoplites saliens</i>	2	0	0
<i>Ophichthus gomesii</i>	2	1	0
<i>Opisthonema oglinum</i>	5	0	0
<i>Pareques acuminatus</i>	2	0	0
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	5	5	5
<i>Parrella macropteryx</i>	1	0	0

Espécies	N de amostras	Extraídas	Amplificadas
<i>Pellona harroweri</i>	5	5	5
<i>Peprilus crinulatus</i>	3	0	0
<i>Peprilus paru</i>	4	0	0
<i>Peprilus xanthurus</i>	1	1	0
<i>Platanichthys platana</i>	5	5	0
<i>Polydactylus virginicus</i>	5	5	5
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	5	0	0
<i>Pomadasys ramosus</i>	3	0	0
<i>Porichthys porosissimus</i>	5	0	0
<i>Priacanthus arenatus</i>	1	0	0
<i>Priacanthus cruentatus</i>	5	0	0
<i>Prionotus punctatus</i>	5	5	2
<i>Prochilodus lineatus</i>	2	0	0
<i>Pseudauchenipterus affinis</i>	5	5	2
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	2	0	0
<i>Pygocentrus nattereri</i>	1	0	0
<i>Rypticus randalli</i>	2	0	0
<i>Sardinella brasiliensis</i>	5	0	0
<i>Sauria brasiliensis</i>	5	5	2
<i>Scorpaena brasiliensis</i>	5	5	1
<i>Selene vomer</i>	3	0	0
<i>Serranus atrobranchus</i>	4	0	0
<i>Serranus flaviventris</i>	5	0	0
<i>Sphoeroides dorsalis</i>	1	0	0
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	4	0	0
<i>Sphoeroides spengleri</i>	5	5	2
<i>Sphoeroides testudineus</i>	5	5	2
<i>Sphoeroides tyleri</i>	5	0	0
<i>Stellifer brasiliensis</i>	5	5	2
<i>Stellifer rastrifer</i>	5	5	2
<i>Stellifer sp.</i>	5	5	2
<i>Stellifer stellifer</i>	5	5	0
<i>Stephanolepis hispidus</i>	2	0	0
<i>Syacium micrurum</i>	5	0	0
<i>Syacium papillosum</i>	5	5	2
<i>Symphurus diomedianus</i>	1	0	0
<i>Symphurus plagusia</i>	5	0	0
<i>Symphurus tessellatus</i>	5	5	1
<i>Synodus foetens</i>	5	5	2
<i>Trichiurus lepturus</i>	5	0	0
<i>Trinectes microphthalmus</i>	5	0	0
<i>Trinectes paulistanus</i>	5	5	2
<i>Upeneus parvus</i>	5	0	0
<b>Total</b>	<b>517</b>	<b>269</b>	<b>147</b>

Fonte: Autoria própria.



Para todos os indivíduos coletados, uma identificação contendo a sigla da espécie, o arrasto, o ponto, o rio e a data de coleta foi criada. Todos os espécimes foram fotografados para posterior comparação com a sequência genética (Figura 34).

Figura 34: Indivíduo da espécie *Diapterus rhombeus* coletado no ponto 2, arrasto 3, no Rio São Mateus em 16 de novembro de 2018

DIARHO.04SM02A3.16XI18



Fonte: Autoria própria.

Das 517 amostras de músculo coletadas para o *Barcoding*, 269 tiveram DNA extraídos seguindo o protocolo de extração salina (Bruford et al., 1992). Todas as amostras foram quantificadas em espectrofotômetro e apresentaram a concentração de DNA entre 2,2 e 4.836,1 ng/ul, com uma média de concentração de 505,78 ng/ul. O menor valor de concentração de DNA encontrado foi para um indivíduo da espécie *Chaetodipterus faber* e o maior valor de concentração é proveniente de uma amostra de *Engraulis anchoita*.

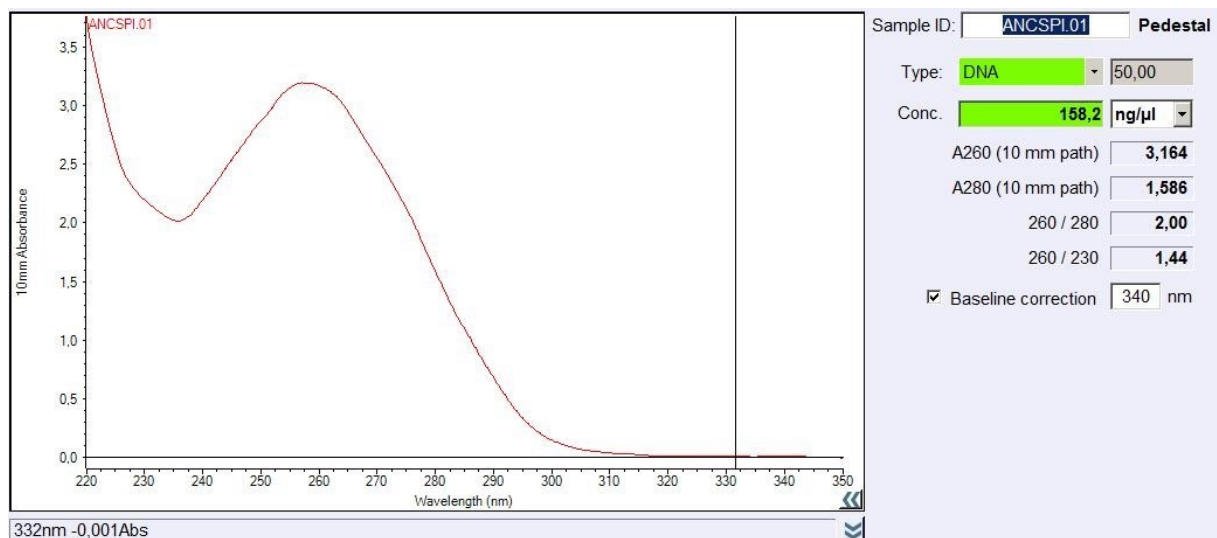
As amostras que apresentaram concentração de DNA superior a 50 ng/ul foram diluídas para 10 ng/ul a fim de evitar possíveis erros durante a amplificação por PCR e/ou sequenciamento devido ao excesso de material genético.

O excesso de DNA pode acarretar em uma concentração de impurezas agregadas, que pode ocasionar erros em reações posteriores, bandas pouco definidas e/ou arrastos nos perfis eletroforéticos. Em contrapartida, a baixa concentração de DNA pode resultar em uma amplificação errada ou não amplificação de certos fragmentos, bem como perfis de eletroforese não reproduzíveis (Ferreira et al., 1996).

O valor de absorbância do DNA extraído para a maioria das amostras ficaram próximos ao valor desejado, que seria entre 1,8 e 2,0 (Figura 35).

O grau de pureza e qualidade do DNA são obtidos a partir da razão entre as leituras de 260 a 280 nm (A260/A280) (Lima et al., 2006), sendo que um DNA puro e com boa qualidade normalmente apresenta uma relação entre 1,8 e 2,0 (Desjardins et al., 2010). A extração do DNA é o primeiro passo para utilizá-lo em diversas técnicas moleculares, sendo que sua qualidade e integridade são fundamentais para o sucesso dos procedimentos posteriores (Costa et al., 2001), como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR).

Figura 35: Gráfico de absorvância de uma amostra da espécie *Anchoa spinifera*.



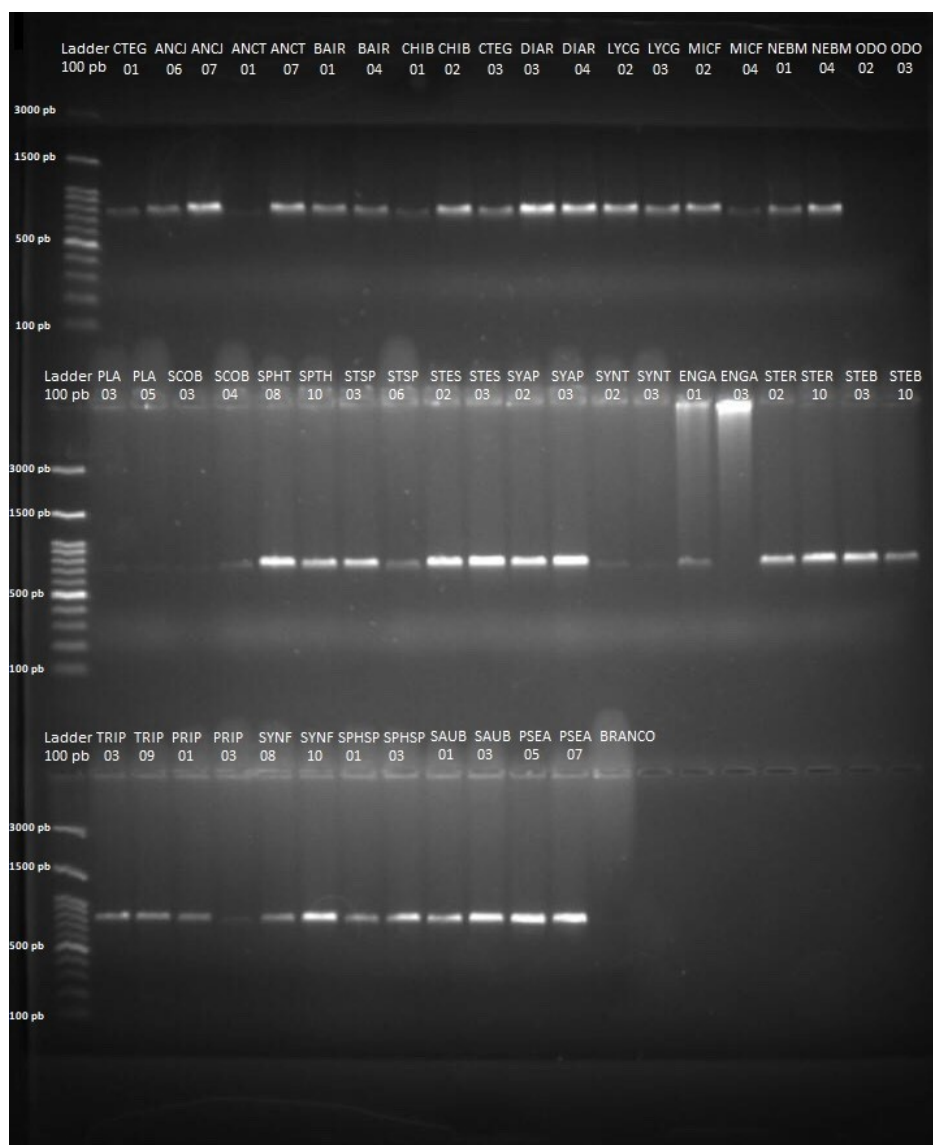
Fonte: Autoria própria.

A amplificação da região do Citocromo Oxidase Subunidade I (COI) do DNA mitocondrial (mtDNA) foi realizada utilizando-se os primers FISHF1 - (5' TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC 3') e FISHR2 - (5' ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA 3'), desenvolvidos por Ward et al. (2005).

Um total de 170 amostras provenientes de 61 espécies de peixes foram submetidas à amplificação por PCR, sendo obtido um sucesso de 90,58% (147). As amostras amplificadas apresentaram um fragmento da região COI em torno de 800 pares de base (pb) (Figura 36) e foram enviadas para o sequenciamento. Novos testes serão realizados nas 16 amostras que não amplificaram.

Com apenas seis meses de projeto ainda não foi possível identificar molecularmente as espécies de peixes coletados, pois ainda não temos suas sequências de DNA para o *Barcoding*. Assim que as sequências estiverem disponíveis, elas serão comparadas a outras sequências previamente publicadas em um banco de dados genéticos. Após a confirmação molecular das espécies de peixes possíveis, a biblioteca de sequências de DNA *Barcoding* será criada. Como iniciamos a preparação dos produtos de PCRs amplificados para sequenciamento, a partir do sétimo mês de projeto iniciaremos as identificações moleculares.

Figura 36: Fragmentos da região do DNA mitocondrial COI amplificados para 27 espécies de peixes marinhos/estuarinos e recifais. Eletroforese em gel de agarose 1% e visualização com marcador GelRed. Ladder 100pb.



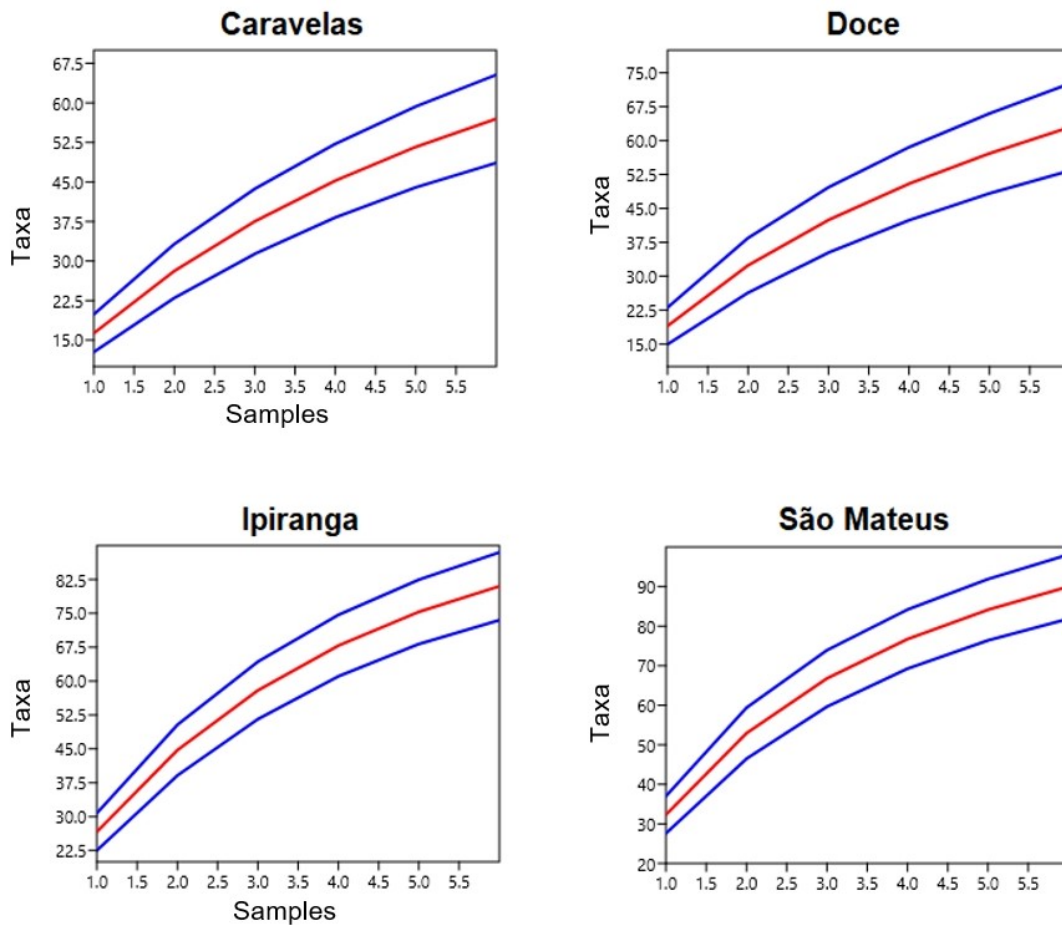
Fonte: Autoria própria.

O objetivo da análise de DNA *Barcoding* é identificarmos molecularmente as espécies amostradas. No entanto, não se sabe o número exato de quantas espécies teremos ao final de todos os arrastos. Em todas as campanhas foram encontradas espécies ainda não coletadas na coleta anterior, e até o momento já foram obtidas 133 espécies.

Uma maneira de se estimar se uma coleta de espécimes se aproximou da real riqueza de um ambiente é a utilização de uma curva de acúmulo de espécies, que representa a riqueza esperada para um determinado esforço amostral, com um intervalo de confiança (Colwell et al., 2004). Esta análise foi plotada a partir da função Mao Tau do programa Past 3 (Hammer et al., 2001).

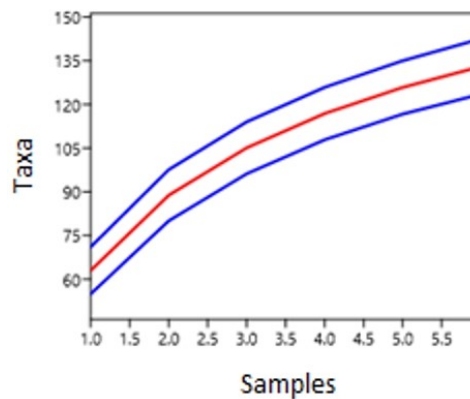
Foram realizadas curvas de acúmulo de espécies para cada unidade amostral (Figura 37) e uma para todas as unidades amostrais reunidas (Figura 38).

Figura 37: Curva de acumulação de espécies realizada no programa Past 3 a partir do Método de Mao Tau para as quatro unidades amostrais analisadas (intervalo de confiança de 95%).



Fonte: Autoria própria.

Figura 38: Curva de acumulação de espécies para realizada no programa Past 3 a partir do Método de Mao Tau para as quatro unidades amostrais analisadas (intervalo de confiança de 95%).



Fonte: Autoria própria.

A partir da curva de acumulação de espécies é possível observar que ainda não foi possível atingir a riqueza de espécies esperada para as quatro unidades amostrais analisadas. O que justifica a

necessidade da continuidade desse projeto, para que uma maior quantidade de amostras de diferentes espécies seja coletada e com isso consigamos chegar o mais próximo possível da diversidade local dos ambientes analisados nesse estudo.

Os peixes compreendem cerca de 30.000 espécies diferentes e são um dos grupos mais diversificados de vertebrados que existe (Fish-Bol - <http://www.fishbol.org/> acessado em março de 2019). Normalmente, a identificação das espécies de peixes é realizada a partir das características morfológicas externas. Contudo, em muitos casos, especialmente quando os peixes se encontram em seus diversos estágios de desenvolvimento, a identificação por caracteres morfológicos torna-se difícil (Teletchea, 2009). Além disso, mudanças nas bases dos genes podem resultar em semelhanças morfológicas e anatômicas entre espécies diferentes, ocasionando erros na identificação (Tresbach et al., 2015).

A análise de DNA *Barcoding* possibilita a utilização de tais sequências para inúmeros fins, desde a identificação molecular de diversas espécies (Ward et al., 2005; Kochzius et al., 2010; Afonsi et al., 2013; Lakra et al., 2015; Tresbach et al., 2015; Ullah et al., 2018), a separação de táxons intimamente relacionados (Amaral et al., 2007; Carvalho et al., 2011) e até mesmo a identificação de produtos oriundos da pesca e do comércio ilegal (Smith et al., 2008; Ardura et al., 2010; Damasceno et al., 2016).

### 3.3 CONCLUSÃO

A partir da análise de DNA *Barcoding* de todas as espécies de peixes amostradas nas regiões marinhas/estuarinas e recifais será possível atingir um número de espécies coletadas mais próximo do atual número de espécies ocorrentes nessas regiões. Essa identificação molecular é complementar à identificação morfológica, já que podemos encontrar espécies crípticas, novas espécies, espécies com inconsistências taxonômicas ou outras.

Uma vez que esses ambientes podem ter sofrido impacto com a chegada da lama e a dispersão da pluma, vale ressaltar que a continuidade do monitoramento poderá nos mostrar se esse número de espécies encontrado para cada unidade amostral será mantido ou alterado (para um maior número de espécies ou para menor).

A continuidade do monitoramento e construção dessa biblioteca de sequências de DNA *Barcoding* é crucial para que haja uma maior representatividade de espécies, visto que algumas espécies podem não estar sendo encontradas nessa fase do projeto como visto na curva ainda ascendente de acumulação de espécies.

### 3.4 REFERÊNCIAS

- Alfonsi E, Méheust E, Fuchs S, Carpentier FG, Quillivic Y, Viricel A, Hassani S, Jung J-L (2013). DNA barcoding to monitor the marine mammal biodiversity along the French Atlantic coast. In: Nagy ZT, Bäckeljaug T, De Meyer M, Jordaens K (Eds) DNA barcoding: a practical tool for fundamental and applied biodiversity research. ZooKeys 365: 5–24. doi: 10.3897/zookeys.365.5873.
- Amaral AR, Sequeira M, Martínez-Cedeira J, Coelho MM (2007). New insights on population genetic structure of *Delphinus delphis* from the northeast Atlantic and phylogenetic relationships within the genus inferred from two mitochondrial markers. Mar Biol 151:1967–1976. doi: 10.1007/s00227-007-0635-y.
- Ardura A, Linde AR, Moreira JC, Garcia-Vazquez E (2010). DNA Barcoding for conservation and management of Amazonian commercial fish. Biological Conservation. Vol. 143, Issue 6. June 2010. Pages 1438-1443.
- Bruford MW, Hanotte O, Brookfield JFY, Burke T (1992). Single-locus and multilocus DNA fingerprinting. In: Molecular genetic analyses of populations: A Practical Approach. Oxford, 225-269.
- Carvalho D, Oliveira D, Pompeu P, Leal C, Oliveira C, Hanner R (2011). Deep barcode divergence in Brazilian freshwater fishes: The case of the São Francisco River basin. Mitochondrial DNA. 22 Suppl 1. 80-6. 10.3109/19401736.2011.588214.
- Costa MR, Moura EF (2001). Manual de extração de DNA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 24p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- Colwell RK, Mao CX, Chang J (2004). Interpolating, Extrapolating, and Comparing Incidence-based Species Accumulation Curves. Ecology. by the Ecological Society of America. 85(10), 2004, pp. 2717–2727 q 2004.
- Damasceno JS, Siccha-Ramirez R, Oliveira C, Mendonça FF, Lima AC, Machado LF, Tosta VC, Farro APC, Hostim-Silva M (2016). Molecular identification of Atlantic goliath grouper *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822) (Perciformes: Epinephelidae) and related commercial species applying multiplex PCR. Neotropical Ichthyology, 14(3): e150128, 2016 DOI: 10.1590/1982-0224-20150128.
- Desjardins P, Conklin D (2010). NanoDrop Microvolume Quantitation of Nucleic Acids. J. Vis. Exp. (45), e2565, doi:10.3791/2565 (2010).
- Ferreira ME, Grattapaglia D (1996). Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. 2 ed. Curitiba: Biosystems, 1996. 220p.
- Froese R, Pauly D. Editores 2019. FishBase. Publicação eletrônica da World Wide Web. www.fishbase.org, versão (02/2019).

Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD 2001. PAST: Pacote de software de estatísticas paleontológicas para análise de dados e educação. *Palaeontologia Eletrônica* 4 (1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).

Kochzius M, Seidel C, Antoniou A, Botla SK, Campo D, et al. (2010). Identifying Fishes through DNA Barcodes and Microarrays. *PLoS ONE* 5(9): e12620. doi: 10.1371/journal.pone.0012620.

Lakra W, Singh M, Goswami M, Gopalakrishnan D, Lal K, Mohindra V, Sarkar U, Punia P, Singh K, Bhatt JP, Ayyappan S (2015). DNA barcoding Indian freshwater fishes. *Mitochondrial DNA*. 27. 1-8. 10.3109/19401736.2015.1101540.

Lima RSN, Leao PCS, Santos CAF. Quantificação e pureza do DNA de videira por meio de espectrofotometria. In: *Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semi-Árido*, 1., 2006, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. p. 219-223. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 197).

Smith P, McVeagh S, Steinke, D (2008). DNA barcoding for the identification of smoked fish products. *Journal of Fish Biology*. 72. 464 - 471. 10.1111/j.1095-8649.2007.01745. x.

Teletchea F (2009). Molecular identification methods of fish species: Reassessment and possible applications. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 19. 265-293. 10.1007/s11160-009-9107-4.

Tresbach RH, Cerqueira NM, Medeiros SR, Gutierrez HJP, Hernández NO, Rodrigues MDN (2015). *Scientia Agraria Paranaensis – SAP*; ISSN: 1983-1471 Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, abr./jun., p. 77-81, 2015.

Ullah S, Ahmad H, Rafi M (2018). CO1 based DNA barcoding of some pentatomomorpha bugs (Hemiptera: Heteroptera) from Swat, Pakistan. *International Journal of Biosciences (IJB)*. 13. 10.12692/ijb/13.4.139-148.

Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR, Hebert DN (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2005) 360, 1847–1857 doi:10.1098/rstb.2005.1716.

#### 4 SUBPROJETO: ESTUDO E MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA: MICROQUÍMICA

##### 4.1 OBJETIVO

Coletar dados para a descrição do uso do habitat e assinatura química de três espécies de peixes na área diretamente (Rio Doce) e nas áreas indiretamente afetadas (Rios Caravelas, São Mateus e Ipiranga) pelos rejeitos de minério resultantes do rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG), constituindo um gradiente de impacto.

##### 4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o cronograma apresentado, estão sendo finalizadas as coletas dos organismos nas quatro áreas de estudo. Até o presente momento, foram coletados 224 peixes, 74,7% do total previsto. Conforme o campo piloto no Rio Doce, foram escolhidas as três espécies mais abundantes, de interesse comercial, para a realização da Meta 4, entre elas *Centropomus parallelus* (robalo-peva), *C. undecimalis* (robalo-flecha) e *Genidens genidens* (bagre) (Quadro 6), espécies de importância comercial. Após as coletas, os exemplares foram pesados, medidos e dissecados para retirada dos otólitos (Figura 39). No laboratório, os otólitos foram limpos com água ultra-pura em uma cuba de ultrassom, posteriormente secos e emblocados em resina epóxi (Figura 40) para serem seccionados, no plano transversal, em uma cortadeira metalográfica de precisão e baixa velocidade (Figura 41).

Após a realização dos cortes, os otólitos serão lixados e polidos até o plano do núcleo (onde estão presentes as informações químicas das primeiras fases de vida dos peixes), possibilitando assim avaliar o uso do habitat, através do perfil de Sr:Ca, entre gradientes de salinidade, da eclosão dos ovos até a data de coleta (borda do otólito) das espécies selecionadas. Além do uso dos habitats em um gradiente de impacto, serão analisados a assinatura química da região do núcleo (primeiras fases de vida) e da borda do otólito (data da coleta), para avaliar a conexão entre os rios estudados. Além disso, será possível verificar se há presença de altas concentrações dos elementos químicos mais abundantes na lama de rejeito, principalmente da região da borda dos otólitos dos peixes mais velhos (+4 anos).



Quadro 6: Espécies de interesse comercial coletadas nos quatro pontos amostrais do ANEXO 7 – Estudo e Monitoramento da Ictiofauna Marinha / META 4 – Microquímica dos otólios.  
Comprimento total médio, máximo e mínimo (CT médio (max/min) em milímetros; Peso total médio, máximo e mínimo (PT médio (max/min) em grama; Número de exemplares (N).

<b><i>Centropomus parallelus</i></b>								
Local	N coletado	N faltam	CT médio (max/min) (mm)	PT médio (max/min) (g)	N embocado	N cortado	N processado	N analisado
Rio Doce	18	7	276,8 (484/140)	249,67 (901/72)	18	18	0	0
Rio Ipiranga	4	21	210 (255/136)	88 (140/20)	4	4	0	0
Rio São Mateus	16	9	275,25 (405/176)	234,53(662/56)	16	16	0	0
Rio Caravelas	33	0	273,35 (335/210)	221,99 (380/95)	33	33	0	0
<b><i>Centropomus undecimalis</i></b>								
Local	N coletado	N faltam	CT médio (max/min) (mm)	PT médio (max/min) (g)	N embocado	N cortado	N processado	N analisado
Rio Doce	25	0	265,31 (395/206)	158,8 (391/72)	25	25	0	0
Rio Ipiranga	3	22	230 (239/215)	77,67 (87/66)	3	3	0	0
Rio São Mateus	2	23	241,5 (246/139)	176 (296/56)	2	2	0	0
Rio Caravelas	17	8	359,50 (415/227)	342,68 (469/71)	17	17	0	0
<b><i>Genidens genidens</i></b>								
Local	N coletado	N faltam	CT médio (max/min) (mm)	PT médio (max/min) (g)	N embocado	N cortado	N processado	N analisado
Rio Doce	30	0	289,75 (336/198)	199,5 (325/52)	30	30	0	0
Rio Ipiranga	46	0	245,33 (270/105)	112,61 (142/83)	18	18	0	0
Rio São Mateus	30	0	218,2 (262/192)	83,57 (143/55)	30	30	0	0
Rio Caravelas	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria.

Figura 39: Equipe técnica processando os peixes coletados no rio Doce em janeiro de 2019



Fonte: Autoria própria.

Figura 40: Otólito sagiitae de *Centropomus parallelus* embocado, pronto para ser cortado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 41: Otólito sagiitae de *Centropomus undecimalis* emblocado, sendo cortado transversalmente.



Fonte: Autoria própria.

#### 4.3 CONCLUSÃO

Conforme previsto no plano de trabalho, esta meta ainda está em fase de coleta e processamento de amostras. Assim, até o presente momento não foram realizadas análises químicas nos otólitos, não sendo possível haver conclusão.

## **5 SUBPROJETO: ECOLOGIA DE POPULAÇÕES DE PEIXES RECIFAIS E ASSENTAMENTO E RECRUTAMENTO DE PEIXES MARINHOS**

### **5.1 OBJETIVO**

Descrever (ano um) os aspectos populacionais (abundância, biomassa e tamanho), da comunidade (riqueza e diversidade) e uso de habitat de peixes recifais, avaliando o processo de assentamento e recrutamento de larvas e os padrões populacionais (genética de populações) de espécies afetadas direta (rio Doce e APA Costa das Algas) ou indiretamente (recifes Esquecidos, Cassurubá, Paredes e Abrolhos) pelos rejeitos de minério resultantes do rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG).

### **5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

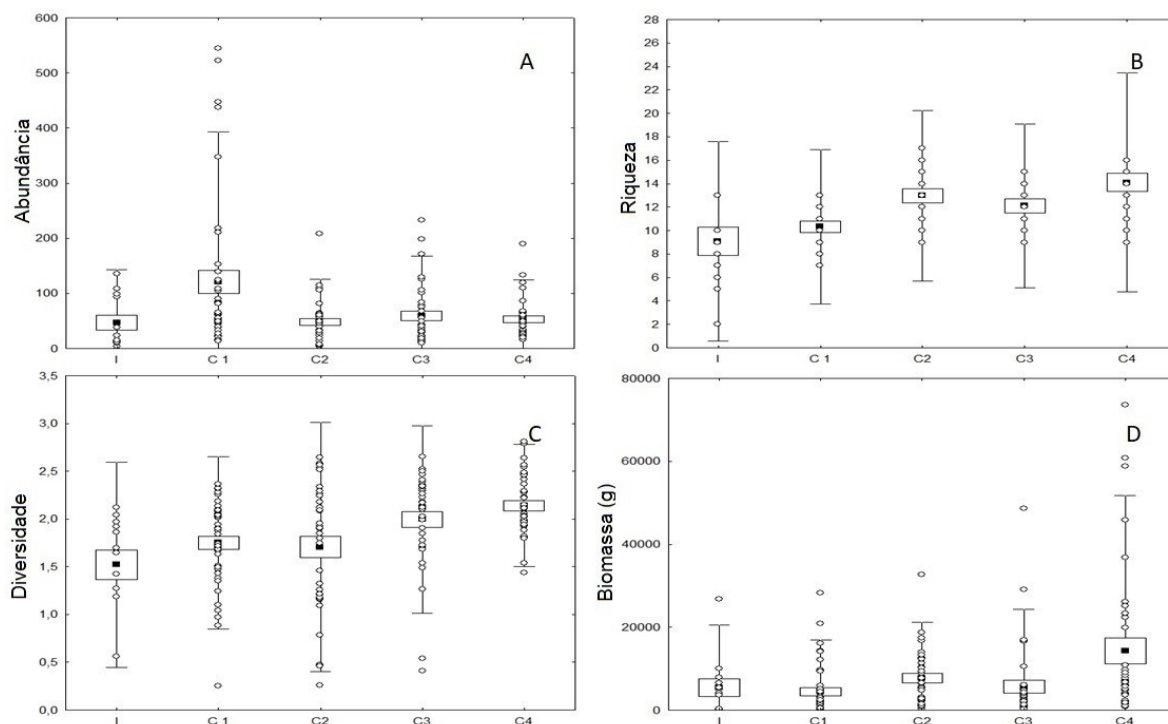
#### **5.2.1 Ictiofauna recifal**

Na primeira campanha (Verão – Estação Chuvosa) foram registradas 93 espécies de peixes recifais, sendo que 4 espécies foram consideradas raras, 17 endêmicas, 2 ameaçadas de extinção e 37 espécies comerciais (Quadro 7). Os resultados dessa campanha apontam que a abundância de peixes foi maior no Controle 1 (Recifes Esquecidos), onde foram registrados em média mais de 100 peixes por censo visual. Todas as outras zonas apresentaram, em média, cerca de 50 peixes por censo visual, incluindo a zona de Impacto. Apesar do Controle 1 apresentar maior abundância de peixes, não foram detectadas diferenças estatísticas entre as zonas utilizando a Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA; Pseudo-F=1,27; p=0,27). Os recifes que compõem o Controle 1 foram descritos no trabalho de Mazzei et al., (2016). Trata-se de um complexo de recifes rasos (12–25 m de profundidade) próximo ao limite sul do Banco dos Abrolhos. De acordo com esses autores, esses recifes abrigam uma comunidade recifal relativamente rica e abundante, com 73 espécies de peixes registradas, incluindo espécies ameaçadas e comercialmente importantes.

A média de riqueza de espécies por censo visual foi menor na zona Impacto, com 9 espécies. Em contrapartida, o Controle 4 (Abrolhos), apresentou a maior média de riqueza de espécies entre todas as zonas, com cerca de 14 espécies registradas por censo visual. Outras zonas Controle (Recifes Esquecidos (C1), Cassurubá (C2), Paredes (C3)), apresentaram uma média de 10, 13 e 12 espécies por censo visual, respectivamente. A Análise de Variância por Permutação não detectou diferenças na riqueza de espécies comparando as cinco zonas (PERMANOVA: Pseudo-F=2,14; p=0,09).

Os estimadores de riqueza utilizados estimaram menos de 60 espécies para a zona de Impacto. Para os controles C1, C2 e C3, foram estimados entre 60 e 80 espécies e para a zona controle C4 a maior estimativa alcançou 132 espécies. A estabilização das curvas foi evidente nos pontos controle a partir de 20 a 30 amostras a depender do estimador. Na zona de impacto, a curva de dois estimadores (Chao 1 e 2) se estabilizou com 11 amostras.

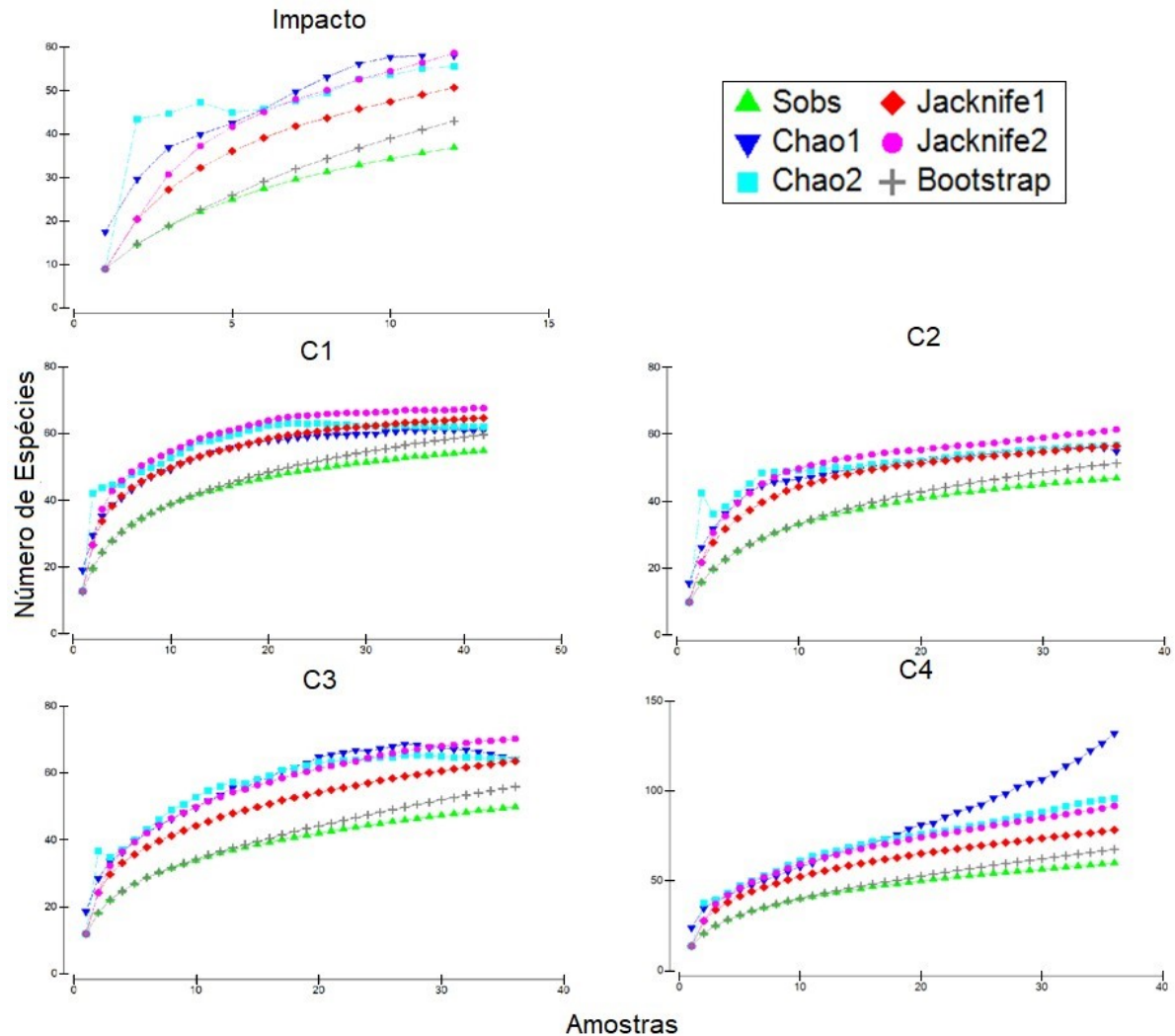
Figura 42: Abundância (A), Riqueza (b), Diversidade (C) e Biomassa (D) de peixes recifais nas zonas estudadas. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos. A diversidade de espécies foi estatisticamente diferente entre as zonas (PERMANOVA: Pseudo-F= 3,26; p=0,02; Figura 35C). A zona que apresentou maior diversidade de espécies foi o Controle 4, enquanto que a zona Impacto apresentou a menor diversidade de espécies



Fonte: Autoria própria.

A presença do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (Parnam-Abrolhos) na zona Controle 4 pode ter influenciado nos resultados de riqueza, biomassa e diversidade. Kikuchi et al. (2003) avaliaram comunidades de peixes no Parnam-Abrolhos e encontraram que o número total de espécies foi maior nos chapeirões (38- 40 / local) do que no recife de franja (13-37 / local). O amplo levantamento das espécies de peixes realizado por Moura & Francini-Filho (2005) encontrou que o banco dos Abrolhos contém mais de 266 espécies. Os dados dos censos visuais desses autores indicam que os pontos mais ricos em número de espécies do banco dos Abrolhos variam entre 53 a 64 espécies, no entanto esse trabalho amostrou assembleias de peixes recifais utilizando outros métodos além de censos visuais.

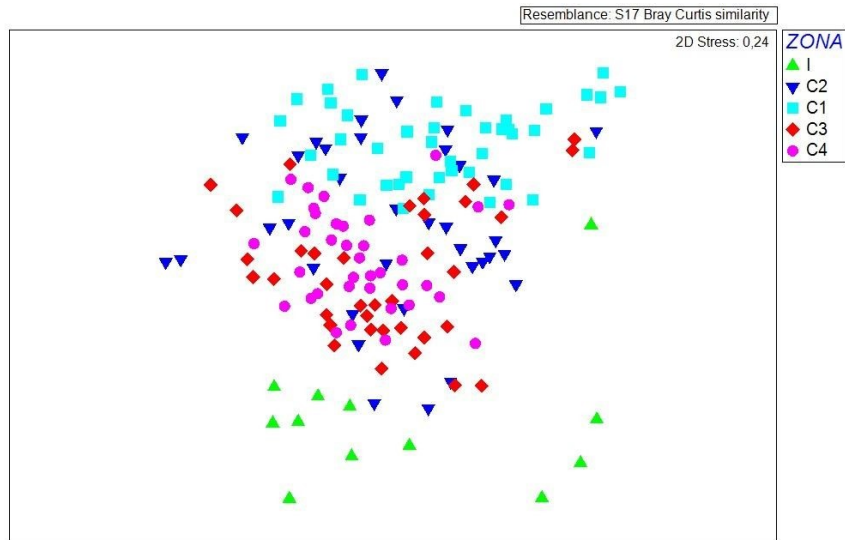
Figura 43: Estimativas de riqueza de espécies de peixes recifais para as zonas Impacto e Controles. Em verde claro número de espécies observadas, outras cores representam diferentes estimadores. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.



Fonte: Autoria própria.

A composição de espécies de peixes recifais foi diferente entre as zonas (PERMANOVA: Pseudo-F= 3,59,  $p=0,002$ ). O diagrama de ordenação nMDS evidenciou diferenças entre a zona Impacto e as zonas Controle, onde nenhuma amostra da zona Impacto se sobrepõe com as amostras das zonas Controle (Figura 44). Apesar do teste pair-wise PERMANOVA ter evidenciado que todos os pontos são diferentes no que se refere a composição de espécies, a Análise do Percentual de Similaridade (SIMPER), mostrou que as diferenças entre a zona de Impacto e as zonas Controle variam entre 89 e 94%, enquanto que as diferenças entre as zonas Controle, comparadas entre si, variam entre 75 e 81%, ou seja, as zonas controle são mais similares entre si do que com a zona Impacto.

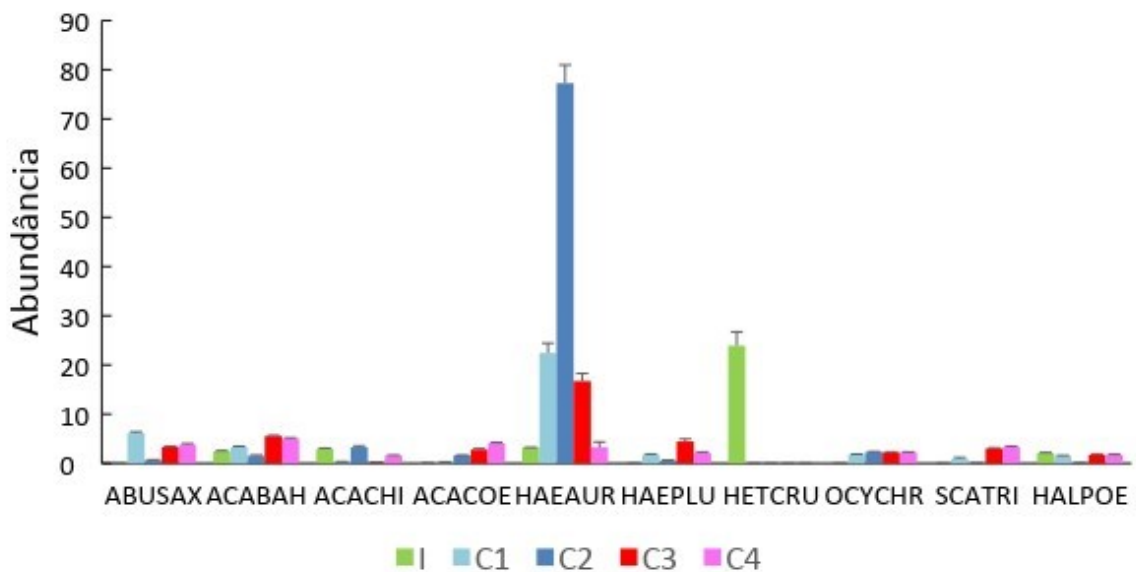
Figura 44: Diagrama de ordenação NMDS da composição de espécies de peixes recifais, baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis. Cada símbolo na figura representa uma amostra (um censo visual). As cores correspondem às diferentes zonas.



Fonte: Autoria própria.

As dez espécies mais abundantes estão plotadas na Figura 45. Dentre essas espécies, *Acanthurus coeruleus*, *Haemulon aurolineatum*, tiveram menores abundâncias na zona de Impacto do que nas zonas Controle, enquanto que *Abudefduf saxatilis*, *Haemulon plumieri*, *Ocyurus chrysurus*, *Scarus trispinosus* não foram registradas na zona de Impacto. A espécie mais abundante foi *Haemulon aurolineatum* no Controle 2 (Cassurubá).

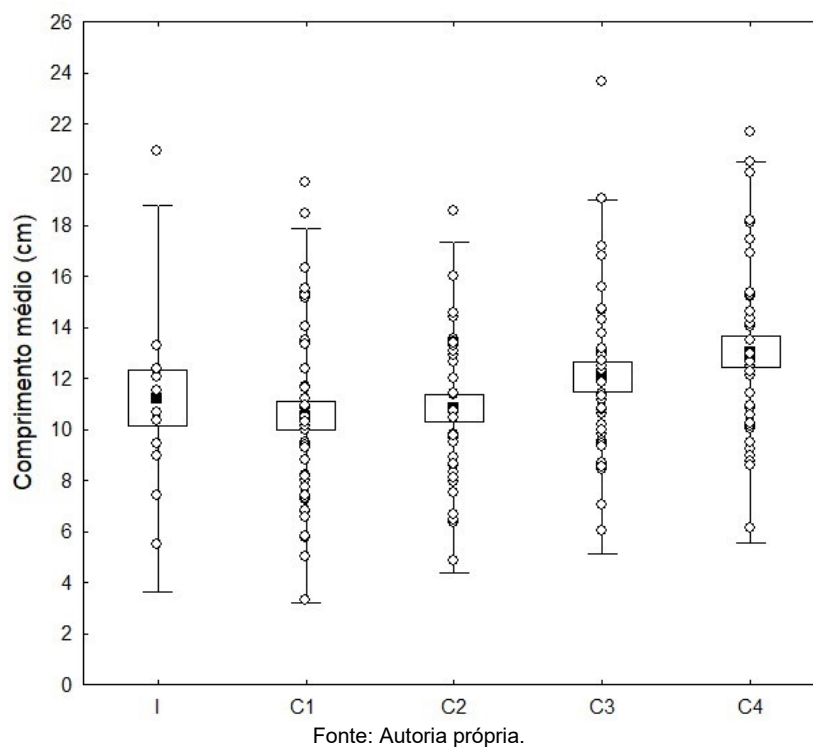
Figura 45: Dez espécies mais abundantes (média e erro padrão) nos censos visuais subaquáticos. ABUSAX= *Abudefduf saxatilis*, ACABAH= *Acanthurus baianus*, ACACHI= *Acanthurus chirurgus*, ACACOE= *Acanthurus coeruleus*, HAEAUR= *Haemulon aurolineatum*, HAEPLU= *Haemulon plumieri*, OCYCHR= *Ocyurus chrysurus*, SCATRI= *Scarus trispinosus*, HAEPOE= *Halichoeres poeyi*. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.



Fonte: Autoria própria.

Não foram observadas diferenças na biomassa e comprimento médio de peixes recifais entre as zonas estudadas (ver Tabela 11 e Tabela 12 – APÊNDICE, Figura 42D; Figura 46). No entanto, trabalhos pretéritos como de Bruce e colaboradores (2012) apontam que a biomassa de peixes é menor nos recifes desprotegidos (fora da área do Parnam-Abrolhos) em comparação com as áreas protegidas. Nesse estudo, Bruce et al., (2012) mostrou que a proteção da pesca através da criação e manutenção de reservas marinhas pode levar a uma maior saúde dos recifes. Semelhante ao encontrado no presente relatório, os resultados de Kikuchi et al., (2003), também realizado no banco dos Abrolhos, encontrou que a classe de tamanho mais comum foi de 11-20 cm (Figura 46).

Figura 46: Comprimento médio dos peixes recifais amostras na primeira campanha do projeto. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.



O Controle 4 (Abrolhos) contém uma amostra representativa da ictiofauna endêmica do Brasil, o que inclui aproximadamente 80% de todas as espécies de peixes dos recifes do sudoeste do Atlântico. Moura e Francini-Filho (2005) citaram que os efeitos imediatos e cumulativos das principais atividades como produção de celulose, criação de camarões, dragagem, navegação e perfuração de petróleo, ainda são mal compreendidos em Abrolhos, e há uma grande necessidade de avaliação contínua de tais impactos, englobando um amplo espectro de organismos indicadores. Ainda não compreendemos totalmente os efeitos sinérgicos desses impactos com a chegada da lama proveniente do rompimento da barragem no Banco dos Abrolhos.

Dados da atividade pesqueira também são necessários para avaliar impacto desta atividade nos recifes de Abrolhos, pois a pesca pode confundir o efeito de outros impactos, bem como os efeitos de Áreas Marinhas Protegidas em áreas de pesca adjacentes.



Quadro 7: Espécies observadas na Campanha 1 (janeiro-fevereiro de 2019) através de censos visuais subaquático, classificadas quanto a sua raridade, endemismo, ameaçada de extinção, migratória e comercial.

Espécie	Rara	Endemica	Ameaçada	Migratória	Comercial
<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Acanthurus bahianus</i> Castelnau, 1855		X			X
<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)					X
<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch & Schneider, 1801					X
<i>Acanthostracion polygonius</i> Poey, 1876					
<i>Anisotremus moricandi</i> (Ranzani, 1842)	X	X			
<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)					X
<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Calamus penna</i> (Valenciennes, 1830)					
<i>Calamus sp</i>					
<i>Cantherhines macrocerus</i> (Hollard, 1853)					
<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)					
<i>Canthigaster figueiredoi</i> Moura & Castro 2002		X			
<i>Carangoides bartholomaei</i> (Cuvier, 1833)				X	X
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)				X	X
<i>Caranx ruber</i> (Bloch, 1793)				X	X
<i>Carcharhinus perezi</i> (Poey, 1876)	X				X
<i>Cephalopholis fulva</i> Linnaeus, 1758					X
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)					
<i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch, 1787					
<i>Chaetodon sedentarius</i> Poey, 1860					
<i>Chaetodon striatus</i> Linnaeus, 1752					
<i>Chilomycterus spinosus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Chromis multilineata</i> (Guichenot, 1853)					
<i>Clepticus brasiliensis</i> Heiser, Moura & Robertson, 2000	X	X			
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> Gill, 1863					
<i>Coryphopterus thrix</i> Böhlke & Robins, 1960					
<i>Cryptotomus roseus</i> Cope, 1871					
<i>Doratonotus megalepis</i> Günther, 1862	X				
<i>Echneis naucrates</i> Linnaeus, 1758					
<i>Elacatinus figaro</i> Sazima, Moura & Rosa, 1997		X			X
<i>Emblemariopsis signifer</i> Ginsburg, 1942		X			
<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)					X
<i>Epinephelus morio</i> (Valenciennes, 1828)					X
<i>Gramma brasiliensis</i> Sazima, Gasparini & Moura, 1998		X	X		X

Espécie	Rara	Endêmica	Ameaçada	Migratória	Comercial
<i>Gymnothorax funebris</i> Ranzani, 1839					
<i>Gymnothorax moringa</i> (Cuvier, 1829)					
<i>Gymnothorax vicinus</i> (Castelnau, 1855)					X
<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830					
<i>Haemulon chrysargyreum</i> Günther, 1859					
<i>Haemulon parra</i> (Desmarest, 1823)					X
<i>Haemulon plumierii</i> (Lacepède, 1801)					X
<i>Haemulon sp</i>					
<i>Haemulon squamipinna</i> Rocha & Rosa, 1999		X			
<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan & Gilbert, 1882)					X
<i>Halichoeres brasiliensis</i> (Bloch, 1791)		X			
<i>Halichoeres poeyi</i> (Steindachner, 1867)					
<i>Heteropriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)					
<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1865)					
<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)					X
<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)					
<i>Hypanus americana</i> (Hildebrand & Schroeder, 1928)					
<i>Hypleurochilus pseudoaequipinnis</i> Bath, 1994					
<i>Kyphosus sp</i>					
<i>Labrisomus nuchipinnis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)					
<i>Lutjanus alexandrei</i> Moura & Lindeman, 2007		X			X
<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch & Schneider, 1801)					X
<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)					X
<i>Malacoctenus delalandii</i> (Valenciennes, 1836)					
<i>Malacoctenus sp</i>		X			
<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes, 1828)					X
<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)					X
<i>Myrichthys breviceps</i> (Richardson, 1848)					
<i>Myrichthys ocellatus</i> (Lesueur, 1825)					
<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)					X
<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)					
<i>Ogcocephalus vespertilio</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)					X
<i>Pareques acuminatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)					
<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)					
<i>Parablennius pilicornis</i> (Cuvier, 1829)					

Espécie	Rara	Endêmica	Ameaçada	Migratória	Comercial
<i>Parablennius sp</i>					
<i>Pomacanthus arcuatus</i> (Linnaeus, 1758)					X
<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1817)					X
<i>Pseudocaranx dentex</i> (Bloch & Schneider, 1801)					X
<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)					X
<i>Rypticus saponaceus</i> (Bloch & Schneider, 1801)					
<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)					
<i>Scarus trispinosus</i> Valenciennes, 1840		X	X		X
<i>Scarus zelindae</i> Moura, Figueiredo & Sazima, 2001		X			X
<i>Scomberomorus brasiliensis</i> Collete, Russo & Zavala-Camin, 1978					X
<i>Scomberomorus cavalla</i> (Cuvier, 1829)				X	X
<i>Serranus baldwini</i> (Evermann & Marsh, 1899)					
<i>Serranus flaviventris</i> (Cuvier, 1829)					
<i>Sparisoma amplum</i> (Ranzani, 1842)		X			X
<i>Sparisoma axillare</i> (Steindachner, 1878)		X			X
<i>Sparisoma frondosum</i> (Agassiz, 1831)		X			X
<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)					
<i>Stegastes fuscus</i> (Cuvier, 1830)		X			
<i>Stegastes pictus</i> (Castelnau, 1855)					
<i>Stegastes variabilis</i> (Castelnau, 1855)					
<i>Synodus intermedius</i> (Spix & Agassiz, 1829)					

Fonte: Autoria própria.

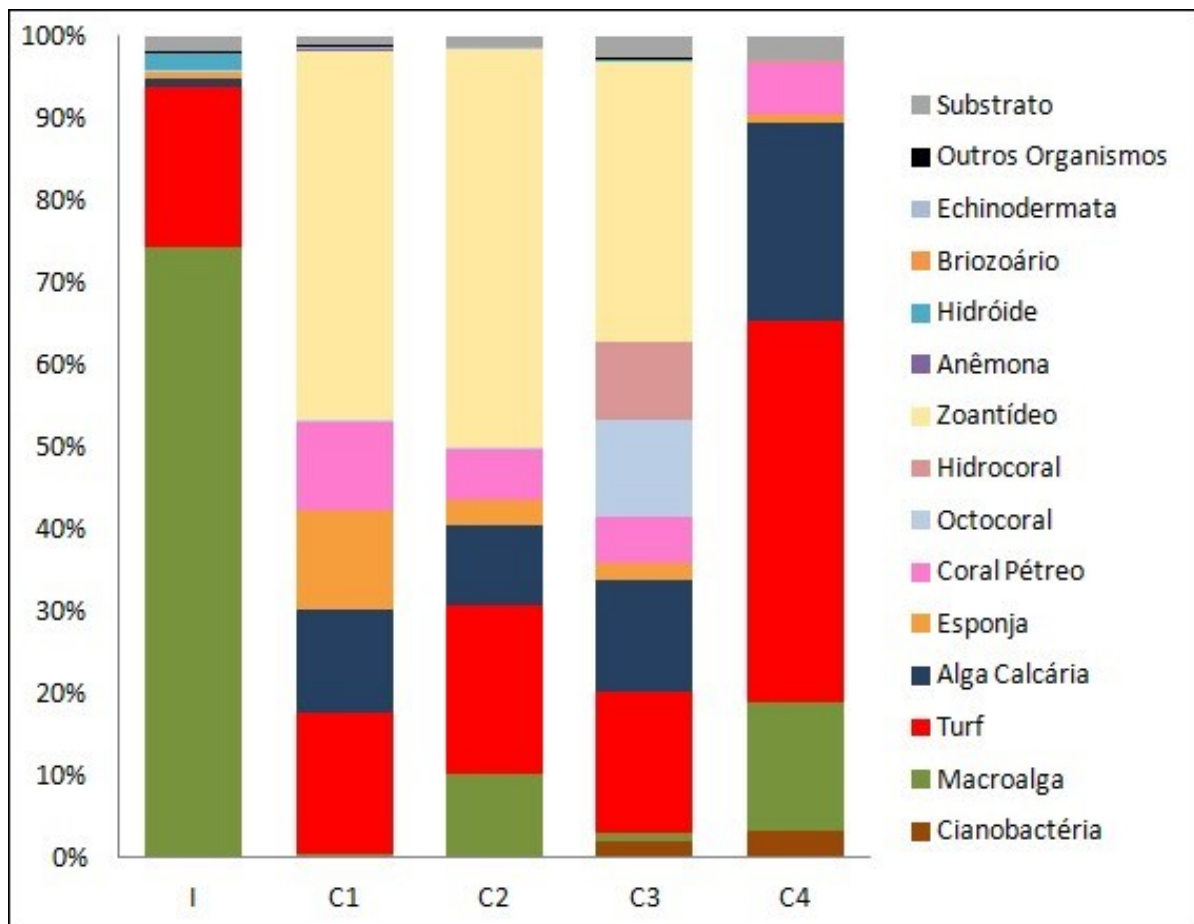
## 5.2.2 Assembleias bentônicas recifais

Os resultados parciais obtidos através da análise de 1.612 fotos demonstram que a zona Impacto é dominada por macroalga e turf, os quais correspondem a mais de 90% da cobertura bentônica total desta zona. Cabe destacar que os corais pétreos apresentam valores de cobertura média semelhantes em todos os controles e não foram encontrados na zona Impacto.

Nos controles C1, C2 e C3, zoantídeo e turf são os grupos com maior representatividade, enquanto no C4 os grupos turf e alga calcária representam a maior parte da cobertura total. Em C2, C3 e C4 os valores de cobertura de esponja são semelhantes, no entanto o grupo esponja se destaca em C1. Os grupos octocoral e hidrocoral possuem valores expressivos de cobertura apenas no C3. Os dados das assembleias bentônicas recifais serão utilizados como co-variáveis em futuras análises sobre as assembleias de peixes recifais, uma vez que é amplamente conhecido que a cobertura do substrato recifal influencia nos padrões de riqueza e abundância das assembleias de peixes (Friedlander e Parrish, 1998; Holbrook et al., 2008). No estudo de Francini-Filho & Moura (2008), as características

do habitat influenciaram fortemente a estrutura das assembleias de peixes e reforçam a necessidade de monitoramento em longo prazo para entender os padrões de dominância das espécies e influência de impactos antrópicos.

Figura 47: Cobertura bentônica média (%) dos principais grupos nas cinco zonas analisadas. I= Impacto, C1= Recifes Esquecidos, C2= Cassurubá, C3= Paredes, C4= Abrolhos.



Fonte: Autoria própria.

### 5.2.3 Recrutamento de peixes (Armadilhas de luz)

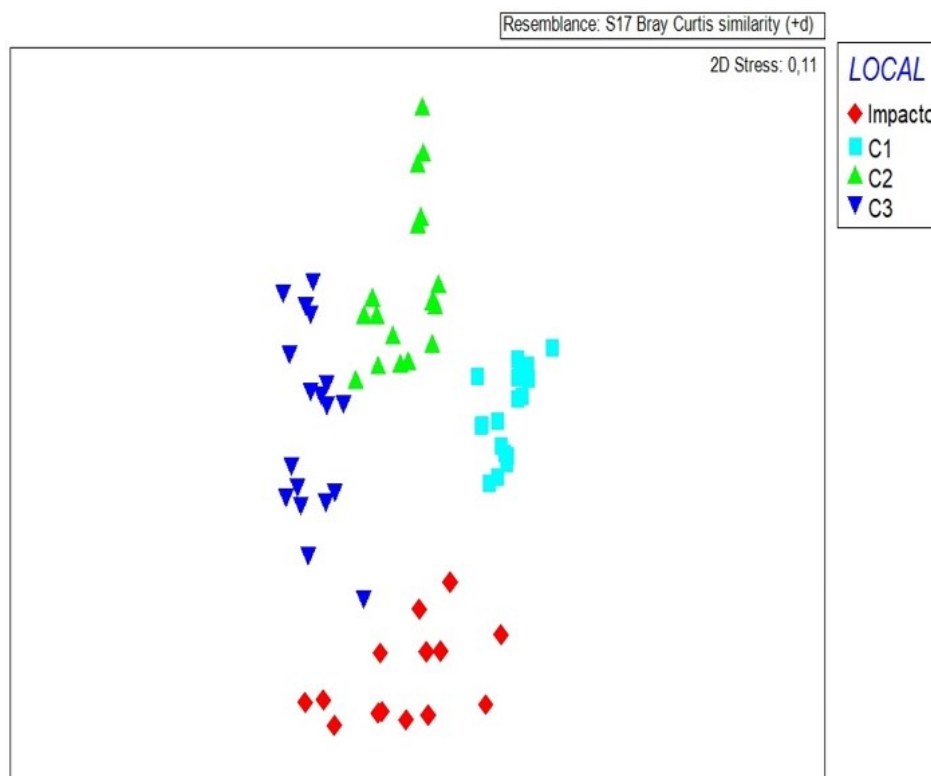
Foram capturadas e triadas 6.206 larvas de peixes marinhos de pelo menos 47 taxa a partir das coletas utilizando armadilhas de luz (Figura 48; Quadro 8). Houve diferença significativa na riqueza (Pseudo-F=11,20; p=0,0001), abundância (Pseudo-F=23,43; p=0,0001), composição (Pseudo-F=21,24; p=0,0001) (Figura 49), diversidade (Pseudo-F=7,84; p=0,0002) e biomassa de larvas (Pseudo-F=20,81; p=0,0001) entre as zonas de Impacto e Controles (Ver detalhes dos resultado das Análises de Variância por Permutação no anexo).

Figura 48: Armadilha de luz utilizada para coleta de larvas e recrutas de peixes marinhos.



Fonte: Athila Bertoncini.

Figura 49: Diagrama de ordenação NMDS da composição de espécies de larvas de peixes, baseado no índice de similaridade de Bray-Curtis. Cada símbolo na figura representa uma amostra. As cores correspondem aos diferentes locais.

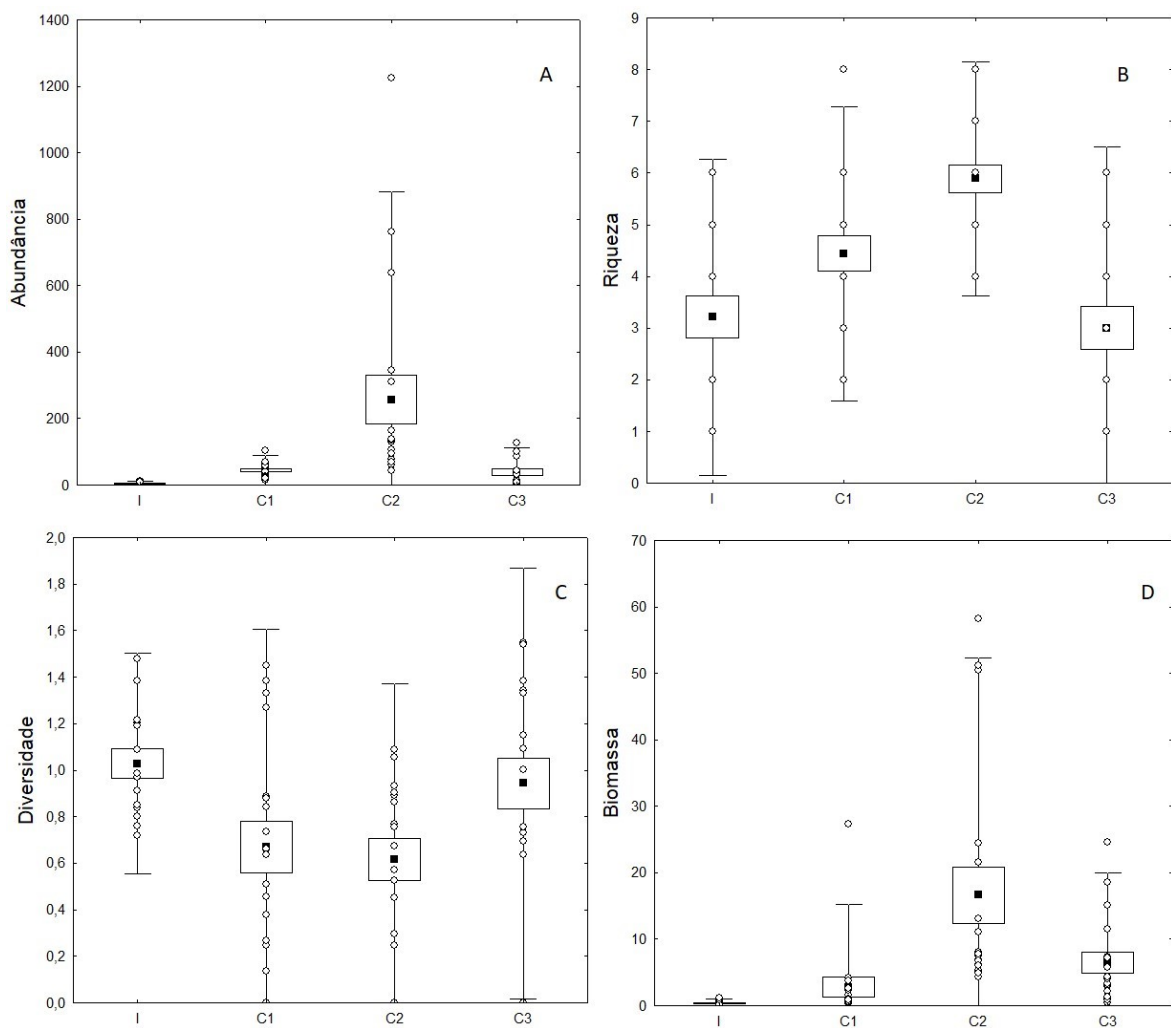


Fonte: Autoria própria.

Uma menor abundância de larvas e menor biomassa foi registrada na zona de Impacto (em frente ao Rio Doce). A maior abundância, riqueza, diversidade e biomassa de larvas foi registrada para o Controle 2 (São Mateus) (Figura 50).

Bonecker e colaboradores (2006) estudaram a influência dos padrões oceanográficos sobre a distribuição de ovos e larvas de peixes nas águas da plataforma continental entre Rio Real e Cabo de São Tomé. A maior parte dos valores de biomassa no trabalho de Bonecker et al., (2006) ficou entre 1 e 5 g.100 m<sup>-3</sup>. A distribuição dos ovos e larvas de peixes seguiu o mesmo padrão da biomassa de plâncton e as maiores densidades foram coletadas durante a campanha de inverno. Cerca de 72.000 larvas de peixes foram coletadas compreendendo 96 famílias identificadas (Bonecker et al., 2006). As próximas campanhas vão permitir maiores comparações com trabalhos disponíveis na literatura e maior compreensão dos padrões que influenciam a riqueza e abundância de larvas de peixes nas áreas de Impacto e Controles.

Figura 50: Abundância (A), riqueza (b), Diversidade (C) e Biomassa (D) de peixes marinhos nos locais estudados. Quadrados pretos representam a média, retângulos transparentes o erro padrão, as barras em T representam o desvio padrão e os círculos transparentes os dados de cada amostra. I= Rio Doce, C1=Piraqueaçu, C2=São Mateus, C3=Mucuri.



Fonte: Autoria própria.

Quadro 8: Lista de espécies de peixes marinhos e número de indivíduos capturados nas armadilhas de luz na zona de Impacto (em frente ao Rio Doce), C1 (Piraqueaçu), C2 (São Mateus) e C3 (Mucuri).

Espécie	Impacto	Controle 1	Controle 2	Controle 3
<i>Acanthostracion</i> spp.	1	-	-	-
<i>Albula</i> spp.	-	-	1	-
<i>Anarchopterus</i> spp.	2	-	-	-
<i>Anchoa</i> spp.	1	-	-	-
<i>Anchoviella</i> spp.	1	-	-	-
<i>Archosargus</i> spp.	-	1	1	-
<i>Atherinella</i> spp.	-	-	-	2
Blenniidae sp1.	-	3	-	-
<i>Bothus lunatus</i>	1	-	-	-
<i>Bothus ocellatus</i>	4	-	-	-
<i>Caranx latus</i>	1	-	-	-
<i>Centropomus undecimalis</i>	1	-	-	-
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	4	200	70	-
Clupeidae sp1.	-	3	70	1
Clupeidae sp2.	-	12	2350	626
<i>Diapterus rhombeus</i>	7	521	1760	23
<i>Elops</i> spp.	2	-	1	-
Engraulidae sp1.	-	26	333	-
Engraulidae sp2.	-	3	-	-
Engraulidae sp3.	-	1	-	-
Gobiidae sp1.	2	-	-	-
<i>Gonostoma atlanticum</i>	1	-	-	-
Gonostomatidae sp1.	-	1	-	-
<i>Gymnothorax</i> spp.	2	-	-	-
<i>Halichoeres brasiliensis</i>	-	1	-	-
<i>Labrisomus kalisherae</i>	-	3	1	-
<i>Labrisomus</i> spp.	-	3	-	-
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	-	-	-	2
<i>Lutjanus</i> spp.	-	-	1	-
<i>Lycengraulis grossidens</i>	-	-	-	35

Espécie	Impacto	Controle 1	Controle 2	Controle 3
<i>Mugil spp.</i>	2	5	22	-
<i>Opisthonema oglinum</i>	-	-	3	-
<i>Orthopristis chrysoptera</i>	1	-	-	-
<i>Parablennius marmoreus</i>	1	-	-	3
<i>Pellona harroweri</i>	1	-	-	-
<i>Peprilus spp.</i>	-	4	-	-
<i>Polidactylus virginicus</i>	-	-	1	-
<i>Prionotus punctatus</i>	14	-	1	-
<i>Prionotus roseus</i>	15	-	-	-
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	1	-	-	1
<i>Scartella cristata</i>	-	-	1	-
<i>Scomberomorus spp.</i>	-	-	9	-
<i>Stellifer spp.</i>	8	-	-	-
<i>Stephanolepis hispidus</i>	-	14	-	-
<i>Symphurus plagusia</i>	1	-	-	-
<i>Synodus foetens</i>	-	-	3	9
<i>Synodus intermedius</i>	-	-	-	1

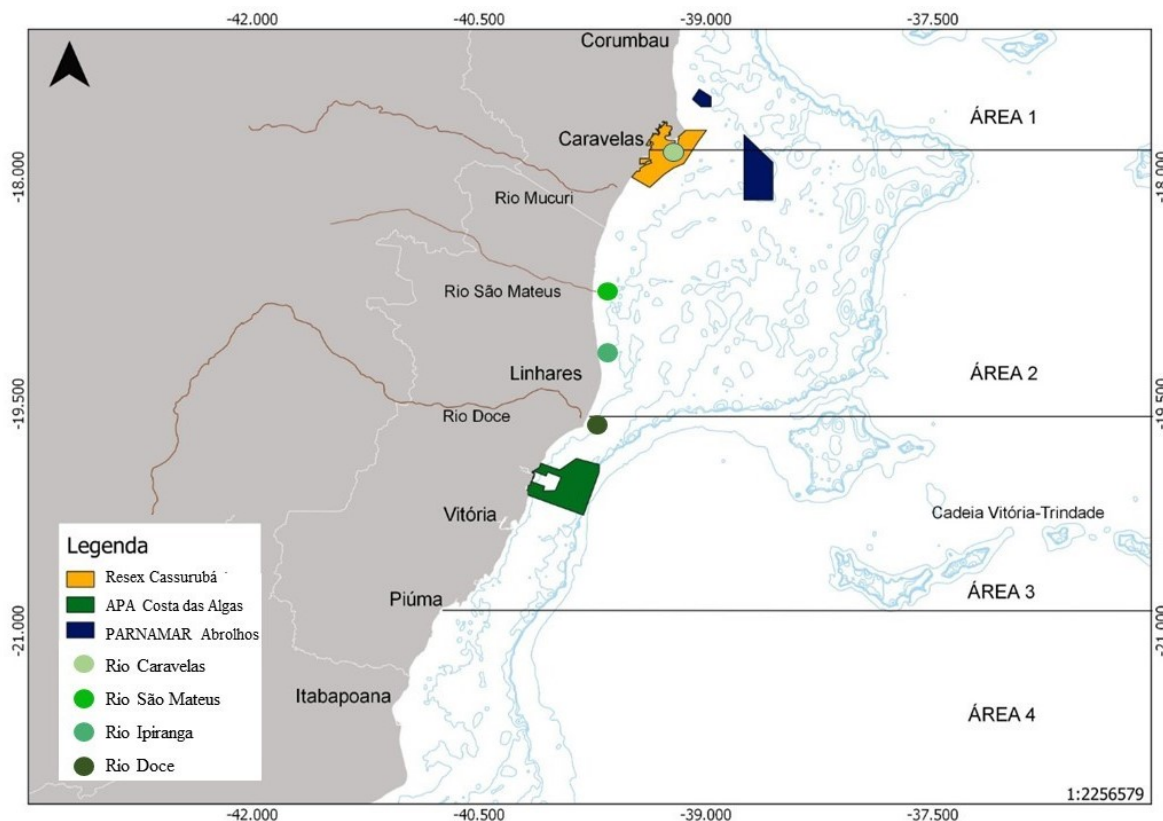
Fonte: Autoria própria.

#### 5.2.4 Genética de populações

O total de 986 fragmentos de nadadeiras e tecido muscular de 15 espécies de peixes recifais e estuarinos (Quadro 9) foram depositadas na coleção do Laboratório de Ecologia e Conservação Marinha (LECoMar) – UFSB – Campus Sosígenes Costa, Porto Seguro. As coletas estão em andamento e são realizadas de formas diferenciadas a depender do habitat das espécies selecionadas para o estudo. Peixes recifais são coletados por meio de visitas a desembarques pesqueiros do estado do Espírito Santo em colaboração com a equipe do GEF Mar -ICMBio (ES) e na cidade de Porto Seguro – BA, para obtenção de amostras provenientes de embarcações de pesca de espinhel de fundo, que atuam entre o sul da Bahia e norte do Rio de Janeiro. Os organismos amostrados são separados por agrupamentos amostrais compondo populações hipotéticas estabelecidas de acordo com a proximidade geográfica, identificadas como áreas: A1 -Norte de Abrolhos e Royal Charlotte, A2 - Sul do banco de Abrolhos, A3 -Plataforma estreita entre Linhares e Piúma, A4- Marataízes e norte do RJ (Figura 51). Enquanto peixes estuarinos estão sendo coletados comitadamente com as campanhas do Anexo 7 – UFES direcionadas à pesca. Para as espécies estuarinas o agrupamento amostral foi realizado conforme o rio de coleta: 1- Rio Caravelas, 2- Rio Doce, 3- Rio Ipiranga e 4-Rio São Mateus (Figura 51).



Figura 51: Mapa com a representação esquemática das quatro áreas de coleta de amostras de peixes recifais (A1-Norte de Abrolhos e Royal Charlotte, A2-Sul do banco de Abrolhos, A3-Plataforma estreita entre Linhares e Piúma, A4-Marataízes e norte do RJ); e os quatro rios de coleta de peixes estuarinos (1-Rio Caravelas, 2-Rio Doce, 3-Rio Ipiranga e 4-Rio São Mateus).



Fonte: Autoria própria.

Até o momento foram adquiridas 58% das amostras de peixes recifais e estuarinos necessárias para as análises propostas neste Anexo (Quadro 9). Isso se deve, ao fato das coletas ainda estarem ocorrendo, sendo no caso dos peixes estuarinos, até meados de setembro acompanhando o cronograma proposto do Anexo 7, e em relação aos peixes recifais, até atingirmos o número planejado de amostras.

No presente momento a maior quantidade e diversidade de peixes estuarinos amostrados foram obtidos no ponto amostral do Rio Caravelas (Figura 52).

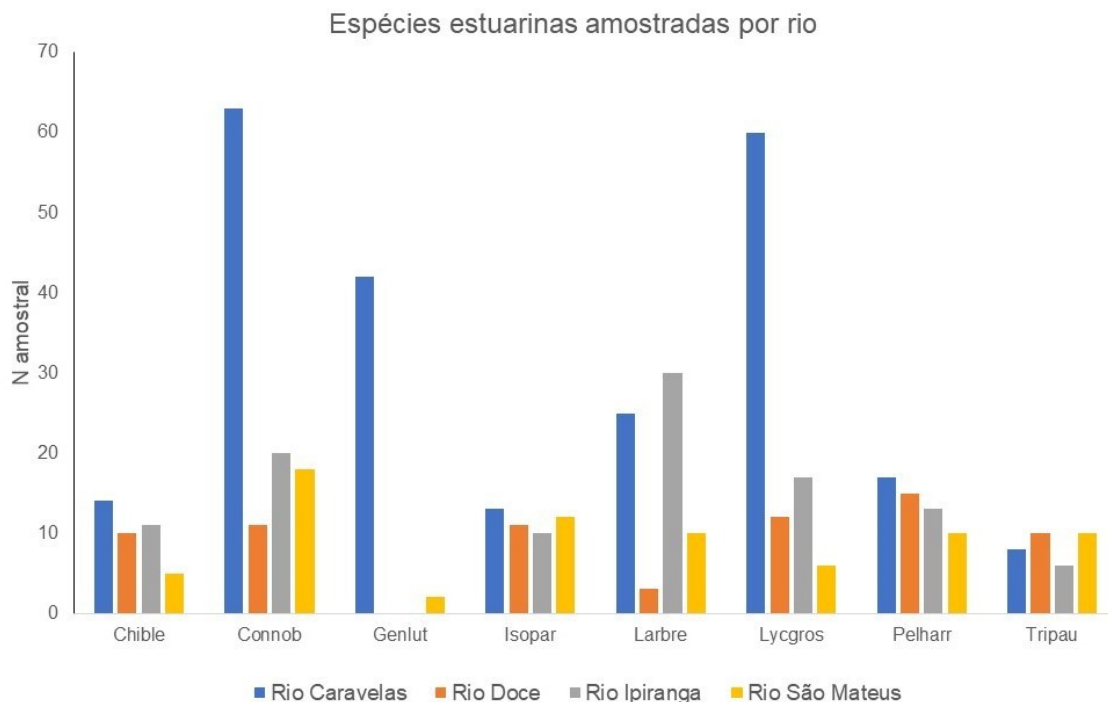
Já no caso das amostras de peixes recifais, a obtenção do material biológico depende da ocorrência de desembarque das espécies alvo, além da permissão dos pescadores a nossa equipe para acesso a esse material. Em todos os pontos de desembarques visitados, a obtenção de amostras foi maior em quantidade e diversidade na área 2 (Figura 52). Questões de resistência por parte de alguns pescadores diante nossa presença e da existência de uma portaria (Portaria MMA nº 445) proibindo a pesca de várias das espécies de nosso interesse, têm sido trabalhadas ao longo desses meses com o objetivo de conquistarmos a confiança e parceria com esses profissionais que muitas vezes nos veem como possíveis figuras de retaliação a pesca, sem benefício direto pela cooperação com as amostragens.

Quadro 9: Lista de espécies de peixes recifais e estuarinos amostrados por localidade.

Espécies Recifais	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
<i>M. bonaci</i>	34	41	15	2
<i>M. venenosa</i>	0	3	1	0
<i>M. interstitialis</i>	1	35	4	3
<i>C. fulva</i>	25	42	6	0
<i>O. chrysurus</i>	22	57	0	0
<i>L. analis</i>	5	35	69	3
<i>E. morio</i>	29	47	13	0
Espécies Estuarinas	Rio Caravelas	Rio Doce	Rio Ipiranga	Rio São Mateus
<i>C. bleekermanus</i>	14	10	11	5
<i>C. nobilis</i>	63	11	20	18
<i>G. luteus</i>	42	0	0	2
<i>I. parvipinnis</i>	13	11	10	12
<i>L. breviceps</i>	25	3	30	10
<i>L. grossidens</i>	60	12	17	6
<i>P. harroweri</i>	17	15	13	10
<i>T. paulistanus</i>	8	10	6	10

Fonte: Autoria própria.

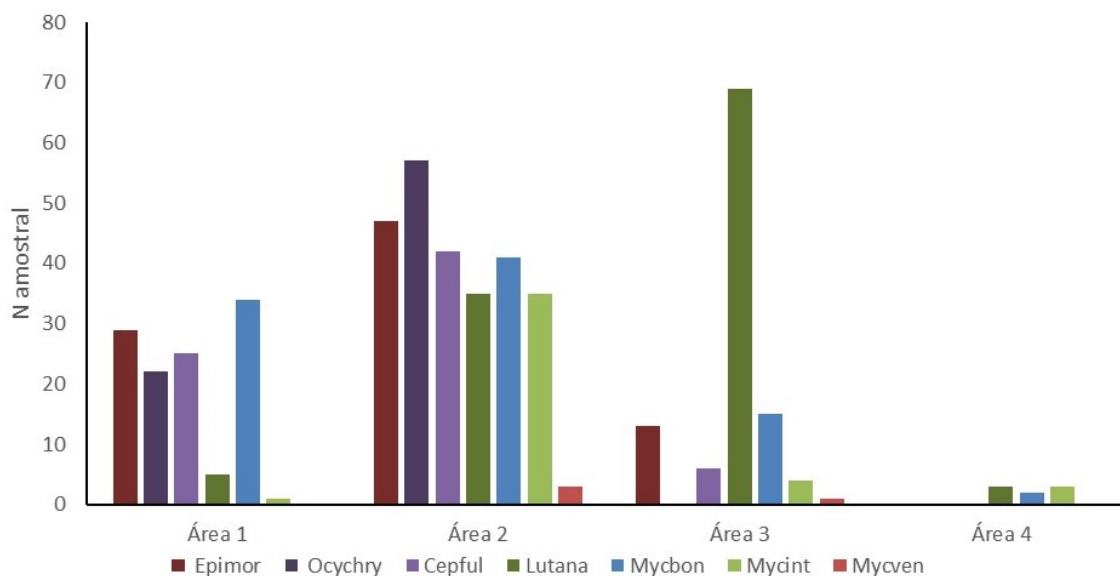
Figura 52: Representação gráfica quantitativa das espécies estuarinas coletadas por rio. Chible = *Chirocentron bleekermanus*; Connob = *Conodon nobilis*; Genlut = *Gentremus luteus*; Isopar = *Isopisthus parvipinnis*; Larbre = *Larimus breviceps*; Lycgros = *Lycengraulis grossidens*; Pelharr = *Pellona harroweri*; Tripau = *Trinectes paulistanus*.



Fonte: Autoria própria.

Figura 53: Representação gráfica quantitativa das espécies recifais coletadas por área. Mycbon = *Mycteroperca bonaci*, Mycven = *Mycteroperca venenosa*, Mycint = *Mycteroperca interstitialis*, Mycbon = *Mycteroperca bonaci*, Cepful = *Cephalopholis fulva*, Ocychry = *Ocyurus chrysurus*, Lutana = *Lutjanus analis*.

### Espécies Recifais amostradas por área



Fonte: Autoria própria.

O DNA genômico total foi extraído de 746 amostras, e estão em processo de quantificação com o auxílio do equipamento Qubit (Thermo Fisher Scientific) (Tabela 6 e Quadro 13) e amplificação pelo método de PCR (Polymerase Chain Reaction) utilizando iniciadores universais da região D-loop do DNA mitocondrial (Quadro 10). Este marcador molecular permitirá obter resultados que determinem populações estruturadas ou não, e a verificação da necessidade de medidas para fins conservacionistas.

Tabela 6: Lista de espécies recifais e estuarinos com quantidade coletada, extraída, quantificada. Porcentagem indica a quantidade de organismos extraídos de em relação a totalidade coletada.

Espécie	Total coletado	Extraídas	Quantificadas	%
<i>M. bonaci</i>	92	83	81	90,22
<i>M. venenosa</i>	4	4	0	100,00
<i>M. interstitialis</i>	46	40	0	86,96
<i>C. fulva</i>	72	40	0	55,56
<i>O. chrysurus</i>	79	40	0	50,63
<i>L. analis</i>	112	42	38	37,50
<i>E. morio</i>	95	95	95	100,00
<i>C. bleekermanus</i>	40	40	0	100,00
<i>C. nobilis</i>	112	80	0	71,43
<i>G. luteus</i>	44	44	0	100,00
<i>I. parvipinnis</i>	46	46	0	100,00

Espécie	Total coletado	Extraídas	Quantificadas	%
<i>L. breviceps</i>	68	68	0	100,00
<i>L. grossidens</i>	95	60	0	63,16
<i>P. harroweri</i>	55	30	0	54,55
<i>T. paulistanus</i>	34	34	0	100,00

Fonte: Autoria própria.

Quadro 10: Primers universais que serão utilizados para análise da região controle da região mitocondrial (Dloop) no presente trabalho.

Nome Primers	Sequência	Autor
Marfish_Dloop_Thr_F	5-AGCACCGGTCTTGTAACCG-3	Cheng et al, 2012
Marfish_Dloop_Phe_R	5-GGGCTCATCTTAACATCTTCA-3	Cheng et al, 2013
DLOOP-SB L1	5-CCTAACTCCCAAAGCTAGKATTC -3	Santa Brígida et al., 2007
DLOOP - SB H1	5-TGTTTATCACTGCTGRRRTCC -3	Santa Brígida et al., 2007
DLOOP Perc 12S 1R	5-GCGGATACTTGCATGTGTAA -3	Santa Brígida et al., 2007
DLOOP A.F	5-TTCCACCTCTAACTCCCAAAGCTAG-3	Lee et al., 1995

Fonte: Autoria própria.

O andamento das atividades foi afetado pela entrega tardia dos reagentes essenciais para a extração de DNA, que chegaram somente no início de fevereiro de 2019, prejudicando o início e avanço das atividades. Além disso, um dos equipamentos do laboratório foi enviado à manutenção e outros dois, recentemente adquiridos, ainda estão em fase de agendamento do treinamento pela empresa responsável pela venda.

Além de marcadores mitocondriais, marcadores microssatélites, presentes na literatura para espécies de peixes recifais (e ou congêneres) foram enviados para a síntese para posterior teste nas amostras coletadas (Quadro 11). Para as espécies estuarinas, dada a inexistência de marcadores microssatélites disponíveis, estão em aguardando o final das extrações para serem encaminhados para a síntese e desenvolvimento dos mesmos.

Quadro 11: Primers que serão utilizados para análise dos microssatélites no presente trabalho.

Iniciador	Espécie	Sequência (5'-3')	Referência
Mbo029F	<i>Mycteroperca bonaci</i>	GAGCACGCACACTGAGCAAC	Zatcoff et al., 2002
Mbo029R		TGCCAGTAAGGCAAAGTGGTC	Zatcoff et al., 2002
Mbo048F		CAACGTTGTCATAATCTGAGCAT	Zatcoff et al., 2002
Mbo048R		CGTGGATGATGTTAACTTTGGTG	Zatcoff et al., 2002
Mbo061F		TGAAGAATGTCAGATATTTTGTGGTG	Zatcoff et al., 2002
Mbo061R		TCCAAGAGTGTTGAAGTTATAGG	Zatcoff et al., 2002
Mbo066F		CGCATGTTTGTGAAGAACAGGAAG	Zatcoff et al., 2002
Mbo066R		GCTTCACTCTTGGGTTGTTGG	Zatcoff et al., 2002
Mbo088F		TGAACACCTTCACAATACTTTTCG	Zatcoff et al., 2002

Iniciador	Espécie	Sequência (5'-3')	Referência
Mbo088R		TTGAGTATACCAGCAGTTGAACATC	Zatcoff et al., 2002
Och 2F	<i>Ocyurus chrysurus</i>	GGACAGTATCACTATTCTCGC	Renshaw et al., 2007
Och 2R		CCACAAGGTGTTGCTACTAA	Renshaw et al., 2007
Och 4F		CGTCACTATGTGTCGCTAATCCGTT	Renshaw et al., 2007
Och 4R		GGCTCATTCTTCAGTCGTTTGG	Renshaw et al., 2007
Och 6F		CCTCTGGCATAACATCTCACATC	Renshaw et al., 2007
Och 6R		GCACACAAACACACCTCACCT	Renshaw et al., 2007
Och 9F		GCTCGTTCCTCTTAACATCAAC	Renshaw et al., 2007
Och 9R		GCTGTCAAGTGTCAAGGTGTATG	Renshaw et al., 2007
Och 10F		CTCAGACAGTGGTTTAACAGGATG	Renshaw et al., 2007
Och 10R		CAGCATAGAGAACAATGTCAGTCA	Renshaw et al., 2007
Och 11F		CCAGATACTGATGCTAACCA	Renshaw et al., 2007
Och 11R		GGAGATGCCACGCTGC	Renshaw et al., 2007
Och 13F		CCTCATGCTTCAAACACACG	Renshaw et al., 2007
Och 13R		CTCTTCATCCCAAACACAG	Renshaw et al., 2007
Och 14F		GGAGGTGTTGACAGCACA	Renshaw et al., 2007
Och 14R		CCTTGAACCGTCCTGAT	Renshaw et al., 2007
Cfu 9F	<i>Cephalopholis fulva</i>	CAAGTCTGATGCCAAAATTGA	Renshaw et al., 2010
Cfu 9R		CCGTGGTGGGTTTCTTACC	Renshaw et al., 2010
Cfu 10F		CGCCTCCCGTACATACAGAT	Renshaw et al., 2010
Cfu 10R		CCTCACCCGGTTTGAATATG	Renshaw et al., 2010
Cfu 14F		CGGGGAAGTGTTTTATTCCA	Renshaw et al., 2010
Cfu 14R		TGTGTGCATTTGTGCTGTGT	Renshaw et al., 2010
Cfu 20F		TGGCAGTTGATAATGCCAGA	Renshaw et al., 2010
Cfu 20R		GCGCCACATAACCTCTGTTT	Renshaw et al., 2010
Cfu 25F		GCGCCACATAACCTCTGTTT	Renshaw et al., 2010
Cfu 25R		TGCATGAGCATCAGTGTCTG	Renshaw et al., 2010
Cfu 43F		GATGCGAATGTGAAGTGTGC	Renshaw et al., 2010
Cfu 43R		GGGCTCATAAACGAGCTGA	Renshaw et al., 2010
Cfu 57F		AGGTTTTCCAGACCCTTTCC	Renshaw et al., 2010
Cfu 57R		AACGCTCAAAGTGAATGCAA	Renshaw et al., 2010
Cfu 70F		AGACCACACCAACCGTGT	Renshaw et al., 2010
Cfu 70R		CGAGGCAGAAACACAGAGT	Renshaw et al., 2010
Cfu 80F		AGTGGGGCAAGTTTGTGTTG	Renshaw et al., 2010
Cfu 80R		CAAGCGGGTAAGTTGCTGT	Renshaw et al., 2010

Fonte: Autoria própria.

### 5.2.5 Telemetria de peixes recifais

As metas e ações relacionadas com a telemetria de peixes recifais teriam início em fevereiro de 2019, porém devido a disponibilidade das embarcações (e necessidade de vistorias) associado a más

condições meteorológicas e oceanográficas das últimas semanas e o compartilhamento do equipamento para o estudo dos peixes estuarinos, impossibilitaram a saída a campo dentro do prazo previsto, fazendo com que as atividades relacionadas a telemetria de peixes recifais ainda não tenham sido cumpridas. Todas as atividades previstas para telemetria de peixes recifais serão realizadas nos próximos meses e os resultados serão apresentados no segundo relatório semestral.

### 5.3 CONCLUSÃO

Foi observado menores abundâncias, biomassa, diversidade e riqueza de espécies de diferentes estágios de vida (adultos e larvas) de peixes recifais na zona de impacto (Rio Doce – larvas de peixes e APA Costa das Algas – adultos) em comparação com as demais zonas controle. Contudo, não se pode determinar com segurança que estas diferenças são atribuídas ao impacto do rejeito de mineração, e não são oriundas de variações naturais existentes na assembleia. É necessário um maior tempo para podermos discernir entre os efeitos que podemos atribuir ao impacto do rompimento da barragem e as variações naturais existentes na assembleia de peixes. Portanto, para uma avaliação mais acurada e precisa dos possíveis impactos do rompimento da barragem sobre as espécies de peixes recifais, é necessário: (I) a complementação dos resultados parciais com os resultados que serão obtidos nas próximas campanhas, o que possibilitará indicar de forma concreta os padrões de abundância, riqueza, diversidade e biomassa entre a zona Impactada e Controles. (II) renovação do acordo e continuidade do PMBA, garantindo a compreensão dos efeitos da lama proveniente do rompimento da barragem de Mariana sobre os recifes localizados no Banco dos Abrolhos e demais regiões, uma vez que, a necessidade de monitoramento em longo prazo é de extrema importância para compreender a importância relativa dos padrões de dominância das espécies e influência de impactos antrópicos, desacoplando estes das variações temporais e espaciais naturais. (III) o monitoramento da diversidade genética das espécies selecionadas ao longo do tempo que permitirá acompanhar qualquer tendência observável neste parâmetro populacional em virtude do impacto ocorrido, distinguindo em populações residentes e migrantes. Com base no exposto (IV) sugerimos veementemente a continuidade do trabalho com a finalidade da obtenção de resultados consistentes e acurados. Cabe ressaltar que os resultados aqui apresentados estão sendo gerados com metodologias atuais e de ponta, aumentando e atualizando dados importantes a área estudada, já que existem poucos (ou nenhum) estudos pretéritos que possibilitem comparação com dados anteriores ao rompimento da barragem de forma ampla.

#### 5.4 REFERÊNCIAS

- Amado-Filho, G., Moura, R., L. Bastos, A., Salgado, L.T., Sumida, P., et al. 2012. Rhodolith Beds are Major CaCO<sub>3</sub> Bio-factories in the Tropical South West Atlantic. PLoS One 7(4): e35171.
- Anderson JD, Karel JW, Anderson KA, Roper-Foo PA. 2008. Genetic assessment of sheepshead stock structure in the northern Gulf of Mexico: morphological divergence in the face of gene flow. *NamJFishManag.*;28:592–606.
- Araujo, F.G. & DE Azevedo, M.C.C. 2001. Assemblages of Southeast-South Brazilian coastal systems based on the distribution of fishes. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 52: 729-738.
- Bakker, J., Wangensteen, O.S., Chapman, D.D., Boussarie, G., Buddo, D., Guttridge, T.L., Hertler, H., Mouillot, D., Vigliola, L., Mariani, S., 2017. Environmental DNA reveals tropical shark diversity in contrasting levels of anthropogenic impact. *Sci. Rep.* 7, 16886.
- Bengtsson, J. Disturbance and resilience in soil animal communities *Soil Biol.*, 38 (2002), pp. 119-125.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2002. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira. Série Biodiversidade, v. 5, p.1-404.
- Bruce, T., P. M. Meirelles, G. Garcia, R. Paranhos, C. E. Rezende, R. L. de Moura, R. Francini-Filho, E. O. C. Coni, A. T. Vasconcelos, G. Amado-Filho, M. Hatay, R. Schmieder, R. Edwards, E. Dinsdale & F. L. Thompson. 2012. Abrolhos Bank reef health evaluated by means of water quality, microbial diversity, benthic cover, and fish biomass data. *PLoS ONE*, 7: e36687.
- Coni EOC, CM Ferreira, RL de Moura, PM Meirelles, L Kaufman (2013). An evaluation of the use of branching fire-corals (*Millepora* spp.) as refuge by reef fish in the Abrolhos Bank, eastern Brazil *Environmental biology of fishes* 96 (1), 45-55.
- Costa, E. A., & Figueiredo Jr, A. G. 1998. Echo-character and sedimentary processes on the Amazon continental shelf. *An. Acad. Bras. Ciênc.* V. 70, nº 2, p. 187 – 200.
- Deiner, K., Bik, H.M., Mächler, E., Seymour, M., Lacoursière-Roussel, A., Altermatt, F., Creer, S., Bista, I., Lodge, D.M., de Vere, N., Pfrender, M.E., Bernatchez, L., 2017. Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. *Mol. Ecol.* 26, 5872–5895.
- Dougherty, M. M., Larson, E. R., Renshaw, M. A., Gantz, C. A., Egan, S. P., Erickson, D. M. and Lodge, D. M. (2016), Environmental DNA (eDNA) detects the invasive rusty crayfish *Orconectes rusticus* at low abundances. *J Appl Ecol*, 53: 722-732.
- Dutra, L.X.C., Kikuchi, R.K.P., Leão, ZMAN. 2006. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *J Coastal Res* 39: 633-638.

- España, H.P. 2003. Ecological importance of snappers in the stability of modeled coastal ecosystems. *Ecol Model.* 168:13–24.
- Ferreira, B.P.; Maida, M. & Souza, A.E.T. 1995. Levantamento inicial das comunidades de peixes recifais da região de Tamandaré-Pernambuco. *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, v. 3, n.1, p. 211-230,
- Floeter, S.R.; J.L. Gasparini, 2000. The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. *J. Fish Biol.* 56: 1099–1114.
- Floeter S.R.; Krohling, W.; Gasparini, J.L.; Ferreira, C.E.L.; Zalmon, I.L. 2007. Reef fish community structure on coastal island of southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic cover. *Environ Biol Fish* 78:147–160.
- Francini-Filho, R.B., Moura. R. L. 2008a. Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquat Conserv* 18:1166–1179.
- Friedlander, A.L. Parrish, J. D. Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 224 (1998) 1–30.
- Glasby, T; A. J. Underwood. 1996. Sampling to differentiate between pulse and press perturbations *Environ. Monit. Assess.*, 42 (1996), pp. 241-252.
- Sally J. Holbrook, Russell J. Schmitt, Andrew J. Brooks. Resistance and resilience of a coral reef fish community to changes in coral cover *MEPS* 371:263-271 (2008)
- Karl, T.R., Arguez, A., Huang, B., Lawrimore, J.H., McMahon, J.R., Menne, M.J., Peterson, T.C., Vose, R.S., Zhang, H., 2012. Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science*, 348, 1469-1472.
- Kikuchi, R.K.P., Leão, Z.M.A.N., Oliveira, M.D.M. 2010. Conservation status and spatial patterns of AGRRA vitality indices in Southwestern Atlantic Reefs. *Rev Biol Trop* 58: 1–31.
- Kikuchi, R.K.P., Z Leão, CLS Sampaio, MD Telles. Rapid assessment of the Abrolhos reefs, eastern Brazil (Part 2: Fish communities) *Atoll Research Bulletin* 496, 188-203.
- Kraft, N.J.B., P.B. Adler, O. Godoy, E.C. James, S.M. Fuller, J.M. Levine Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor *Funct. Ecol.*, 29 (2015), pp. 592-599
- Leão, Z.M.A.N. 2002. Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus C, Campos da, Queiroz et, Winge m, Berbert-Born Mlc (eds.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1ed. Brasília. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1: 345-359.
- Leão, Z.M.A.N., Kikuchi, R.K.P, Testa V. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés J (ed) *Latin America coral reefs*. Elsevier, Amsterdam, pp 9-52.



- Leis, J. M. 1991. The pelagic phase of coral reef fishes: larval biology of coral reef fishes. In *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*, pp. 183e230. Ed. by P. F. Sale. Academic Press, San Diego.
- Mazzei E.F., AA Bertoncini, HT Pinheiro, LF Machado, CC Vilar. Newly discovered reefs in the southern Abrolhos Bank, Brazil: anthropogenic impacts and urgent conservation needs. *Marine pollution bulletin* 114 (1), 123-133.
- Moura, R. L. & R. B. Francini-Filho. 2005. Reef and shore fishes of the Abrolhos Bank, Brazil. Pp. 40-55. In: Dutra, G. F., G. R. Allen, T. Werner, A. S. Mckennak (Eds.). *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia Brazil*. RAP Bulletin of Biological Assessment 38. Washington, Conservation International.
- Moura, R. L., N. A. Secchin, G. M. Amado-Filho, R. B. Francini-Filho, M. O. Freitas, C. V. Minte-Vera, J. B. Teixeira, F. L. Thompson, G. F. Dutra, P. Y. G. Sumida, A. Z. Guth, R. M. Lopes & A. C. Bastos. 2013. Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, 70: 109-117.
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the world*. 4th edn. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.
- Renshaw, M.A., Karlsson, S., Gold J.R. 2007. Isolation and characterization of microsatellites in lane snapper (*Lutjanus synagris*), mutton snapper (*Lutjanus analis*), and yellowtail snapper (*Ocyurus chrysurus*). *Molecular Ecology Notes*, 7, 1084-1087.
- Renshaw, M.A., Portnoy, D.S. PCR primers for nuclear-encoded microsatellites of the groupers *Cephalopholis fulva* (coney) and *Epinephelus guttatus* (red hind). *Conservation Genetics*, 11, 1197-1202.
- Resende SM, Ferreira BP, Thierry F. 2003. A pesca de lutjanídeos no nordeste do Brasil: Histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o manejo. *Bol Téc Cepene*. 11:257–270.
- Santos S, Schneider H, Sampaio I. 2003 Genetic differentiation of *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae, Perciformes) populations in Atlantic coastal waters of South America as revealed by mtDNA analysis. *Genet Mol Biol* 26: 151–161.
- Segal, B., Castro, C.B., 2011. Coral community structure and sedimentation at different distances from the coast of the Abrolhos Bank, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 59, 119–129.
- Silva, A.S., Leão, Zman., Kikuchi. R.K.P., Costa, A., Souza, J.R.B. 2013. Sedimentation in the coastal reefs of Abrolhos over the last decades. *Cont Shelf* 859 Res 70: 159-167.
- Taberlet, P., Coissac, E., Hajibabaei, M., Rieseberg, L.H., 2012. Environmental DNA: ENVIRONMENTAL DNA. *Mol. Ecol.* 21, 1789–1793.
- Walker, C.S. Holling, S.R. Carpenter, A. Kinzig Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems *Ecology and Society*, 9 (2) (2004), p. 5

Yamamoto, S., Masuda, R., Sato, Y., Sado, T., Araki, H., Kondoh, M., Minamoto, T., Miya, M., 2017. Environmental DNA metabarcoding reveals local fish communities in a species-rich coastal sea. Sci. Rep. 7.

Zatcoff, M.S., Ball, A.O., Chapman, R.W. 2002. Characterization of polymorphic microsatellite loci from black grouper, *Mycteroperca bonaci* (Teleostei: Serranidae). Molecular Ecology Notes 2, 217-219.

## 5.5 APÊNDICE

### PEIXES RECIFAIS

Tabela 7: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando abundância de peixes entre as zonas estudadas (Impacto, Controle 1, 2, 3 e 4), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). I. vs. C corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo. Fatores.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	13624	3405,9	1,2749	0,277	9948	0,2819
I. vs. C.	1	5277,4	5277,4	1,9657	0,1583	351	0,1385
Se(Zo)	22	58773	2671,5	3,3308	0,0001	9877	0,0001
Se(I. vs. C.)	25	67119	2684,8	3,3473	0,0001	9864	0,0001
Res	135	1,08E+05	802,06				
Total	161	1,81E+05					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando diversidade (obtido através do índice de Shannon) de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	5826,8	1456,7	3,261	0,0227	9949	0,0137
I. vs. C.	1	1286,3	1286,3	2,2381	0,1061	351	0,1333
Se(Zo)	22	9827,4	446,7	1,7101	0,0172	9876	0,0167
Se(I. vs. C.)	25	14368	574,72	2,2002	0,0017	9882	0,0005
Res	135	35264	261,22	-	-	-	-
Total	161	50918	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a composição de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle agrupadas. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	1,03E+05	25691	4,7459	0,0001	9863	0,0001
<i>I. vs. C.</i>	1	27862	27862	3,5906	0,002	351	0,0002
Se(Zo)	22	1,19E+05	5413,3	2,4463	0,0001	9638	0,0001
Se( <i>I. vs. C.</i> )	25	1,94E+05	7759,7	3,5067	0,0001	9645	0,0001
Res	135	2,99E+05	2212,9				
Total	161	5,21E+05	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a riqueza de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	6931,9	1733	2,1446	0,097	9947	0,0801
<i>I. vs. C.</i>	1	2374,3	2374,3	2,6576	0,0912	351	0,0963
Se(Zo)	22	17777	808,06	4,0929	0,0001	9883	0,0001
Se( <i>I. vs. C.</i> )	25	22335	893,39	4,5251	0,0001	9885	0,0001
Res	135	26653	197,43				
Total	161	51362					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a biomassa de peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	23629	5907,2	1,7155	0,103	9935	0,0878
I. vs. C.	1	4055,9	4055,9	1,0637	0,3785	351	0,3564
Se(Zo)	22	75756	3443,4	2,0352	0,0002	9847	0,0001
Se(I. vs. C.)	25	95328	3813,1	2,2537	0,0001	9855	0,0001
Res	135	2,28E+05	1691,9				
Total	161	3,28E+05					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando o comprimento dos peixes recifais entre as zonas estudadas (Impacto vs. Controles), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Zona (Zo) e fator aleatório Setor (Se). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando a zona Impacto e as zonas controle. Legenda: df- graus de liberdade, SS – soma dos quadrados, MS – Média dos quadrados, Pseudo-F – estatística F, P(perm) – valor de P por permutações, Unique perms – permutações únicas, P(MC) – permutações de Monte Carlo.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
Zonas	4	2607,1	651,77	2,1808	0,0964	9954	0,0854
I. vs. C.	1	38,357	38,357	0,10487	0,8098	351	0,8576
Se(Zo)	22	6575,1	298,87	1,3979	0,1047	9887	0,1017
Se(I. vs. C.)	25	9143,9	365,76	1,7108	0,0179	9904	0,0173
Res	135	28862	213,8				
Total	161	38045					

Fonte: Autoria própria.

Quadro 12: Resultados de todas as amostras dos censos visuais referentes a riqueza de espécies, abundância, diversidade de Margalef, índice de equitatividade de Pielou's e índice de diversidade de Shannon.

Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
I1	2	4	0,7213	0,8113	0,5
I1	5	12	1,61	0,8849	1,424
I1	7	12	2,415	0,9577	1,864
I1	6	10	2,171	0,9464	1,696
I1	8	11	2,919	0,9485	1,972
I1	10	15	3,323	0,9201	2,119
I2	19	136	3,664	0,6938	2,043
I2	10	94	1,981	0,5518	1,27
I2	13	99	2,611	0,4628	1,187
I2	9	109	1,705	0,257	0,5646
I2	10	38	2,474	0,7158	1,648
I2	10	24	2,832	0,8332	1,919
C1-S1	11	109	2,132	0,4593	1,101
C1-S1	8	447	1,147	0,1222	0,2542
C1-S1	12	24	3,461	0,8418	2,092
C1-S1	15	56	3,478	0,8581	2,324
C1-S1	13	61	2,919	0,922	2,365
C1-S1	13	90	2,667	0,5826	1,494
C1-S2	16	153	2,982	0,6938	1,924
C1-S2	8	53	1,763	0,5554	1,155
C1-S2	8	21	2,299	0,8405	1,748
C1-S2	16	140	3,035	0,6496	1,801
C1-S2	12	60	2,687	0,8535	2,121
C1-S2	10	63	2,172	0,8246	1,899
C1-S3	18	38	4,673	0,9162	2,648
C1-S3	13	34	3,403	0,8499	2,18
C1-S3	15	44	3,7	0,9535	2,582
C1-S3	12	51	2,798	0,9229	2,293
C1-S3	14	65	3,114	0,859	2,267
C1-S3	12	105	2,364	0,5063	1,258

Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
C1-S4	17	49	4,111	0,8961	2,539
C1-S4	11	218	1,857	0,3277	0,7859
C1-S4	15	48	3,616	0,9281	2,513
C1-S4	15	47	3,636	0,9476	2,566
C1-S4	14	122	2,706	0,4414	1,165
C1-S4	17	105	3,438	0,7366	2,087
C1-S5	11	522	1,598	0,1073	0,2572
C1-S5	13	124	2,489	0,4718	1,21
C1-S5	11	108	2,136	0,5258	1,261
C1-S5	4	16	1,082	0,8514	1,18
C1-S5	7	40	1,627	0,6814	1,326
C1-S5	5	14	1,516	0,7552	1,215
C1-S6	12	347	1,881	0,1899	0,4718
C1-S6	16	211	2,803	0,4769	1,322
C1-S6	18	85	3,827	0,8092	2,339
C1-S6	16	55	3,743	0,7046	1,954
C1-S6	9	27	2,427	0,842	1,85
C1-S6	10	49	2,313	0,6332	1,458
C1-S7	15	90	3,111	0,7731	2,094
C1-S7	14	83	2,942	0,85	2,243
C1-S7	14	82	2,95	0,7216	1,904
C1-S7	17	438	2,631	0,3867	1,096
C1-S7	18	545	2,698	0,1585	0,4582
C1-S7	14	49	3,34	0,87	2,296
C2-S1	6	14	1,895	0,8233	1,475
C2-S1	5	18	1,384	0,8565	1,378
C2-S1	3	4	1,443	0,9464	1,04
C2-S1	4	6	1,674	0,8962	1,242
C2-S1	10	34	2,552	0,7229	1,665
C2-S1	11	59	2,452	0,6292	1,509
C2-S2	3	8	0,9618	0,8869	0,9743

Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
C2-S2	8	24	2,203	0,9017	1,875
C2-S2	7	23	1,914	0,8809	1,714
C2-S2	11	33	2,86	0,8095	1,941
C2-S2	9	23	2,551	0,935	2,054
C2-S2	9	27	2,427	0,866	1,903
C2-S3	11	63	2,414	0,808	1,938
C2-S3	15	110	2,978	0,7444	2,016
C2-S3	13	62	2,908	0,8092	2,076
C2-S3	14	40	3,524	0,8779	2,317
C2-S3	14	106	2,788	0,7197	1,899
C2-S3	16	81	3,413	0,7559	2,096
C2-S4	11	23	3,189	0,9429	2,261
C2-S4	9	47	2,078	0,7439	1,634
C2-S4	12	64	2,645	0,683	1,697
C2-S4	10	23	2,87	0,8871	2,043
C2-S4	11	23	3,189	0,949	2,276
C2-S4	14	63	3,138	0,7897	2,084
C2-S5	11	23	3,189	0,8908	2,136
C2-S5	11	208	1,874	0,3695	0,8859
C2-S5	9	33	2,288	0,7657	1,682
C2-S5	14	40	3,524	0,8269	2,182
C2-S5	10	53	2,267	0,7538	1,736
C2-S5	6	46	1,306	0,8005	1,434
C2-S6	15	115	2,951	0,7476	2,025
C2-S6	13	29	3,564	0,8127	2,085
C2-S6	11	57	2,473	0,7673	1,84
C2-S6	9	32	2,308	0,7909	1,738
C2-S6	9	49	2,056	0,7821	1,718
C2-S6	8	61	1,703	0,6493	1,35
C3-S1	9	20	2,67	0,9057	1,99
C3-S1	12	43	2,925	0,7436	1,848



Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
C3-S1	7	22	1,941	0,7916	1,54
C3-S1	10	57	2,226	0,5491	1,264
C3-S1	9	171	1,556	0,2446	0,5373
C3-S1	9	233	1,468	0,1855	0,4077
C3-S2	11	34	2,836	0,9097	2,181
C3-S2	8	19	2,377	0,8195	1,704
C3-S2	15	101	3,034	0,847	2,294
C3-S2	15	37	3,877	0,7923	2,146
C3-S2	13	29	3,564	0,8692	2,229
C3-S2	13	31	3,494	0,8843	2,268
C3-S3	9	13	3,119	0,9549	2,098
C3-S3	5	17	1,412	0,9239	1,487
C3-S3	11	15	3,693	0,9752	2,338
C3-S3	8	10	3,04	0,974	2,025
C3-S3	8	22	2,265	0,8088	1,682
C3-S3	8	18	2,422	0,9157	1,904
C3-S4	15	37	3,877	0,9312	2,522
C3-S4	14	24	4,091	0,9333	2,463
C3-S4	9	19	2,717	0,9579	2,105
C3-S4	13	29	3,564	0,9306	2,387
C3-S4	15	79	3,204	0,8549	2,315
C3-S4	13	84	2,708	0,9184	2,356
C3-S5	18	42	4,548	0,919	2,656
C3-S5	10	43	2,393	0,8803	2,027
C3-S5	13	31	3,494	0,9398	2,41
C3-S5	13	41	3,231	0,8179	2,098
C3-S5	19	126	3,722	0,7958	2,343
C3-S5	17	199	3,023	0,752	2,131
C3-S6	12	106	2,359	0,7153	1,777
C3-S6	13	55	2,995	0,8261	2,119
C3-S6	18	129	3,498	0,6146	1,777

Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
C3-S6	18	50	4,346	0,8666	2,505
C3-S6	12	75	2,548	0,6944	1,726
C3-S6	14	68	3,081	0,8243	2,175
C4-S1	23	65	5,27	0,8885	2,786
C4-S1	14	67	3,092	0,799	2,109
C4-S1	14	25	4,039	0,9148	2,414
C4-S1	8	29	2,079	0,8692	1,807
C4-S1	14	39	3,548	0,8431	2,225
C4-S1	13	31	3,494	0,8894	2,281
C4-S2	13	47	3,117	0,8014	2,056
C4-S2	12	39	3,003	0,8509	2,114
C4-S2	10	28	2,701	0,8189	1,886
C4-S2	9	26	2,455	0,9002	1,978
C4-S2	21	110	4,255	0,8349	2,542
C4-S2	21	133	4,09	0,8118	2,472
C4-S3	22	87	4,702	0,8295	2,564
C4-S3	16	64	3,607	0,8286	2,297
C4-S3	13	68	2,844	0,7084	1,817
C4-S3	13	59	2,943	0,5597	1,436
C4-S3	23	190	4,193	0,5812	1,822
C4-S3	26	120	5,222	0,8618	2,808
C4-S4	11	31	2,912	0,8314	1,994
C4-S4	11	46	2,612	0,8045	1,929
C4-S4	14	32	3,751	0,9313	2,458
C4-S4	10	32	2,597	0,8515	1,961
C4-S4	14	33	3,718	0,7669	2,024
C4-S4	11	35	2,813	0,8308	1,992
C4-S5	15	39	3,821	0,7272	1,969
C4-S5	9	40	2,169	0,8168	1,795
C4-S5	13	47	3,117	0,8664	2,222
C4-S5	8	16	2,525	0,739	1,537

Amostras	Riqueza	N	Margalef (d)	Pielou's (J')	Shannon (H')
C4-S5	21	58	4,926	0,8674	2,641
C4-S5	16	61	3,649	0,8959	2,484
C4-S6	10	22	2,912	0,8839	2,035
C4-S6	12	20	3,672	0,8652	2,15
C4-S6	14	45	3,415	0,8974	2,368
C4-S6	12	39	3,003	0,8169	2,03
C4-S6	9	50	2,045	0,8819	1,938
C4-S6	13	41	3,231	0,8255	2,117

Fonte: Autoria própria.

### RECRUTAMENTO (ARMADILHAS DE LUZ)

Tabela 13: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a biomassa de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). I. vs. C. corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
LO	3	49501	16500	20,811	0,0001	9949	0,0001
I. vs. C.	1	23703	23703	20,439	0,0001	9946	0,0001
Res	64	50743	792,86				
Total	67	1,00E+05					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a abundância de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
LO	3	69752	23251	23,437	0,0001	9937	0,0001
I. vs. C.	1	42814	42814	31,247	0,0001	9950	0,0001
Res	64	63492	992,07				
Total	67	1,33E+05					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 15: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a riqueza de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
LO	3	8673,4	2891,1	11,208	0,0001	9953	0,0001
I. vs. C.	1	1467	1467	4,0826	0,0406	5334	0,0401
Res	64	16509	257,95				
Total	67	25182					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 16: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a diversidade (Shannon) de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
LO	3	2959,9	986,63	7,8493	0,0002	9944	0,0002
I. vs. C.	1	176,02	176,02	1,0728	0,3042	9927	0,3074
Res	64	8044,6	125,7				
Total	67	11004					

Fonte: Autoria própria.

Tabela 17: Resultado da Análise de Variância por Permutação (PERMANOVA) comparando a composição de larvas entre locais (São Mateus, Piraqueaçu, Mucuri e Rio Doce), utilizando índice de similaridade de Bray-Curtis, com fator fixo Local (LO). Co corresponde aos resultados da análise de Contraste comparando o local Impacto e os locais controle.

Fatores	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	P(MC)
LO	3	1,10E+05	36766	21,244	0,0001	9903	0,0001
I. vs. C.	1	38502	38502	13,92	0,0001	9941	0,0001
Res	64	1,11E+05	1730,6				
Total	67	2,21E+05					

Fonte: Autoria própria.

## GENÉTICA

Quadro 13: Total de extrações e quantificações de DNA obtido das espécies recifais. Locais: A1 -Norte de Abrolhos e Royal Charlotte, A2 - Sul do banco de Abrolhos, A3 -Plataforma estreita entre Linhares e Piúma, A4- Marataízes e norte do RJ

Espécie	ID	Local	Porto coleta	Extração	ng/µl	ng/ml
<i>Epinephelus morio</i>	B1V01	A1	Vila Velha	OK	3.66	36.60
<i>Epinephelus morio</i>	B1V02	A1	Vila Velha	OK	1.14	11.40
<i>Epinephelus morio</i>	B1V03	A1	Vila Velha	OK	2.35	23.50
<i>Epinephelus morio</i>	B1V04	A1	Vila Velha	OK	1.9	19.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V05	A1	Vila Velha	OK	36.1	361.0
<i>Epinephelus morio</i>	B1V06	A1	Vila Velha	OK	7.96	79.60
<i>Epinephelus morio</i>	B1V07	A1	Vila Velha	OK	5.7	57.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V08	A1	Vila Velha	OK	1.19	11.90
<i>Epinephelus morio</i>	B1V09	A1	Vila Velha	OK	5.15	51.50
<i>Epinephelus morio</i>	B1V10	A1	Vila Velha	OK	164	1.64
<i>Epinephelus morio</i>	B1V11	A1	Vila Velha	OK	6.52	65.20
<i>Epinephelus morio</i>	B1V12	A1	Vila Velha	OK	13.1	131.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V13	A1	Vila Velha	OK	6.34	63.40
<i>Epinephelus morio</i>	B1V14	A1	Vila Velha	OK	57	570.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V15	A1	Vila Velha	OK	1.43	14.30
<i>Epinephelus morio</i>	B1V16	A1	Vila Velha	OK	20.9	209.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V17	A1	Vila Velha	OK	9.22	92.20
<i>Epinephelus morio</i>	B1V18	A1	Vila Velha	OK	04.01	40.10
<i>Epinephelus morio</i>	B1V19	A1	Vila Velha	OK	6.53	65.30
<i>Epinephelus morio</i>	B1V20	A1	Vila Velha	OK	10	100.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V21	A1	Vila Velha	OK	12.9	129.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V22	A1	Vila Velha	OK	6.3	63.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V23	A1	Vila Velha	OK	4.94	49.40
<i>Epinephelus morio</i>	B1V24	A1	Vila Velha	OK	15.1	151.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V25	A1	Vila Velha	OK	14	140.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V26	A1	Vila Velha	OK	17	170.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V27	A1	Vila Velha	OK	19.9	199.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V28	A1	Vila Velha	OK	17.1	171.00
<i>Epinephelus morio</i>	B1V29	A1	Vila Velha	OK	8.33	83.30
<i>Epinephelus morio</i>	B2V1	A2	Vila Velha	OK	32.7	327.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V2	A2	Vila Velha	OK	52	520.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V01_2	A2	Vila Velha	OK	40.7	407.00

Espécie	ID	Local	Porto coleta	Extração	ng/µl	ng/ml
<i>Epinephelus morio</i>	B2V02_2	A2	Vila Velha	OK	0.68	6.80
<i>Epinephelus morio</i>	B2V03	A2	Vila Velha	OK	19.7	197.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V04	A2	Vila Velha	OK	3.65	36.50
<i>Epinephelus morio</i>	B2V05	A2	Vila Velha	OK	5.79	57.90
<i>Epinephelus morio</i>	B2V06	A2	Vila Velha	OK	13.7	137.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V07	A2	Vila Velha	OK	16.4	164.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V08	A2	Vila Velha	OK	43.9	439.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V09	A2	Vila Velha	OK	17.7	177.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2V10	A2	Vila Velha	OK	9.68	96.80
<i>Epinephelus morio</i>	B2P01	A2	Porto Seguro	OK	29.40	294.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P02	A2	Porto Seguro	OK	1.62	16.20
<i>Epinephelus morio</i>	B2P03	A2	Porto Seguro	OK	13.30	133.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P04	A2	Porto Seguro	OK	1.98	19.80
<i>Epinephelus morio</i>	B2P05	A2	Porto Seguro	OK	33.00	330.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P06	A2	Porto Seguro	OK	9.12	91.20
<i>Epinephelus morio</i>	B2P07	A2	Porto Seguro	OK	Alto	
<i>Epinephelus morio</i>	B2P08	A2	Porto Seguro	OK	57.00	570.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P09	A2	Porto Seguro	OK	39.90	399.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P10	A2	Porto Seguro	OK	4.98	49.80
<i>Epinephelus morio</i>	B2P11	A2	Porto Seguro	OK	48.30	483.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P12	A2	Porto Seguro	OK	43.80	438.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P13	A2	Porto Seguro	OK	52.00	520.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P14	A2	Porto Seguro	OK	17.10	171.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P15	A2	Porto Seguro	OK	60.00	600.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P16	A2	Porto Seguro	OK	60.00	600.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P17	A2	Porto Seguro	OK	0.61	06.06
<i>Epinephelus morio</i>	B2P18	A2	Porto Seguro	OK	42.50	425.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P19	A2	Porto Seguro	OK	38.40	384.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P20	A2	Porto Seguro	OK	36.20	362.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P21	A2	Porto Seguro	OK	54.00	540.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P22	A2	Porto Seguro	OK	58.00	580.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P23	A2	Porto Seguro	OK	60.00	600.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P24	A2	Porto Seguro	OK	44.60	446.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P25	A2	Porto Seguro	OK	31.50	315.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P26	A2	Porto Seguro	OK	25.90	259.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P27	A2	Porto Seguro	OK	26.40	264.00

Espécie	ID	Local	Porto coleta	Extração	ng/µl	ng/ml
<i>Epinephelus morio</i>	B2P28	A2	Porto Seguro	OK		
<i>Epinephelus morio</i>	B2P29	A2	Porto Seguro	OK	53.00	530.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P30	A2	Porto Seguro	OK	39.20	392.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P31	A2	Porto Seguro	OK	1.68	16.80
<i>Epinephelus morio</i>	B2P32	A2	Porto Seguro	OK	58.00	580.00
<i>Epinephelus morio</i>	B2P33	A2	Porto Seguro	OK	13.70	137.00
<i>Epinephelus morio</i>	B3A1	A3	Anchieta	OK	22.10	221.00
<i>Epinephelus morio</i>	B3V1	A3	Vila Velha	OK	1.89	18.90
<i>Epinephelus morio</i>	B3V2	A3	Vila Velha	OK	15.70	157.00
<i>Epinephelus morio</i>	B3V3	A3	Vila Velha	OK	3.00	30.00
<i>Epinephelus morio</i>	B3V4	A3	Vila Velha	OK	6.35	63.50
<i>Epinephelus morio</i>	B3V5	A3	Vila Velha	OK	0.79	7.88
<i>Epinephelus morio</i>	B3V6	A3	Vila Velha	OK	1.50	15.00
<i>Epinephelus morio</i>	B3V7	A3	Vila Velha	OK	2.14	21.40
<i>Epinephelus morio</i>	B4G1	A4	Guarapari	OK	1.55	15.50
<i>Epinephelus morio</i>	B4G2	A4	Guarapari	OK	1.18	11.80
<i>Epinephelus morio</i>	B4G3	A4	Guarapari	OK	2.23	22.30
<i>Epinephelus morio</i>	B4G4	A4	Guarapari	OK	19.80	198.00
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P01	A1	Porto Seguro	OK	18.3	183
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P02	A1	Porto Seguro	OK	0.36	3.6
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P03	A1	Porto Seguro	OK	3.37	33.7
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P04	A1	Porto Seguro	OK	21.1	211
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P05	A1	Porto Seguro	OK	1.93	19.3
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P06	A1	Porto Seguro	OK	25.5	255
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P07	A1	Porto Seguro	OK	12.4	124
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P08	A1	Porto Seguro	OK	6.11	61.1
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P09	A1	Porto Seguro	OK	26.6	266
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P10	A1	Porto Seguro	OK	9.35	93.5
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P11	A1	Porto Seguro	OK	671	6.71
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P12	A1	Porto Seguro	OK	2.7	27
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P13	A1	Porto Seguro	OK	33.5	335
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P14	A1	Porto Seguro	OK	19.7	197
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P15	A1	Porto Seguro	OK	1.84	18.4
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P16	A1	Porto Seguro	OK	2.92	29.2
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P17	A1	Porto Seguro	OK	13.9	139
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P18	A1	Porto Seguro	OK	23.1	231

Espécie	ID	Local	Porto coleta	Extração	ng/µl	ng/ml
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P19	A1	Porto Seguro	OK	34.1	341
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P20	A1	Porto Seguro	OK	3.39	33.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P21	A1	Porto Seguro	OK	8.11	81.1
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P22	A1	Porto Seguro	OK	594	5.94
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P23	A1	Porto Seguro	OK	22.6	226
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P24	A1	Porto Seguro	OK	17.4	174
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P25	A1	Porto Seguro	OK	07.09	70.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P26	A1	Porto Seguro	OK	1.26	12.6
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P27	A1	Porto Seguro	OK	26.9	269
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P28	A1	Porto Seguro	OK		
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P29	A1	Porto Seguro	OK		
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1P30	A1	Porto Seguro	OK	23.1	231
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1V01	A1	Vila Velha	OK	11.4	114
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1V02	A1	Vila Velha	OK	5.59	55.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1V03	A1	Vila Velha	OK	2.33	23.3
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C1V04	A1	Vila Velha	OK	4.26	42.6
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2S1	A2	Santa Cruz	OK	2.89	28.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2V1	A2	Vila Velha	OK	23	230
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2V2	A2	Vila Velha	OK	325	3.25
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2V3	A2	Vila Velha	OK	1.27	12.7
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2V4	A2	Vila Velha	OK	1.49	14.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2V5	A2	Vila Velha	OK	1.29	12.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P01	A2	Porto Seguro	OK	291	2.91
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P02	A2	Porto Seguro	OK	21.9	219
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P03	A2	Porto Seguro	OK	8.42	84.2
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P04	A2	Porto Seguro	OK	20	200
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P05	A2	Porto Seguro	OK	2.21	22.1
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P06	A2	Porto Seguro	OK	10.3	103
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P07	A2	Porto Seguro	OK	8.15	81.5
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P08	A2	Porto Seguro	OK	15	150
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P09	A2	Porto Seguro	OK	28.4	284
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P10	A2	Porto Seguro	OK	52	520
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P11	A2	Porto Seguro	OK	17.9	179
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P12	A2	Porto Seguro	OK	23.8	238
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P13	A2	Porto Seguro	OK	744	7.44
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P14	A2	Porto Seguro	OK	4.92	49.2
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P15	A2	Porto Seguro	OK	2.58	25.8
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P16	A2	Porto Seguro	OK	0.53	5.3



Espécie	ID	Local	Porto coleta	Extração	ng/µl	ng/ml
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P17	A2	Porto Seguro	OK	1.59	15.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P18	A2	Porto Seguro	OK	1.8	18
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P19	A2	Porto Seguro	OK	533	5.33
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P20	A2	Porto Seguro	OK	1.12	11.2
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P21	A2	Porto Seguro	OK	1.53	15.3
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P22	A2	Porto Seguro	OK	02.07	20.7
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P23	A2	Porto Seguro	OK	02.09	20.9
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P24	A2	Porto Seguro	OK	0.51	5.1
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P25	A2	Porto Seguro	OK	0.36	3.6
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P26	A2	Porto Seguro	OK	1.46	14.6
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P27	A2	Porto Seguro	OK	447	4.47
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P28	A2	Porto Seguro	OK	628	6.28
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P29	A2	Porto Seguro	OK	12.9	129
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C2P30	A2	Porto Seguro	OK	836	8.36
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3A1	A3	Anchieta	OK	1.94	19.4
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3A2	A3	Anchieta	OK	639	6.39
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3A3	A3	Anchieta	OK	649	6.49
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3G1	A3	Guarapari	OK	774	7.74
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3G2	A3	Guarapari	OK	523	5.23
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3V1	A3	Vila Velha	OK	1.11	11.1
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3V2	A3	Vila Velha	OK	431	4.31
<i>Mycteroperca bonaci</i>	C3A01	A3	Anchieta	OK	4	40
<i>Lutjanus analis</i>	J1V1	A1	Vila Velha	OK	616	6.16
<i>Lutjanus analis</i>	J1V2	A1	Vila Velha	OK	434	4.34
<i>Lutjanus analis</i>	J1V3	A1	Vila Velha	OK	189	1.89
<i>Lutjanus analis</i>	J1V4	A1	Vila Velha	OK	111	1.11
<i>Lutjanus analis</i>	J1V5	A1	Vila Velha	OK	59	0.59
<i>Lutjanus analis</i>	J2A1	A2	Anchieta	OK	1.74	17.4
<i>Lutjanus analis</i>	J2A2	A2	Anchieta	OK	113	1.13
<i>Lutjanus analis</i>	J2A3	A2	Anchieta	OK	1.62	16.2
<i>Lutjanus analis</i>	J2A4	A2	Anchieta	OK	396	3.96
<i>Lutjanus analis</i>	J2A5	A2	Anchieta	OK	05.09	50.9
<i>Lutjanus analis</i>	J2A6	A2	Anchieta	OK	2.62	26.2
<i>Lutjanus analis</i>	J2A7	A2	Anchieta	OK	01.05	10.5
<i>Lutjanus analis</i>	J2S1	A2	Santa Cruz	OK	0.14	1.4
<i>Lutjanus analis</i>	J2S1_2	A2	Santa Cruz	OK	3.14	31.4
<i>Lutjanus analis</i>	J2S2	A2	Santa Cruz	OK	777	7.77
<i>Lutjanus analis</i>	J2S3	A2	Santa Cruz	OK	5.71	57.1
<i>Lutjanus analis</i>	J2S4	A2	Santa Cruz	OK	550	5500

Fonte: Autoria própria.

**IMAGENS**

Figura 54: Parte da equipe do Anexo 7 em campo



Fonte: Autoria própria.

Figura 55: Equipe preparando para lançamento de armadilha de luz para captura de recrutas e larvas de peixes marinhos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 56: Pesquisadora utilizando sonda multiparâmetro para coleta de dados referentes às variáveis ambientais.



Fonte: Autoria própria.

Figura 57: Pesquisadoras triando larvas de peixes marinhos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 58: Pesquisadores se preparando para as atividades de censos visuais subaquáticos.



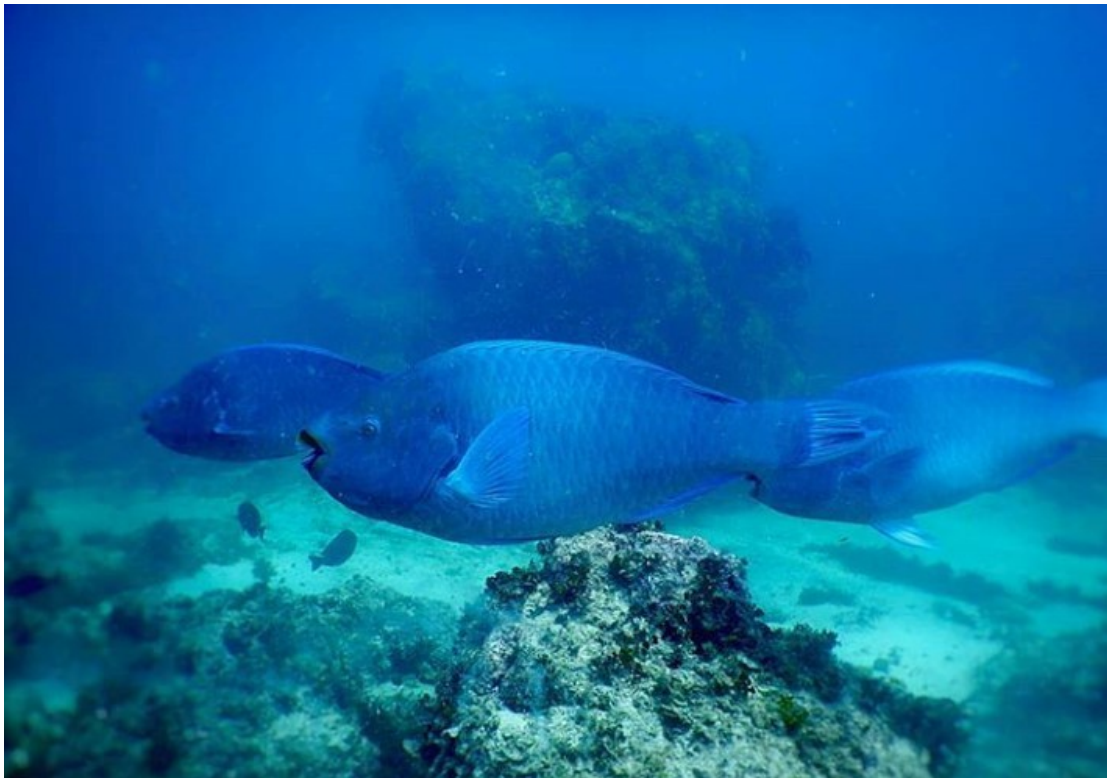
Fonte: Autoria própria.

Figura 59: Pesquisadora tirando fotos para amostragem de assembleia bentônica utilizando metodologia foto-quadrado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 60: Budião azul *Scarus trispinosus*, espécie endêmica e ameaçada de extinção registrada nas zonas Controles.



Fonte: Hackradt C.W. *Marine Ecology and Conservation Lab.*

Figura 61: Dentão, *Lutjanus jocu*, espécie com importância comercial registrada nas zonas Controle.



Fonte: Hackradt C.W. *Marine Ecology and Conservation Lab.*

## **6 SUBPROJETO: ESTUDO E MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA MARINHA: TELEMETRIA**

### **6.1 OBJETIVO**

Monitoramento contínuo do uso de habitat e deslocamento de espécies de peixes de importância comercial no estuário do rio Doce e área marinha adjacente, utilizando telemetria acústica.

### **6.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Resultados e Discussão apresentados nesta seção são referentes aos dados coletados após a entrega do relatório trimestral enviado em janeiro (11/01/2019). Os mesmos são referentes ao estudo da telemetria acústica, que visa identificar as relações entre espécies de alto valor comercial com o habitat da parte estuarina do rio Doce e áreas adjacentes.

Para melhor entendimento, os dados foram separados em subtópicos referentes à: i) pré-instalação dos receptores, nesse caso avaliando a viabilidade de instalação dos receptores nas áreas de estudo (Prospecção); ii) instalação dos receptores acústicos, marcação dos indivíduos, e o rastreamento ativo nas áreas de estudo.

#### **6.2.1 Prospecção**

Durante o mês de fevereiro foram realizadas prospecções nas áreas interna e externa à foz dos rios São Mateus (1 e 2/02) e Doce (14 e 15/02), para a determinação da profundidade e avaliação da viabilidade da utilização dos receptores acústicos nestes locais. Isso foi necessário pois os receptores VR2W (Vemco®) necessitam de 5 metros ou mais de profundidade para o funcionamento adequado (captação de sinais acústicos sem rebote). Essa condição não se aplica para o monitoramento acústico ativo, no qual se utiliza o VR100 e detectam-se os indivíduos a partir do rastreamento ativo, com utilização de hidrofone e embarcação. Ambos os receptores, passivo (VR2W) e ativo (VR100), são métodos complementares de telemetria acústica e estão sendo utilizados neste projeto.

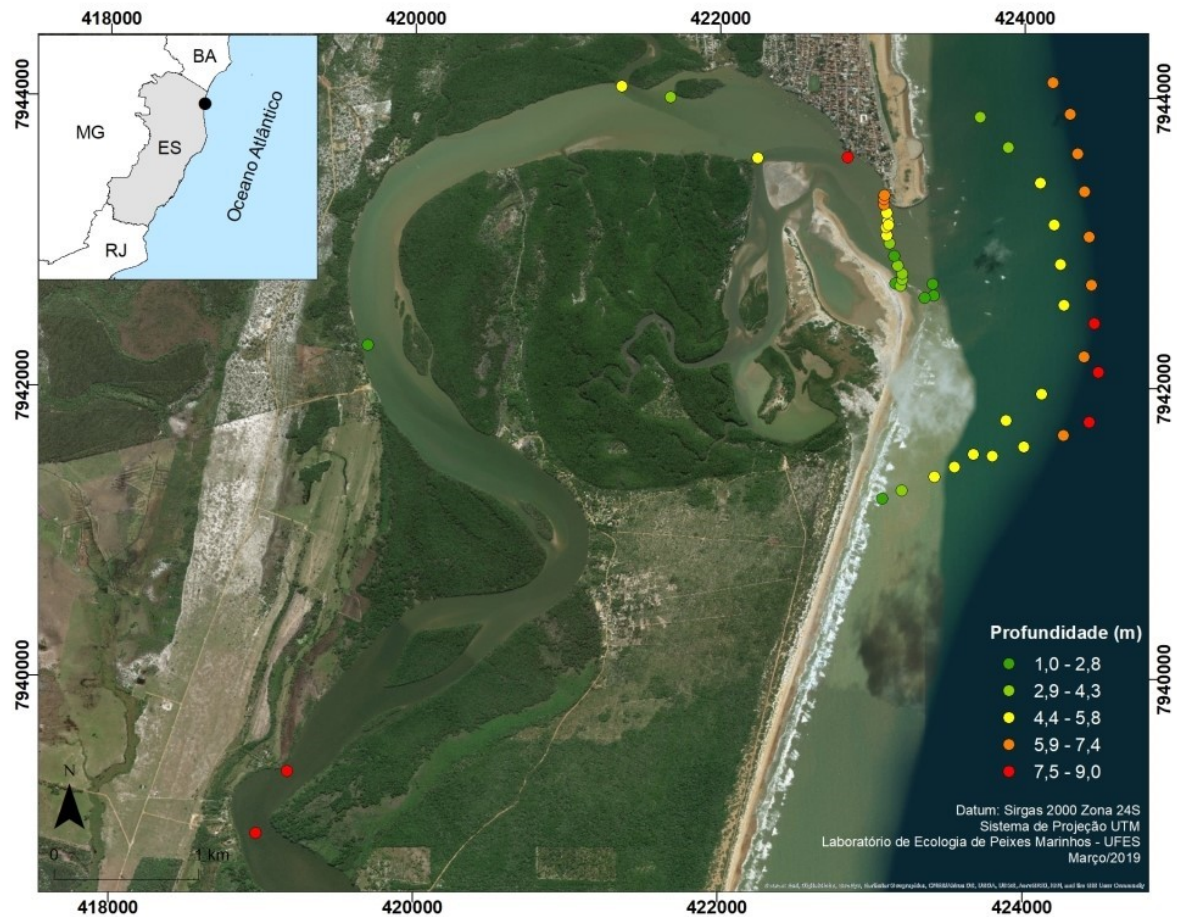
#### **6.2.2 Prospecção rio São Mateus**

A prospecção no rio São Mateus foi realizada com auxílio de uma sonda multiparâmetro (U52G), na qual as profundidades foram mensuradas em pontos específicos, com objetivo de avaliar a viabilidade de instalação dos receptores acústicos passivos e garantir captação dos sinais acústicos em pontos estratégicos dentro das áreas de estudo.

Os dados de prospecção do estuário do rio São Mateus mostraram viabilidade para instalação dos receptores passivos. Foram observados a presença de diversos locais com mais de 5 metros de profundidade ao longo do canal próximo à foz, e em alguns pontos adentando o rio (Figura 62). Além disso, foram detectados pontos com mais de 5 metros de profundidade a cerca de 9 km a montante da

foz do rio São Mateus (Figura 62). Com relação à área externa (marinha) do rio São Mateus, foram detectados diversos pontos com mais de 5 metros de profundidade (Figura 62).

Figura 62: Mapa ilustrando pontos de prospecção e profundidades observados na área interna e externa do rio São Mateus, pontos representam dados de profundidade sinalizados de acordo com a cor. Pontos em verde claro, amarelo, laranja e vermelho sinalizam viáveis para instalação de receptores VR2W para telemetria acústica passiva.



Fonte: Autoria própria.

Os dados de prospecção do rio São Mateus mostram a viabilidade da instalação de receptores passivos na área interna do rio e na área marinha adjacente. Esses resultados indicam condições ideais para a instalação dos receptores acústicos, e mais importante, permitem uma cobertura da foz, área interna e externa do rio São Mateus. Isso permitirá a instalação de uma rede de receptores, fornecendo ampla cobertura de movimentação e monitoramento das espécies de Robalo (*Centropomus parallelus* e *C. undecimalis*) (espécies alvo) ao longo do rio São Mateus, área controle deste estudo.

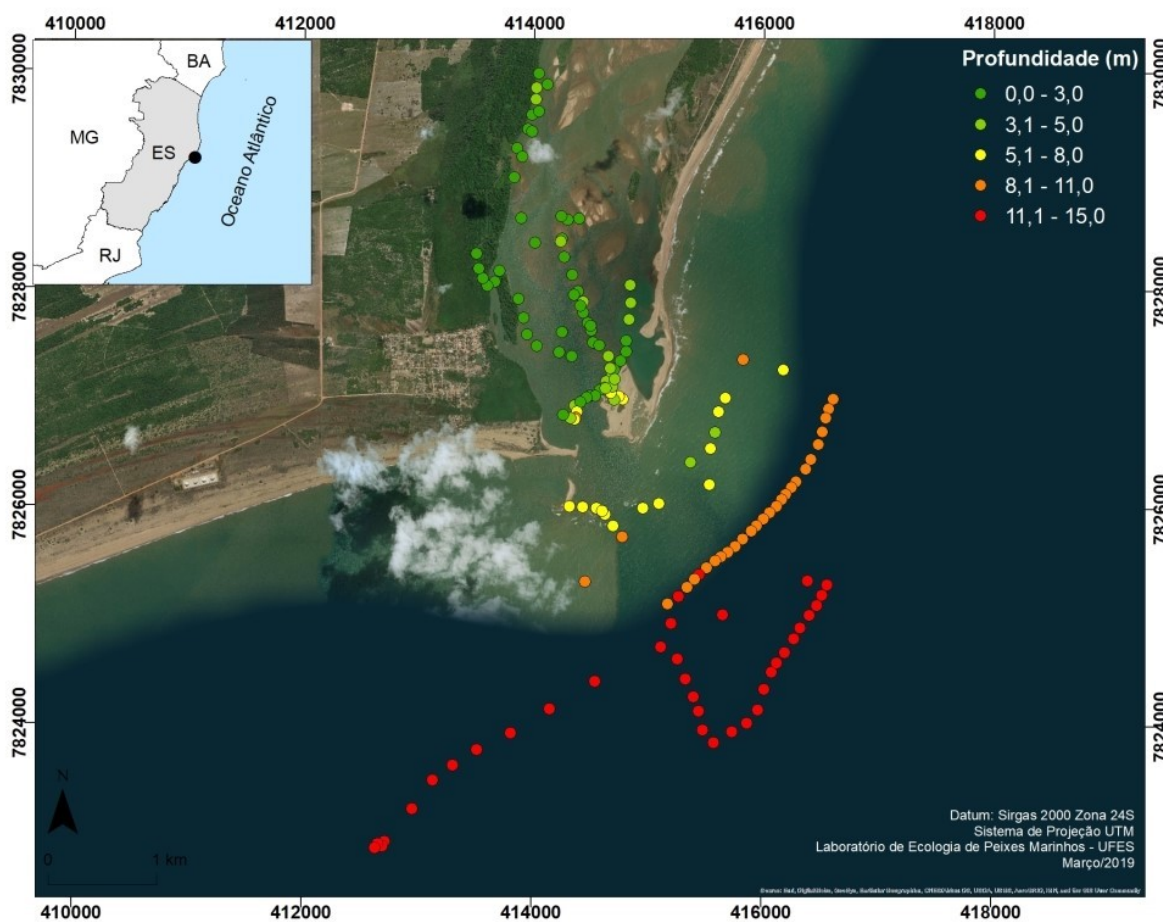
### 6.2.3 Prospecção rio Doce

Da mesma forma, a prospecção do rio Doce foi realizada com auxílio de uma sonda multiparâmetro (U52G), para determinar a profundidade em pontos específicos das áreas interna e externa rio.

Dados de prospecção revelaram a viabilidade da instalação dos receptores acústicos em três pontos na área interna do rio Doce, com profundidades acima de 5 m (Figura 63). Além disso, constatou-se a

possibilidade de instalação dos receptores na área externa (marinha) adjacente ao rio Doce. No entanto, os mesmos serão instalados a partir de 10 metros de profundidade, em direção à monobóia da Petrobras. Evitando assim, a lama fluida que ocorre em regiões com profundidades inferiores à 10 metros, especialmente na área Sul da foz do rio Doce (Figura 63).

Figura 63: : Mapa da área interna e externa da foz do rio Doce, pontos representam dados de profundidade sinalizados de acordo com a cor. Pontos em verde claro, amarelo, laranja e vermelho sinalizam locais viáveis para instalação de receptores VR2W para telemetria acústica passiva.



Fonte: Autoria própria.

Além disso, estuda-se no próximo mês (abril) a realização da prospecção a montante da foz do rio Doce, na altura de do Município de Linhares, visando a possível instalação de receptores acústicos nesta região. Isso permitirá a implementação de uma rede de receptores fornecendo ampla cobertura de movimentação e monitoramento das espécies de Robalo (*C. parallelus* e *C. undecimalis*) (espécies alvo) ao longo do rio Doce, área foco deste estudo.

#### 6.2.4 Telemetria - Instalação dos receptores acústicos e marcação de indivíduos

Baseado nos dados de prospecção descritos acima, deu-se início ao estudo de telemetria acústica. A mesma é descrita aqui por etapas: *teste de alcance de detecção*; captura e marcação de espécimes;

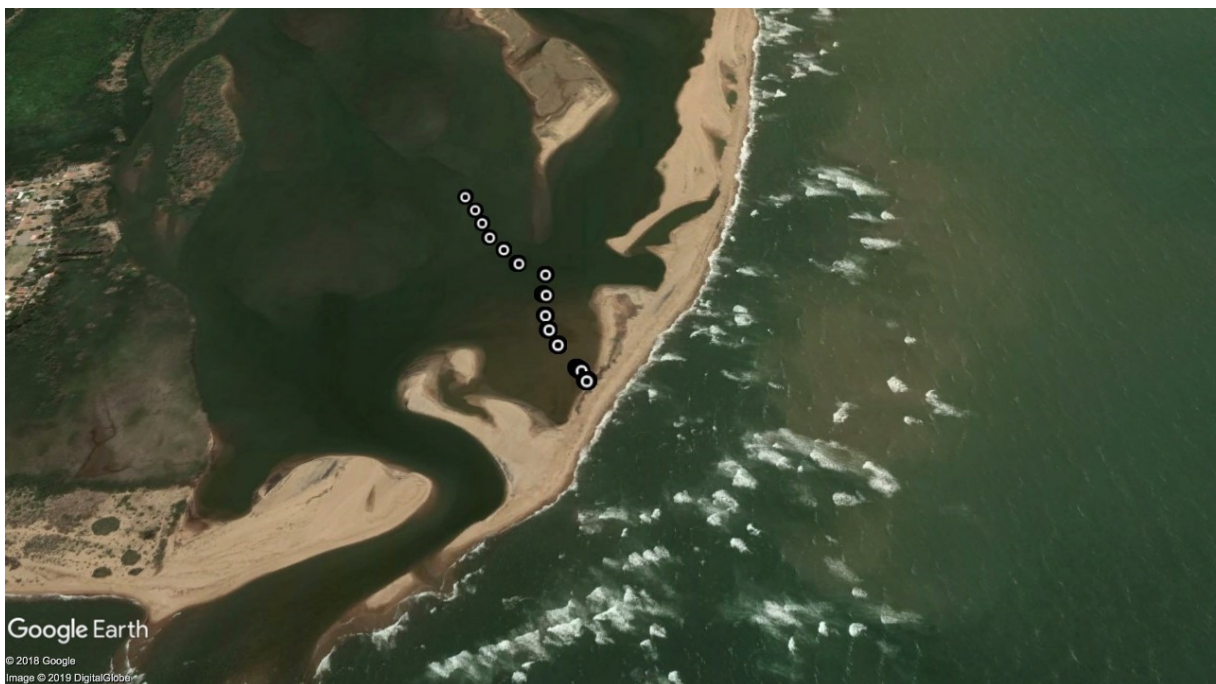


instalação de receptores; e telemetria ativa. A primeira campanha de telemetria foi realizada nos dias 11 a 24 de março, na área focal deste estudo, a área interna do rio Doce.

### 6.2.5 Teste de alcance de recepção - Range Test

No dia 13 de março foi realizado o teste de alcance. Este teste é primordial para qualquer estudo de telemetria (Kessel et al. 2014) e indica quantos metros o sinal acústico dos transmissores está sendo captado na área de estudo. Foram realizados dois *range test*, em períodos distintos (maré enchente e maré vazante), de modo a avaliar a amplitude do sinal em diferentes condições de maré e vento. Durante os testes ocorreram variações na amplitude de captação do sinal entre os períodos analisados. No período da manhã a amplitude de captação do sinal acústico foi de 450 m (Figura 64), enquanto que na parte da tarde a captação do sinal baixou para 300 m (Figura 65). Nesse sentido foi adotada a medição mais conservativa, de captação do sinal acústico em 300 m para área interna do rio Doce (Figura 66). Vele ressaltar que quando ocorrem mudanças drásticas nas condições ambientais, tais como chuva, vento, maré, ondulação, estes testes são realizados novamente para reavaliar a amplitude do sinal acústico.

Figura 64: Range Test realizado durante o período de maré vazante na parte interna do rio Doce. Amplitude do sinal foi registrada em 450 metros



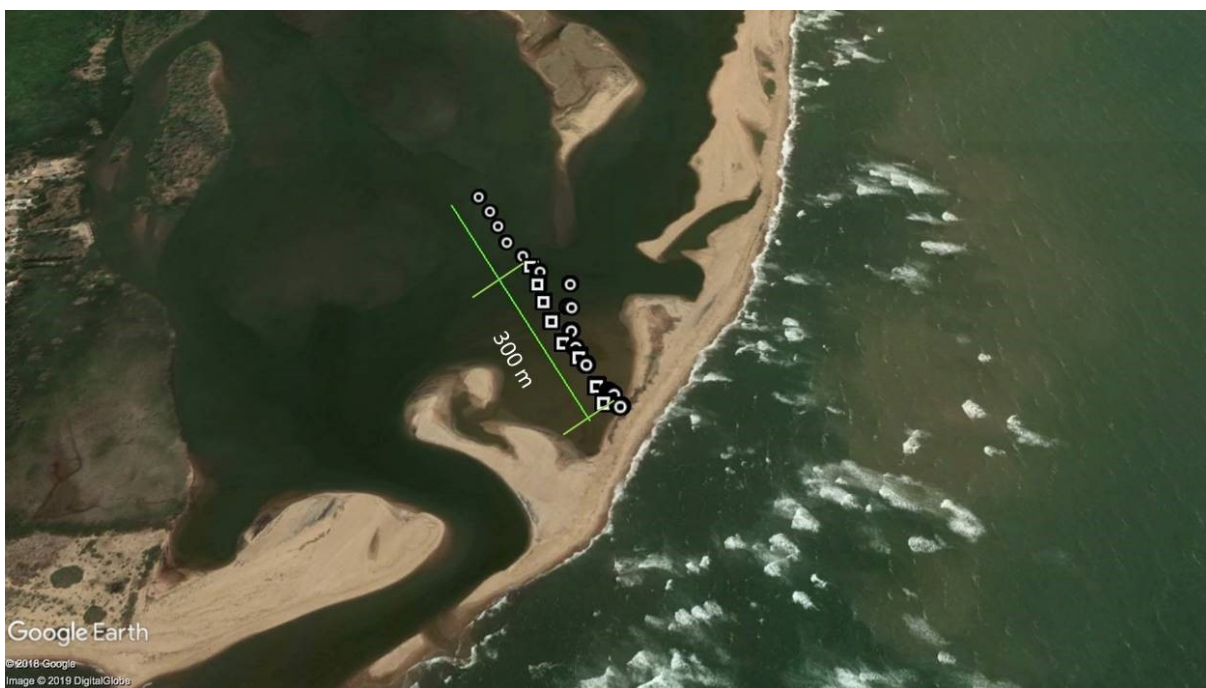
Fonte: Autoria própria.

Figura 65: Range Test realizado durante o período de maré enchente na parte interna do rio Doce. Amplitude do sinal foi registrada em 300 metros.



Fonte: Autoria própria.

Figura 66: Mapa com amplitudes para ambos os períodos, manhã e tarde para a foz do rio Doce. Foi adotado o menor sinal como medida conservativa e garantindo a detecção dos indivíduos marcados para 300 m.



Fonte: Autoria própria.

### 6.2.6 Captura, marcação de Indivíduos

Após o range test, indivíduos de Robalo (*C. parallelus* e *C. undecimalis*) foram capturados na foz e área interna do rio Doce, através de rede de espera e pesca esportiva. Foram marcados um total de 11 indivíduos. Destes, em seis indivíduos foram implantados transmissores acústicos contínuos, com emissão de sinal a cada 1000 ms e com duração de bateria estimada em seis dias (Figura 67). Além disso estas marcas vêm acopladas com um sensor de profundidade que nos permite saber a posição do peixe na coluna d'água. Os transmissores contínuos permitem uma melhor localização e rastreamento do sinal acústico, e são utilizados apenas para a telemetria ativa. Nos outros cinco indivíduos foram implantados transmissores acústicos codificados, com emissão de sinal entre 30 e 60s e duração de bateria estimada em 14 meses. Os transmissores codificados são ideais para monitoramento a longo prazo e são captados tanto pelos receptores fixos instalados ao longo do rio (VR2W), bem como pelo receptor ativo (VR100).

Cada transmissor acústico, foi implantado através de microcirurgia na cavidade celomática de cada indivíduo capturado. Após a inserção do transmissor e sutura do corte, os indivíduos foram marcados externamente com uma marca do tipo *T bar Anchor Tag*, para identificação visual dos indivíduos marcados em caso de recaptura. Após a implantação dos transmissores e monitoramento do estado de recuperação pós-cirurgia de cada indivíduo, os mesmos foram devolvidos à água.

O número de indivíduos que podem ser marcados com transmissores contínuos é limitado pelo número de frequências disponíveis para transmissão do sinal acústico (60, 63, 75, 78, 81 e 84KHZ), visto que estas marcas não emitem código de identificação individual. O VR100 (receptor ativo, Figura 68) possui canais que podem ser configurados nas frequências diferentes de emissão, sendo um canal para cada indivíduo marcado. Assim sendo não é possível marcar mais que dois animais na mesma frequência durante o período de funcionamento dos transmissores. Desta forma, foram capturados e marcados seis indivíduos nesta primeira fase de telemetria ativa. Além destes, foram marcados mais cinco indivíduos com transmissores codificados, que emitem uma sequência específica de *pings*, em 69KHZ e que codifica um código único da marca. Parte da telemetria ativa foi realizada com estes animais, contudo a maior parte dos dados de movimentação e uso de habitat destes indivíduos serão obtidos após a retirada dos receptores passivos.

Dentre os 11 indivíduos marcadas, 10 foram da espécie *C. parallelus* (comprimento total médio de 32,7 cm  $\pm$  1,38 EP) e um da espécie *C. undecimalis*. (comprimento total de 50,0 cm). Após a inserção do transmissor, todos os indivíduos capturados e marcados foram liberados no píer municipal de Regência (Figura 69).

Após a soltura, os indivíduos foram rastreados ao longo de 10 dias (período maior do que a duração média de cada transmissor contínuo), através da captação do sinal acústico via telemetria ativa, com a utilização de um hidrofone.

Figura 67: Captura e marcação de indivíduo de *C. parallelus*, processo de inserção do transmissor (esquerda) e detalhe do transmissor acústico (à direita) utilizado na marcação de robalos na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 68: Receptor acústico utilizado para telemetria ativa VR100. À esquerda, detalhe do dispositivo fechado em sua caixa de proteção; à direita, dispositivo aberto.



Fonte: Autoria própria.

Figura 69: Processo de soltura de indivíduo de *C. parallelus* marcado. Neste exemplo contando com o apoio do pescador local, Sr. José Sabino, no porto municipal de Regência



Fonte: Autoria própria.

### 6.2.7 Instalação de Receptores

Concomitante ao processo de marcação dos peixes, foram instalados os receptores VR2W para telemetria passiva (Figura 70). Esses receptores são acoplados à poitas especialmente confeccionadas para esta finalidade, cada uma delas pesando cerca de 50 kg (Figura 71). Os receptores, juntamente com as poitas, foram fundeados em três pontos estratégicos na foz do rio Doce, cobrindo desta forma as duas bocas do rio (Sul e Norte), bem como, o canal principal em direção ao porto municipal de Regência (Figura 72). Permitindo desta forma um monitoramento da movimentação de indivíduos entre as áreas interna e externa à foz do rio Doce, e no canal principal do rio (Figura 73).

Figura 70: Receptores VR2W, instalados em pontos estratégicos na foz do rio Doce, com duração média de 14 meses para monitoramento das espécies de robalo



Fonte: Autoria própria.

Figura 71: Poita especialmente confeccionada, já com o receptor VR2W no topo, prontas para fundeamento e monitoramento de sinais acústicos na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 72: Processo de fundeamento das poitas com os receptores acústicos VR2W em pontos estratégicos da foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 73: Mapa demonstrando a amplitude do sinal acústico baseado nos range test dos receptores VR2W fundeados na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

### 6.2.8 Telemetria Ativa

Após o processo de marcação foi realizado o rastreamento dos indivíduos (tracking), através da telemetria ativa. O rastreamento foi feito duas vezes ao dia, em horários variados, entre manhã, tarde e noite (Figura 74 a Figura 76). Foram realizadas aproximadamente 8 horas por dia de telemetria ativa, durante 10 dias (14 a 23/03), totalizando 80 horas de rastreamento. Neste processo de rastreamento, foi utilizado o receptor VR100 conectado a um hidrofone direcional. Para o rastreamento ativo foram determinados transectos ao longo da foz do rio Doce, possibilitando assim, uma maior abrangência dos

locais e habitats dentro da área de estudo (Figura 77). Ao longo destes dias, todos os indivíduos marcados foram rastreados dentro da área de estudo, permitindo uma estimativa da ocupação e utilização de habitats na foz do rio Doce pelas espécies de Robalo.

Figura 74: Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa, rastreamento dos mesmos através do sinal acústico. No detalhe receptor VR100 sendo operado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 75 : Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa, rastreamento dos mesmos através do sinal acústico. No detalhe haste e hidrofone direcional sendo utilizados.



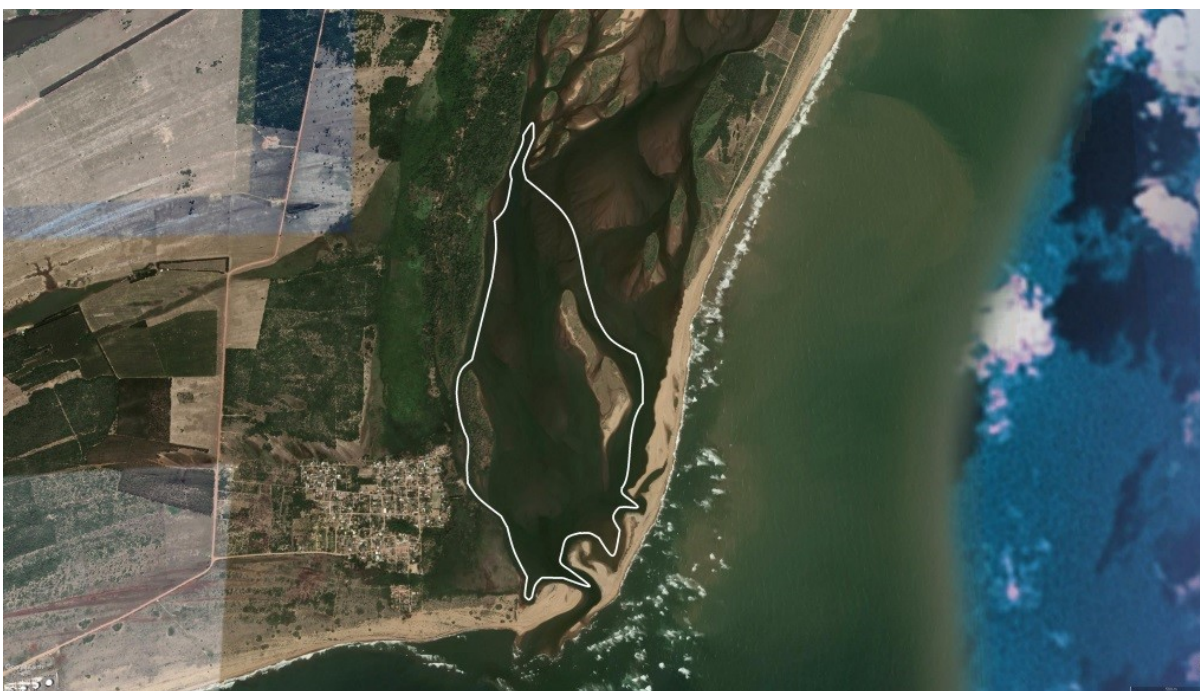
Fonte: Autoria própria.

Figura 76:: Monitoramento dos peixes marcados através da telemetria ativa realizada durante períodos noturnos. No detalhe receptor VR100, haste e hidrofone direcional sendo utilizados.



Fonte: Autoria própria.

Figura 77: Área da foz do rio Doce demonstrando o percurso (transectos) realizados para o rastreamento de indivíduos marcados com transmissores contínuos através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019. Percorrendo um perímetro de 7,08 km abrangendo uma área total de 2,51 Km<sup>2</sup> para cada período de 24 horas.



Fonte: Autoria própria.

### 6.2.9 Dados de Trajetória e Área de Vida

A trajetória de cada indivíduo foi registrada, demonstrando padrão distinto de movimentação, entre indivíduos, dentro da área de estudo (Figura 78). No entanto, observou-se que a área de maior ocupação e movimentação dos indivíduos encontra-se entre a boca do Sul e o porto municipal de Regência, passando pelo canal principal do rio Doce, aonde se observa a formação de habitats estruturados (e.g. raízes, troncos e galhadas de árvores às margens) (Figura 79).



Figura 78: Trajetória dos indivíduos rastreados através da telemetria ativa durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 79: Trajetória geral de todos os indivíduos rastreados através da telemetria ativa durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Abaixo são descritos os dados de área de vida e distribuição espacial obtidos através da telemetria ativa. Os dados de telemetria passiva estarão disponíveis apenas nas próximas campanhas, uma vez que os receptores foram fundeados durante esta última campanha e continuam a receber dados dos peixes marcados com transmissores codificados diariamente.

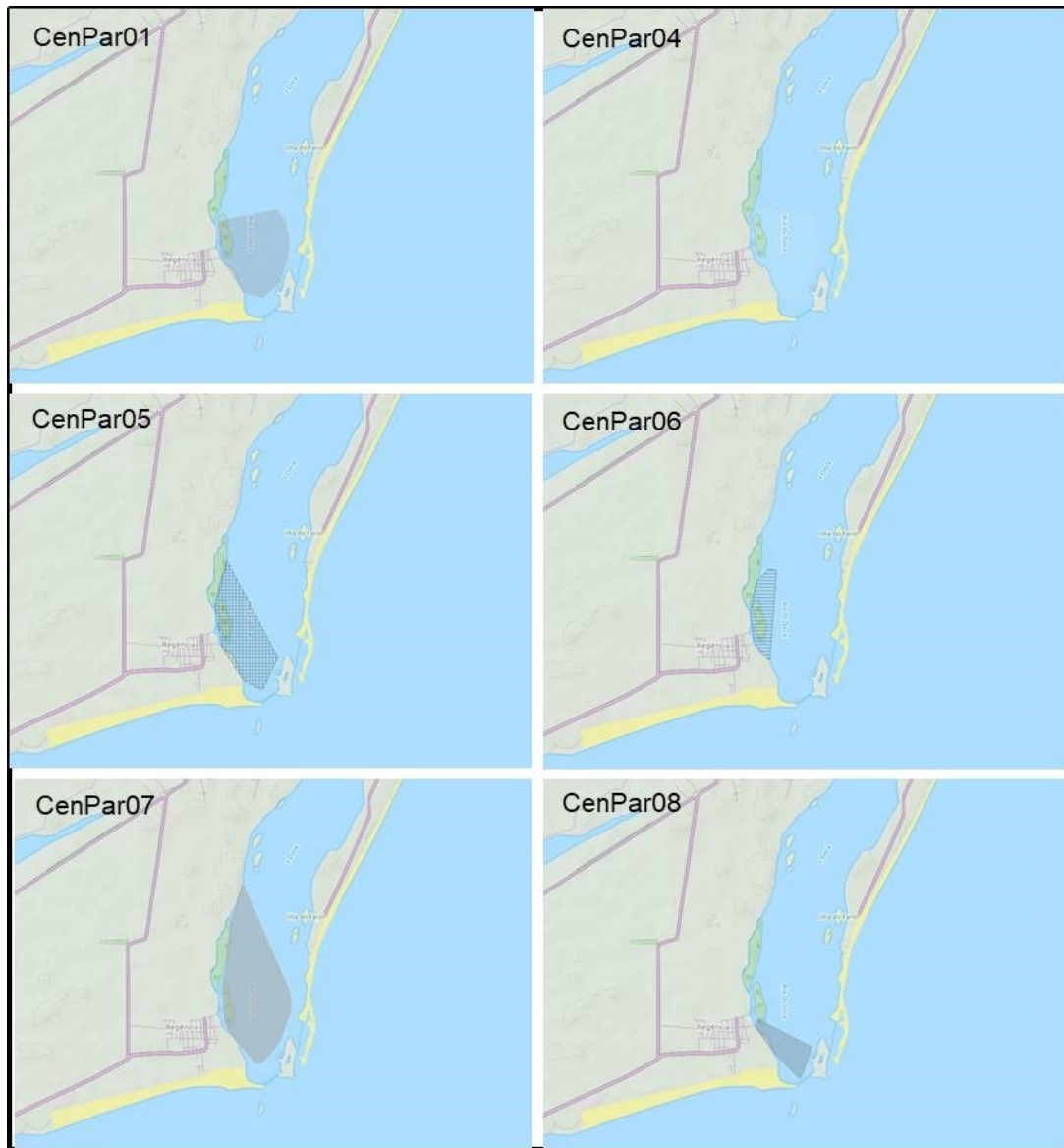
O tamanho da área de uso por indivíduo ( $n=6$ ) e para todos os indivíduos foi estimado a partir do Método do Mínimo Polígono Convexo (MPC) (MOHR, 1947). O MPC é uma medida amplamente utilizada que consiste em calcular a área do menor polígono possível incluindo todos os registros do animal. Para os seis indivíduos rastreados o número de detecções variou de 8.280 a 15.065 ao longo do período de rastreamento (Quadro 14). A área de vida calculada com o MCP para os indivíduos rastreados teve como mínimo de 0,356 Km<sup>2</sup> e máximo de 2,083 Km<sup>2</sup> (Quadro 14). Observa-se também padrões diferentes na ocupação de áreas distintas entre os indivíduos rastreados dentro da área de estudo (Figura 80 e Figura 81).

Quadro 14: Dados de marcação e área de vida (*home range*) das espécies de Robalo marcadas para monitoramento com telemetria acústica na foz do Rio Doce. São apresentados o código de identificação de cada indivíduo, comprimento total (CT) em centímetros, número de detecções realizadas com a telemetria ativa, tamanho da área de vida segundo três estimadores: MCP = Polígono Convexo Mínimo, KUD50 = Kernel Utilization Distribution em 50% e em 95%; data de captura e marcação do animal, e o período de rastreamento, em dias.

Peixe	Espécie	ID	CT (cm)	No Detecções	MCP (Km <sup>2</sup> )	KUD50 (Km <sup>2</sup> )	KUD95 (Km <sup>2</sup> )	Data de Marcação	Período (Dias)
01	Centropomus undecimalis	CenUnd01	49,0	31	0,077	0,005	0,040	14/03/19	10
02	Centropomus parallelus	CenPar01	42,5	15.065	1,254	0,001	0,006	15/03/19	9
03	Centropomus parallelus	CenPar02	34,5	22	0,087	0,007	0,031	15/03/19	9
04	Centropomus parallelus	CenPar03	29,5	12	0,042	0,001	0,007	16/03/19	9
05	Centropomus parallelus	CenPar04	29,4	10.992	1,300	0,005	0,026	16/03/19	9
06	Centropomus parallelus	CenPar05	35,5	13.720	1,073	0,005	0,072	16/03/19	9
07	Centropomus parallelus	CenPar06	36,0	10.483	0,407	0,000	0,001	17/03/19	8
08	Centropomus parallelus	CenPar07	30,0	8.280	2,083	0,002	0,192	17/03/19	8
09	Centropomus parallelus	CenPar08	29,5	8.653	0,356	0,000	0,035	17/03/19	8
10	Centropomus parallelus	CenPar09	30,0	2	-	-	-	18/03/19	6
11	Centropomus parallelus	CenPar10	30,0	3	-	-	-	19/03/19	6

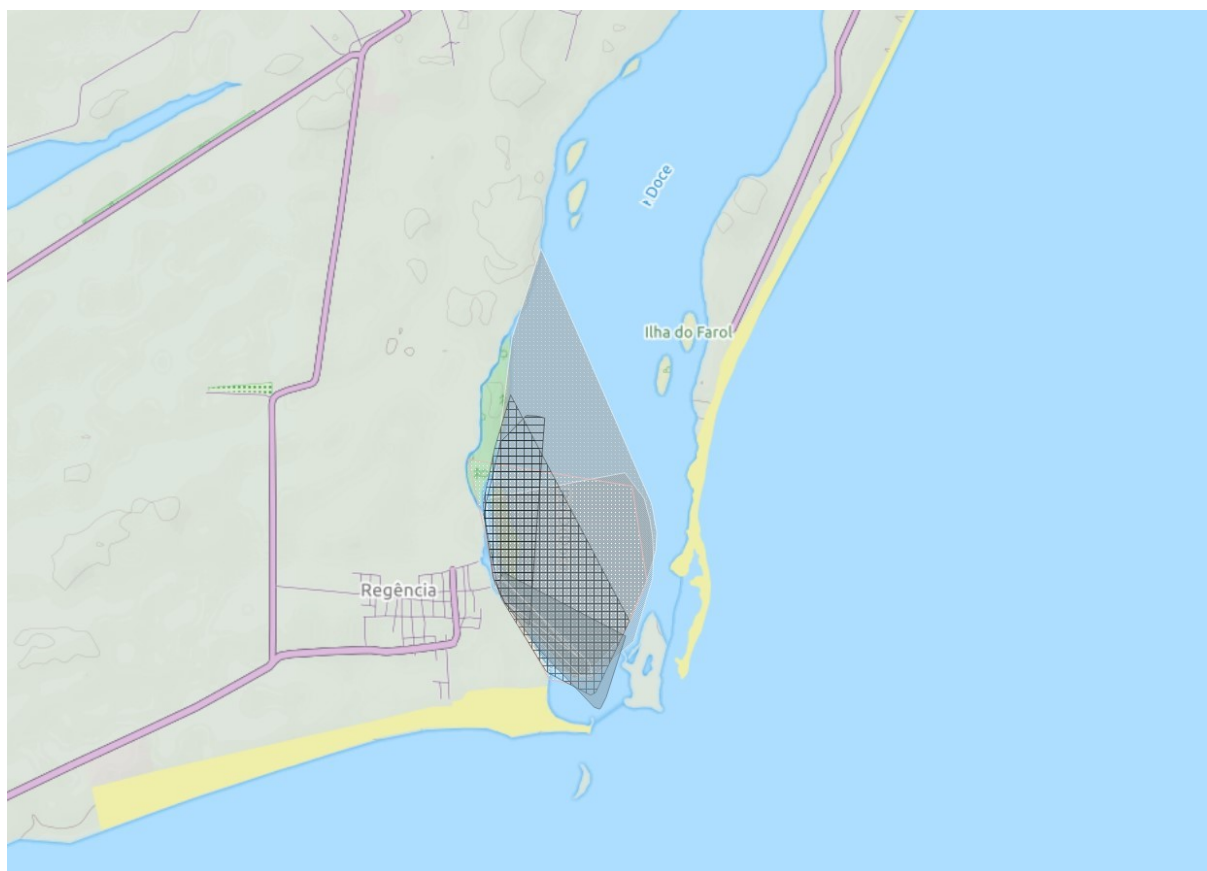
Fonte: Autoria própria.

Figura 80: Mínimo Polígono Convexo (MPC) demonstrando padrão de ocupação espacial de seis indivíduos de *C. parallelus* rastreados através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 81: : Mínimo Polígono Convexo (MPC) demonstrando área de ocupação espacial de seis indivíduos de *C. parallelus* rastreados através da telemetria ativa, durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

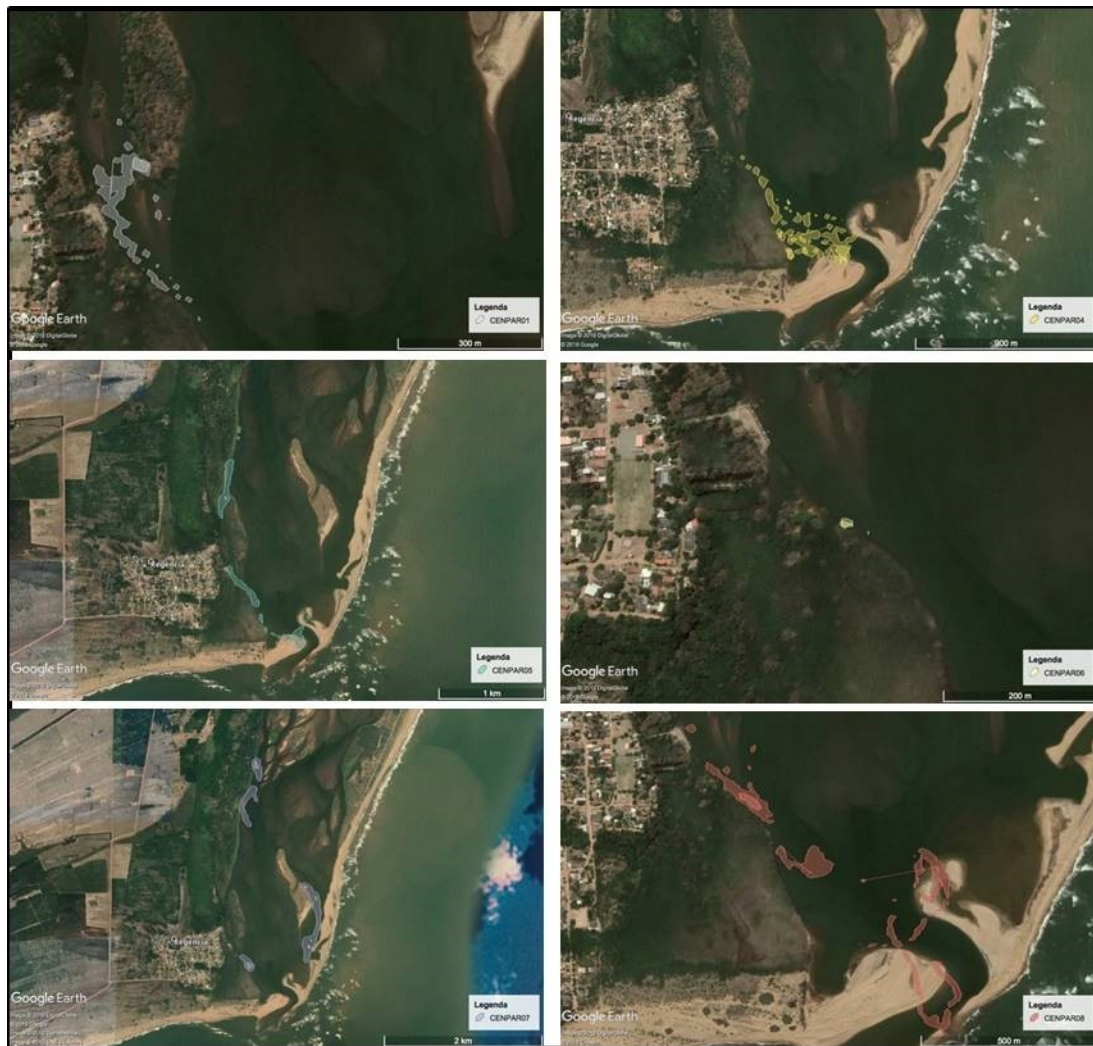
O método de densidade de Kernel (KUD, WORTON, 1989) também foi utilizado para análise de definição da área de vida, pois é considerado um método mais robusto que o MCP (Seaman e Powell 1996). O método KUD é uma abordagem probabilística que oferece uma densidade de uso em toda a área de estudo. O uso do espaço é frequentemente apresentado como uma distribuição de probabilidades por uma função de distribuição do uso (UD, VAN WINKLE, 1975), que dá a densidade de probabilidades de realocar os indivíduos em qualquer lugar conforme as coordenadas geográficas.

Para as áreas de vida KUD em 95%, observou-se uma variação entre os indivíduos observados entre o mínimo de 0,001 Km<sup>2</sup> e máximo de 0,192 Km<sup>2</sup>. Para as áreas de uso, com KUD calculado a 50% obteve-se um mínimo de 0,001 Km<sup>2</sup> e como máximo 0,005 Km<sup>2</sup>. Um dado interessante obtido até o momento é que as áreas de uso (KUD50), não se sobrepuseram ou tiveram baixa sobreposição dentro da área de estudo entre os indivíduos detectados (Figura 82 e Figura 83), o que pode indicar plasticidade individual na obtenção de recursos (forrageio), bem como obtenção de refúgios na foz do rio Doce.

Os dados apresentados aqui fazem parte da primeira campanha de telemetria ativa. Ainda que apenas seis indivíduos tenham sido marcados, o elevado número de detecções (acima de 8.000 para cada indivíduo) sugerem fidelidade à foz do rio Doce como uma área de ocupação e uso para indivíduos de

*C. parallelus*. As análises indicam alguns pontos preferências de movimentação e ocupação, como a área interna da boca Sul do rio Doce, seguindo pelo canal Sul, até o porto municipal de Regência. Nesses locais foram fundeados os receptores VR2W (telemetria passiva) que estão detectando continuamente sinais acústicos dos transmissores codificados. Isso permitirá um melhor entendimento dos padrões de movimentação e utilização de habitats tanto na parte interna como externa da foz do rio Doce.

Figura 82: Área de uso (KUD 50%) e áreas de vida (KUD 95%) dos indivíduos de *C. parallelus* rastreados com telemetria ativa (n = 6), durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Paralelamente à campanha de campo de marcação e rastreamento dos indivíduos de Robalo no Rio Doce, foi realizado um trabalho de apresentação do projeto de telemetria e orientação, junto à comunidade de Regência. Para isso, foi desenvolvido um folder explicativo, com orientações de como proceder no caso da captura de um peixe marcado (Figura 84). Estes folders foram distribuídos nos principais pontos de comércio da região e na Associação de Pescadores locais.

Figura 83: : Áreas de uso (KUD 50%) e áreas de vida (KUD 95%) para todos os indivíduos de *C. parallelus* rastreados com telemetria ativa (n = 6), durante o período de 14 a 23 de março de 2019, na foz do rio Doce.



Fonte: Autoria própria.

Figura 84: Folder distribuído junto à comunidade de Regência e Associação de Pesca local, informando os objetivos do projeto de telemetria de Robalos, e como proceder no caso de captura de algum peixe marcado.

**VOCÊ ENCONTROU UM ROBALO MARCADO?**

Ligue que vamos buscar: (027) 3312-1611 (027) 99846-6299 /9968-80615

Essa marca esta sendo utilizada para marcar robalos para entender o comportamento deles no Rio Doce. Para isso contamos com sua colaboração.

Transmissor colocado dentro da barriga do peixe

**Se você pescar robalos com estas marcas, devolva ao rio se estiver vivo. Caso esteja morto, favor guardar o peixe e entrar em contato para que possamos recolher o material. Projeto de pesquisa desenvolvido pela UFES - CEUNES**

Fonte: Autoria própria.

Os próximos passos são a ampliação da rede de transmissores VR2W na área externa (marinha), assim como em locais estratégicos à montante da foz do rio Doce. A ampliação da rede de receptores vai permitir uma maior cobertura acerca da movimentação de entrada e saída desses Robalos, bem como da amplitude de migração desses indivíduos na área de estudo. A fase de campo para ampliação da rede de receptores já está programada para os meses de abril e maio de 2019.

### 6.3 CONCLUSÃO

Os dados analisados provenientes da telemetria ativa demonstram que a área afetada pelo desastre de Mariana na foz do rio Doce representa uma área importante de ocupação para os Robalos. Somente com a ampliação da rede de receptores passivos e novas campanhas intensivas de telemetria ativa, será possível a comparação entre a área afetada e área controle (rio São Mateus). A ampliação da rede, e os dados de telemetria passiva ao longo de diferentes períodos (estações do ano) permitirá um entendimento muito maior e refinado sobre a movimentação, ocupação de habitats e migração destes robalos nas duas áreas estudadas.

Entretanto, dados iniciais já revelam a preferência de ocupação dos robalos por áreas do canal sul mais profundas. Segundo os pescadores, estas aglomerações em locais mais profundos estão relacionadas ao soterramento e assoreamento do rio Doce, devido ao acúmulo de lama em diversos locais outrora mais profundos. Este deslocamento para as poucas áreas profundas restantes aumentam a competição intra e inter-específica, afetando a sobrevivência das populações de robalos da foz do Rio Doce. Diante deste quadro, temos aí um bom indicador do impacto do rejeito sobre populações de peixes de interesse comercial na foz do rio Doce.

Ressalta-se aqui a importância da continuidade do monitoramento destas espécies a partir da telemetria passiva e ativa. Técnicas de telemetria, consistem a melhor opção para o monitoramento de espécies em seus habitats, porque fornecem dados em escala da movimentação de indivíduos e da conectividade entre distintos microhabitats. Este tipo de informação é extremamente relevante, especialmente em áreas afetadas por desastres, sejam naturais ou antrópicos, como é o caso do rio Doce.



#### 6.4 REFERÊNCIAS

- Kessel, S. T., Cooke, S. J., Heupel, M. R., Hussey, N. E., Simpfendorfer, C. A., Vagle, S., & Fisk, A. T. (2014). A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(1): 199-218.
- Mohr, C. O. Table of Equivalent Populations of North American Small Mammals. (1947). *American Midland Naturalist*, 37(1): 223–249.
- Seaman, D. E. & Powell, R. A. (1996). An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecology*, 77(7): 2075–2085.
- Van Winkle, W. (1975). Comparison of Several Probabilistic Home-Range Models. *Journal of Wildlife Management*, 39(1): 118–123.
- Worton, B. (1989). Kernel Methods for Estimating the Utilization Distribution in Home-Range Studies. *Ecology*, 70(1): 164–168.