

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

Material Suplementar A6MSbS7

Câmara Técnica

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

Fabian Sá

Jorge Abdala Dergam dos Santos

1 METODOLOGIA DO SUBPROJETO SOBREVOOS E BIOACÚSTICA

1.1 DRONEMONITORAMENTO E ROV

O método de dronemonitoramento da megafauna marinha foi elaborado pelos pesquisadores do Laboratório de Nectologia da Universidade Federal do Espírito Santo (LABNecton/UFES). O método é inédito e representa um importante avanço científico no tema. O padrão de voo para o dronemonitoramento de megafauna foi definido a partir de ensaios experimentais para o desenvolvimento do protocolo e do desenho amostral de melhor efetividade e detectabilidade realizados previamente a definição dos transectos. O mapeamento e descrição dos habitats utilizados pelos organismos estudados foi definido baseado em resultados de outros monitoramentos do Anexo 6 do PMBA, com os quais foram definidas as amostragens utilizando ROV.

1.1.1 Dronemonitoramento da megafauna marinha

Para implementação do método, testes de detectabilidade de fauna foram realizados pelos pesquisadores do LABNecton/UFES. O padrão de voo para o dronemonitoramento de megafauna foi definido a partir de ensaios experimentais realizados previamente a definição dos transectos, e testados em condições reais de campo com as devidas comparações na efetividade do registro da fauna alvo. A altura do voo, ângulo da câmera, posição do Drone, entre outras variáveis, são aplicadas de acordo com o resultado de testes realizados no LABNecton/UFES e estão descritas abaixo.

1.1.2 Licenças, equipe e equipamentos

Os equipamentos utilizados no DMM/PMBA foram definidos a partir da escolha do *Remotely Piloted Aircraft* (RPA), ou Drone, o qual deve ser portátil e com maior autonomia de voo possível, tanto em distância máxima de alcance, quanto em tempo de voo. O modelo *MAVIC 2 Zoom*, da fabricante chinesa *DJI*, foi considerado o mais apropriado devido a capacidade de resolução da câmera em 4K com a possibilidade de aproximação em até 4 vezes com o uso do zoom, autonomia de bateria de 30 min em condições adversas, velocidade de até 54 km/h e limite de 8 km de distância em relação ao ponto de decolagem. Para que a observação da fauna durante a atividade de campo seja mais eficiente é necessário o uso de uma Máscara de Realidade Virtual (MRV) compatível ao Drone utilizado.

O binóculo é outro equipamento fundamental para o sucesso da operação, o qual é utilizado para observar o Drone enquanto está em voo. O alcance do binóculo é o que determina o limite do voo do Drone, já que a licença emitida pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) fundamentada na regulação da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para a operação

do Drone na modalidade *Extended Visual Line-Of-Sight* (EVLOS) está diretamente associada à distância de visualização do equipamento não tripulado, em uma operação em Condições Meteorológicas Visuais (VMC).

Nesta operação, o Piloto Remoto, sem auxílio de lentes ou outros equipamentos, não é capaz de manter o contato visual direto com a aeronave remotamente pilotada, necessitando dessa forma do auxílio de Observadores de RPA para conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos, seguindo as mesmas regras de uma operação com *Visual Line-Of-Sight* (VLOS), segundo o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC – E N94 da Agência Nacional de Viação Civil (ANAC, 2017). Com um binóculo 25-125X80, é possível a visualização do Drone com segurança até 3 km de distância do ponto de decolagem.

Para cada operação do Drone deverá ser obtido uma autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo de acordo com instruções contidas na Circular de Informações Aeronáuticas (AIC-N21/10) de 23 de setembro de 2010. A equipe que pilotar os RPAs deverá estar previamente registrada na ANAC. O Responsável Geral deverá aprovar a operação proposta, e toda a equipe de campo tomará conhecimento do planejamento. A equipe mínima necessária é composta por pesquisadores com as seguintes funções: Piloto Remoto, Copiloto, Observador de Drone, Observador de Fauna, Operador Logístico (Tabela 1). A inspeção dos equipamentos de voo deverá ser realizada antes de cada decolagem, conforme item denominado *checklist pré-voo* e *checklist pós-voo* da Ficha de Campo, apresentada na Figura 1.

Tabela 1: Descrição da infraestrutura, licenças e equipe necessária durante operação do dronemonitoramento da megafauna marinha

Descritivo operacional para o dronemonitoramento da megafauna marinha	
Equipamentos	3 RPA Mavic 2 Zoom, 2 MRV DJI Goggles Racing Edition, 2 Binóculos Lugan Astronomical Gladiator Triplet 25-125X80, 3 Tablet iPad mini, 10 Cartões de Memória 128GB, 10 Baterias RPA, 1 Computador iMac Pro 27``, 2 MacBook Pro, 1 Kit Filtro de lente PL/ND, 1 Estação Meteorológica, 10 HD Backup Plus Hub Seagate 8TB.
Softwares	LITHCI, DJI GO, Abetter Finder Rename 10, iMovie 10.1.12, R Statistic.
Infraestrutura	Barracas, tripés, cadeiras, mesas.
Equipe	Piloto Remoto, Copiloto, Observador de Drone, Observador de Fauna, Operador Logístico.
Licenças	DECEA, ANAC, ANATEL, SISBIO.

MONITORAMENTO DA MEGAFaUNA - FICHA DE CAMPO	
INFORMAÇÕES INICIAIS	
Data:	HORA INÍCIO
Local:	HORA FINAL
Transecto:	Nº DRONE
PILOTOS EM OPERAÇÃO	
PILOTO(A)	Nº BATERIA
OBSERVADOR(A) DO DRONE	Nº CARTÃO
ANOTADOR(A) DE REGISTROS	Nº DA MÁSCARA
OBSERVADOR(A) DE FAUNA	ALTITUDE DE VOO (m)
OPERADOR(A) LOGÍSTICO	VELOCIDADE DE VOO (km/h)
ID. VOO	DATA (ano mês dia)
	VOO (sequencial anual)
	RÉPLICA (sequencial diário)
	BEAUFORT (0, 1, 2, 3, 4)
	TEMPERATURA DO AR (°C)
	VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (km/h)
	VELOCIDADE RAJADA MÁX. DO VENTO (km/h)
	DIREÇÃO DO VENTO (QUADRANTE)
	NEBULOSIDADE (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)
	MARÉ (ALTA, BAIXA, SUBINDO, BAIXANDO)
LUA (NOVA, CRESCENTE, CHEIA, MINGUANTE)	
TURBIDEZ DA ÁGUA (CLARA, MÉDIA, ESCURA)	
INCIDÊNCIA DE PLUMA (SIM, NÃO)	
OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 1	
CHECKLIST PRÉ-VOO	
Relógios sincronizados?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Espaço aéreo livre de possíveis obstruções?	ESPÉCIE
Rajadas inferiores a 26 km/h?	HORA
Sem chuva? Sem queimadas?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
Celulares em modo avião?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 2
Voo de verificação em altitude máx de 10 pés?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Filtro ND / PL instalado? ___	ESPÉCIE
Chave de modo de controle em Position?	HORA
Trava da câmera removida?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
DJI GO aberto e com dados de telemetria?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 3
Gimbal funcionando em todas as direções?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Bússula calibrada?	ESPÉCIE
IMU e sensores calibrados?	HORA
Bateria do RPA superior a 90%?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
GNSS fixado ponto para return to home?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 4
Bateria do controle acima de 40%?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Bateria do tablet Acima de 30%?	ESPÉCIE
Bateria da máscara acima de 30%?	HORA
Cartão com memória suficiente?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
Altitude de retorno 10m abaixo do plano de voo?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 5
Luzes indicativas piscando verde?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
O home point fixado?	ESPÉCIE
Planejamento de Voo ativo no Litchi?	HORA
Altitude de Voo de 50m?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
Observador de Fauna pronto?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 6
Câmera gravando em 4K 30fps?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Goggles transmitindo com 1080p30?	ESPÉCIE
Gravando legenda?	HORA
Observador de Drone pronto?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
Motores iniciados e funcionando sem ruído?	OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 7
Decolagem com raio 5m livre?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Parada de 150 metros para o binóculo.	ESPÉCIE
Ângulo da câmera em -27°?	HORA
Gravando com Foco?	COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()
OBSERVAÇÕES MEGAFaUNA 8	
CHECKLIST PÓS-VOO	
Baterias do RC, RPA e display desligado?	TÁXON (Nº IND.): AVE() TARTARUGA() MAMÍFERO() INDETERMINADO()
Trava do Gimbal instalada?	ESPÉCIE
Cartão de Memória retirado?	HORA
COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO ()	
OBSERVAÇÕES EXTRAS	

Figura 1: Modelo de ficha de coleta de dados e checklist de voo para o dronemonitoramento de megafauna marinha

1.1.3 Área de estudo e coleta de dados

O início do transecto é realizado em ponto fixo. Os pontos de decolagem estão localizados na praia de Regência, próximo à foz do rio Doce e na Reserva Biológica de Comboios, em Linhares; e na praia de Coqueiral de Aracruz, na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas (

Tabela 2, Figura 2). O desenho amostral do dronemonitoramento (Figura 3) representa a área que abrange o raio de 3 km a partir dos pontos apresentados na Tabela 3. Nos pontos localizados no município de Linhares, por serem mais próximos à foz do rio Doce em um local com maior influência da pluma do rio, são realizados dois (02) transectos dentro da área de amostragem. Cada um dos transectos percorre 8,2 km, varrendo uma área de 4km². Em Aracruz, na foz do rio Piraquê-Açu, a qual é considerada uma área controle, somente um (01) transecto é realizado com as mesmas características de amostragem dos outros pontos.

Os transectos foram desenhados de forma a obter-se a maior área varrida, como menor sobreposição. No caso dos pontos de Linhares, uma réplica é considerada completa quando os dois (02) transectos – denominados Norte e Sul – forem finalizados (Figura 4). Em Aracruz, o transecto é chamado de Único. Em ambos os pontos de amostragem, o transecto deve ser concluído em um único voo. Cada voo realizado durante transecto tem duração de até 16 min, quando um grupo de cetáceo for avistado a observação pode durar até 4 min, totalizando o tempo máximo de 20 min de voo, considerado o tempo seguro para utilização do Drone em condições adversas.

O padrão de voo foi definido baseado na maior probabilidade de detectabilidade da megafauna marinha, com a maior área de varredura possível. A uma altura do Drone de 50m em relação a superfície marinha, com o ângulo de inclinação da câmera de -27°, o deslocamento do Drone na posição lateral, com velocidade de 40 km/h, no modelo de transecto norte/sul, tem-se o padrão de voo ideal para o monitoramento de megafauna marinha em ambiente natural.

As campanhas são realizadas mensalmente, em uma janela de oito (08) dias, com até seis (06) dias efetivos de amostragem. O esforço de coleta é realizado em somente um ponto de decolagem em cada dia. Cada área amostrada terá o mínimo de seis (06) réplicas completas dentro de cada campanha. Após o cumprimento das réplicas de todos os transectos pré-definidos (que totalizam 30 voos), outros voos são realizados, quando possível, com o objetivo de analisar com maior precisão o comportamento dos animais que ocupam a região, principalmente os cetáceos. O esforço de campo não deverá ocorrer, ou será interrompido, quando a Escala Beaufort for igual ou superior a quatro (04), ou o vento na superfície for acima de 26 km/h.



Figura 2: Equipe em atividade de campo, realizando o dronemonitoramento da megafauna marinha (Foto: Acervo LABNecton/UFES)

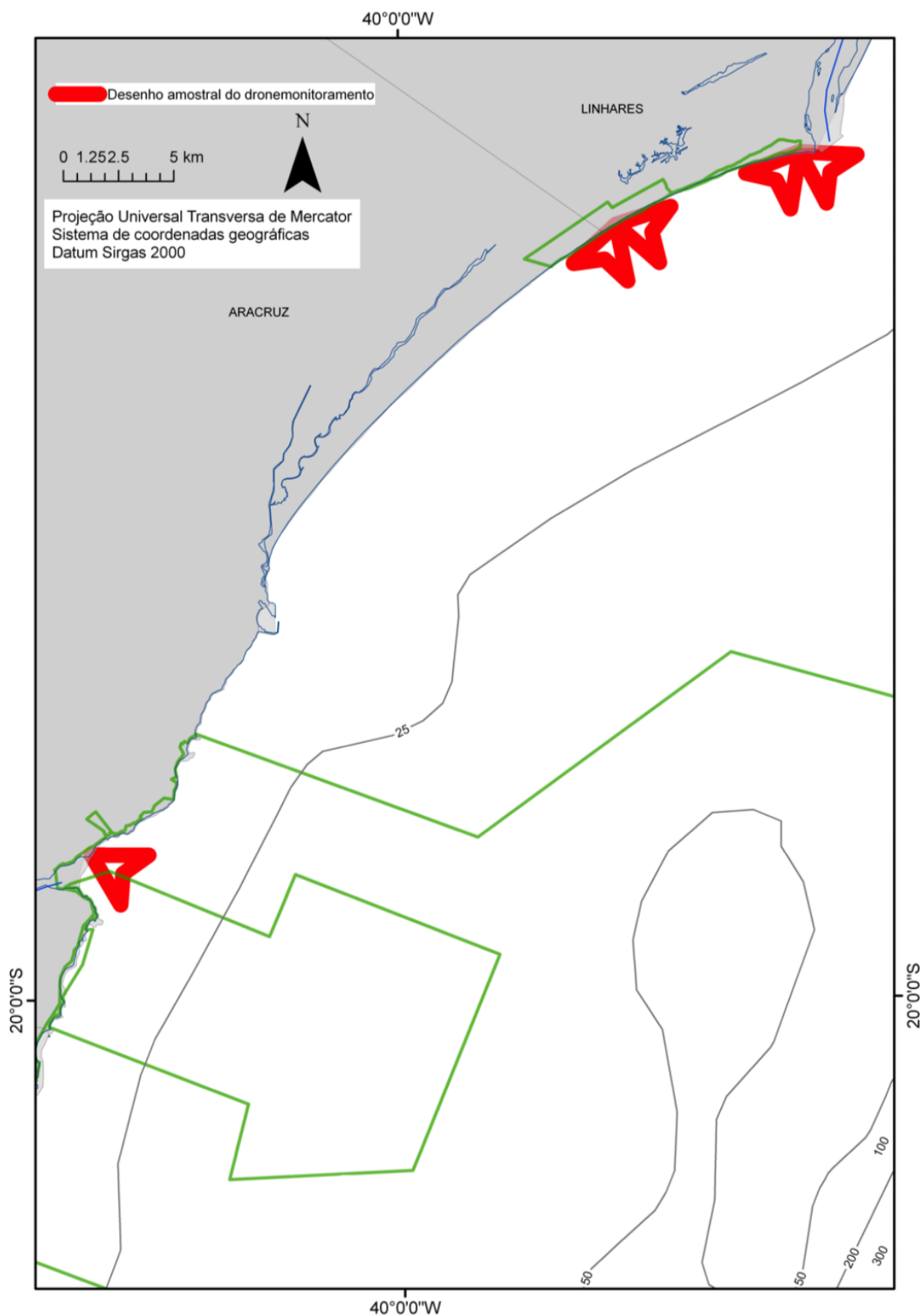


Figura 3: Desenho amostral do dronemonitoramento da megafauna marinha

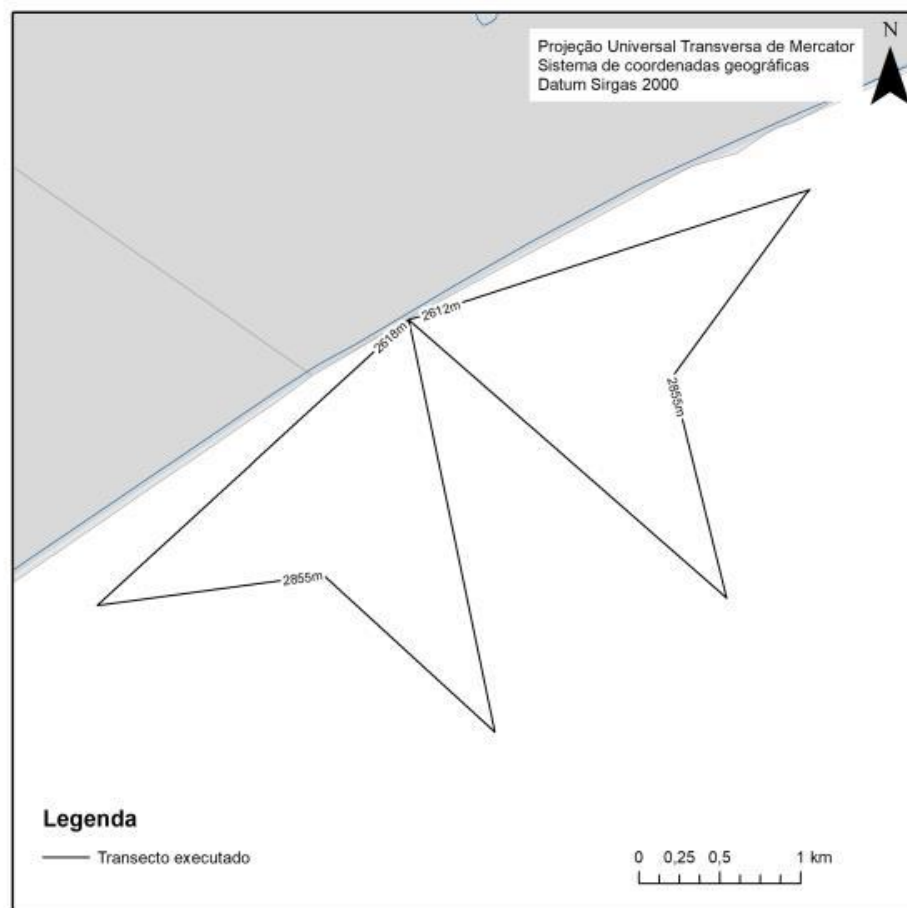


Figura 4: Exemplo de transecto, no modelo Norte-Sul, utilizado para o dronemonitoramento da megafauna marinha

Tabela 2: Descrição das estações amostrais do dronemonitoramento da megafauna marinha

Nome da estação amostral	Código da estação	UTM_Y	UTM_X	Descrição	Decolagem	Área de varredura de vídeo
Doce	01	7826436,443	414092,5491	Área com raio de 3km da Foz do Rio Doce	Em frente à Vila de Regência	8 km ²
Comboios	02	7823240,301	405046,1961	Área com raio de 3km da praia da REBIO de Comboios	Km 26 da Praia de Comboios	8 km ²
Piraque	03	7794646,911	381053,9376	Área com raio de 3km da Foz do Rio Piraquê-Açu, que alcança a REVIS de Santa Cruz e APA Costa das Algas	Praia de Coqueiral	4 km ²

1.1.4 Edição e análise dos vídeos

Cada transecto realizado representa uma amostra, a qual deverá ser analisada em laboratório por um pesquisador de fauna. Durante a análise dos vídeos, o tempo de início e de final de todas as avistagens (podendo ser mais de uma por tempo total de vídeo), será registrado com o objetivo de obter o tempo de vídeo que deverá ser editado para futuras análises de caracterização do grupo observado. Após a detecção do tempo (minutos e segundos) de vídeo com registro de cada grupo de cetáceos, será realizada uma edição do vídeo, com um recorte somente do momento da observação. Para cada vídeo serão registrados a data e o número do voo, bem como a altitude, velocidade do voo, ângulo da câmera, posição do Drone, registro de embarcação, atividades antrópicas detectadas, e demais observações.

Os vídeos realizados durante os transectos serão analisados sempre pelo mesmo pesquisador, previamente capacitado. Os registros de megafauna serão todos validados por outro pesquisador especialista. Será utilizada uma (01) Ficha de Análise de Vídeos para o registro (Figura 5) de cada grupo analisado, a qual deverá ter o tempo (em minutos e segundos) de início e o final da avistagem. Caso outro grupo seja observado durante o mesmo transecto, deverá ser registrado em outra ficha. Além do tempo de início e do final da avistagem deverá ser registrada também a posição geográfica de início e final da observação. É considerado “grupo” qualquer observação a partir de um (01) indivíduo.

Para o grupo dos Cetáceos, serão identificadas as espécies e o número de animais encontrados em cada observação diferenciando em adultos, juvenis e filhotes. O comportamento (Deslocamento, Alimentação e Interação) deverá ser registrado sempre que possível. Para o grupo das Tartarugas Marinhas, a espécie e a classe etária também podem ser registradas com precisão, entretanto, o comportamento desses indivíduos durante o dronemonitoramento nem sempre há clareza. Já para as Aves Marinhas, grande parte dos registros será realizada somente até o nível de Família, devido à dificuldade de identificação das espécies durante o voo. Da mesma forma, o comportamento e a classe etária das aves, somente será coletada quando o tempo de observação dos espécimes for suficiente para a certeza do comportamento aplicado no momento do registro.

MONITORAMENTO DA MEGAFaUNA - FICHA DE ANÁLISE DE VÍDEOS
ID_VOO:
DATA DA ANÁLISE DO VÍDEO:
NOME DO OBSERVADOR DO VÍDEO:
TÁXON (NÚMERO DE INDIVÍDUOS): AVE () QUELÔNIO () MAMÍFERO () INDETERMINADO ()
ESPÉCIE / GÊNERO / FAMÍLIA:
REGISTRO EM CAMPO: SIM () NÃO ()
HORÁRIO REAL:
TEMPO DO VÍDEO (início e final):
LATITUDE:
LONGITUDE:
INCIDÊNCIA DE PLUMA: SIM () NÃO ()
COMPORTAMENTO: DESLOCAMENTO () ALIMENTAÇÃO () INTERAÇÃO () INDETERMINADO ()
TAMANHO DOS INDIVÍDUOS:
OBSERVAÇÕES:

Figura 5: Modelo de ficha de análise de vídeos do dronemonitoramento da megafauna marinha

1.1.5 Banco de dados e análise de dados

Após análise integrada dos vídeos, as informações serão inseridas no banco de dados em Excel, separados em Parâmetros de Voo (no qual estarão os dados referentes aos transectos, como operação dos voos e condições meteorológicas), e Observação de Megafauna (no qual estarão os dados referentes aos animais registrados em campo ou em laboratório, bem como seus comportamentos, composição social e local do registro).

Todas as análises foram realizadas no pacote estatístico R Project (R Development Core Team, 2008) e representadas em boxplot, gráficos percentuais ou pontos de médias com erro padrão associados. O teste estatístico aplicado foi o Mann-Whitney, não paramétrico para duas amostras independentes ao nível de 0,05 de significância (Zar, 1984).

1.1.6 ROV- mapeamento de habitats

O desenho amostral para vídeo amostragem com ROV (*Remotely Operated Underwater Vehicle*) baseou-se nos dados obtidos pelos outros monitoramentos do Anexo 6 do PMBA, executado pela RRDM. A partir das informações parciais destes subprojetos, foram escolhidos pontos representativos das áreas de agregação da megafauna marinha na área de amostragem, entre os municípios de Aracruz e Conceição da Barra no norte do Espírito Santo.

1.1.7 Equipe e equipamentos

Os equipamentos utilizados foram definidos a partir da escolha do ROV, o qual deveria ser portátil, estável e altamente manobrável. O modelo *BlueROV2*, da fabricante *Blue Robotics*, foi considerado o mais apropriado devido a capacidade para operações em águas rasas a moderadas, com uma classificação de profundidade padrão de 100m e comprimentos de corda de até 300m disponíveis, com filmagem em Full HD. Os equipamentos, equipe e infraestrutura necessários estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Descrição de equipamentos e equipe necessária durante operação do ROV

Descritivo operacional para o monitoramento de habitats com ROV	
Equipamentos	2 <i>BlueROV2</i> , 4 Baterias, 1 Computador iMac Pro 27``, 1 MacBook Pro, 10 HD Backup Plus Hub Seagate 8TB.
Infraestrutura	Barco com casaria fechada, mesa para operação, e popa ampla e segura para operação dos equipamentos; EPI.
Equipe	Operador do ROV, Operador de Cabo, Anotador, Operador Logístico.

1.1.8 Área de estudo e coleta de dados

A partir dos dados obtidos pelos monitoramentos por sobrevoos tripulados, dronemonitoramento e monitoramentos embarcados de megafauna, foram definidos pontos representativos das áreas de agregação da megafauna na região marinha situada entre os municípios de Aracruz e Conceição da Barra, no norte do Espírito Santo. Desta forma, foram programadas campanhas de amostragem que abranjam o máximo de pontos na região de estudo de acordo com o tempo disponível.

Nesta operação, é realizado um transecto de 100m de comprimento, navegando linearmente. A distância é calculada a partir do momento que o equipamento toca o fundo, utilizando as marcações de metragem que contém no cabo umbilical do ROV. O equipamento é pilotado com um controle remoto conectado a um computador, onde o Operador do ROV visualiza o que está a frente do equipamento durante o deslocamento no transecto, enquanto fala sobre os eventos para que o Anotador, utilizando a hora do evento para ser localizado o ponto exato de cada mudança de ambiente ou registro de fauna e flora.

Com um esforço amostral controlado, são realizadas as filmagens em 4K. O controle de esforço é mais efetivo com o uso de um GPS subaquático, acoplado ao ROV, que nos permite controlar exatamente a distância percorrida. Outras informações do transecto como, profundidade, visibilidade e corrente são coletadas (Figura 6). O Operador Logístico, que auxilia no desenvolvimento de toda

operação, fica também atento ao Operador de Cabo e todos os pesquisadores para garantir a segurança da equipe (Figura 7).

MONITORAMENTO DO ROV - FICHA DE CAMPO			
DATA:	H. INÍCIO:	H. FINAL:	Local:
OPERADOR ROV:	OPERADOR AUX.:	ANOTADOR:	
BATERIA:	ÂNGULO:	COORDENADAS:	
BEAUFORT:	TIPO DE FUNDO PREDOMINANTE:		
PROFUNDIDADE:	TEMPERATURA DA ÁGUA:	Corrente:	
N. DIVE DO DIA:	TAMANHO DO TRANSECTO:	Visibilidade:	
HORA	EVENTO		
OBS.:			

Figura 6: Modelo de ficha de coleta de dados e checklist para operação de mergulho do ROV

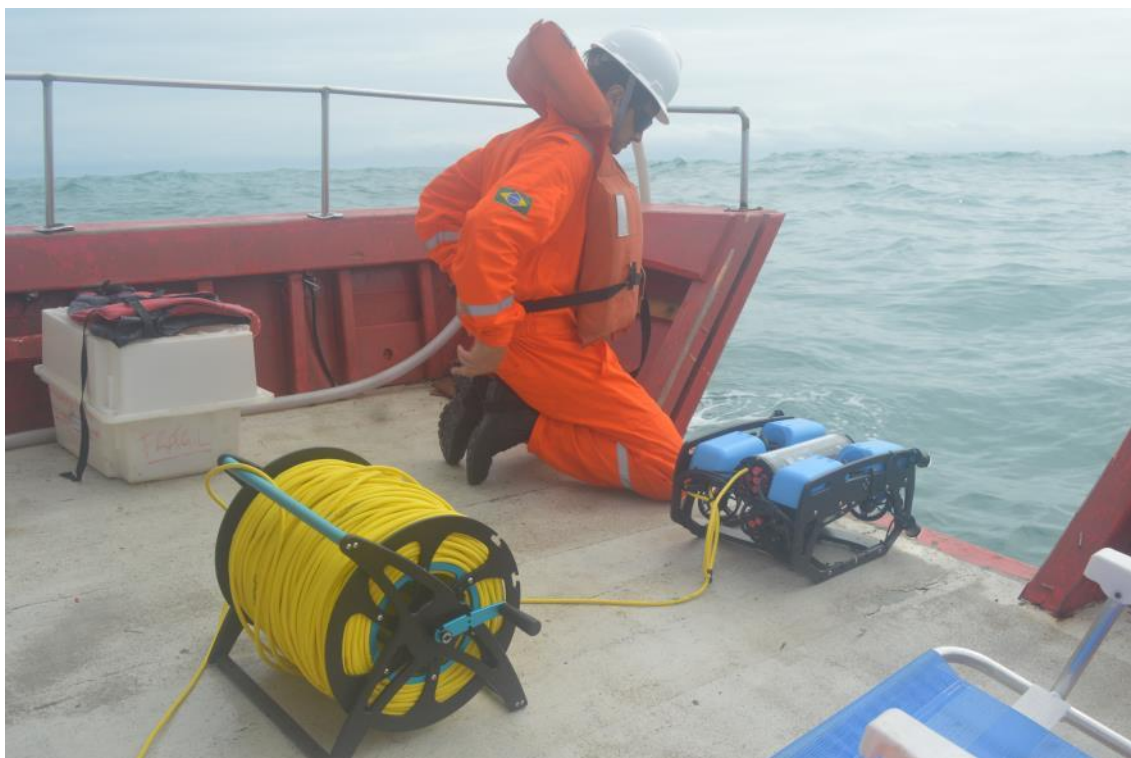


Figura 7: Equipe em atividade de campo, realizando o ROV mapeamento de habitats (Foto: Acervo LABNecton/UFES)

1.1.9 Edição e análise dos vídeos

Cada mergulho realizado representa uma amostra, a qual deverá ser analisada em laboratório. Durante a análise dos vídeos, o tempo de vídeo será registrado com o objetivo de obter o esforço amostral. Após a detecção do tempo (minutos e segundos) de vídeo com registro de fauna/ habitat, é feito uma edição do vídeo, com um recorte somente do momento da observação.

Os vídeos registrados durante o monitoramento serão analisados sempre pelo mesmo pesquisador, previamente capacitado. Será utilizada uma (01) Ficha de Análise de Vídeos para o registro das características ambientais, bem como, o número de indivíduos, a taxonomia e observações relevantes observadas (Figura 8).

A identificação dos tipos de habitats é feita a partir do substrato predominante ou dos organismos predominantes, com o objetivo de identificar e descrever os tipos de fundo nas regiões com registros de comportamento alimentar da megafauna, ou demais áreas de agregação. Os substratos são classificados em sete (07) morfotipos: areia; areia e lama; areia com fragmentos de conchas calcárias; estruturas recifais; briozoários/esponjas e algas; lama; e rodólitos.

MONITORAMENTO DO ROV - FICHA DE ANÁLISE DOS VÍDEOS			
ID_VIDEO:			OBSERVADOR DO VÍDEO:
TEMPO DO VÍDEO:		TAXONOMIA:	
N.INDIVÍDUOS:		OBSERVAÇÃO:	
ID_VIDEO:			OBSERVADOR DO VÍDEO:
TEMPO DO VÍDEO:		TAXONOMIA:	
N.INDIVÍDUOS:		OBSERVAÇÃO:	
ID_VIDEO:			OBSERVADOR DO VÍDEO:
TEMPO DO VÍDEO:		TAXONOMIA:	
N.INDIVÍDUOS:		OBSERVAÇÃO:	

Figura 8: Modelo de ficha de análise de vídeos do ROV mapeamento de habitats

1.1.10 Banco de dados e análise de dados

Após análise dos vídeos coletados com o ROV, na qual é registrada a situação do ambiente encontrado e os organismos possíveis de serem identificados, são realizados agrupamentos para identificação de classes de habitats bentônicos. A estrutura taxonômica de peixes e bentos são registradas no banco de dados, conforme os habitats correspondentes.

Com informações previamente obtidas com instrumentos geofísicos, são extrapoladas as classes de habitats que foram encontradas, respeitando os limites dos tipos de fundo conhecidos. Desta forma, são realizadas a correlação espacial entre as classes de habitats e a ocorrência e o comportamento de cada espécie de megafauna marinha.

1.1.11 Comunicação

Os contatos dos pesquisadores do LABNecton/UFES (PMBA/RRDM), são:

- Dr Agnaldo Silva Martins (27) 9 8808 2207 - agnaldo.ufes@gmail.com
- Dr. João Batista Teixeira (27) 9 9239 5693 – jboceano@gmail.com
- Me. Amanda Di Giacomo (27) 9 9792 3547 – amandagiacom@gmail.com
- Me. Jonathas Barreto (51) 9 9342 3461 – barreto.jonathas@gmail.com
- Biólogo Nelson Barcelos (27) 9 9869 7145 – nelsonbarcelos@gmail.com

- Geógrafo Luciano Cajaíba (27) 9 8136 8883 – cajaiba@gmail.com
- Oceanógrafa Lorena Oliveira do Nascimento (27) 9 9906 2303 – lorena.lon@hotmail.com

1.2 SOBREVOOS TRIPULADOS

1.2.1 Delineamento amostral

O delineamento amostral é parte importante do planejamento e monitoramento da megafauna marinha e, assim, o delineamento utilizado seguiu o padrão estabelecido em trabalhos anteriores da equipe proponente (Danilewicz et al. 2010; Danilewicz et al. 2012; Sucunza et al. 2019). O desenho amostral das campanhas de verão teve o esforço concentrado em áreas próximas à costa, enquanto na campanha de inverno, além do esforço costeiro, uma parte do esforço foi direcionado a região *offshore* (i.e., profundidades maiores de 30m). A malha amostral foi desenhada para cobrir de forma homogênea e aleatória toda a área de interesse, evitando, assim, vieses de interpretação ocasionados por esforço de coleta heterogêneos entre áreas. A seguir apresentamos detalhes da área de estudo e desenho amostral de cada campanha.

1.2.2 Área de estudo e desenho amostral

Ao longo da primeira campanha (verão 2019), foram sobrevoadas 72 linhas perpendiculares à costa cobrindo toda a área de estudo. Posteriormente, com o objetivo de avaliar a área de maior concentração de toninhas (sul do Rio Doce), foram sobrevoadas mais 16 linhas perpendiculares à costa e intercaladas às linhas iniciais (Figura 9A).

Durante a segunda campanha (inverno 2019), os sobrevoos foram realizados tendo a isóbata de 500m como limite *offshore*. Foram sobrevoadas 153 linhas perpendiculares à costa cobrindo toda a área de estudo. Destas, 125 linhas partiam da costa até a isóbata de 30m e 28 linhas da isóbata de 30m até a isóbata de 500m (Figura 9B).

Ao longo da terceira campanha (verão 2020) de sobrevoos, foram realizados um total de 60 linhas espaçadas 4km entre si e limitadas pela isóbata de 20 metros, cobrindo toda a área de estudo, resultando, desta forma, em linhas com diferentes comprimentos (Figura 9C). Posteriormente, com o objetivo de avaliar a área de maior concentração de toninhas (sul do Rio Doce), a malha de linhas do primeiro desenho amostral foi deslocada 1km para o norte e foram desenhadas 28 linhas, com 10km de comprimento e espaçamento de 1km (Figura 9D).

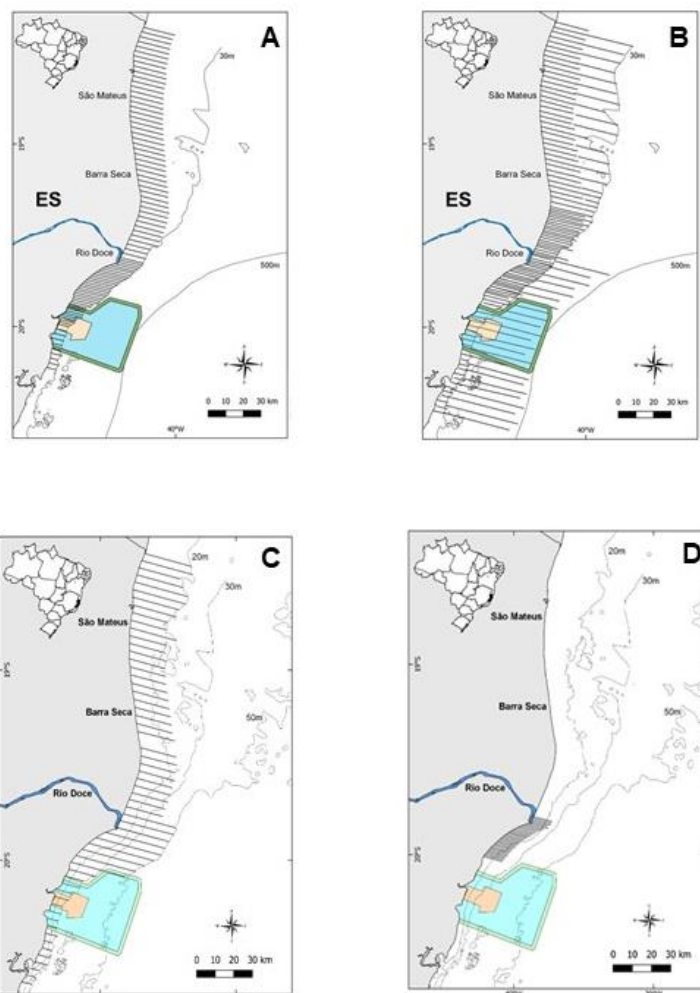


Figura 9: Área de estudo e transectos realizados durante as campanhas de verão 2019 (A), inverno 2019 (B) e verão 2020 (C e D), no âmbito do subprojeto “Monitoramento de cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos”. Em destaque a APA Costa das Algas e o REVIS Santa Cruz

1.2.3 Coleta e análise de dados

Durante os sobrevoos cada observador trabalhou de forma independente, não havendo comunicação visual ou acústica entre eles. Dois pesquisadores tinham sua posição de observação nas janelas bolhas (dianteiras) e dois nas janelas planas (traseiras). Os dados de avistagem, início e final de linha e qualquer informação adicional, foram registrados em um gravador digital Panasonic RR-US 300 individual com horário sincronizado com o GPS para posterior georreferenciamento. Para cada grupo detectado, foi tomado o ângulo de declinação entre o horizonte e o grupo utilizando um inclinômetro Suunto-PM5. Adicionalmente, sempre que possível, foram realizados registros fotográficos utilizando máquina fotográfica Canon 6D Mark II com lente Canon 70-200L, os grupos escolhidos para fotos foram circulados por 5-15 minutos (Figura 10). Os seguintes dados abióticos foram tomados a cada início e final de linhas, e sempre que uma mudança ambiental ocorria: transparência da água (clara

ou turva), cor da água (marrom, verde ou azul), reflexo (ausente, fraco, moderado ou forte), condição do mar de acordo com a escala *Beaufort* e visibilidade (ruim, moderada, boa ou ótima).

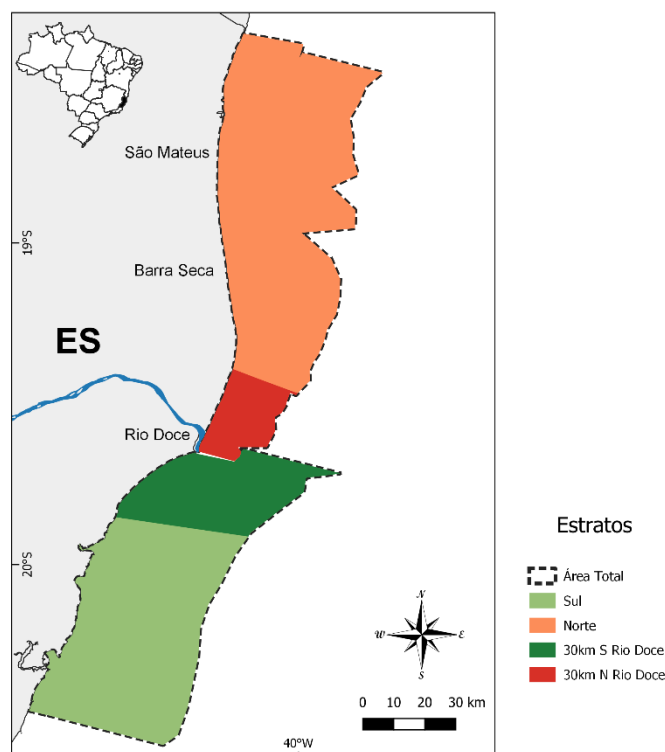


Figura 10: Pesquisadores do Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul trabalhando durante as três campanhas (verão 2019/2020 e inverno 2019) de sobrevoos no âmbito do subprojeto “Monitoramento de cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos”. Destaca-se: A) observador registrando dados em esforço de observação, B) observador trabalhando na janela bolha, C) imagem interna de um observador em esforço de observação e D) observador realizando registro fotográfico durante sobrevoos

A partir dos dados georreferenciados das avistagens foram gerados mapas de distribuição para cada espécie utilizando o software livre QGIS (versão 3.4.11). As taxas de encontro (TE) foram calculadas como quociente do número de grupos avistados pela distância sobrevoada em esforço de observação (i.e., grupos/km). A TE foi calculada para os seguintes estratos: 1) toda a área de estudo, 2) toda a área ao norte do Rio Doce, 3) toda a área ao sul do Rio Doce, 4) uma área de 30km ao norte do Rio Doce e 5) uma área de 30km ao sul do Rio Doce. Os estratos 4 e 5 foram considerados, no presente relatório, como áreas de influência direta do Rio Doce (Figura 11). A abundância de toninhas, baleias jubarte e outros pequenos cetáceos foi estimada através de métodos de amostragem de distâncias (*distance sampling*), enquanto a abundância de tartarugas marinhas foi estimada através dos métodos de transectos de faixa (*strip transect*) (Buckland et al. 2001). Todas as análises foram realizadas utilizando uma série de funções customizadas no programa R (versão 3.5.1) com o pacote “mrds” (Laake et al. 2018). Os gráficos das taxas de encontro e distância da costa foram elaborados utilizando o pacote “ggplot2” (Wickham 2016). As TE foram adotadas como medida para comparar as

variações temporal (verão x inverno) e espacial (entre estratos) nos padrões de distribuição dos grupos registrados.

Figura 11: Mapa esquemático indicando os cinco estratos em que a área de estudos foi dividida para o cálculo da Taxa de Encontro e posterior comparação das variações temporal e espacial nos padrões de distribuição dos grupos registrados, durante as três campanhas (verão 2019/2020 e inverno 2019) de sobrevoos no âmbito do subprojeto "Monitoramento de cetáceos a partir de técnicas de sobrevoos".



1.3 BIOACÚSTICA

1.3.1 Área de estudo

As duas etapas de campo do Anexo 6 – Projeto Megafauna/Bioacústica (Ano 1: Fev/2019 a Maio/2019 e Transição: Dez/2019 a Março/2020), ocorreram entre a cidade de Vitória – ES (7752067,98 m; 360001,72 m) e o limite norte do Estado do Espírito Santo (7972252,32 m; 429613,26 m). Foram percorridos trechos ao redor da foz do Rio Doce, abrangendo áreas marinhas costeiras e oceânicas adjacentes, incluindo REBIO Comboios, APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz (Figura 12 e Figura 13).

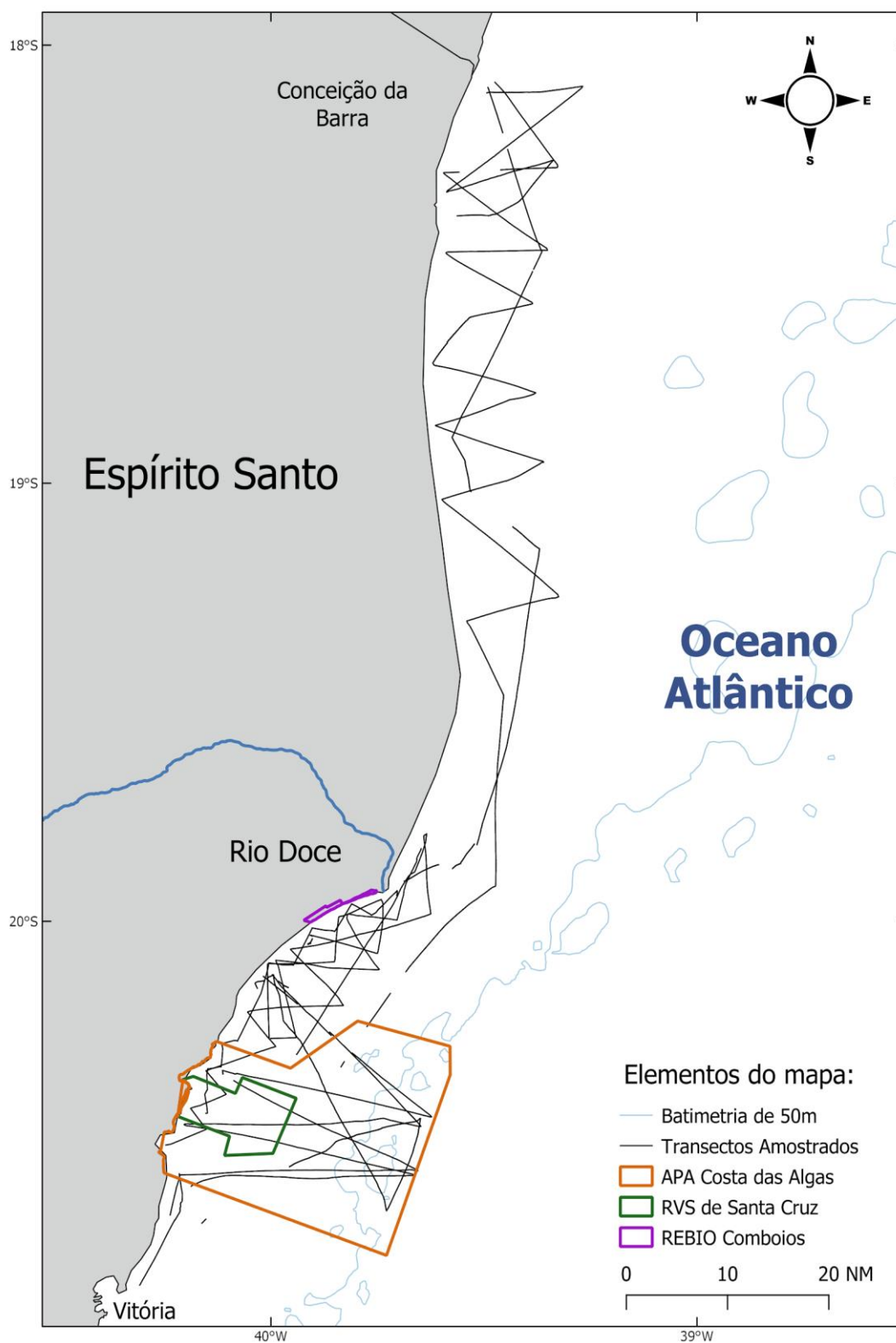


Figura 12: Mapa da área de estudo, destacando os transectos amostrados durante as campanhas realizadas entre fevereiro e maio 2019 pelo Anexo 6 - Projeto Megafauna/Bioacústica

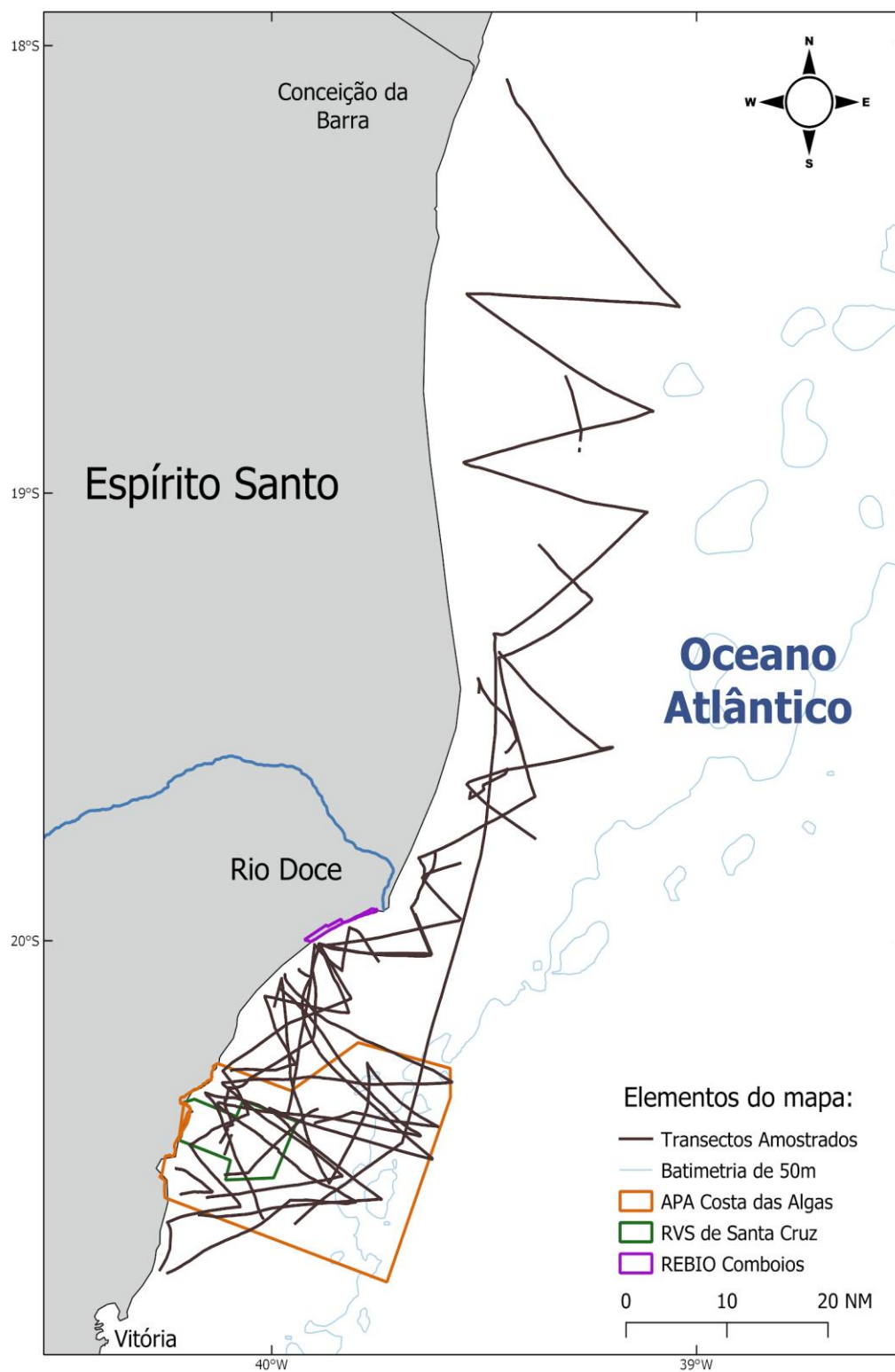


Figura 13: Mapa da área de estudo, destacando os transectos amostrados durante as campanhas realizadas entre dezembro de 2019 e março de 2020 pelo Anexo 6 - Projeto Megafauna/Bioacústica

1.3.2 Coleta de dados

No Ano 1 foram realizadas 14 (quatorze) campanhas de coletas de dados, durante o período de 22 de fevereiro de 2019 e 23 de maio de 2019 (*Material Suplementar A6MSbS1, Tabela 2*), com total de 90 dias corridos. Na etapa de Transição, aconteceram dez campanhas de coletas de dados, durante o período de 21 de dezembro de 2019 e 17 de março de 2020 (*Material Suplementar A6MSbS1, Tabela 3*), completando 87 dias corridos de campo (o trabalho precisou ser interrompido poucos dias antes devido ao decreto de ocorrência da pandemia de coronavírus). As saídas de campo foram programadas de acordo com as condições ambientais: diariamente foi realizado um monitoramento climatológico através do Windy (www.windy.com) e WindGuru (www.windguru.cz) para verificar se haviam condições favoráveis para a navegação à vela na área de estudo. Durante ambos os períodos, o Iate Clube do Espírito Santo (Vitória-ES) serviu como base de apoio para a equipe e para embarcação, quando os dias não estavam aptos para navegação.

O monitoramento da área foi conduzido a bordo de um veleiro de 40 pés, seguindo um desenho amostral de transectos em zig-zag, exceto quando as condições ambientais não estavam favoráveis para a embarcação à vela seguir este desenho. A procura por cetáceos foi realizada tanto através do monitoramento visual quanto do monitoramento acústico.

O monitoramento visual ocorreu a olho nu e com o auxílio de binóculo, durante o período de luminosidade e quando as condições ambientais estavam favoráveis para a observação de cetáceos: escala *Beaufort* até cinco, boas condições de visibilidade e altura de onda até 2m. A cada encontro visual de um grupo de cetáceos foram coletadas as seguintes informações: localização, hora, escala *Beaufort*, altura das ondas, composição do grupo, espécie e comportamento. Os registros fotográficos foram realizados pela câmera fotográfica Canon EOS 6D acoplada a uma lente EF 24 - 105mm f/3.5-5.6L STM, enquanto as filmagens (fora da água e subaquáticas) das avistagens foram feitas, respectivamente, pela câmera GoPro Hero 5 acoplada a um capacete e pela câmera GoPro Fusion 360 presa a um bastão de 3 metros.

O monitoramento acústico ocorreu através do arrasto de uma matriz de hidrofones pelo veleiro, de forma contínua. Este monitoramento somente foi interrompido quando as condições ambientais não eram favoráveis para a manutenção da navegação à vela ou tivesse risco de dano ao equipamento de arrasto: *Beaufort* a partir de seis (Castro, 2018), altura de onda superior a três metros e velocidade do vento insuficiente. O sistema de aquisição de dados consiste em uma matriz de 50m com quatro hidrofones omnidirecionais (frequência máxima de amostragem de 500kHz) acoplado a um sistema de gravação autônomo – placa de aquisição Sail Daq com resposta de 250 kHz. Quando possível, durante a avistagem de um grupo de cetáceos, foi utilizado o hidrofone portátil modelo Cetacean Research TM C75 (com resposta de frequência: 0,003 a 250kHz, +3/- 12 dB, - 200 dB re: 1V/ μ Pa) acoplado diretamente ao gravador digital Tascam DR-100 MKIII com amostragem de 192 kHz/24 bits para gravar suas emissões acústicas.

Os arquivos de áudio foram salvos no formato .wav e os dados de GPS da rota da navegação registrados e salvos em banco de dados apropriado.

1.3.3 Análises acústicas

Produção e inspeção de LTSA

Os arquivos de som gravados durante as etapas de campo foram investigados detalhadamente a fim de identificar os momentos de ocorrência de sinais de interesse ao projeto, isto é, vocalizações de cetáceos, camarões e peixes. Para isso foram gerados – através do programa MATLAB (MathWorks INC.) em conjugação com o pacote Triton (Scripps Research Institute) – Long Term Spectrograms Average (LTSA), que consistem em espectrogramas compilados de todos os arquivos em análise. A partir do LTSA é possível identificar visualmente e acusticamente os sons pulsados e tonais de interesse, selecionando os arquivos a serem analisados.

Os parâmetros de visualização do LTSA foram padronizados com janela de 30 minutos e parâmetros de brilho a 300%dB e contraste a 315%dB. Já para os espectrogramas dos eventos de interesse foi definido: Overlap 80%, Brilho -30dB, Contraste 208%dB e ajustes variáveis do FFT para melhor definição de acordo com o sinal apresentado. Essa padronização promove a disposição mais nítida dos eventos, mesmo daqueles com menor energia. A Figura 14 mostra, respectivamente, um LTSA em janela de 30 minutos e o espectrograma de parte de um evento de interesse identificado.

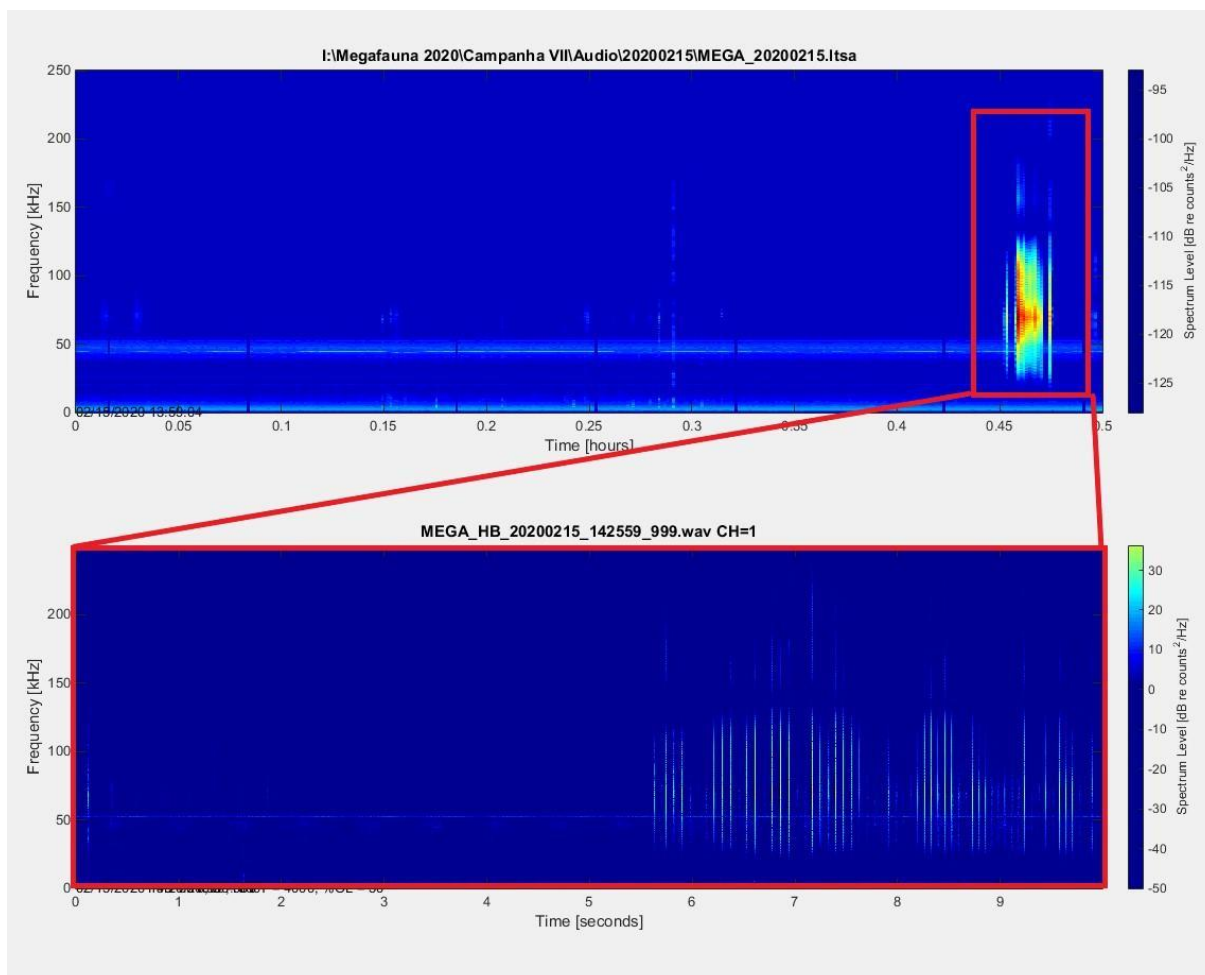


Figura 14: Imagem representativa do processo de análise conduzido utilizando Long Term Spectrogram Average – LTSA. Eixo x= tempo (s) e y = frequência (kHz)

Extração de parâmetros

Vocalizações tonais – assobios – (Figura 15) foram analisadas para a extração de parâmetros de frequência (mínima, máxima, delta, pico, central, inicial e final), tempo (duração) e de modulação do contorno. No caso dos sons pulsados – cliques de ecolocalização e explosivos – (Figura 15B e Figura 15C), foram estimados para os cliques parâmetros de frequência (mínima, máxima, pico, largura de banda 3dB e largura de banda 10dB), tempo (intervalo-inter-clique) e de intensidade (nível de pressão sonora - SPL); enquanto para os explosivos foram mensurados tanto parâmetros de frequência (mínima, máxima, delta, pico e central) quanto de tempo (duração).

Os procedimentos de extração de parâmetros ocorreram em duas etapas. A primeira foi realizada através do programa *Raven Pro 1.6* (Cornell Laboratory of Ornithology, NY), no qual foram extraídos os parâmetros acústicos das vocalizações tonais e sons pulsados explosivos; e identificados os momentos de ocorrência de cadeias de cliques de ecolocalização. A análise dos espectrogramas foi padronizada usando janela Hann, DFT de 1024 pontos com sobreposição de 60%. Na segunda etapa foram extraídos os parâmetros dos cliques de ecolocalização, utilizando um script especializado através do programa MATLAB R2014b.

Durante a inspeção dos áudios no programa *Raven Pro 1.6* também foi verificada a presença de camarão e peixe (Figura 16), usando como base os artigos que descrevem as características dos sons emitidos por esses grupos de animais: a) os camarões podem produzir sons pulsados conhecidos como estalos com faixa de frequência entre 600 Hz e 250 kHz (Legg et al., 2007); b) alguns peixes emitem repetidos sons pulsados de baixa frequência (Mann et al., 2008; Wall et al., 2013).

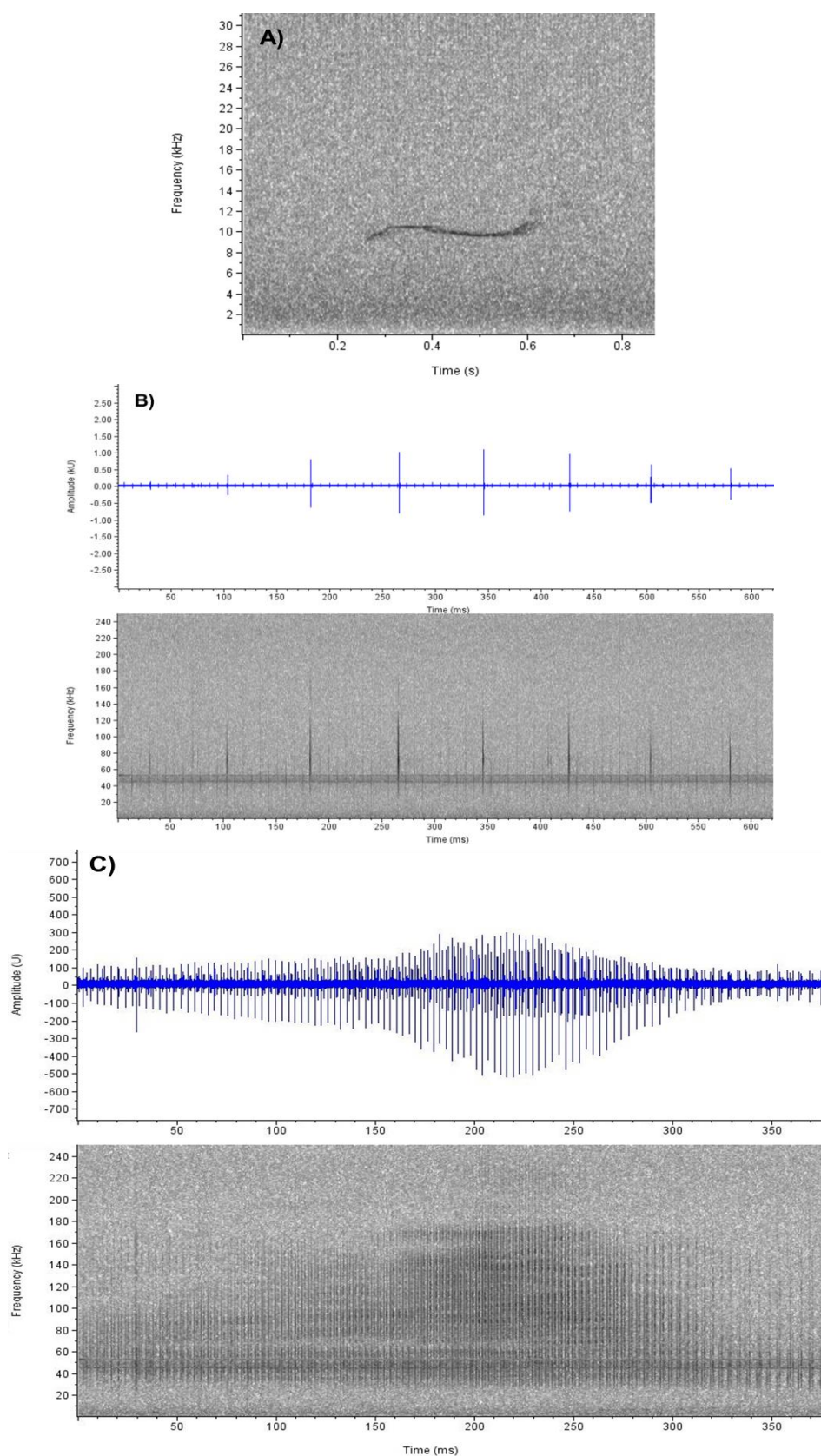


Figura 15: Representação espectral e/ou do formato de onda dos diferentes tipos de sinais acústicos produzidos por odontocetos: A) assobios; B) cliques de ecolocalização; C) sons pulsados explosivos. Eixo x = tempo (ms); eixo y = frequência (kHz)/amplitude (U)

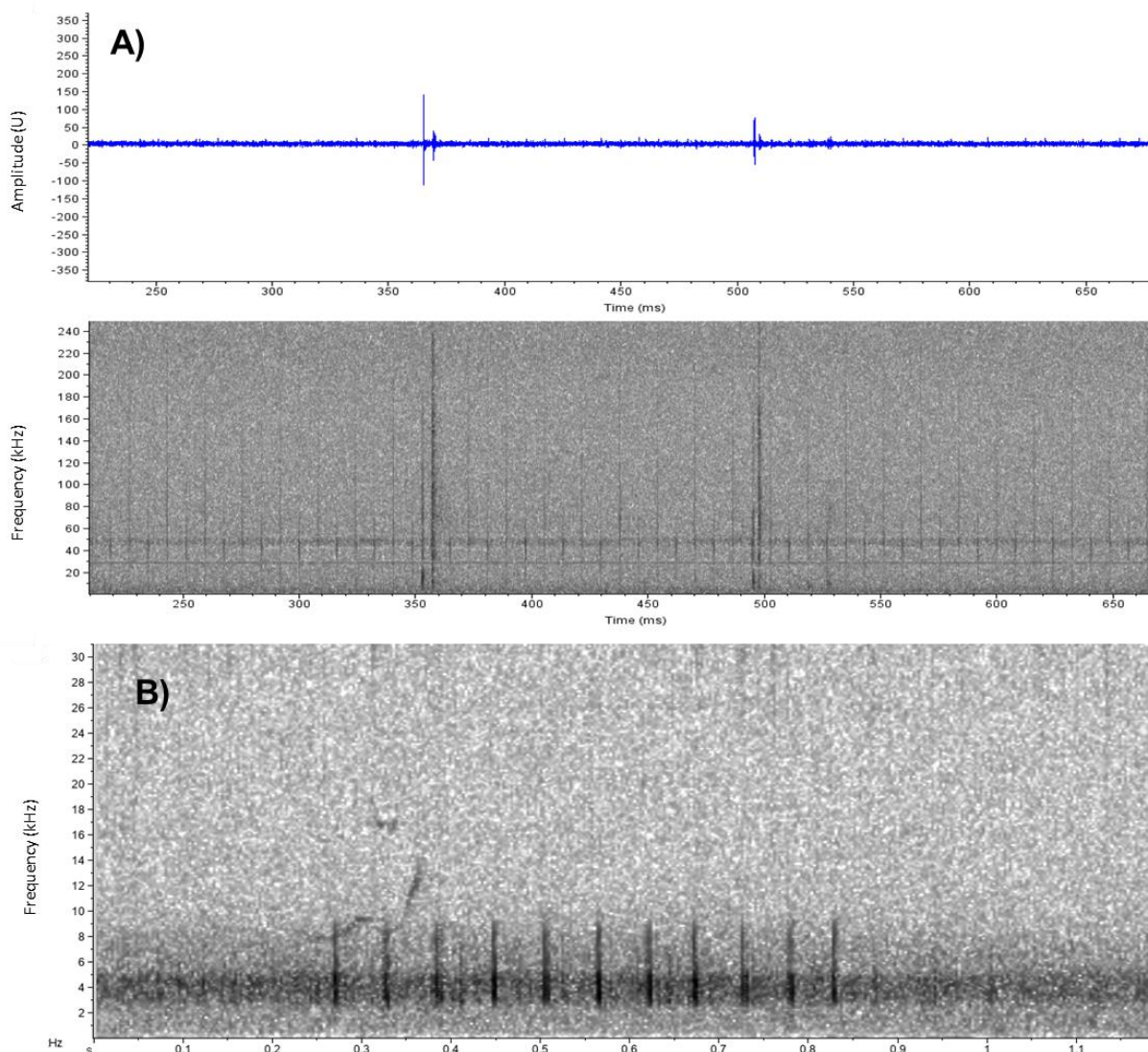


Figura 16: Representação espectral e/ou do formato de onda dos tipos de sinais acústicos produzidos por A) camarões e B) peixes Eixo x = tempo (ms); eixo y = frequência (kHz)/amplitude (U)

1.3.4 Análises de localização

Blocos de detecção contendo sons pulsados de curta duração (cliques de ecolocalização) foram usados para localizar o indivíduo ou o grupo emissor da atividade vocal. Como os cliques são discretos no tempo, sua análise permite uma avaliação mais precisa da diferença no tempo de chegada do mesmo sinal em diferentes canais por meio de correlação cruzada. Para cada bloco de detecção, um evento correspondente a uma ou mais cadeias de cliques foi determinado (Swift et al., 2009). Foi realizada a Análise de Movimento Alvo (Target Motion Analysis - TMA) para avaliar a localização de cada evento. Assim, quando o veleiro de pesquisa passou por um indivíduo ou grupo, o ângulo azimutal correspondente a cada evento foi estipulado a partir de diferentes pontos ao longo da transecção; e a distância perpendicular do indivíduo ou grupo em relação à embarcação foi estimada (Gillespie, 1997, Leaper et al., 2000, Hastie et al., 2003, Barlow & Taylor, 2005, Lewis et al.,

2007). Dois modelos de localização foram gerados, e o *Akaike Information Criteria* (AIC) foi usado para selecionar o modelo mais adequado para a localização de cada cadeia.

As coordenadas dos eventos localizados (encontros acústicos) foram plotadas através do QGIS (versão 3.12). Para isso, o sistema de coordenadas adotado foi o 'Universal Transverse Mercator (UTM)' – SIRGAS 2000, Zona 24° Sul (UTM 24S).

1.3.5 Classificação de identificação acústica das espécies.

A classificação em nível de espécie para registros exclusivamente acústicos tomou como base os cliques e assobios de *Sotalia guianensis* e *Tursiops truncatus* que foram identificados e confirmados por avistagens no Ano 1 e na Transição, juntamente com cliques e assobios de *Steno bredanensis* disponibilizados pelo LABEC (Laboratório de Ecologia Comportamental e Bioacústica da UFJF), uma vez que a ocorrência dessa espécie na área de estudo foi confirmada pelo subprojeto Sobrevoos e Dronemonitoramento do Anexo 6. A espécie *Pontoporia blainvillei* não integrou as análises de identificação acústica uma vez que seus cliques apresentam padrão único e alta banda de frequência, o que permite identificação por espectrograma.

A partir disso, modelos de classificação com assobios e cliques foram construídos através do algoritmo de Árvore Randômica computado no programa R (pacote randomForest) que gerou um total de 1000 árvores e seus respectivos OOB (*Out of Bag*) erro. Para o modelo de assobios, os parâmetros acústicos considerados foram: frequência inicial, frequência final, frequência máxima, frequência mínima, variação de frequência, frequência pico, frequência central e duração. Para o modelo de assobios foram utilizados os parâmetros de frequência pico, largura de banda de 3dB e largura de banda de 10dB. O nível de pressão sonora (*spI*) não foi utilizado para a classificação das espécies, pois é altamente associado à distância que o animal está do hidrofone e, por isso, apresenta instabilidade na determinação de propriedades espécie-específicas. Em seguida, avaliando a acurácia (acurácia total, acurácia balanceada por classe e curvas ROC) de cada modelo previamente definido, as vocalizações de registros exclusivamente acústicos tiveram suas espécies definidas através de predições confirmadas por probabilidade. Esse modelo por Árvore Randômica permite maior acurácia e robustez para a identificação das espécies em relação ao algoritmo c5.0 utilizado no Ano 1 e, por isso, os registros não identificados remanescentes do Ano 1 tiveram sua espécie designada. Por fim, cada classificação resultante teve seu encontro acústico associado e uma coordenada geográfica foi determinada de modo a integrar as análises espaciais e de relação com variáveis ambientais.

1.3.6 Análises espaciais.

Cálculo das Capturas por Unidade de Esforço (CPUE).

O índice de abundância relativa utilizado foi estimado utilizando o método da Captura por Unidade de Esforço (CPUE), calculada pela razão entre a unidade acústica amostral como cadeias de cliques e assobios de cetáceos, identificadas e localizadas, pelo total de milhas náuticas percorridas pela embarcação ao longo das transecções. Durante o Ano 1 foram navegadas 741,205 milhas náuticas e 661,035 para o ano Transição.

Interpolação das variáveis ambientais e ocorrências acústicas.

A interpolação das variáveis ambientais e os registros acústicos de cetáceos, camarões e peixes se deu através do acesso à tabela de dados original correspondente às variáveis ambientais (turbidez, temperatura aparente, oxigênio dissolvido e salinidade) coletadas e fornecida pelo Anexo 3, uma superfície de interpolação (arquivo raster) pode ser gerada para cada uma destas variáveis, utilizando métodos de interpolação espacial baseado na Ponderação do Inverso das Distâncias (Inverse Distance Weighting - IDW). Este método estima variável no espaço e pondera pesos a cada variável o valor do ponto mais próximo da variável a ser calculada (Li et al. 2010). Para a determinação dos valores utilizados para a interpolação, foi extraída a média dos valores destas variáveis em cada uma das estações de coleta, pois estes estavam divididos de acordo com a profundidade.

Foram utilizadas as diferentes estações de coleta utilizadas pelo Anexo 3, distribuídas ao longo de toda área litorânea mostrada, com o intuito de melhor representar toda a área de pesquisa. Entretanto, foram considerados apenas os dados coletados coincidentes com o período em que ocorreram as atividades de campo para o registro acústico (correspondentes aos meses de dezembro de 2019, fevereiro e março de 2020 e abril e maio de 2019, para fins de comparação). Foram cedidos também dados coletados em novembro e dezembro de 2015, logo após o evento de rompimento da barragem. A resolução espacial do raster gerado foi de 100 metros por 100 metros. O Sistema de referência utilizado foi o SIRGAS 2000, projeção UTM 24S e o programa para aplicação da função foi o QGIS (versão 3.12).

1.3.7 Modelagem do efeito das variáveis ambientais nos parâmetros acústicos de cetáceos.

No relatório Anual PMBA/FEST-RRDM referente ao Ano 1, as relações entre os parâmetros acústicos das vocalizações, a distância perpendicular de localização e a turbidez foram avaliados através de Modelos Lineares Generalizados (GLM's). Para o presente relatório, após o refinamento das análises espaciais de interpolação, foram empregados Modelos Aditivos Generalizados (GAM's) tornando possível incorporar os dados coletados no período de Transição e reavaliar os dados do Ano 1 para a obtenção de uma resposta em escala temporal.

Os GAM's permitem descrever relações não-lineares entre variáveis através de funções de suavização (*smooths*) que possibilitam flexibilidade no modelo captando assim, relações que não podem ser descritas linearmente (Zuur et al. 2009). Anteriormente à aplicação do GAM as variáveis foram avaliadas quanto a sua distribuição para determinação da família e colinearidade entre as variáveis explicativas. O ajuste do modelo e os resíduos foram avaliados através da função *gam.check*, verificando a convergência completa do modelo e a distribuição normal dos resíduos. Após a checagem dos resíduos, o número de nós (*k*) das funções de base de cada modelo foi ajustado para conferir a melhor robustez na modelagem. Todos os modelos foram realizados no programa R (pacote *mgcv*) e ajustados através do método de Máxima Verossimilhança Restrita (*REML – Restricted Maximum Likelihood*).

Cálculo da Taxa de absorção físico-química e GAM para associação de temperatura e turbidez.

O modelo de perda por absorção foi definido por Ainslie e McColm (1998) e tem três componentes: absorção por viscosidade, que descreve a perda de intensidade causada pelo movimento molecular transformado em calor, que é modelada em função da banda de frequência (*f*), temperatura (*T*) e profundidade (*D*) (Equação 1); processo de relaxamento do ácido bórico (Equação 2), no qual se aplicam valores de temperatura, frequência e salinidade (*S*); por último, temos o processo de relaxamento do sulfato de magnésio (Equação 3), que engloba temperatura, salinidade, profundidade e frequência. A soma dos três componentes nos fornece a taxa de absorção (*alpha*) que informa quão atenuado o som é pelas condições físico-químicas do ambiente. A taxa é expressa em dB/km (decibéis por quilômetro).

$$\alpha_{vis} = 4.9 \times 10^{-4} f^2 e^{-\left(\frac{T}{27} + \frac{D}{17}\right)}$$

(Equação 1)

$$\alpha_B = 0.106 \frac{f_1 f^2}{f_1^2 + f^2} e^{-\frac{pH-8}{0.56}}$$

$$f_1 = 0.78 \sqrt{\frac{S}{35}} e^{\frac{T}{26}}$$

(Equação 2)

$$\alpha_M = 0.52 \left(1 + \frac{T}{43}\right) \left(\frac{S}{35}\right) \frac{f_2 f^2}{f_2^2 + f^2} e^{-\frac{D}{6}}$$

$$f_2 = 42 e^{T/17}$$

(Equação 3)

Desta forma, foram extraídos os parâmetros ambientais relativos aos pontos de ocorrência de cada vocalização para os três bancos de dados disponíveis (2015, 2019 e 2020) e, para cada ponto, foi calculado um valor de *alpha*. A variável foi submetida também ao procedimento de interpolação espacial.

Sólidos suspensos na água absorvem energia solar com mais eficiência que a água. Maior turbidez na água implica em maiores temperaturas do ambiente (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2020). Essa etapa da modelagem consistiu em avaliar a associação da temperatura (variável resposta) com a turbidez (variável explicativa) para testar a hipótese de que a variação da turbidez implica, indiretamente nos valores obtidos para a absorção físico-química. O modelo foi construído utilizando *splines* de regressão cúbica (Wood, 2006).

GAM entre parâmetros acústicos e variáveis ambientais.

Essa etapa consistiu na modelagem dos parâmetros acústicos das vocalizações (cliques e assobios) em função de variáveis resposta apresentadas na Tabela 4. Os modelos foram construídos utilizando *splines* de regressão cúbica (Wood, 2006). Para os clicks, como o cálculo do alfa de absorção foi relativo à uma frequência representativa de cada espécie, utilizando para *Sotalia guianensis*, *Tursiops truncatus* e *Steno bredanensis* o mesmo valor, o modelo para toninhas foi construído separadamente.

Tabela 4: Lista de variáveis resposta e explicativas utilizadas no GAM entre parâmetros acústicos e variáveis ambientais.
Todas as variáveis resposta desses modelos são numéricas. As funções de suavização estão indicadas por s(variável)

Vocalização	Variáveis resposta	Variáveis explicativas
Cliques	Frequência pico (pf)	Distância perpendicular: s(distperp) - variável numérica
	Nível de pressão sonora (spl)	Turbidez: s(turb) - variável numérica
	Largura de banda 3dB (bw3db)	Índice alfa de absorção: s(alpha) - variável numérica
	Largura de banda 10dB (bw10db)	Espécie: sp - variável categórica
	Frequência máxima (fmax)	
	Frequência mínima (fmin)	
Assobios	Frequência máxima (fmax)	*
	Frequência mínima (fmin)	Turbidez: s(turb) - variável numérica
	Frequência central (fc)	Índice alfa de absorção: s(alpha) - variável numérica
	Frequência delta (df)	Espécie: sp - variável categórica
	Duração (dur)	
	Frequência pico (pf)	
	Frequência inicial (fi)	
	Frequência final (ff)	

* A distância perpendicular não consiste em uma variável explicativa para assobios pois estes não compõem as análises de localização

GAM entre camarões, peixes, cetáceos e variáveis ambientais.

Essa análise consistiu na modelagem da presença e ausência acústica de cetáceos, de forma geral e por espécie, em função das variáveis respostas apresentadas na Tabela 5. Os modelos foram construídos foram binomiais, utilizando a função e base *P-splines* (Eilers & Marx 1996).

Tabela 5: Lista de variáveis resposta e explicativas utilizadas no GAM entre presença e ausência de cetáceos. As funções de suavização estão indicadas por s(variável)

Variáveis resposta	Variáveis explicativas
Presença e ausência de cetáceos: variável binária - (1) presença, (0) ausência	Presença e ausência de camarões: variável binária - (1) presença, (0) ausência
	Presença e ausência de peixes: variável binária - (1) presença, (0) ausência
	Oxigênio: s(oxi) - variável numérica
	Temperatura: s(temp) - variável numérica
	Turbidez: s(turb) - variável numérica
	Salinidade: s(sal) – variável numérica