

**Serviços de execução do Projeto
de Monitoramento de Médio
Prazo de Tartaruga-de-Couro por
Telemetria Satelital – PMTCTS
(Cluster BC)**

**Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D
Streamer e Nodes na Bacia de
Campos Cluster BC**

**RELATÓRIO ANUAL 1
Outubro/2025**

PROJETO DE MONITORAMENTO DE MÉDIO PRAZO DE TARTARUGA-DE-COURO POR TELEMETRIA SATELITAL PMTCTS

Relatório Anual 1

Outubro / 2025



APRESENTAÇÃO

Este documento técnico tem por finalidade apresentar o primeiro Relatório Anual referente a realização da primeira campanha do **Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital (PMTCTS)**, na região da foz do rio Doce, Espírito Santo. O estudo abrange uma porção das praias de Comboios e Povoação. Este projeto é executado pela Fundação Projeto Tamar, no âmbito do processo IBAMA nº 02001.004769/2021-55, para a Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D Streamer e Nodes na Bacia de Campos Cluster BC, pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

ÍNDICE GERAL

I	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	19
II	IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO.....	20
III	OBJETIVOS.....	21
IV	INTRODUÇÃO	23
V	METODOLOGIA.....	26
V.1	ÁREA DE ESTUDO	26
V.2	MONITORAMENTO NOTURNO	27
V.3	CONFIGURAÇÃO DOS TRANSMISSORES SATELITAIS.....	35
V.4	INSTALAÇÃO DOS TRANSMISSORES SATELITAIS	36
V.5	AQUISIÇÃO DE DADOS	41
V.6	FILTRAGEM DE DADOS	42
V.7	DEFINIÇÃO DOS COMPORTAMENTOS.....	42
V.7.1	Estados Comportamentais.....	44
V.8	ANÁLISES ESPACIAIS	47
V.9	MERGULHOS	48
V.9.1	Arquivos Behavior	48
V.9.2	Arquivos Histos	49
V.10	SOBREPOSIÇÃO COM A SÍSMICA.....	50
V.11	PLATAFORMA DIGITAL ONLINE.....	51
VI	RESULTADOS	53
VI.1	NÚMERO DE FÊMEAS MARCADAS	53
VI.2	INFORMAÇÕES SATELITAIS	57
VI.3	INTERNIDAL.....	58
VI.4	MIGRAÇÃO.....	58
VI.5	ALIMENTAÇÃO	59

VI.6	MERGULHOS	64
VI.6.1	Arquivos Behavior	64
VI.6.2	Arquivos Histos.....	65
VI.7	SOBREPOSIÇÃO COM A SÍSMICA	69
VI.7.1	Sobreposição espaço-temporal à atividade sísmica.....	77
VI.8	PLATAFORMA DIGITAL ONLINE.....	81
VII	DISCUSSÃO.....	83
VIII	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
IX	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
X	EQUIPE TÉCNICA	100
XI	MATERIAL SUPLEMENTAR	101
XII	ANEXOS	125
XII.1	ANEXO 1	125
XII.2	ANEXO 2	129
XII.3	ANEXO 3	130
XII.4	ANEXO 4	134

TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Período das atividades sísmicas por local.	21
Tabela 2 – Definição das classes utilizadas na configuração dos transmissores.	36
Tabela 3 – Listagem das fêmeas de <i>D. coriacea</i> que receberam transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital.	54
Tabela 4 – Listagem das fêmeas de <i>D. coriacea</i> que receberam a instalação de transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital. Legenda: Col. = Colocada; Enc. = Encontrada; CCC = Comprimento Curvilíneo de Carapaça, em metros.	56
Tabela 5 – Listagem das fêmeas de <i>D. coriacea</i> flagradas após instalação de transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital.	56
Tabela 6 – Sumário dos dados de rastreamento via satélite de <i>D. coriacea</i> utilizados para análise comportamental após a filtragem dos dados. * transmissores ainda ativos. ** tartaruga apresentou sinais em 22/12/2024 com seguidos haulouts nove dias depois (possível mortalidade).	57
Tabela 7 – Resumo das estimativas realizadas para o período internidal para indivíduos de <i>D. coriacea</i> , incluindo duração (contabilizando primeira observação na praia até estimativa satelital do fim do internidal), número de ninhos por fêmea e fidelidade aos locais de desova (em km).	58
Tabela 8 – Distância da tartaruga 281244 da embarcação sísmica “Apollo” a cada hora e comprimento do passo (velocidade) da tartaruga em cada segmento. Observação: o primeiro passo (ordem 1) é NA por não ter posição anterior.	79

FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Áreas de atividade sísmica. Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (MMBC).	22
Figura 2 – Área de monitoramento executado pela Fundação Projeto Tamar no âmbito do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital (PMTCTS).	27
Figura 3 – Apoio de quadriciclo motorizado em monitoramento noturno para flagrante de fêmeas de <i>D. coriacea</i> em comportamento reprodutivo. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	28
Figura 4 – Modelo de lanterna de cabeça de luz vermelha para auxílio ao manejo das fêmeas de <i>D. coriacea</i> nas praias de reprodução. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	29
Figura 5 – Modelo de fita métrica maleável para realizar biometria das fêmeas de <i>D. coriacea</i> durante a postura dos ovos. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	30
Figura 6 – Biometria de fêmea de <i>D. coriacea</i> em processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	30
Figura 7 – Anilhas metálicas de Inconel modelo 681 (National Band and Tag Co., USA) utilizadas para marcação das fêmeas de <i>D. coriacea</i> durante a postura dos ovos. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	31
Figura 8 – Marcação com anilhas metálicas de fêmea de <i>D. coriacea</i> em processo de desova, com apoio de luz branca de forma pontual e em curta duração. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	31
Figura 9 – Modelo de alicate utilizado para marcação de fêmeas de <i>D. coriacea</i> com anilhas metálicas de Inconel modelo 681 (National Band and Tag Co., USA). Fonte: Fundação Projeto Tamar.	32
Figura 10 – PIT Tag (Trovan™, modelo 100C) utilizado como ferramenta complementar à marcação com anilhas metálicas em fêmeas de <i>D. coriacea</i> . Fonte: Fundação Projeto Tamar.	33
Figura 11 – Seringa implantadora de PIT Tag em fêmeas de <i>D. coriacea</i> , modelo IM-200C. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	33
Figura 12 – Leitor eletrônico portátil Trovan™ para detecção de PIT Tag em fêmeas de <i>D. coriacea</i> , modelo GR-252. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	34

Figura 13 – Escaneamento de PIT Tag em fêmea de D. coriacea durante processo de desova, utilizado como complementação à marcação com anilhas metálicas. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	34
Figura 14 – Transmissores de modelo SPLASH10-F-295, fabricados pela Wildlife Computers/USA. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	36
Figura 15 – Instalação de transmissor satelital em fêmea de D. coriacea durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	37
Figura 16 – Fêmea de D. coriacea com transmissor instalado durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	38
Figura 17 – Transmissor satelital, em detalhe, instalado em fêmea de D. coriacea durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	38
Figura 18 – Broca de uso veterinário (4,5 mm) utilizada para perfuração de dois pequenos orifícios visando a instalação dos transmissores satelitais. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	39
Figura 19 – Massa maleável de silicone, necessária para apoiar a base do transmissor na carapaça das fêmeas de D. coriacea visando a instalação dos transmissores satelitais. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	40
Figura 20 – Materiais utilizados para amarração dos transmissores satelitais nas fêmeas de D. coriacea, como fio de nylon, miçangas e nicopress. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	40
Figura 21 – Selador e anti-incrustante utilizado para proteger os transmissores satelitais contra epibiontes. Fonte: Fundação Projeto Tamar.	41
Figura 22 – Localização e data de instalação dos transmissores satelitais em fêmeas de D. coriacea. Fonte: Fundação Projeto Tamar.....	55
Figura 23 – Distribuições de proporções de deslocamento, distância da costa, comprimento do passo, profundidade máxima, direção angular e atividade reprodutiva para os três estados comportamentais estimados (Internidal, Migração e Alimentação). Os histogramas permitem comparar padrões característicos de cada estado, como os deslocamentos mínimos e proximidade da costa durante o internidal, o movimento linear e direcional durante a migração, e os deslocamentos intermediários e ângulos espalhados durante a alimentação.	60

Figura 24 – Estados comportamentais latentes estimados para <i>D. coriacea</i> marcadas desovando no Espírito Santo, Brasil, na temporada reprodutiva 2024/2025 com o deslocamento em relação ao ponto inicial no tempo e as estações do ano destacadas em cores.....	61
Figura 25 – Rotas de deslocamento das tartarugas monitoradas com identificação dos trechos e tipos de comportamentos. Identificação de áreas de sobreposição espacial à atividade sísmica das sete <i>D. coriacea</i> rastreadas entre 5 de novembro de 2024 e 14 de julho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica (A).....	63
Figura 26 – Boxplots das métricas de mergulho por estado comportamental. (A) Profundidade (m); (B) Duração do mergulho (min); (C) Tempo de superfície bruto (min); (D) Tempo de superfície (min) p99,9. Cores indicam o comportamento: verde = internidal, azul = migração, vermelho = alimentação.	65
Figura 27 – Boxplot do número diário de mergulhos (24 h completas) por estado comportamental.....	66
Figura 28 – Histograma do percentual de formato (Shape) de mergulhos (24 h completas) por estado comportamental.	66
Figura 29 – Número diário de mergulhos por classe de duração em minutos em diferentes estados comportamentais.....	67
Figura 30 – Número diário de mergulhos por classe de profundidade em metros em diferentes estados comportamentais.....	68
Figura 31 – Proporção diária de tempo em classes de temperatura em °C (TAT) por estado comportamental.	68
Figura 32 – Proporção diária de tempo em classes de profundidade em metros (TAD) por estado comportamental.	69
Figura 33 – Mapa com os polígonos de manobra e aquisição das sísmicas, além do polígono geral com kernel autocorrelacionado (AKDE) com delineamentos de 50% e 95% para o período internidal.	70
Figura 34 – Exposição espacial à atividade sísmica das sete <i>D. coriacea</i> rastreadas durante o período do presente relatório por indivíduo, entre 5 de novembro de 2024 e 14 de julho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica com comportamento (A).	71
Figura 35 – Linha do tempo dos comportamentos por tartaruga (linhas superiores) e dos quatro levantamentos sísmicos (faixas coloridas inferiores). Segmentos pretos, verdes, azuis e vermelhos indicam, respectivamente, Internidal (preto e	

verde combinados; desde a primeira observação na praia até a de mudança de comportamento estimada pela telemetria), Migração e Alimentação. As faixas largas semitranslúcidas representam os períodos ativos de cada atividade sísmica (Barracuda–Caratinga, Jubarte, MMBC e Tartaruga-verde). Sobreposição espacial é marcada por círculos na cor do comportamento observado (todos os casos foram durante a migração). Sobreposição espaço-temporal é indicada por um traço vertical sobre as linhas das tartarugas individuais na cor da atividade sísmica relacionada e na faixa sísmica na cor do comportamento observado (também todos os casos foram durante a migração).....	72
Figura 36 – Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de <i>D. coriacea</i> rastreados durante a sísmica Barracuda-Caratinga entre 29 de maio de 2024 e 4 de março de 2025. O zoom nas áreas de sísmica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.....	73
Figura 37 – Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de <i>D. coriacea</i> rastreados durante a sísmica Jubarte entre 26 de dezembro de 2024 e 11 de junho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.	74
Figura 38 – <i>Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de D. coriacea rastreados durante as sísmica Tartaruga-Verde (início em 14 de março 2025) e Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (início em 15 de março de 2025). Zoom nas áreas de sísmica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.</i>	76
Figura 39 – Variações nos padrões de movimentos horizontal e vertical da tartaruga 281244 no período de 15 dias antes da sísmica Jubarte até 15 dias após a sísmica Barracuda-Caratinga. O painel superior mostra o comprimento do passo (6h e média diária); o painel do meio apresenta a profundidade máxima dos mergulhos; e o painel inferior mostra as durações dos mergulhos (azul) e os tempos de superfície (verde). As áreas sombreadas em rosa representam a janela de sobreposição com a sísmica Jubarte (19–20 de janeiro de 2025), e em laranja a sobreposição com a sísmica Barracuda-Caratinga (21–22 de janeiro de 2025)...	78
Figura 40 – Sobreposição espaço-temporal da tartaruga 281244 com a embarcação sísmica “Apollo”. Os pontos da tartaruga estão representados em	

círculo e da embarcação em quadrados, com cores correspondendo ao mesmo horário.....	80
Figura 41 – Distância da tartaruga 281244 da embarcação sísmica “Apollo” a cada hora e comprimento do passo por hora.	81
Figura 42 – Utilização do sistema por parte dos usuários cadastrados.....	82
Figura 43 – Taxa de acessos geral ao sistema: usuários públicos versus usuários cadastrados.....	82
Figura 44 – Padrões de deslocamento da tartaruga 281237 em monitoramento satelital anterior (2021/2022) e atual (2024/2025).	84

TABELAS E QUADROS SUPLEMENTARES

Tabela Suplementar 1 – Registros de praia dos animais flagrados parte deste relatório. PTT = Número do Transmissor; Praia = Códigos de praia onde animal foi encontrado; Tipo de Ocorrência = Classificação baseada na deposição ou não de ovos; Situação = Técnica de manejo aplicada..... 101

Tabela Suplementar 2 – Área em km² utilizada por cada tartaruga baseada no kernel autocorrelacionado (AKDE) com delineamentos de 50% e 95% durante o período internidal. 101

Tabela Suplementar 3 – Estatísticas descritivas dos mergulhos de *D. coriacea* por tipo de comportamento (internidal, migração e alimentação). São apresentados profundidade (em m), a duração dos mergulhos (em min) e o tempo de superfície (em min) bruto e truncado em p99,9 (percentil). Para cada métrica são fornecidos o número de observações (n), valor mínimo (mín) e máximo (máx), percentis de 5% (p05), de 50% (mediana), 95% (p95) e 99% (p99), média e desvio padrão (DP). 102

Tabela Suplementar 4 – Estatísticas descritivas média, mediana, desvio-padrão (DP) e número de amostras (n) das variáveis de movimento e mergulho da tartaruga 281244 nos diferentes períodos de atividade sísmica (Fases: Pré-Jubarte, Durante Jubarte, Entre eventos, Durante Caratinga e Pós-Caratinga). O comprimento do passo expresso em km, profundidade máxima em metros e a duração do mergulho e o tempo de superfície em minutos. 103

Tabela Suplementar 5 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis para avaliar diferenças entre fases (Pré-Jubarte, Jubarte, Barracuda-Caratinga, Pós-Caratinga) nas variáveis de movimentos vertical e horizontal da tartaruga 281244. H = estatística de Kruskal-Wallis; gl = graus de liberdade; p-valor em notação científica. Valores de p indicam diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. 103

Tabela Suplementar 6 – Resultados dos testes de Wilcoxon pareados entre fases (Pré-Jubarte, Durante-Jubarte, Entre-eventos, Durante-Caratinga e Pós-Caratinga) para variáveis de movimento e mergulho da tartaruga 281244. Valores apresentados como medianas (med_A e med_B) e número de observações (n_A e

n_B). p-ajustado corresponde ao valor de p corrigido para múltiplas comparações (método de Holm). Comparações significativas (p-ajustado < 0,05) estão marcadas com asterisco. O comprimento do passo expresso em km, profundidade máxima em metros e a duração do mergulho e o tempo de superfície em minutos. 104

FIGURAS E GRÁFICOS SUPLEMENTARES

Figura Suplementar 1 – Exemplo de análise feita para cada tartaruga para determinação do fim do período internidal.....	105
Figura Suplementar 2 – Discretização das variáveis. (a) deslocamento em km, (b) distância da costa em km, (c) comprimento do passo, (d) profundidade máxima (m), (e) ângulos, (f) estágio reprodutivo.....	106
Figura Suplementar 3 – Exemplo dos pontos de quebra para um indivíduo (281244) que apresentou 14 pontos de quebra.....	107
Figura Suplementar 4 – Distribuições de proporções para os nove possíveis clusters. O deslocamento e a distância da costa estão indicados em quilômetros, e os ângulos de curvatura em radianos. O Cluster 1 foi classificado como Migração_1 (28,7% dos dados). O Cluster 2 foi classificado como Alimentação_1 (17,1% dos dados). O Cluster 3 foi classificado como Alimentação_2 (15,5% dos dados). O Cluster 4 foi classificado como Internidal_1 (12,9% dos dados). O Cluster 5 foi classificado como Migração_2 (8,9% dos dados). O Cluster 6 foi classificado como Alimentação_3 (6,7% dos dados). O Cluster 7 foi classificado como Alimentação_4 (3,9% dos dados). O Cluster 8 foi classificado como Internidal_2 (3,5% dos dados). O Cluster 9 foi classificado como Alimentação_6 (2,8% dos dados).....	108
Figura Suplementar 5 – Distribuição dos clusters antes de agrupar.	109
Figura Suplementar 6 – Padrões de mergulho da tartaruga 281237 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.....	110
Figura Suplementar 7 – Padrões de mergulho da tartaruga 281238 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que	

apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. 111

Figura Suplementar 8 – Padrões de mergulho da tartaruga 281239 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. 112

Figura Suplementar 9 – Padrões de mergulho da tartaruga 281241 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. 113

Figura Suplementar 10 – Padrões de mergulho da tartaruga 281242 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. 114

Figura Suplementar 11 – Padrões de mergulho da tartaruga 281243 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou

quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.	115
Figura Suplementar 12 – Padrões de mergulho da tartaruga 281244 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. As áreas sombreadas em rosa representam a janela de sobreposição com a sísmica Jubarte (19–20 de janeiro de 2025), e em laranja a sobreposição com a sísmica Barracuda-Caratinga (21–22 de janeiro de 2025).	116
Figura Suplementar 13 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i>	117
Figura Suplementar 14 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i>	118
Figura Suplementar 15 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i>	119
Figura Suplementar 16 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i> . Os haulouts na água representam o possível evento de morte, incluídos na figura, mas não utilizados nos modelos de estimativa de comportamento.	120

Figura Suplementar 17 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i> .	121
Figura Suplementar 18 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i> .	122
Figura Suplementar 19 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de <i>D. coriacea</i> .	123
Figura Suplementar 20 – Movimentos pós-nidificação de <i>D. coriacea</i> com contagem de indivíduos por célula de 10 km.	124

I IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

RAZÃO SOCIAL: Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras

CNPJ: 33.000.167/0001-01

ENDEREÇO: Avenida República do Chile, 65, Rio de Janeiro – RJ.

PESSOA DE CONTATO

NOME: Adriano de Moraes

TELEFONE: (21) 2144-0967 | Rota: 704-0967

ENDEREÇO ELETRÔNICO: adrianodemoraes@petrobras.com.br

II IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO

RAZÃO SOCIAL: Fundação Centro Brasileiro de Proteção e Pesquisa das Tartarugas Marinhas.

CNPJ: 16.110.041/0001-70.

ENDEREÇO: Avenida do Farol, Praia do Forte, SN, Mata de São João/BA.

CEP: 48280-000.

TELEFONE: (71) 3676-0321.

HOME PAGE: <https://www.tamar.org.br/>

RESPONSÁVEL TÉCNICO PELO PROJETO

NOME: Alexsandro Sant'ana dos Santos

CURRÍCULO LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3513152270764899>

CONSELHO DE CLASSE: CRBio 0131735/02-D

CTF IBAMA: 2291533

ART CRBio: 2-62271/23-E

ENDEREÇO ELETRÔNICO: alex@tamar.org.br

ANÁLISE DE DADOS TELEMETRIA

NOME: Armando Barsante dos Santos, Ph.D.

CURRÍCULO LATTES: <https://lattes.cnpq.br/9656844325582089>

III OBJETIVOS

O objetivo deste relatório é apresentar, de forma integrada e comparativa, os resultados do monitoramento por telemetria satelital de tartarugas-de-couro, *Dermochelys coriacea*, durante as diferentes fases comportamentais (internidal, migração e alimentação), avaliando rotas, áreas de uso e padrões de mergulho, especialmente a sobreposição espaço-temporal com as atividades sísmicas no Cluster BC (**Tabela 1** e **Figura 1**). As análises visam quantificar dimensões e sobreposição de áreas de uso, distâncias percorridas, variação comportamental e proximidade ao polígono sísmico, aplicando métodos estatísticos e métricas padronizadas, de modo a subsidiar a avaliação de possíveis impactos.

Tabela 1 – Período das atividades sísmicas por local.

Cluster	Projeto	Tecnologia	Início	Fim
BC	Barracuda-Caratinga	Streamer	29/05/2024	04/03/2025
BC	Tartaruga-Verde	Streamer	14/03/2025	14/09/2025
BC	Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (MMBC)	Nodes	15/03/2025	Previsto para fevereiro 2026
BC AP*	Jubarte	Streamer	21/12/2024	11/06/2025

**Indica sísmica avaliada somente de forma preliminar/exploratória por não ser objeto do presente relatório.*

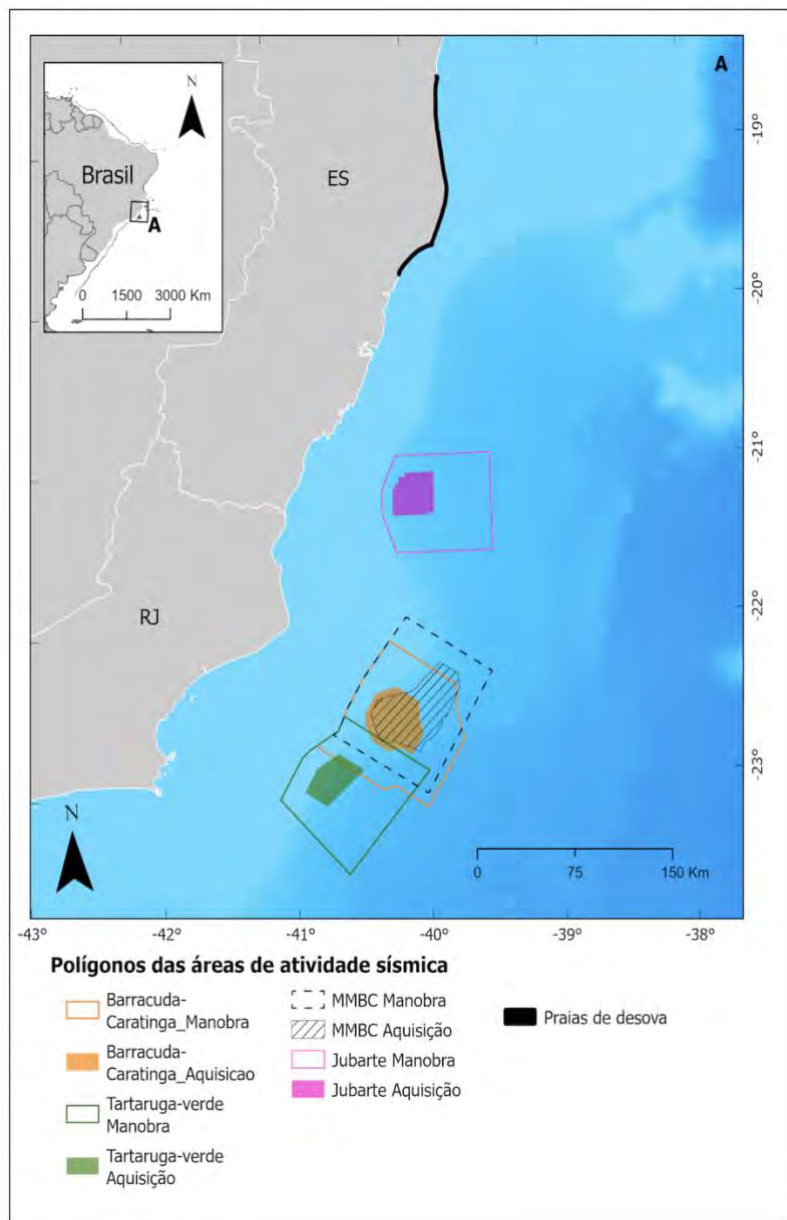


Figura 1 – Áreas de atividade sísmica. Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (MMBC).

IV INTRODUÇÃO

As tartarugas marinhas desempenham um importante papel nos ecossistemas costeiros e oceânicos, contribuindo para o equilíbrio das cadeias tróficas e a manutenção da biodiversidade. Entre essas espécies, a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) se destaca por apresentar a maior distribuição geográfica e um ciclo de vida particularmente complexo, caracterizado pelo uso de diferentes habitats ao longo de extensas rotas migratórias (Wallace et al., 2013). Após a maturidade sexual, esse ciclo envolve deslocamentos entre áreas de alimentação e reprodução, as quais podem estar separadas por milhares de quilômetros (Almeida et al., 2011; Billes et al., 2006; Fossette et al., 2014).

Globalmente, *D. coriacea* é classificada como “Vulnerável” segundo os critérios da União Internacional para a Conservação da Natureza (Wallace et al., 2013). No Brasil, é considerada “Criticamente em Perigo” de extinção (Portaria MMA n.148, de 7 de Junho de 2022, 2022). O maior sítio de reprodução de *D. coriacea* no mundo está no Gabão, na costa oeste equatorial do continente africano (Witt et al., 2011). Além do Gabão, outras duas importantes áreas reprodutivas também são encontradas no Suriname e na Guiana Francesa (Fossette et al., 2008). No Brasil, a principal área de desova de *D. coriacea* ocorre no litoral norte do estado do Espírito Santo (Marcovaldi & Marcovaldi, 1999; Thomé et al., 2007). Esta é ainda a menor população de todas as unidades regionais de manejo para as tartarugas marinhas no mundo (Mast et al., 2025), tornando-a especialmente importante do ponto de vista de conservação. Embora pequena, essa população tem uma alta diversidade genética, inclusive maior do que a da população do Gabão (Vargas et al., 2017). Além dessa população, que desova no litoral norte capixaba, uma segunda área regular de desova no Brasil foi recentemente revelada no Delta do Parnaíba, na divisa entre os estados do Piauí e Maranhão (Magalhães et al., 2021). No entanto, ainda pouco se conhece dessa população e novos estudos precisam ser desenvolvidos.

Para a população que desova no Espírito Santo, o período reprodutivo vai de outubro a dezembro (Thomé et al., 2007), quando as fêmeas utilizam as praias capixabas para a postura dos ovos e permanecem na região marinha adjacente no intervalo entre desovas (Almeida et al., 2011). Após essa fase, elas iniciam

extensas migrações para áreas de alimentação localizadas em águas temperadas ou subtropicais do Oceano Atlântico sul (Almeida et al., 2014; Almeida et al., 2011).

A porção sul-ocidental do oceano Atlântico abriga um estoque misto de *D. coriacea*, sendo uma importante área de conectividade entre indivíduos oriundos de diferentes populações como Gabão, Gana, África do Sul, Brasil, entre outras (Prosdocimi et al., 2014; Vargas et al., 2017; Vélez-Rubio et al., 2023).

A prospecção sísmica utiliza fontes acústicas de alta intensidade que podem se propagar por longas distâncias no ambiente subaquático. O primeiro levantamento sísmico marinho 2D no Brasil foi realizado em 1957, na plataforma continental de Alagoas, mas a pesquisa sísmica marinha 3D só foi introduzida no Brasil em 1978, na Bacia de Campos (Mendonça et al., 2003). No entanto, foi somente a partir de 1997, com a abertura do mercado para empresas estrangeiras, que as operações envolvendo pesquisa sísmica se intensificaram. Foi a partir desse incremento nas operações de prospecção e exploração de óleo e gás que o Governo brasileiro criou a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a Diretoria de Licenciamento Ambiental, vinculada ao IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) (Vilardo & Barbosa, 2018). Desde então, todas as licenças para pesquisa sísmica marinha são emitidas pelo IBAMA.

O Brasil tem sido pioneiro na recomendação de diretrizes mitigatórias relacionadas aos possíveis efeitos da sísmica na fauna marinha. Em todo o mundo, dos cerca de 50 países que permitem prospecção sísmica em suas águas, apenas 7 têm diretrizes mandatórias com medidas mitigadoras voltadas à fauna marinha e, entre esses, apenas 3 (Brasil, Canadá e Estados Unidos) têm diretrizes mitigatórias voltadas especificamente para as tartarugas marinhas (Nelms et al., 2016).

Diversos estudos indicam que esse tipo de emissão sonora pode provocar alterações comportamentais, deslocamentos temporários, mudanças nos padrões de mergulho e até exclusão de áreas utilizadas por cetáceos, pinípedes e quelônios (Affatati & Camerlenghi, 2023; DeRuiter & Doukara, 2012; McCauley et al., 2000; Nelms et al., 2016; Ribeiro et al., 2025). Apesar do crescente número de pesquisas sobre os efeitos desta atividade sobre as espécies marinhas, a maior parte desses estudos está direcionada para os mamíferos marinhos, e ainda persistem importantes lacunas quanto aos impactos específicos da prospecção sísmica sobre as tartarugas marinhas (Elliott et al., 2019; Nelms et al., 2016), especialmente sobre potenciais alterações no comportamento e uso de áreas.

Nesse contexto, o Plano de Ação Nacional para Conservação das Tartarugas Marinhas (PAN Tartarugas Marinhas) identifica como prioridade a ampliação do conhecimento sobre as interações entre atividades antrópicas e o comportamento das espécies, com o objetivo de fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação. Alinhado a essas diretrizes, o **Projeto de Monitoramento de Médio Prazo da Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital** (PMTCTS) para a Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D Streamer e Nodes na Bacia de Campos Cluster BC advém de demanda específica do órgão licenciador (IBAMA), solicitada através do Termo de Referência COEXP 10047523 emitido pelo IBAMA no âmbito do Processo Nº: 02001.004769/2021-55.

V METODOLOGIA

A execução das atividades de monitoramento ativo para instalação de transmissores satelitais em fêmeas desovantes de *Dermochelys coriacea* ocorreu diariamente, no período noturno, nas praias da área de abrangência do projeto.

As atividades de monitoramento de praias de reprodução de tartarugas marinhas e de manejo de fêmeas, ninhos e filhotes foram baseadas em protocolo do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Tartarugas Marinhas e da Biodiversidade Marinha do Leste (Centro TAMAR) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Centro TAMAR/ICMBio, 2023) e do projeto executivo aprovado no âmbito do licenciamento da atividade sísmica.

Já a instalação dos transmissores satelitais em *D. coriacea* foi realizada em conformidade com o Leatherback Turtle Carapacial Tag Attachment Protocol, desenvolvido por Matthew Witt (University of Exeter, UK) & Wildlife Computers (Anexo 1).

V.1 ÁREA DE ESTUDO

A área monitorada está localizada na planície costeira da foz do rio Doce, litoral norte do Espírito Santo. Estende-se desde a extremidade sul da Reserva Biológica (REBIO) de Comboios, no município de Aracruz, à Praia de Povoação ao norte, no município de Linhares. Esta região compreende a faixa litorânea com a maior densidade de ninhos de *D. coriacea* registrada no Brasil (Colman et al., 2019) e é monitorada por duas das quatro Bases de Pesquisa e Conservação da Fundação Projeto Tamar no litoral capixaba: Comboios/Regência e Povoação. No âmbito deste projeto, a área foi dividida em dois trechos de cerca de 30 quilômetros ao sul e ao norte da foz do rio Doce (**Figura 2**).

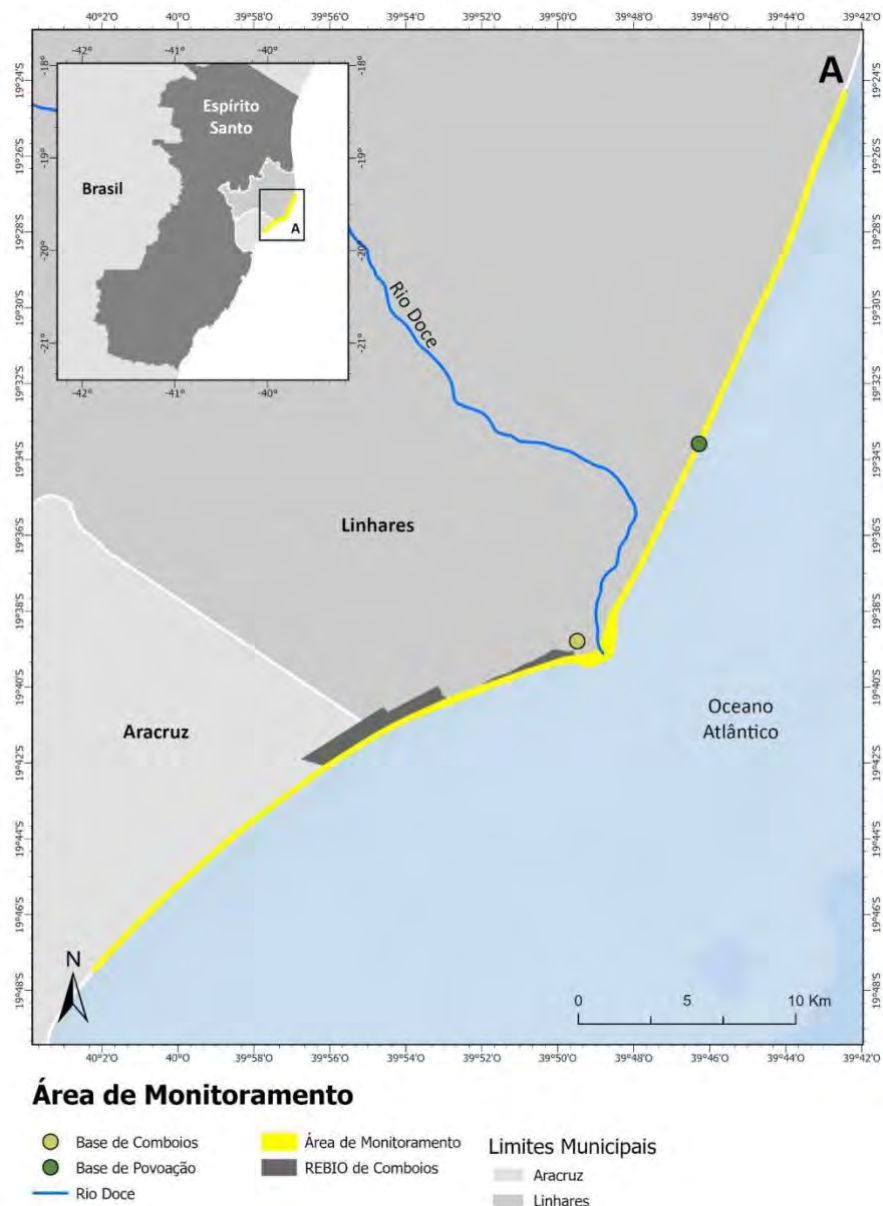


Figura 2 – Área de monitoramento executado pela Fundação Projeto Tamar no âmbito do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital (PMTCTS).

V.2 MONITORAMENTO NOTURNO

Para flagrante de fêmeas de *D. coriacea* em comportamento reprodutivo foi realizado o monitoramento noturno, em duplas e com apoio de quatro quadriciclos motorizados (**Figura 3**). Este monitoramento ocorreu diariamente, no período de 01 de setembro de 2024 a 29 de novembro de 2024, dia da instalação do último transmissor satelital, entre 20h e 2h.



Figura 3 – Apoio de quadriciclo motorizado em monitoramento noturno para flagrante de fêmeas de *D. coriacea* em comportamento reprodutivo. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

O esforço de monitoramento foi realizado na faixa de praia de aproximadamente 60 km no entorno da foz do rio Doce, dividida em trecho sul, cerca de 30 km ao sul da foz do Rio Doce até a REBIO de Comboios (Aracruz, ES), área monitorada pela Base de Comboios, e trecho norte, cerca de 30 km ao norte da foz do Rio Doce até a Praia de Povoação (Linhares, ES), área monitorada pela Base de Povoação. Ao final de cada percurso de monitoramento, a equipe aguardava de 15 a 30 minutos antes de percorrer o trecho novamente. A duração da pausa entre os percursos de ida e volta dependia da condição da maré no dia. Em dias de maré seca, a duração da pausa era maior, visto que o período de tempo que as fêmeas levam para percorrer o caminho do mar ao local escolhido para postura do ninho, geralmente localizado em região entre a berma da praia e a vegetação de restinga, é maior.

O manejo das fêmeas de *D. coriacea* nas praias foi feito com auxílio de lanternas de cabeça de luz vermelha (**Figura 4**). Isto porque as tartarugas marinhas são fotossensíveis a luzes com comprimentos de onda mais curtos. Como a cor vermelha possui o maior comprimento de onda dentro do espectro de luz visível, é menos prejudicial a estes animais. De forma pontual e sob curta duração, o uso da

luz branca se fez necessário em algumas situações de campo para assegurar a precisão e/ou segurança dos procedimentos de manejo. Quando as fêmeas eram encontradas, a equipe aguardava até o início da deposição dos ovos para iniciar o processo de marcação e instalação dos transmissores. As fêmeas foram medidas com fita métrica maleável (Figura 5 e Figura 6) e marcadas com anilhas metálicas de Inconel modelo 681 (National Band and Tag Co., USA) (**Figura 7**), aplicadas nas duas nadadeiras posteriores, na região entre a nadadeira e a cauda (**Figura 8**), através do uso de alicate específico (**Figura 9**). Caso as fêmeas já possuísem marcas colocadas em encontros anteriores, a numeração das marcas era registrada. Se necessária a substituição de marca, ela era retirada e uma nova marca aplicada.



Figura 4 – Modelo de lanterna de cabeça de luz vermelha para auxílio ao manejo das fêmeas de *D. coriacea* nas praias de reprodução. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 5 – Modelo de fita métrica maleável para realizar biometria das fêmeas de *D. coriacea* durante a postura dos ovos. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 6 – Biometria de fêmea de *D. coriacea* em processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 7 – Anilhas metálicas de Inconel modelo 681 (National Band and Tag Co., USA) utilizadas para marcação das fêmeas de *D. coriacea* durante a postura dos ovos. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 8 – Marcação com anilhas metálicas de fêmea de *D. coriacea* em processo de desova, com apoio de luz branca de forma pontual e em curta duração. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 9 – Modelo de alicate utilizado para marcação de fêmeas de *D. coriacea* com anilhas metálicas de Inconel modelo 681 (National Band and Tag Co., USA). Fonte: Fundação Projeto Tamar.

Complementar à marcação com anilhas metálicas, foram utilizados “PIT (Passive Integrated Transponder) Tags” devido ao alto índice de perda das marcas metálicas nesta espécie. O PIT Tag (Trovan™, modelo 100C) (**Figura 10**) é inserido subcutaneamente na região do pescoço do indivíduo através de seringa implantadora de modelo IM-200C (**Figura 11**). A detecção do PIT Tag ocorre através do escaneamento por um leitor eletrônico portátil (Trovan™, modelo GR-252) (**Figura 12 e Figura 13**).



Figura 10 – PIT Tag (Trovan™, modelo 100C) utilizado como ferramenta complementar à marcação com anilhas metálicas em fêmeas de *D. coriacea*. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 11 – Seringa implantadora de PIT Tag em fêmeas de *D. coriacea*, modelo IM-200C. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 12 – Leitor eletrônico portátil Trovan™ para detecção de PIT Tag em fêmeas de *D. coriacea*, modelo GR-252. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 13 – Escaneamento de PIT Tag em fêmea de *D. coriacea* durante processo de desova, utilizado como complementação à marcação com anilhas metálicas. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

Os dados coletados nas praias monitoradas foram registrados em cadernos de campo (**Anexo 2**), posteriormente lançados no Sistema de Informações da Fundação Projeto Tamar (SITAMAR) e, em seguida, disponibilizados no Banco de Dados para Conservação das Tartarugas Marinhas (BDCTAMAR), coordenado pelo Centro TAMAR/ICMBio (**Anexo 3**). Após cada inserção no SITAMAR, os dados foram conferidos e validados por pesquisadores de outras Bases de Pesquisa e Conservação (validação cruzada), garantindo maior confiabilidade no registro das informações. Os dados inseridos apresentavam vinculação entre o número das anilhas metálicas, PIT Tags e o número de identificação dos transmissores, garantindo sua associação a cada indivíduo.

Para registrar o percurso diário realizado pela equipe de monitoramento, foi utilizado o aplicativo Geo Tracker, instalado em dispositivo móvel. Ao final de cada atividade, o arquivo do trajeto, em formato GPX, foi disponibilizado na plataforma Basecamp. Este processo garante o registro preciso das rotas percorridas, assegurando a transparência e a rastreabilidade do monitoramento de praia.

V.3 CONFIGURAÇÃO DOS TRANSMISSORES SATELITAIS

Os transmissores SPLASH10-F-295, fabricados pela Wildlife Computers/USA, foram configurados para aquisição de FastGPS a cada 120 minutos, para coletar e transmitir dados todos os dias do ano, com o sensor Dry/Deep/Neither (DDN) ligado e definido para que reporte Dry (seco) se estiver 60% da hora no seco. Os mergulhos foram definidos como submersões a partir de 2 m de profundidade. O sensor *haulout* (*haulout* são pontos detectados pelo sensor seco/molhado que indicam quando o dispositivo está fora da água) foi definido para entrar em modo *haulout* após 10 minutos no seco e os histogramas definidos para reportar dados de mergulho em 14 classes a cada seis horas (especificamente às: 3:00, 9:00, 15:00 e 21:00; Tabela 2).

Tabela 2 – Definição das classes utilizadas na configuração dos transmissores.

Classe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Profundidade (m)	2	5	15	25	35	45	60	100	200	300	400	600	1000	>1000
Duração (min)	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	60	70	>70
Temperatura (°C)	-2	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	>33

V.4 INSTALAÇÃO DOS TRANSMISSORES SATELITAIS

Os transmissores (**Figura 14**) foram instalados após o início do processo de postura dos ovos pelas fêmeas (**Figura 15**), encerrando o procedimento necessariamente até o momento de conclusão do ninho (**Figura 16 e Figura 17**). Dada a dimensão dos animais, não foram utilizados os convencionais caixotes de madeira para suas retenções. Caso o animal flagrado não estivesse realizando a postura ou já tivesse finalizado o processo, não foi realizado este procedimento de instalação.

Em cada campanha deste projeto está prevista a instalação de cinco a sete transmissores satelitais. Após a instalação do quinto transmissor, os dois últimos equipamentos foram instalados em outros animais somente a partir da efetivação de dez dias de fornecimento de sinais dos transmissores satelitais anteriores.

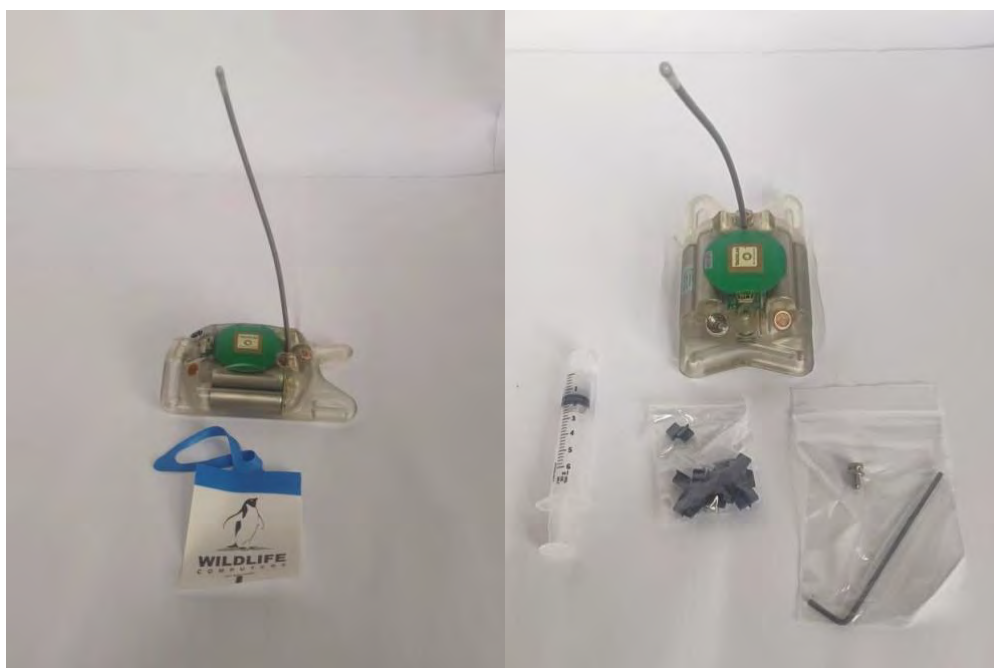


Figura 14 – Transmissores de modelo SPLASH10-F-295, fabricados pela Wildlife Computers/USA.
Fonte: Fundação Projeto Tamar.

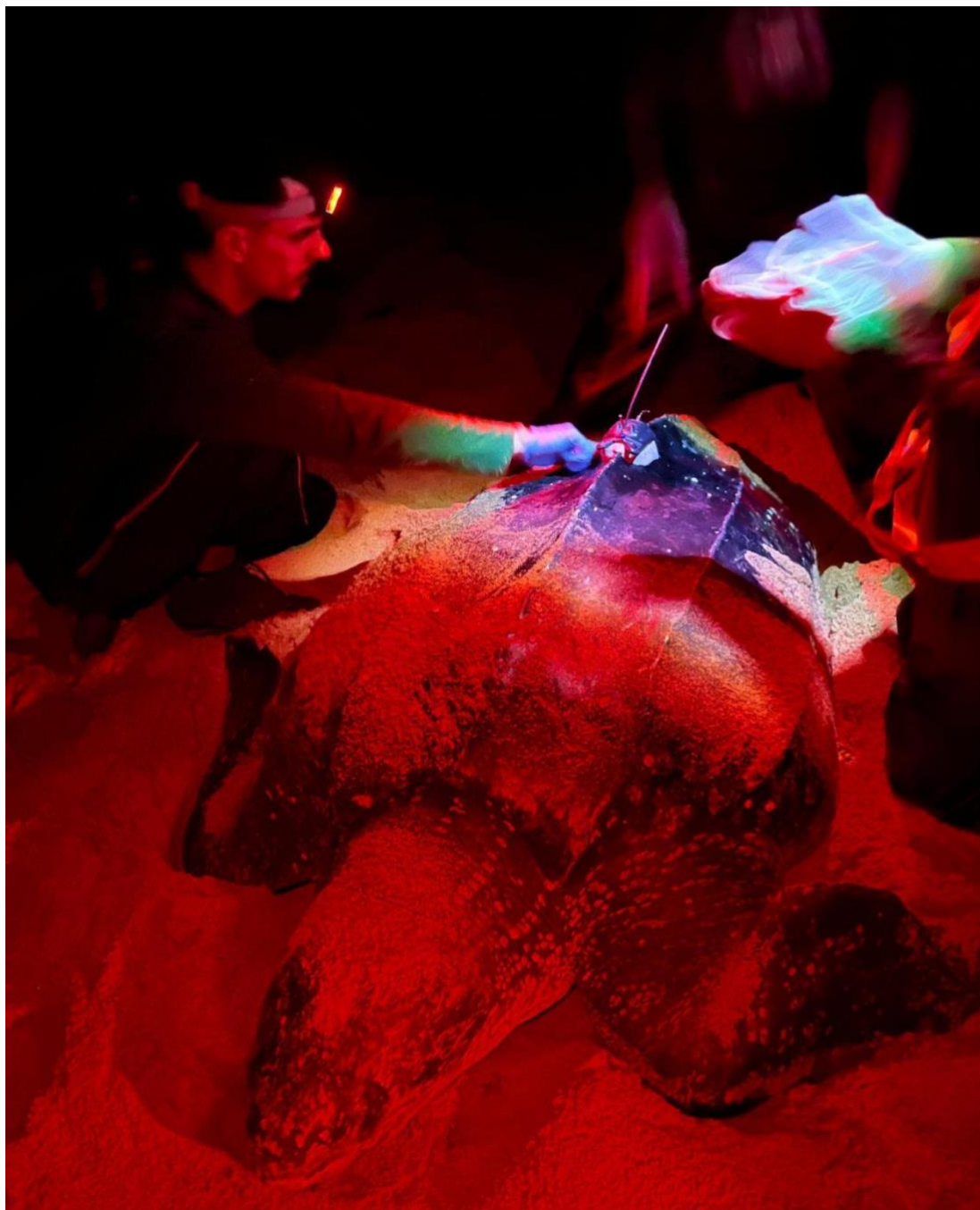


Figura 15 – Instalação de transmissor satelital em fêmea de *D. coriacea* durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 16 – Fêmea de *D. coriacea* com transmissor instalado durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 17 – Transmissor satelital, em detalhe, instalado em fêmea de *D. coriacea* durante processo de desova. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

A instalação dos transmissores satelitais iniciou com a preparação e limpeza do casco das fêmeas (pré-lavagem com água, limpeza com esponja e solução desinfetante, e enxágue com água estéril). Em seguida, foi feita a perfuração de dois pequenos orifícios (4 a 6,5 mm de diâmetro), utilizando furadeira portátil e broca antiderrapante de uso veterinário (4,5 mm) (**Figura 18**), para passagem dos fios na crista medial do casco e fixação do transmissor por meio de monofilamento

de nylon. Por fim, foi realizada a aplicação de massa maleável de silicone para dar apoio à base do transmissor (**Figura 19**). Depois de posicionar os transmissores no local, os fios de nylon foram passados através dos orifícios perfurados no casco das fêmeas e amarrados em seguida. Para a amarração, utilizou-se o nó do tipo “direito”, fazendo a finalização de cada ponta do fio com uma prensa de cabo tipo nicopress. Para proteger o transmissor do nicopress foram colocadas missangas plásticas entre estes (**Figura 20**). Este procedimento foi repetido no lado oposto do transmissor. Para proteger o aparelho contra epibiontes, foi realizada pintura com tinta anti-incrustante, conforme especificações do fabricante (**Figura 21**). A lista completa de materiais utilizados para a execução das atividades de campo e de monitoramento encontra-se no **Anexo 4**.



Figura 18 – Broca de uso veterinário (4,5 mm) utilizada para perfuração de dois pequenos orifícios visando a instalação dos transmissores satelitais. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

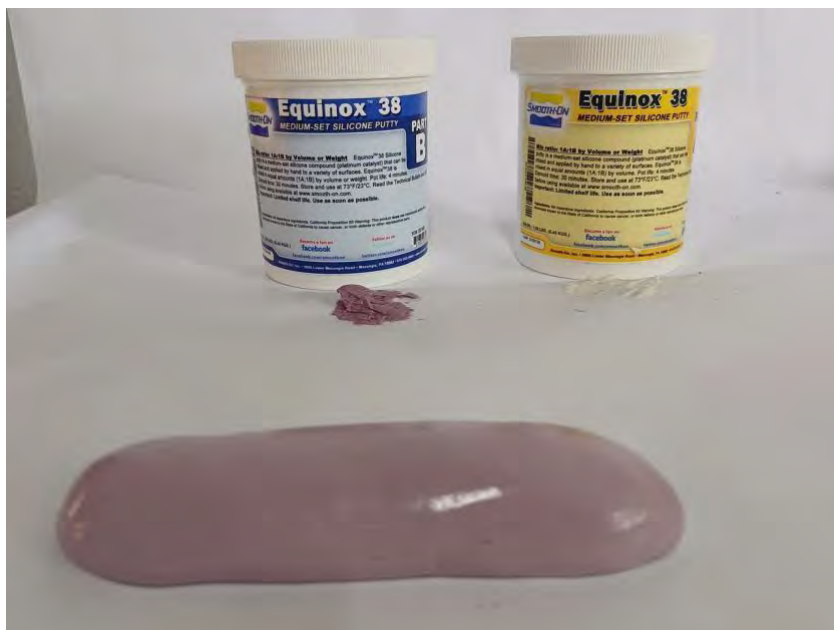


Figura 19 – Massa maleável de silicone, necessária para apoiar a base do transmissor na carapaça das fêmeas de *D. coriacea* visando a instalação dos transmissores satelitais. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

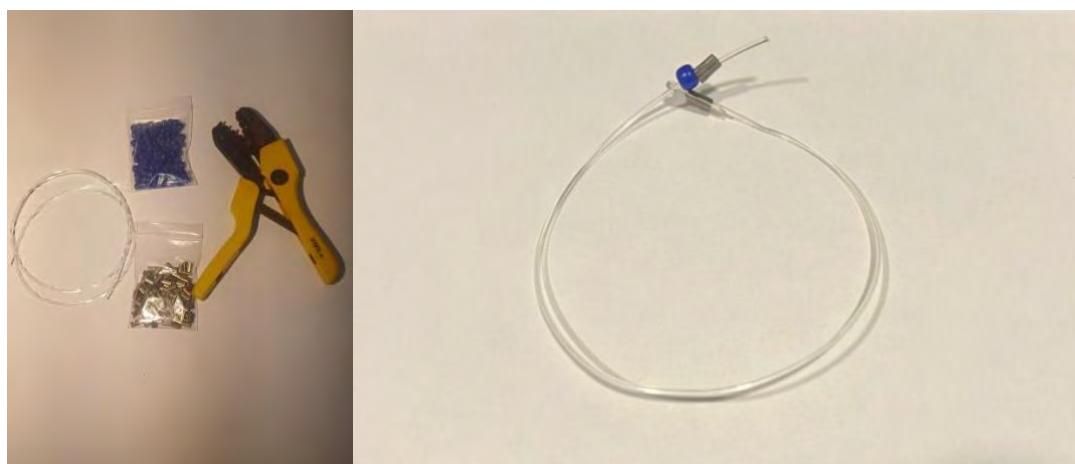


Figura 20 – Materiais utilizados para amarração dos transmissores satelitais nas fêmeas de *D. coriacea*, como fio de nylon, miçangas e nicopress. Fonte: Fundação Projeto Tamar.



Figura 21 – Selador e anti-incrustante utilizado para proteger os transmissores satelitais contra epibiontes. Fonte: Fundação Projeto Tamar.

Considerando que a vida útil dos transmissores satelitais utilizados na execução deste monitoramento varia de um a dois anos, as atividades de aquisição e armazenamento dos dados obtidos ocorrerão durante todo o período em que os equipamentos estiverem ativos, sendo finalizadas quando constatada a perda espontânea dos transmissores instalados nas fêmeas monitoradas, ou até a interrupção do sinal de transmissão do último transmissor satelital instalado.

V.5 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados dos sete transmissores satelitais foram transmitidos através do sistema Argos e baixados do portal online da Wildlife Computers (<https://my.wildlifecomputers.com>). As coordenadas utilizadas são a latitude e longitude e o sistema de referência (datum) é o WGS 84 (*World Geodetic System* 1984). Conforme o reporte de configuração dos transmissores, o horário dos mesmos foi sincronizado com o relógio do computador que estava em hora local, portanto, os horários reportados nos arquivos baixados representam a hora local do Espírito Santo.

V.6 FILTRAGEM DE DADOS

O arquivo base utilizado para análise dos movimentos horizontais foram os *FastGPS.csv* para os dados de GPS e o *Locations.csv* para os dados Argos. Para os dados de *FastGPS.csv* foram filtrados os dados com erro residual maior que 30 (Shimada et al., 2012), que representaram 0,3% do total de dados produzidos. Para os dados Argos, foram excluídos os dados com qualidade “Z”, já que estes não contêm métrica de erro associado (CLS, 2023). Em seguida os dados foram combinados e ordenados por ordem cronológica, sendo excluídos os pontos obtidos antes da instalação dos transmissores (por exemplo: referentes a testes feitos antes da instalação).

V.7 DEFINIÇÃO DOS COMPORTAMENTOS

O período internidal corresponde ao intervalo entre uma desova e outra, dentro de uma mesma temporada reprodutiva. Indivíduos de *D. coriacea* costumam realizar várias desovas por temporada e, nessa região, apresentam um intervalo internidal com mediana de 10 dias (Colman et al., 2019). Considerando que todas as instalações dos transmissores ocorreram durante a desova, assumiu-se que, desde o momento da instalação até o último ninho detectado, o animal permaneceu em período internidal. A determinação do último evento de desova na temporada foi realizada por meio da combinação de dados de telemetria e de monitoramento de praia. Apesar do local de marcação situar-se em torno de 19°S, relativamente afastado do equador, a cobertura do sistema Argos ainda é limitada em latitudes baixas, com menos passagens diárias de satélite do que em latitudes médias ou altas (CLS, 2023). Essa menor frequência aumenta a chance de falhas de transmissão e contribui para os *gaps* frequentemente observados em estudos de telemetria satelital (CLS, 2023). Assim, nem sempre as mensagens de *haulout* são recebidas e registradas no arquivo *FastGPS.csv*. Por esse motivo, o fabricante recomenda que, além da identificação de *haulout* = 1 no *FastGPS.csv*, seja também analisado o arquivo *DDN.csv*, que indica, para cada hora, se o transmissor permaneceu pelo menos 60% desse período em condição seca (*Dry*) e também o arquivo *HaulOut.csv*. Ambos os arquivos (*DDN.csv* e *HaulOut.csv*) não contêm

informações espaciais (latitude e longitude), apenas a data e hora (carimbo temporal). Portanto, por meio de um procedimento de “ancoragem temporal” (associar cada registro temporal desses arquivos ao ponto espacial mais próximo gerado pelo modelo de movimento) foram extraídos esses eventos para os dados espaciais.

Os dados espaciais foram regularizados em intervalos de uma hora usando um *state-space model* (SSM) com o pacote ‘*aniMotum*’ (Jonsen et al., 2023) considerando as métricas de erro associadas aos dados Argos e uma velocidade máxima igual a 3 m/s, no programa R Versão 4.3.3 (R Core Team, 2024). Esta modelagem filtra posições improváveis, sendo dispensável a aplicação de outros filtros como para ângulos ou pontos localizados em terra. A regularização em intervalos de uma hora foi escolhida para que o resultado da modelagem fosse consistente com os dados de *DDN.csv*. O produto do SSM forneceu, por indivíduo, séries temporais uniformes de latitude e longitude no datum WGS-84 (EPSG:4326) utilizadas para a ancoragem temporal. Eventos de *haulout* com coordenadas (provenientes do arquivo *FastGPS.csv*) e registros coletados em praia pelas equipes de campo (**Tabela Suplementar 1**) foram incorporados diretamente como pontos espaciais e sobrepostos às trilhas derivadas do SSM. Com base no ID da tartaruga e carimbo temporal, buscou-se, entre os pontos do SSM do mesmo indivíduo, o instante mais próximo no tempo. As coordenadas do ponto SSM selecionado foram então atribuídas ao evento. A identificação do último evento reprodutivo de cada fêmea na temporada considerou, de forma conjunta, quatro evidências: *haulouts* com coordenadas, DDN “ancorados” ao SSM, *haulouts* sem coordenadas “ancorados” ao SSM e registros de praia. O último registro em terra no período reprodutivo — independentemente da fonte — foi definido como a última desova. Todas as localizações do SSM entre a instalação e esse marco foram classificadas como internidais; as subsequentes foram classificadas como pós-reprodutivas.

O processamento de dados e a integração espacial foram realizados utilizando o software R com os pacotes *dplyr*, *lubridate* e *sf*. Para inspeção e validação visual, foi construída uma interface interativa com *leaflet*, permitindo selecionar indivíduos e alternar camadas (linha do SSM, pontos do SSM, *haulouts* com coordenadas, DDN e *haulouts* sem coordenadas ancorados ao SSM, e registros de praia), com

tooltips exibindo os carimbos temporais originais, os instantes SSM pareados e o $|\Delta t|$ (diferença temporal em minutos) do pareamento. Essa abordagem maximizou o aproveitamento das informações de telemetria mesmo na presença de lacunas de transmissão, preservando a coerência espaço-temporal necessária para inferir o término da fase reprodutiva e, conseqüentemente, o período internidal. Cada camada foi exportada como *shapefile* para calcular a fidelidade das fêmeas à praia de desova, definida como a distância em km entre os extremos norte e sul das ocorrências reprodutivas de uma mesma fêmea.

V.7.1 Estados Comportamentais

Os dados foram regularizados em intervalos de seis horas por meio de um SSM utilizando o pacote *aniMotum* (Jonsen et al., 2023), da mesma forma feita para o internidal, considerando as métricas de erro associadas aos dados Argos e uma velocidade máxima de 3 m/s, no programa R versão 4.3.3 (R Core Team, 2024). A regularização em intervalos de seis horas foi escolhida para que o resultado da modelagem fosse consistente com os dados de mergulho (por exemplo *Histos.csv*, *MinMaxDepth.csv*), configurados para reportar proporções das classes a cada seis horas.

Para que a regularização do SSM fosse perfeitamente sincronizada com os intervalos dos registros de mergulho e garantisse que o início do rastreamento ocorresse na coordenada de instalação, essa posição foi adicionada como primeiro registro de cada tartaruga, e o horário ajustado para 3:00, 9:00, 15:00 ou 21:00 h, selecionando aquele mais próximo da hora real. Apesar de esse ser um ajuste artificial do horário inicial, com o objetivo de garantir intervalos consistentes com os mergulhos, o impacto nas estimativas é inferior a três horas e limitado ao primeiro segmento (isto é, do ponto inicial ajustado até o ponto modelado subsequente). A partir do primeiro ponto modelado, todas as métricas (por exemplo, velocidade, deslocamento, número de mergulhos) permaneceram consistentes entre os dados horizontais e verticais. Além disso, para eliminar qualquer viés decorrente desse ajuste, todas as métricas utilizadas nas análises subsequentes desconsideraram os resultados desse primeiro intervalo entre o início da trajetória e o ponto subsequente.

O comprimento de passo (*step length*) foi calculado entre posições consecutivas das trajetórias regularizadas em seis horas, definido como a distância linear entre cada par de localizações sucessivas (em km). O comprimento de passo, refere-se à velocidade de deslocamento da tartaruga, sendo uma métrica importante para interpretar alterações comportamentais. Também foi calculada a distância até a costa, definida como a menor distância geodésica (em km) entre cada posição registrada e a linha de costa continental (Brasil, Uruguai e Argentina), utilizando a função *st_distance* do pacote *sf* no programa R. Também extraímos a profundidade máxima do comportamento vertical (m) do arquivo *MinMaxDepth.csv*.

As trajetórias regularizadas foram utilizadas para estimar estados comportamentais latentes de *D. coriacea* por meio de uma abordagem Bayesiana não paramétrica (método de associação mista para movimento, M4) (Cullen et al., 2022; Santos et al., 2023). Esse método inicialmente divide as trajetórias individuais em segmentos utilizando o algoritmo *reversible-jump Markov chain Monte Carlo* (RJMCMC) e, em seguida, agrupa esses segmentos em estados comportamentais latentes por meio de *Latent Dirichlet Allocation* não paramétrico (Cullen et al., 2022). O modelo primeiro segmenta cada trajetória via RJMCMC e, em seguida, agrupa os segmentos em estados latentes por meio de LDA não paramétrico. Como o M4 ajusta distribuições categóricas, as variáveis contínuas foram discretizadas em bins definidos a partir das distribuições empíricas. Seis variáveis consideradas biologicamente informativas para estimar os estados comportamentais foram utilizadas:

1. Deslocamento (km; distância ao ponto inicial): (0, 100], (100, 250], (250, 500], (500, 750], (750, 1000], (1000, 2000], (2000, 3000], (3000, máx].
2. Distância à costa (km): (0, 1], (1, 5], (5, 25], (25, 50], (50, 100], (100, 500], (500, 1000], (1000, máx].
3. Comprimento de passo (*step length*, km): (0, 5], (5, 10], (10, 15], (15, 20], (20, 30], (30, 40], (40, máx].
4. Profundidade máxima (m): (0, 10], (10, 25], (25, 50], (50, 100], (100, 300], (300, máx].
5. Ângulo de mudança de direção foi calculado em radianos como a mudança angular na direção entre posições consecutivas e discretizados em oito classes de largura igual em $[-\pi, \pi]$. Para visualização, as classes são

mostradas em graus (-180° a 180°): (-180° , -135°], (-135° , -90°], (-90° , -45°], (-45° , 0°], (0° , 45°], (45° , 90°], (90° , 135°], (135° , 180°]. O cálculo desta variável informativa permite inferir que mudanças frequentes, ou inesperadas no ângulo de direção, podem indicar tentativas de evitar predadores, interações com embarcações ou redes de pesca, busca por alimento, ou desorientação por poluição luminosa ou ruído submarino.

Além disso, incluímos a variável categórica:

1. “Internidal” (1 = sim; 2 = não). Essa categorização do internidal, realizada através de minuciosa análise incluindo dados de diferentes sensores do transmissor (ver sessão “Internidal” dos métodos) ajuda a informar o modelo do padrão exibido pelas tartarugas durante esse período.

Após a discretização (Figura Suplementar 1), a etapa de segmentação do M4 identificou *breakpoints* por trajetória (RJMCMC; 100.000 iterações, burn-in de 50.000), e usamos o conjunto de *breakpoints* de máximo a posteriori após o burn-in. A inferência de estados latentes foi então conduzida com LDA (10.000 iterações; burn-in de 5.000), permitindo até nove agrupamentos potenciais. Os agrupamentos gerados pelo modelo apresentam, para cada variável utilizada (por exemplo, oito classes de deslocamento, oito classes de distância à costa, sete classes de comprimento de passo, seis classes de profundidade máxima, oito classes de ângulos e duas classes de internidal), uma distribuição de proporções. A análise dessas proporções possibilitou a interpretação biológica dos agrupamentos — por exemplo, quando foi observada maior proporção de comprimentos de passo elevados e ângulos próximos de 0, o comportamento foi interpretado como movimento rápido e direcionado, associado à migração. Após essa interpretação, as categorias semelhantes foram agrupadas, resultando nos estados comportamentais finais. Como o modelo de associação mista atribui a cada segmento uma proporção de probabilidade para diferentes estados, os resultados são expressos nessas proporções. Entretanto, para fins descritivos, foi considerado como estado de cada segmento aquele com a maior proporção (estado dominante).

Após a determinação dos estados comportamentais, o número de desovas por indivíduo foi estimado como a diferença, em dias, entre a primeira desova registrada na praia e o final do período internidal, dividida pela mediana do intervalo

internidal (10 dias; Colman et al., 2019) e acrescida de 1 para incluir a primeira desova (Johnson & Ehrhart, 1996; Santos et al., 2021).

Os dados foram visualizados em gráficos facetados com linhas de deslocamento ao longo do tempo, destacando diferentes estações do ano através de faixas coloridas, utilizando o pacote *ggplot2* no R. As estações do ano foram definidas como outono (21 de março a 21 de junho), inverno (22 de junho a 23 de setembro), primavera (24 de setembro a 21 de dezembro) e verão (22 de dezembro a 20 de março).

V.8 ANÁLISES ESPACIAIS

Para cada tipo de comportamento, as áreas de utilização foram estimadas com métodos apropriados à natureza dos dados, utilizando o programa R versão 4.3.3 (R Core Team, 2024). Para o internidal, que apresenta movimentos mais restritos, foi utilizado delineamento com kernel autocorrelacionado (AKDE) (Silva et al., 2022). Para os demais comportamentos, como migração e alimentação, caracterizados por movimentos mais amplos, utilizou-se o Modelo de Movimento Browniano Dinâmico (dBBMM) (Horne et al., 2007). A escolha por métodos distintos deve-se às propriedades dos dados: enquanto o AKDE assume movimentos mais restritos e estacionários, adequados ao internidal, o dBBMM é mais robusto para trajetórias longas e não estacionárias, pois incorpora explicitamente a variância do movimento ao longo do tempo (Horne et al., 2007). Essa abordagem permite detectar mudanças locais na direção e velocidade, delimitando corredores migratórios e áreas de uso mais difusas, que dificilmente seriam representadas de forma realista pelo AKDE. Adicionalmente, para uma visão geral, foi criado um grid de células de 10 km contando o número de tartarugas individuais em cada célula.

Os AKDEs do internidal foram ajustados utilizando o pacote *ctmm* (Calabrese et al., 2016) usando os dados regularizados pelo SSM em seis horas. Para cada indivíduo foram calculados os contornos de 50% e 95%, representando, respectivamente, as áreas centrais e de uso total. Além das estimativas individuais, também foi gerada uma distribuição de utilização “geral”, construída a partir da união espacial dos contornos individuais em cada nível de probabilidade, englobando a área coletiva de ocorrência dos animais. Todas as análises foram

realizadas considerando a presença da costa como barreira ao movimento, assegurando que as estimativas não extrapolassem a área terrestre, usando o sistema UTM apropriado (24S), com uma resolução de 50 m, compatível com a alta resolução dos modelos resultantes do SSM (derivados de FastGPS e considerando ainda que as métricas de erro do Argos) (Kale et al., 2025). As áreas foram expressas em km².

Embora as transições entre comportamentos tenham sido previamente delineadas, para as dBBMMs utilizou-se todo o dataset, pois a inclusão de movimentos contextuais imediatamente antes e depois da migração e forrageamento aprimora o desempenho dos dBBMMs na identificação da extensão do uso espacial (Horne et al., 2007). Os dBBMMs foram parametrizados com uma janela móvel de 29 localizações e uma margem de 9 localizações, com resolução de 2 km para detectar mudanças na variância do movimento, usando o pacote *move* (Downs et al., 2011; Kranstauber et al., 2012). A partir de cada dBBMM ajustado foi gerada uma camada raster (GeoTIFF) para cada indivíduo.

V.9 MERGULHOS

Distintos perfis de mergulho refletem variações nos comportamentos ecológicos e fisiológicos dos animais e sua análise contribui para a compreensão do uso vertical do habitat e das estratégias adaptativas das espécies de tartarugas marinhas em diferentes contextos ambientais. Mergulhos em "V" são caracterizados por descidas e ascensões rápidas, com mínima permanência em profundidade, sendo comumente associados a deslocamentos ativos ou comportamento transitório. Mergulhos em "U" exibem uma fase intermediária de duração moderada em profundidade constante, frequentemente relacionada à forrageio ou exploração bentônica. Perfis de mergulho "quadrados" indicam períodos prolongados em profundidade relativamente estável, compatíveis com estados de inatividade ou repouso, possivelmente voltados à conservação de energia.

V.9.1 Arquivos *Behavior*

Os dados de mergulho e superfície foram obtidos a partir do arquivo *Behavior.csv*, que contém dados de mergulhos individuais (com profundidade ≥ 2

m e duração ≥ 1 min). Para cada mergulho foi utilizada a profundidade máxima (DepthMax) e a duração máxima convertida em minutos, além do formato do mergulho (U, V ou Square). Para cada intervalo de superfície utilizou-se a duração máxima, também em minutos. Os dados resultantes do SSM com as classificações comportamentais foram (em intervalos de seis horas, ancorada às 21:00 hs) foram utilizadas como base para classificar os eventos de mergulho ao comportamento mais próximo. Para visualização do tempo de superfície foi filtrado o percentil 99,9 (truncagem) para evitar distorções causadas por intervalos muito longos, que representaram menos de 0,2% dos registros. As estatísticas descritivas (tamanho amostral, valores mínimo e máximo, percentis 5, 50, 95 e 99, média e desvio-padrão) foram calculadas por comportamento para profundidade, duração de mergulho e tempo de superfície (tanto em sua forma bruta quanto truncada a p99,9). Todas as análises foram realizadas em R Versão 4.3.3 (R Core Team, 2024), empregando os pacotes *readr*, *dplyr*, *lubridate*, *ggplot2*, *cowplot*, *tidyr* e *purrr*.

V.9.2 Arquivos *Histos*

Foram extraídos quatro conjuntos de dados de mergulho obtidos a partir dos arquivos *Histos.csv*, configurados para reportar histogramas de profundidade (*DiveDepth*; número de mergulhos por classe de profundidade), duração (*DiveDuration*; número de mergulhos por classe de duração), além das proporções de tempo na temperatura (*Time-at-temperature* [TAT]) e profundidade (*Time-at-depth* [TAD]); todos divididos em 14 classes (**Tabela 2**) reportando os valores por intervalo de tempo (em intervalos de seis horas; 3h, 9h, 15h e 21h). A regularização espacial e temporal das trajetórias em intervalos de seis horas, derivada do SSM (ver seção anterior), foi utilizada para associar cada histograma a um estado comportamental latente (Internidal, Migração ou Alimentação). Para evitar que padrões de dia/noite fossem mascarados pela agregação em janelas de 6 h, os histogramas foram reagrupados em dias completos (24 h), sendo retidos apenas aqueles em que o comportamento permaneceu constante durante todo o período. Assim, foi possível calcular dois conjuntos de métricas: (i) o número absoluto de mergulhos por dia em cada classe de profundidade e duração; e (ii) a proporção diária de tempo em cada classe de TAT e TAD (**Tabela 2**). Adicionalmente, foi calculado um índice diário de atividade de mergulho (total de mergulhos por dia,

considerando apenas dias completos e comportamentos constantes) como métrica de índice de atividade em cada estado comportamental. As distribuições por comportamento foram exploradas em gráficos de boxplot facetados, permitindo comparar padrões verticais e térmicos entre estados comportamentais. Todas as análises foram realizadas em R versão 4.3.3 (R Core Team, 2024), utilizando os pacotes *readr*, *dplyr*, *lubridate*, *ggplot2*, *cowplot* e *purrr*.

V.10 SOBREPOSIÇÃO COM A SÍSMICA

Devido ao desafio de representar o tempo em mapas estáticos, é apresentado nesse relatório duas perspectivas da “sobreposição” do uso espacial das tartarugas com as áreas de sísmica: (1) sobreposição (exclusivamente) espacial, quando a tartaruga passa pela área da sísmica sem coincidir com o momento em que a sísmica estava em atividade, e (2) sobreposição espaço-temporal, quando a tartaruga passa pela área da sísmica no momento de atividade. A primeira perspectiva oferece uma visão de potencial exposição, enquanto a segunda oferece uma visão de efetiva exposição à sísmica. Portanto, a visão geral de exposição potencial é apresentada primeiramente para em seguida apresentar a exposição efetiva; esta última filtrada dentro da exposição potencial.

Para a análise de sobreposição espaço-temporal, os dados das tartarugas foram recortados em quatro subconjuntos, correspondentes a cada atividade sísmica, considerando apenas os períodos relevantes (**Tabela 1**). Os intervalos de sobreposição espaço-temporal foram definidos pela interseção entre (i) a trajetória regularizada (intervalos de 6 h) de cada indivíduo e (ii) o período ativo informado para cada atividade sísmica. Para capturar possíveis alterações comportamentais antes e depois das exposições a sísmica, foi definida uma janela temporal contínua de 15 dias antes da operação até 15 dias após a operação. Utilizando os dados do SSM regularizados em seis horas e classificados por comportamento, analisamos os movimentos horizontais (em km) e verticais, como profundidade máxima dos mergulhos (m) e durações em minutos de mergulho e intervalos de superfície.

Para reduzir a autocorrelação pontual e facilitar a interpretação, calculou-se médias diárias e desvios-padrão de cada métrica dentro de cada uma das fases

(antes, durante e depois da exposição efetiva à sísmica). Foram mantidas também as observações de 6 h e os mergulhos individuais para visualização e análise exploratória. Para cada fase e variável foram calculados: tamanho amostral (n), média, mediana, desvio-padrão, quartis (P25 e P75), percentil 95, mínimo e máximo. Como as distribuições não se mostraram normais, foi utilizado o teste de Kruskal–Wallis para comparar as fases quando havia amostra suficiente ($n \geq 3$ por fase). Quando aplicável, foram realizados testes de Wilcoxon pareados entre fases (p -valores ajustados por Holm). A interpretação priorizou o contraste entre os períodos “Durante” e os períodos adjacentes (Pré/Entre/Pós), complementada pela inspeção visual das séries temporais. Todas as análises foram conduzidas em R Versão 4.3.3 (R Core Team, 2024) com os pacotes *tidyverse* e *lubridate* e visualizações em *ggplot2*.

Para calcular a distância entre a tartaruga e a embarcação sísmica em um contexto de sobreposição espaço-temporal, foi realizado um SSM com os dados da tartaruga regularizados em intervalos de uma hora (p. ex.: 21 de janeiro 15 horas, 21 de janeiro 16 horas, e assim por diante) e calculamos a distância entre cada ponto subsequente da tartaruga (comprimento do passo) em quilômetros. Em seguida, foram filtrados os dados do navio com uma posição por hora, correspondendo ao mesmo horário do SSM da tartaruga, usando somente os registros “Source_Status = ON”, garantindo que o canhão estava em funcionamento e, então, foi calculada a distância (km) entre a tartaruga e o navio em cada posição e em cada hora coincidente. Ambos os conjuntos (navio e tartaruga) foram projetados para UTM na zona adequada à área de estudo.

Os mapas foram elaborados no ArcGIS Pro v2.9.5 (Esri) utilizando como base a camada de batimetria global fornecida pelo General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO Compilation Group, 2025), disponível em formato GeoTIFF.

V.11 PLATAFORMA DIGITAL ONLINE

No âmbito deste projeto foi prevista e implementada uma plataforma digital online para acompanhar, em tempo quase real, o deslocamento das fêmeas de *Dermochelys coriacea* monitoradas por satélite. Entre as tecnologias utilizadas, destacam-se:

Linguagem de programação Python, usada para consumir dados via API diretamente dos servidores da Wildlife Computers. Possui ecossistema robusto, facilitando limpeza, padronização e enriquecimento das séries temporais de telemetria;

Linguagem de programação PHP, utilizando o Framework Symfony, com módulos de roteamento, segurança, injeção de dependência e ORM (Doctrine) como interface do banco de dados. Foi utilizado para construir o *backend* da aplicação, autenticação/autorização, painel administrativo e a API RESTful exposta para integrações;

Banco relacional transacional PostgreSQL, com propriedades que garantem a integridade e confiabilidade das transações para dados estruturados, cadastros de usuários, auditoria e relatórios;

Banco de documentos MongoDB, orientado a JSON, utilizado para o armazenamento dos dados de telemetria de rastreamento, facilitando o armazenamento de séries temporais e consultas rápidas por período/indivíduo.

A plataforma digital é pública e acessada através de sítio eletrônico (<https://tamartelemetria.appix.com.br/>). Neste sítio é possível a extração de relatórios em formato de planilhas eletrônicas, indicando os dados de posição, mergulho, distâncias percorridas, temperatura da água e demais parâmetros monitorados. O acesso a esta plataforma ocorre de forma livre ou através do cadastro de usuários com *login* e senha. O acesso público permite ao usuário observar o deslocamento feito por cada fêmea monitorada e realizar medições de trajetos. Já os usuários cadastrados conseguem ainda acessar informações de esforço diário de monitoramento de praia, dados de captura e marcação, emitir relatórios e exportar dados de temperatura, profundidade, duração de mergulho, comportamento e posicionamento dos animais monitorados. Esta plataforma pública será mantida até a interrupção do sinal de transmissão do último transmissor satelital a ser instalado em 2027.

VI RESULTADOS

Nesta temporada reprodutiva das tartarugas marinhas, iniciada em 01 de setembro de 2024 e finalizada em 31 de março de 2025, 115 ninhos de *Dermochelys coriacea* foram identificados nas praias monitoradas pela Fundação Projeto Tamar no litoral norte capixaba, em uma extensão aproximada de 160 km. Em outros 65 registros reprodutivos foram observados os rastros de subida da fêmea à praia e descida ao mar, entretanto, não foi possível localizar os ovos, sendo estes classificados como registros “Não Determinados” (ND). Considerando que 66% das ocorrências não determinadas (ND) desta espécie provavelmente são desovas (N = 42; Colman et al., 2019), foi estimado um total de 157 ninhos depositados em toda a extensão da área monitorada. Durante este período, foram flagradas 16 fêmeas de *D. coriacea* na área total. Estas fêmeas possuíam comprimento curvilíneo de carapaça (CCC) entre 1,32 m e 1,73 m, com média de 1,57 m e desvio padrão de 0,09 m.

Considerando a área de monitoramento e durante o período monitorado por este projeto de telemetria desde o início, no dia 01 de setembro de 2024, até a instalação do último transmissor satelital, 29 de novembro de 2024, houve 91 ocorrências reprodutiva de *D. coriacea*. Este número considera tanto ninhos quanto saídas da água que não resultaram em deposição de ovos. Destes, as equipes de monitoramento flagraram os animais na praia em 37 oportunidades, representando 40,7% do total das ocorrências reprodutivas. Nestes flagrantes, a equipe se deparou com 15 das 16 fêmeas observadas em toda a temporada reprodutiva.

VI.1 NÚMERO DE FÊMEAS MARCADAS

Durante esta primeira campanha, foram instalados transmissores satelitais em sete fêmeas de *D. coriacea*, que representaram 43,8% das fêmeas flagradas em toda a área monitorada pela FPT. As fêmeas que receberam os transmissores nesta primeira campanha foram nomeadas em homenagem a personagens de lendas do folclore brasileiro e capixaba, como: Jaci, Iara, Caipora, Mãe-de-ouro, Jaraguá, Vitória Régia, Boi “Tartá”, em homenagem e alusão ao Boi-Tatá (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Listagem das fêmeas de *D. coriacea* que receberam transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital.

Nome da Tartaruga	Transmissor Instalado
Jaci	281238
Iara	281237
Boi “Tartá”	281241
Caipora	281242
Mãe-de-Ouro	281243
Jaraguá	281239
Vitória Régia	281244

O monitoramento noturno iniciou no dia 01 de setembro e finalizou no dia 29 de novembro, dia da instalação do sétimo e último transmissor satelital, resultando em 90 noites de monitoramento de praia, tendo sido percorridos, aproximadamente, 21.600 km no total. Todos os transmissores foram instalados no mês de novembro, entre os dias 5 e 29, no trecho sul, entre a foz do rio Doce (Linhares, ES) e a REBIO de Comboios (Aracruz, ES) (**Figura 22**).

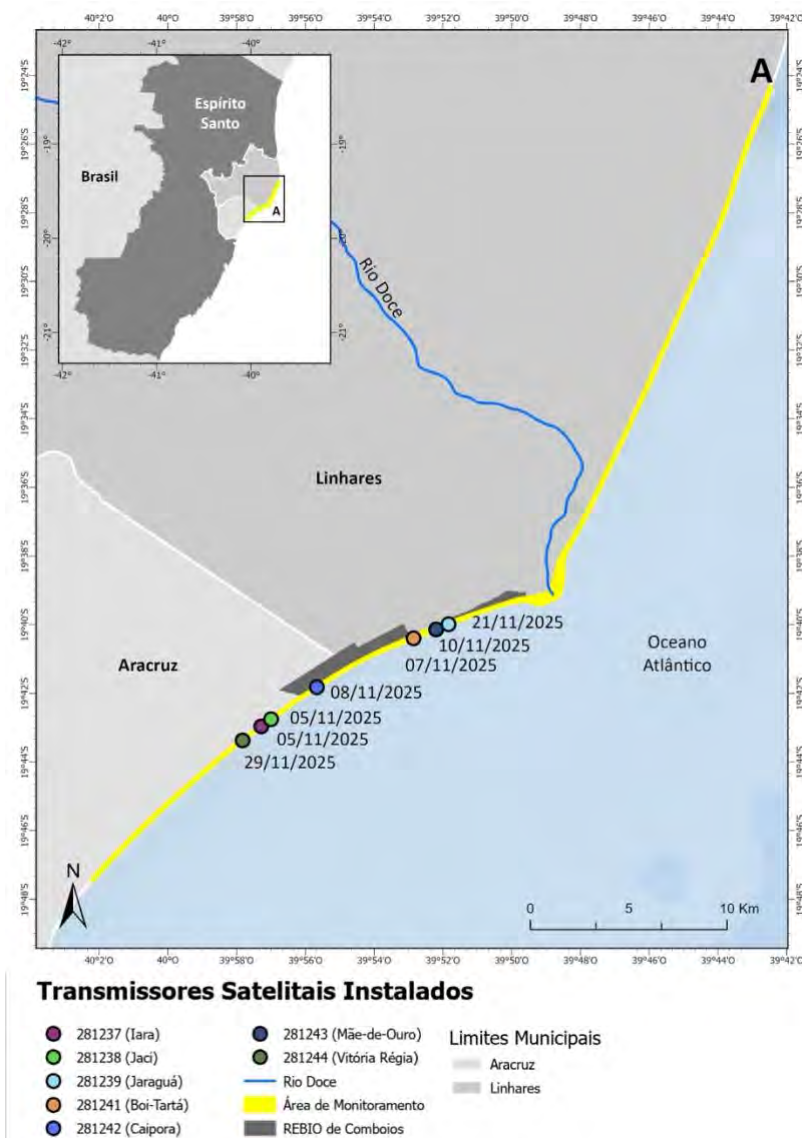


Figura 22 – Localização e data de instalação dos transmissores satelitais em fêmeas de *D. coriacea*.
Fonte: Fundação Projeto Tamar.

No momento da instalação, seis fêmeas já possuíam marcação por anilhas metálicas (Jaci, Iara, Boi “Tartá”, Caipora, Mãe-de-Ouro e Jaraguá), enquanto Vitória Régia recebeu sua primeira marcação durante o momento de desova em que também foi instalado o transmissor (**Tabela 4**). Em relação a marcação com PIT Tags, quatro fêmeas receberam o microchip durante o processo de desova, quando os transmissores satelitais também foram instalados (Jaci, Boi “Tartá”, Jaraguá e Vitória Régia), e três animais já os possuíam (Iara, Caipora e Mãe-de-Ouro).

Durante a instalação do transmissor satelital na tartaruga batizada de “lara”, através da leitura de seu PIT Tag, observou-se que esta fêmea era uma remigrante da temporada 2021/2022 e havia sido monitorada durante a execução do Projeto de Monitoramento de Quelônios por Telemetria Satelital (PMQTS), previsto no Termo de Referência Arts. 12 a 24 IN SGD/ME Nº 1/2019 (SEI/ICMBio 7384636), pela Spectrum Geo do Brasil Serviços Geofísicos Ltda.

Tabela 4 – Listagem das fêmeas de *D. coriacea* que receberam a instalação de transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital. Legenda: Col. = Colocada; Enc. = Encontrada; CCC = Comprimento Curvilíneo de Carapaça, em metros.

Data de Instalação	Nome	Trans.	Marcas		PIT Tag		CCC	Observação Remigração
			Col.	Enc.	Col.	Enc.		
5/11/24	Jaci	281238	-	BRA41604 BRA41603	000804F6CC	-	1,61	-
5/11/24	lara	281237	-	BRA28758 BRA28757	-	0007CA7531 0007CA7515	1,32	Temporada Reprodutiva 2021/2022
7/11/24	Boi “Tartá”	281241	-	BRA41702 BRA41701	000804FBE7	-	1,73	-
8/11/24	Caipora	281242	-	BRA41606 BRA41605	-	0007CA8BBC 0007CA87BB	1,66	Temporadas Reprodutivas 2020/2021 e 2022/2023
10/11/24	Mãe-de-Ouro	281243	-	BRA28773 BRA28772	-	0007AC09D3 0007ABF565	1,48	Temporada Reprodutiva 2019/2020
21/11/2024	Jaraguá	281239	-	BRA41616 BRA41615	000804F764	-	1,52	-
29/11/2024	Vitória Régia	281244	BRA41935 BRA41934	-	000807E0F3	-	1,62	-

Nas noites subsequentes à instalação dos transmissores satelitais, a equipe do monitoramento noturno reencontrou quatro destas fêmeas (lara, Jaci, Jaraguá e Mãe-de-Ouro) em cinco registros reprodutivos observados no trecho sul (**Tabela 5**). No encontro ocorrido no dia 10 de dezembro de 2024, a equipe notou que a fêmea “Jaraguá” havia perdido o transmissor, fato este constatado pelas anilhas de marcação.

Tabela 5 – Listagem das fêmeas de *D. coriacea* flagradas após instalação de transmissores satelitais durante a primeira campanha do Projeto de Monitoramento de Médio Prazo de Tartaruga-de-Couro por Telemetria Satelital.

Data do flagrante após instalação do transmissor	Nome	Transmissor	
		Encontrado	Perdido

24/11/2024

lara

281237

-

Continua...

Continuação Tabela 5

02/12/2024	Jaci	281238	-
02/12/2024	Jaci	281238	-
10/12/2024	Jaraguá	-	281239
13/12/2024	Mãe-de-Ouro	281243	-

VI.2 INFORMAÇÕES SATELITAIS

Entre as sete *D. coriacea* rastreadas, cinco pararam a transmissão durante o período deste relatório e duas continuaram a transmitir, com tempo médio de transmissão de 158 dias (Tabela 6). Como a tartaruga 281241 apresentou um gap de transmissão de nove dias (transmitiu normalmente até 13 de dezembro de 2024), finalizando o rastreamento com uma sequência de seis *haulouts* na água correspondendo a oito horas na superfície, para estimativa de comportamentos consideramos os dados até 13 de dezembro de 2024 e o posterior reaparecimento foi relacionado com evento de possível mortalidade (Figura Suplementar 16).

Tabela 6 – Sumário dos dados de rastreamento via satélite de *D. coriacea* utilizados para análise comportamental após a filtragem dos dados. * transmissores ainda ativos. ** tartaruga apresentou sinais em 22/12/2024 com seguidos *haulouts* nove dias depois (possível mortalidade).

Temporada	Tartaruga	Início	Fim	Argos	FastGPS	Duração (dias)
24/25	281237	05/11/2024	14/06/2025	2121	5220	221
24/25	281238	05/11/2024	26/03/2025	2047	4173	141
24/25	281239	22/11/2024	10/12/2024	186	361	18
24/25	281241**	08/11/2024	13/12/2024	260	737	35
24/25	281242	09/11/2024	15/06/2025	1518	5162	218
24/25	281243*	10/11/2024	14/07/2025	3627	5584	246
24/25	281244*	29/11/2024	14/07/2025	2577	6387	227
Total	7			12345	27632	1106
Média				1762	3946	158

O modelo de segmentação identificou de 1 a 18 pontos de quebra ao longo dos sete trajetos (Figura Suplementar 3). O modelo de agrupamento estimou oito clusters, que explicaram 98% da variação nas proporções por segmento (Figura Suplementar 4 e Figura Suplementar 5). Esses agrupamentos foram reorganizados em três estados comportamentais: (1) Internidal, (2) Migração e (3)

Alimentação (**Figura 23** e **Figura 24**). Duas tartarugas (281243 e 281244) encerraram a transmissão ainda durante o internidal, iniciados geralmente no final da primavera e se estendendo até o verão (**Figura 24**).

VI.3 INTERNIDAL

Durante o comportamento internidal, as tartarugas apresentaram deslocamentos médios de $40,0 \pm 33,5$ km (0–189,6 km) e distância à costa de $18,9 \pm 21,7$ km (0–125,7 km). Os comprimentos de passo foram curtos ($9,9 \pm 5,3$ km; 0,2–32,6 km) e os ângulos de direção apresentaram ampla dispersão, sugerindo movimentos restritos e tortuosos (**Figura 23** e **Figura 24**).

O período internidal durou em média $53,9 \pm 18,4$ dias (19 a 77 dias) com uma média de $6,4 \pm 2,8$ ninhos por fêmea (2,9 a 8,7 ninhos por fêmea) e com uma fidelidade reprodutiva média de $31,5 \pm 1,2$ km (18,5 a 52,5 km) (**Tabela 7**). A área do AKDE geral com a união de todas as distribuições de utilização foi estimada em 9.986 km^2 (50%) e 37.093 km^2 (95%), enquanto a média individual foi de 4.540 km^2 (50%) e 18.628 km^2 (95%) (**Tabela Suplementar 2**).

Tabela 7 – Resumo das estimativas realizadas para o período internidal para indivíduos de *D. coriacea*, incluindo duração (contabilizando primeira observação na praia até estimativa satelital do fim do internidal), número de ninhos por fêmea e fidelidade aos locais de desova (em km).

Tartaruga	Início	Fim internidal	Internidal (dias)	Ninhos por fêmea	Fidelidade (km)
281237	02/10/2024	18/12/2024	77	8,7	40
281238	18/10/2024	11/12/2024	54	6,4	18,5
281239	21/11/2024	10/12/2024	19	2,9	23
281241	19/10/2024	13/12/2024	55	6,5	35
281242	20/10/2024	15/12/2024	56	6,6	20,5
281243	06/10/2024	14/12/2024	69	7,9	52,5
281244	29/11/2024	15/01/2025	47	5,7	30,8
Média			53,9	6,4	31,5

VI.4 MIGRAÇÃO

No estado migratório, os deslocamentos médios atingiram $1.232,3 \pm 724,2$ km (5,5–2.996,5 km), a distância à costa foi elevada ($542,7 \pm 587,4$ km; 0,3–1.863,4 km) e os comprimentos de passo foram maiores ($16,5 \pm 6,6$ km; 0,8–39,0 km). Os

ângulos de direção concentraram-se próximos a 0° , refletindo deslocamentos lineares e direcionados (**Figura 23** e **Figura 24**).

VI.5 ALIMENTAÇÃO

No comportamento de alimentação, o deslocamento médio foi de $2.265,5 \pm 1.170,1$ km (3,3–3.945,1 km), com grande variabilidade na distância à costa ($533,8 \pm 941,9$ km; 0–2.555 km). O comprimento do passo foi relativamente curto ($9,9 \pm 6,3$ km; 0,1–43,8 km), mas os ângulos exibiram distribuição difusa em toda a faixa angular, evidenciando movimentos tortuosos e exploratórios compatíveis com áreas de forrageio, mas também elevada proporção entre -45° e 45° indicando movimentos direcionados (**Figura 23** e **Figura 24**).

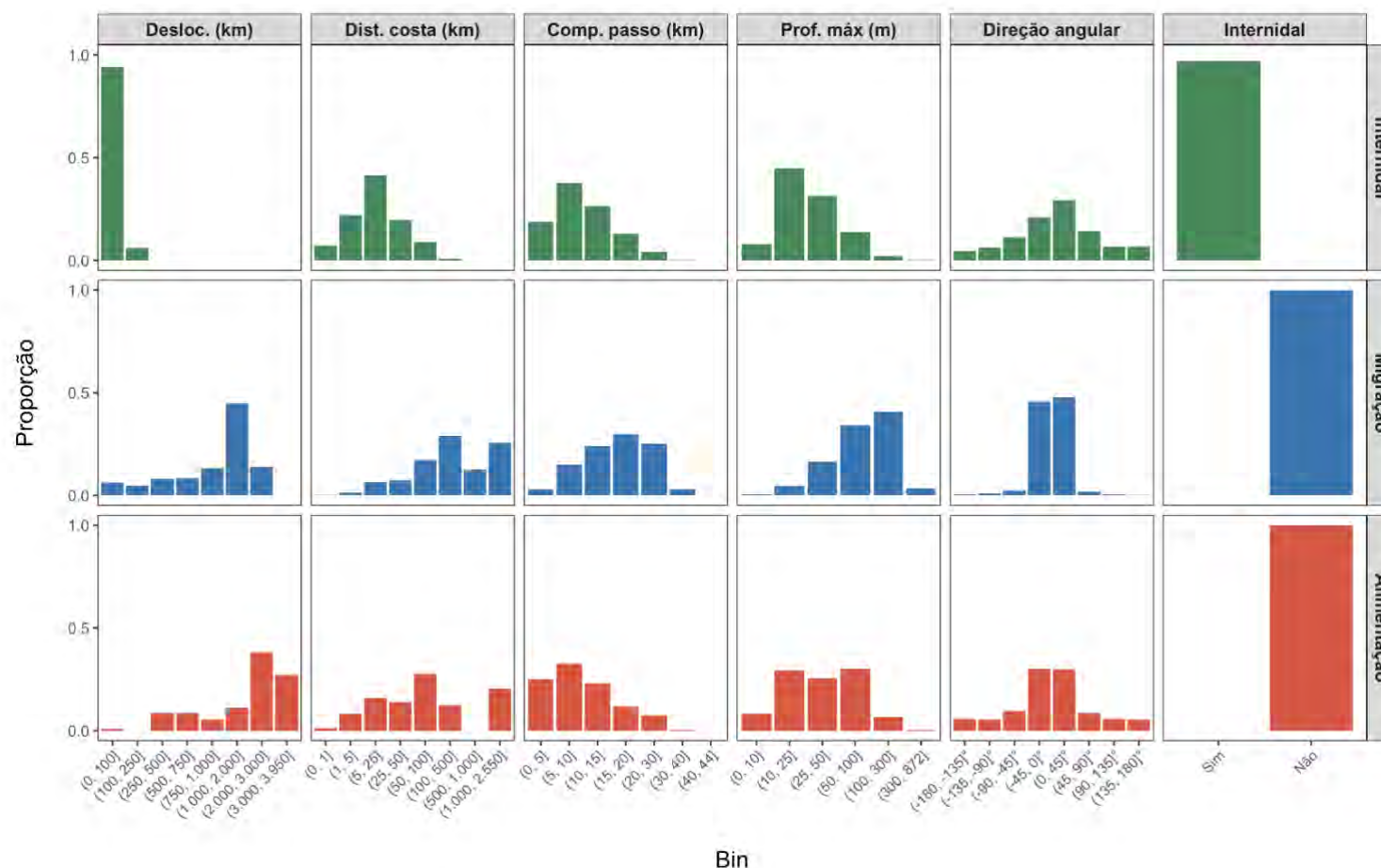


Figura 23 – Distribuições de proporções de deslocamento, distância da costa, comprimento do passo, profundidade máxima, direção angular e atividade reprodutiva para os três estados comportamentais estimados (Internidal, Migração e Alimentação). Os histogramas permitem comparar padrões característicos de cada estado, como os deslocamentos mínimos e proximidade da costa durante o internidal, o movimento linear e direcional durante a migração, e os deslocamentos intermediários e ângulos espalhados durante a alimentação.

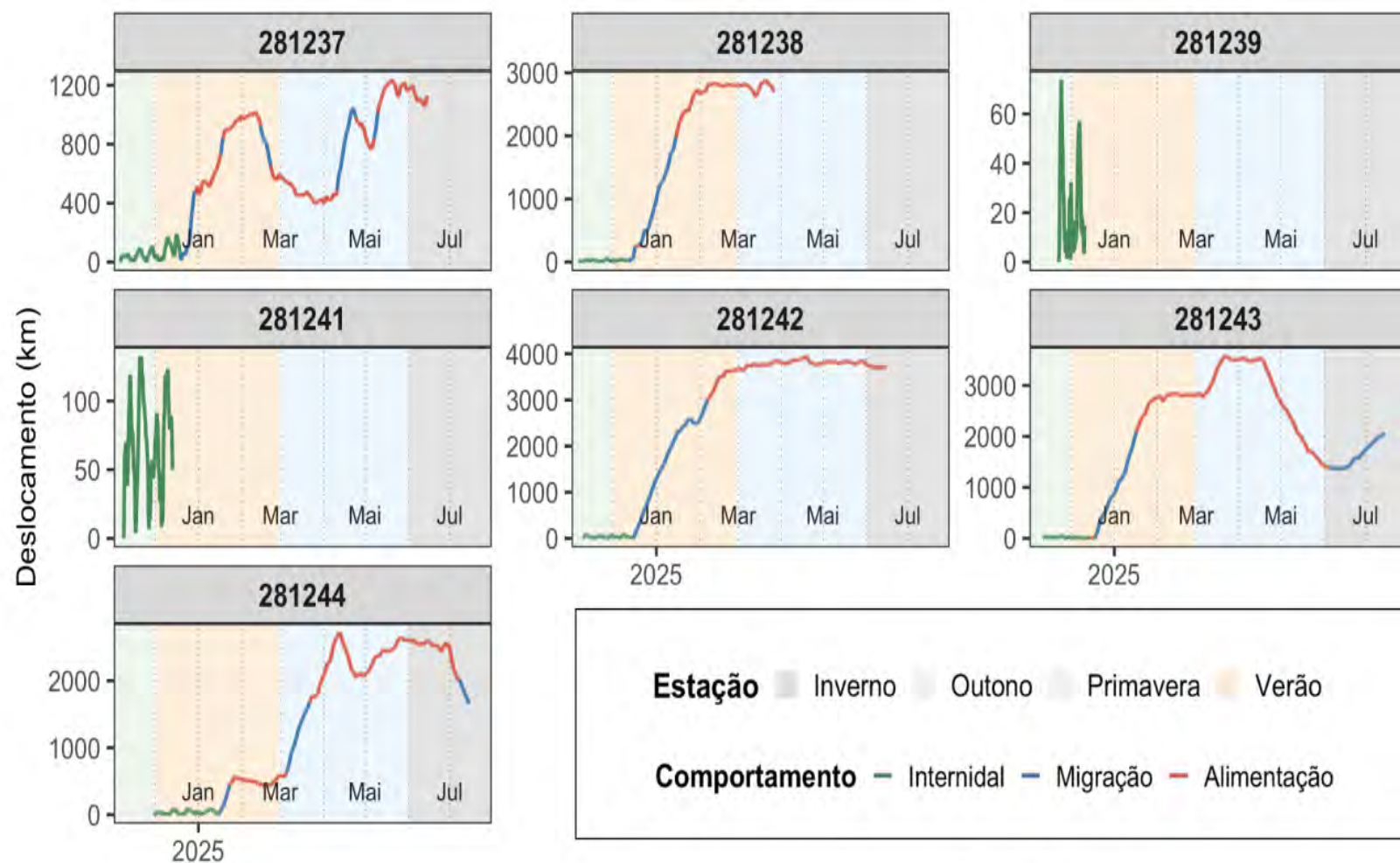


Figura 24 – Estados comportamentais latentes estimados para *D. coriacea* marcadas desovando no Espírito Santo, Brasil, na temporada reprodutiva 2024/2025 com o deslocamento em relação ao ponto inicial no tempo e as estações do ano destacadas em cores.

Entre as cinco tartarugas que tiveram rastreamento durante a migração e alimentação, foram evidenciadas duas estratégias distintas: uma rota oceânica, atravessando áreas profundas fora da plataforma, e outra ao longo da plataforma continental, com áreas de alimentação entre o Rio de Janeiro e Santa Catarina, e do Rio Grande do Sul se estendendo pelo Uruguai até a Argentina (**Figura 25 e Figura Suplementar 20**)

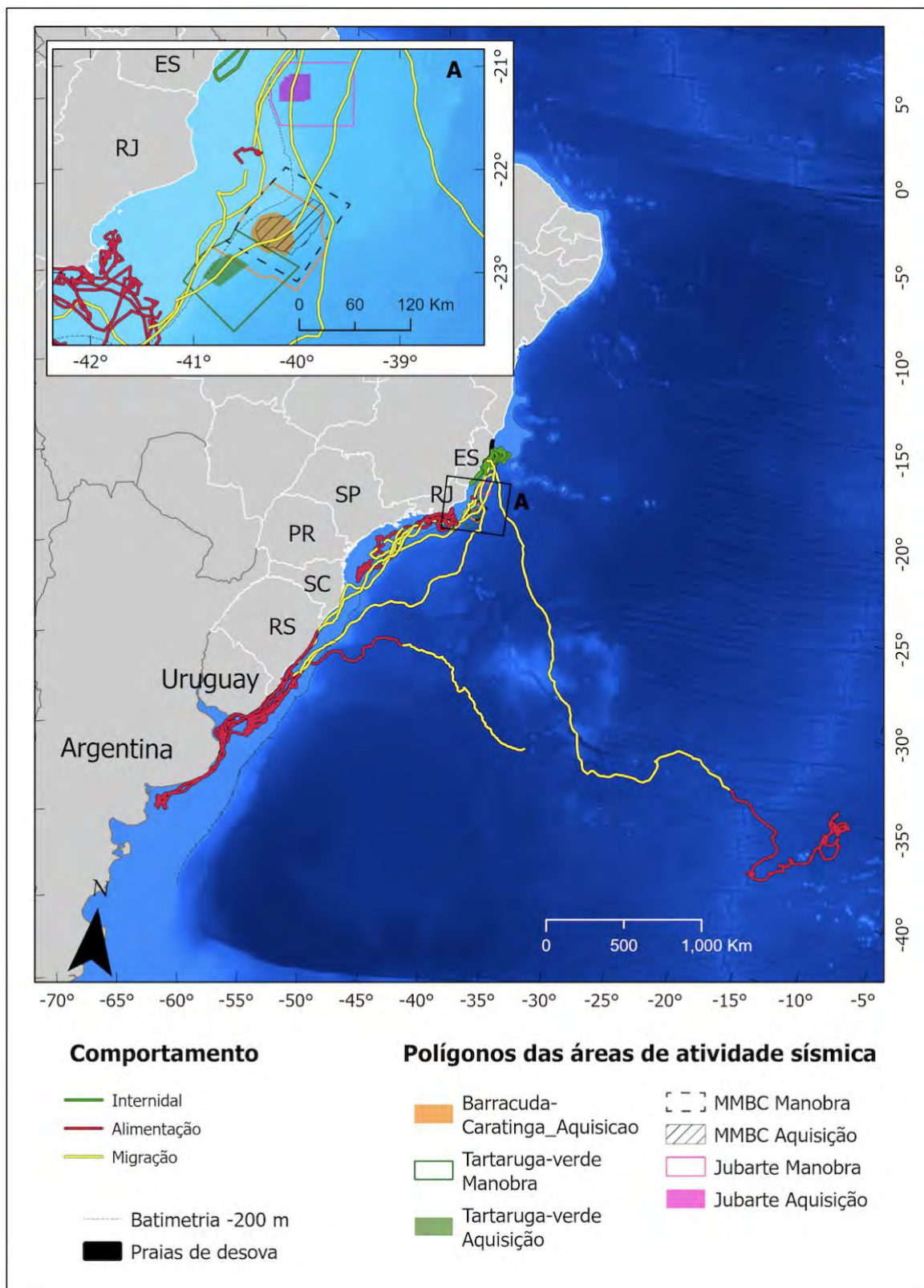


Figura 25 – Rotas de deslocamento das tartarugas monitoradas com identificação dos trechos e tipos de comportamentos. Identificação de áreas de sobreposição espacial à atividade sísmica das sete *D. coriacea* rastreadas entre 5 de novembro de 2024 e 14 de julho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica (A).

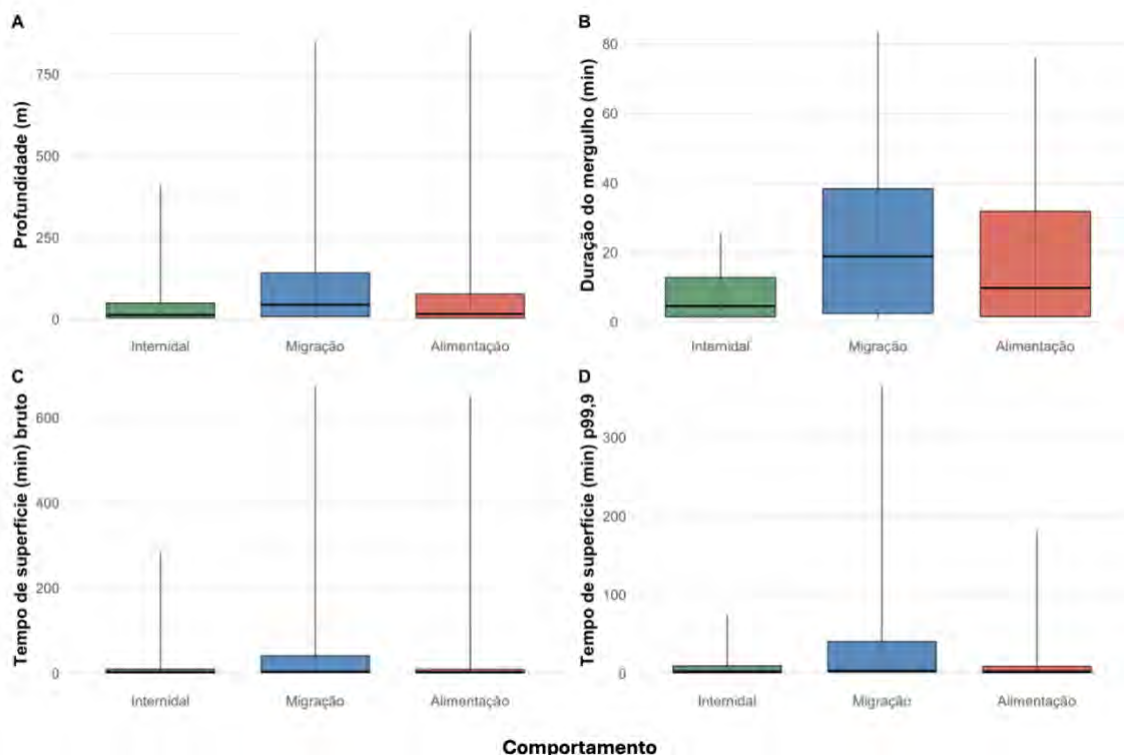


Figura 26 – Boxplots das métricas de mergulho por estado comportamental. (A) Profundidade (m); (B) Duração do mergulho (min); (C) Tempo de superfície bruto (min); (D) Tempo de superfície (min) p99,9. Cores indicam o comportamento: verde = internidal, azul = migração, vermelho = alimentação.

VI.6.2 Arquivos Histos

O índice diário de atividade (número de mergulhos por dia) variou entre estados comportamentais (**Figura 27**). O número de mergulhos por dia durante a migração foi consideravelmente menor que os outros comportamentos, com mediana de 25 mergulhos/dia. Durante o comportamento internidal, a mediana foi de 64 mergulhos/dia, enquanto durante a alimentação, a atividade foi intermediária, com mediana de 51 mergulhos/dia (**Figura 27**).

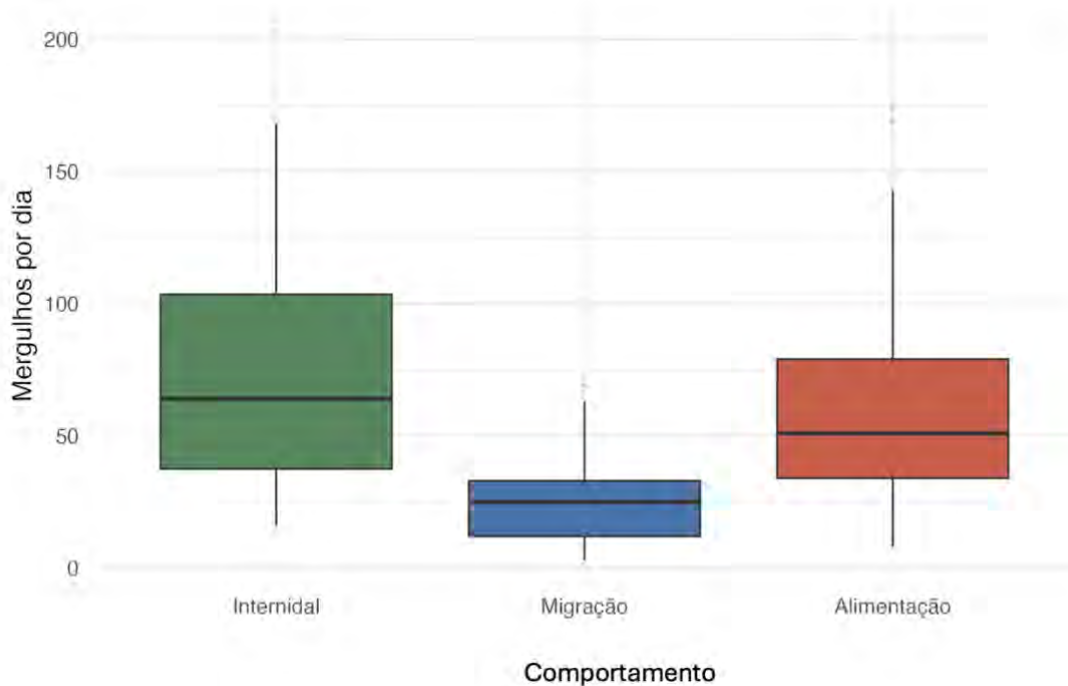


Figura 27 – Boxplot do número diário de mergulhos (24 h completas) por estado comportamental.

Mergulhos em U predominam no internidal (60,9%) e na migração (58,4%), enquanto na alimentação o formato quadrado predomina (59,7%) (**Figura 28**). O formato V é raro em todos os estados e só aumenta um pouco na migração (**Figura 28**).

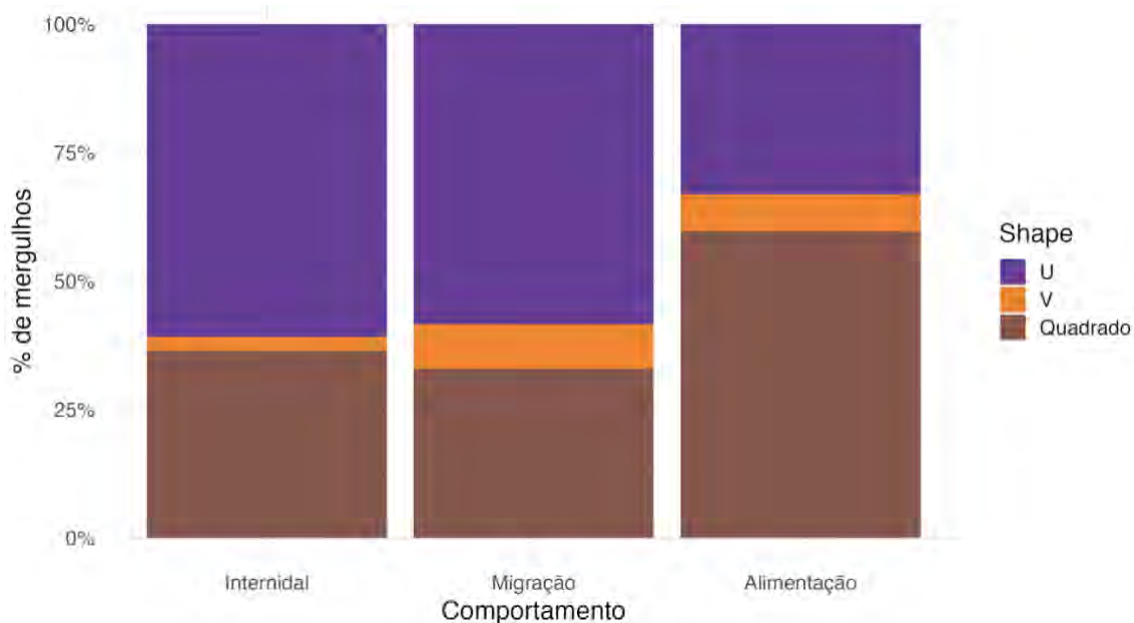


Figura 28 – Histograma do percentual de formato (Shape) de mergulhos (24 h completas) por estado comportamental.

Para a distribuição dos mergulhos por classe de duração, no internidal a classe de 4 min concentrou a maioria dos eventos (mediana 17 mergulhos/dia), decaindo gradativamente até ~20 min (**Figura 29**). Na migração, mergulhos mais longos (20–30 min) foram relativamente mais frequentes, embora em menor número absoluto (mediana < 5 mergulhos/dia). Durante a alimentação, o padrão foi semelhante ao internidal, mas manteve medianas consistentes de 4–5 mergulhos/dia até ~20 min (**Figura 29**).

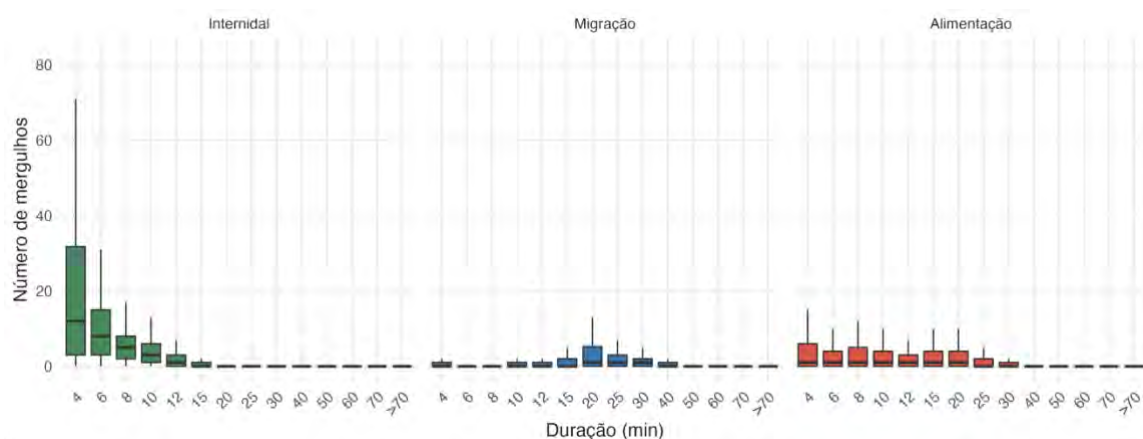


Figura 29 – Número diário de mergulhos por classe de duração em minutos em diferentes estados comportamentais.

Em relação à profundidade (**Figura 30**), os mergulhos rasos (≤ 15 m) representaram a maior parte das atividades no internidal e na alimentação. No internidal, a classe de 15 m foi a mais utilizada (mediana 18 mergulhos/dia; máximo 136), enquanto na alimentação a mesma classe atingiu valores ainda maiores (mediana 15 mergulhos/dia; máximo 166), mas também com mediana de 2,5 mergulhos/dia na classe dos 100 m. Durante a migração, entretanto, o padrão foi distinto, com uso mais uniforme das classes entre 15 e 100 m, incluindo medianas de 3 e 1,5 mergulhos/dia em classes de respectivamente 100 e 200 m.

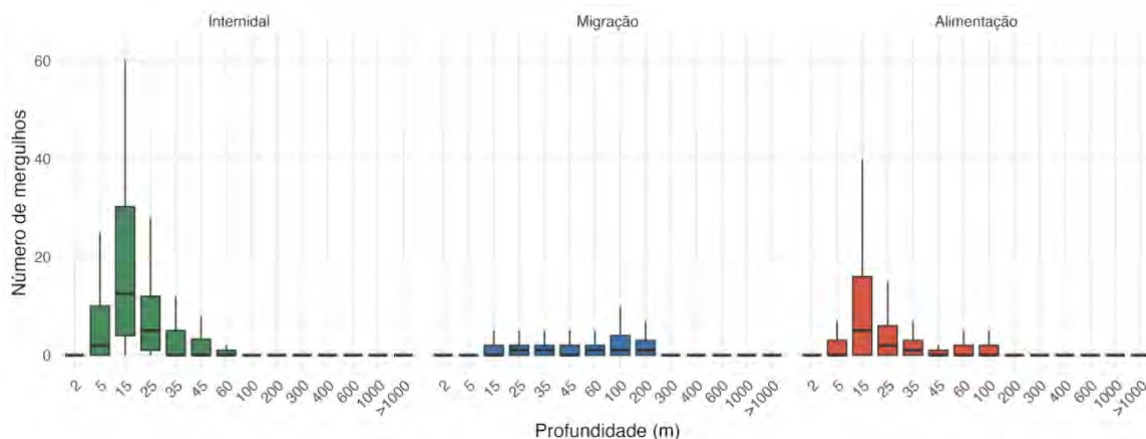


Figura 30 – Número diário de mergulhos por classe de profundidade em metros em diferentes estados comportamentais.

Para a temperatura (TAT; **Figura 31**), os indivíduos permaneceram predominantemente em águas com temperaturas entre 21 e 27 °C. No internidal houve menor variação, a classe de 27 °C concentrou a maior parte do tempo (mediana 54%). Durante a migração o uso foi mais distribuído entre as classes de 21–27 °C (medianas de 15–30%), mas incluindo mediana de 3% na classe de 18 °C. Na alimentação, observou-se concentração entre 21 e 24 °C, com medianas de 25 a 30%.

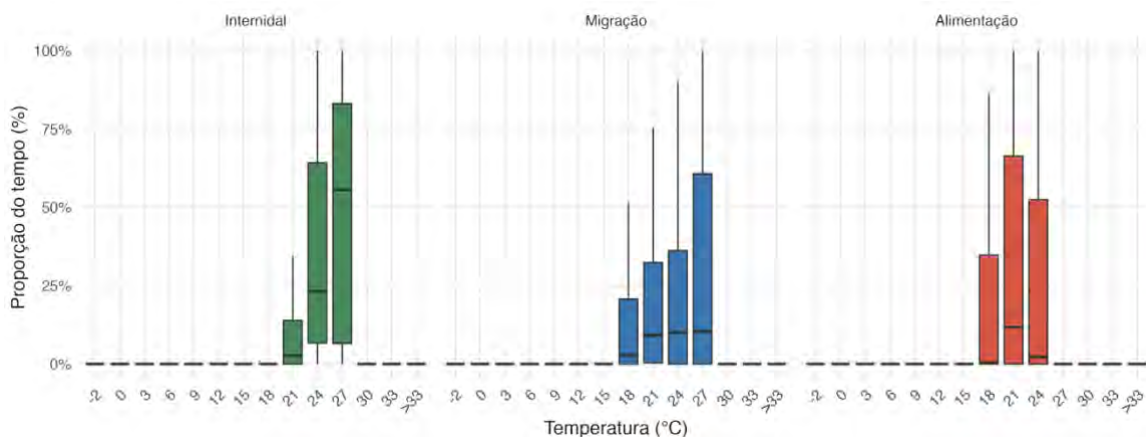


Figura 31 – Proporção diária de tempo em classes de temperatura em °C (TAT) por estado comportamental.

Quanto ao tempo em diferentes profundidades (TAD; **Figura 32**), no internidal, a maior parte do tempo foi despendida em profundidades rasas, especialmente na classe de 2 m (mediana de 39%). Na migração, a maior mediana também foi na classe mais rasa (mediana de 31% na classe de 2 m), mas com uma distribuição

do tempo mais ampla até os 200 m. Na alimentação, em contraste, a maior mediana foi na classe de 15 m (11%), com o uso dominado pelas classes de 15–35 m (medianas de 10–20%).

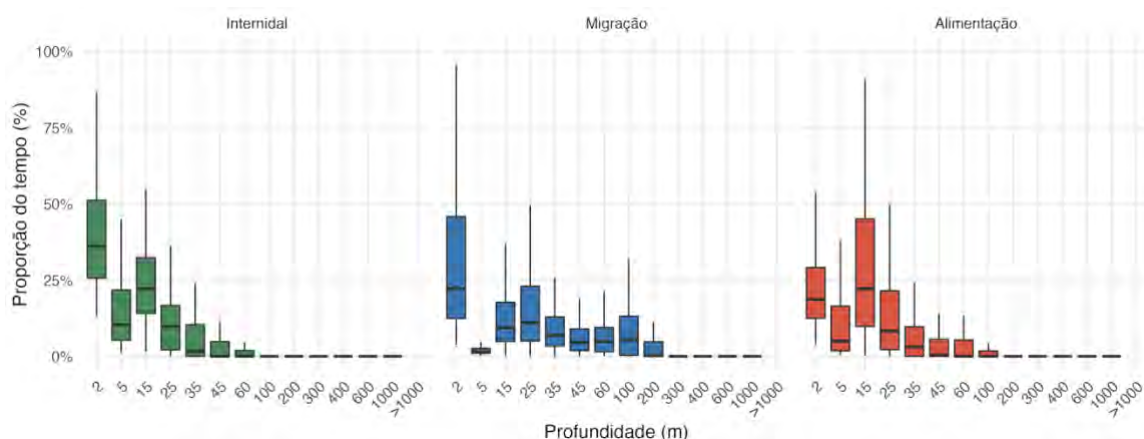


Figura 32 – Proporção diária de tempo em classes de profundidade em metros (TAD) por estado comportamental.

VI.7 SOBREPOSIÇÃO COM A SÍSMICA

A união dos AKDEs individuais (50% e 95%) do internidal indicou que não houve sobreposição com as áreas de operação sísmica (**Figura 33**).

A análise espacial das trajetórias individuais indicou que a sobreposição, tanto espacial como espaço-temporal com as áreas de sísmica se limitaram ao comportamento de migração (**Figura 25**, **Figura 34** e **Figura 35**). Três tartarugas passaram pela área da sísmica Jubarte (sendo uma na área de aquisição) (**Figura 25**, **Figura 34** e **Figura 35**). Uma tartaruga passou pela área da sísmica Barracuda-Caratinga incluindo as áreas de manobra e aquisição) (**Figura 25**, **Figura 34** e **Figura 35**). Duas tartarugas passaram pela área da sísmica MMBC (uma na área de aquisição) (**Figura 25**, **Figura 34** e **Figura 35**). Três tartarugas passaram pela área da sísmica Tartaruga-verde (uma na área de aquisição) (**Figura 25**, **Figura 34** e **Figura 35**).

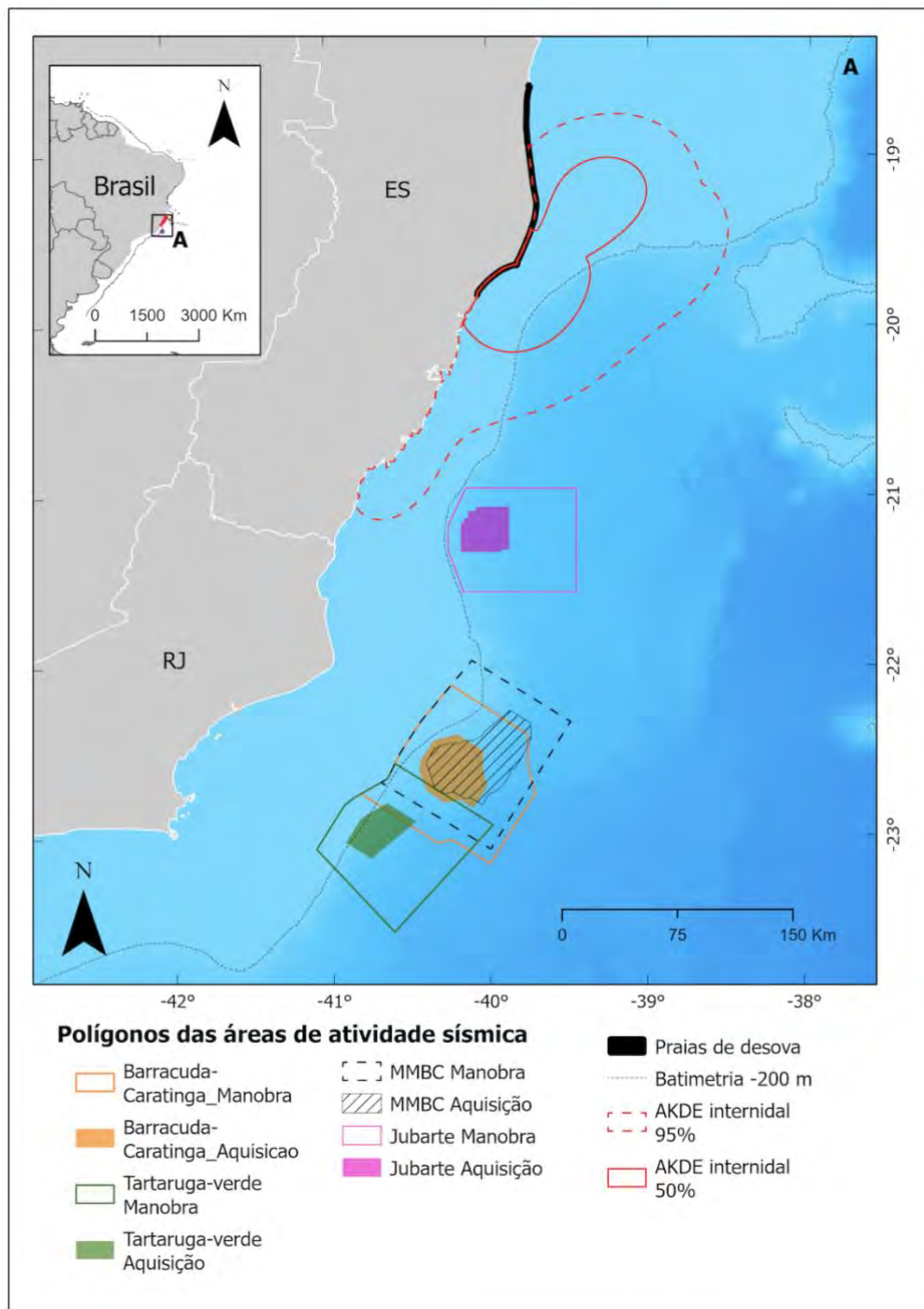


Figura 33 – Mapa com os polígonos de manobra e aquisição das sísmicas, além do polígono geral com kernel autocorrelacionado (AKDE) com delineamentos de 50% e 95% para o período internidal.

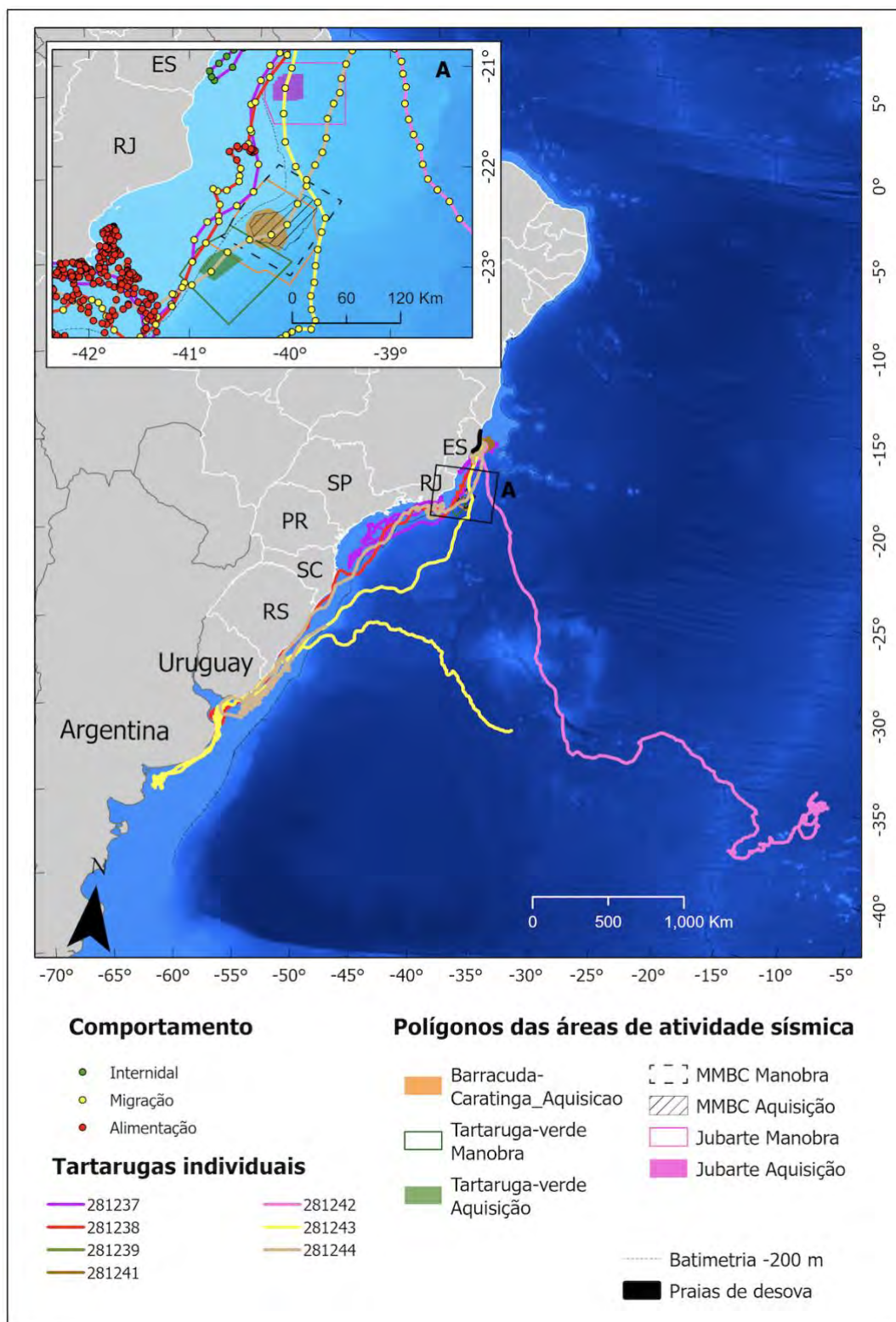


Figura 34 – Exposição espacial à atividade sísmica das sete *D. coriacea* rastreadas durante o período do presente relatório por indivíduo, entre 5 de novembro de 2024 e 14 de julho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica com comportamento (A).

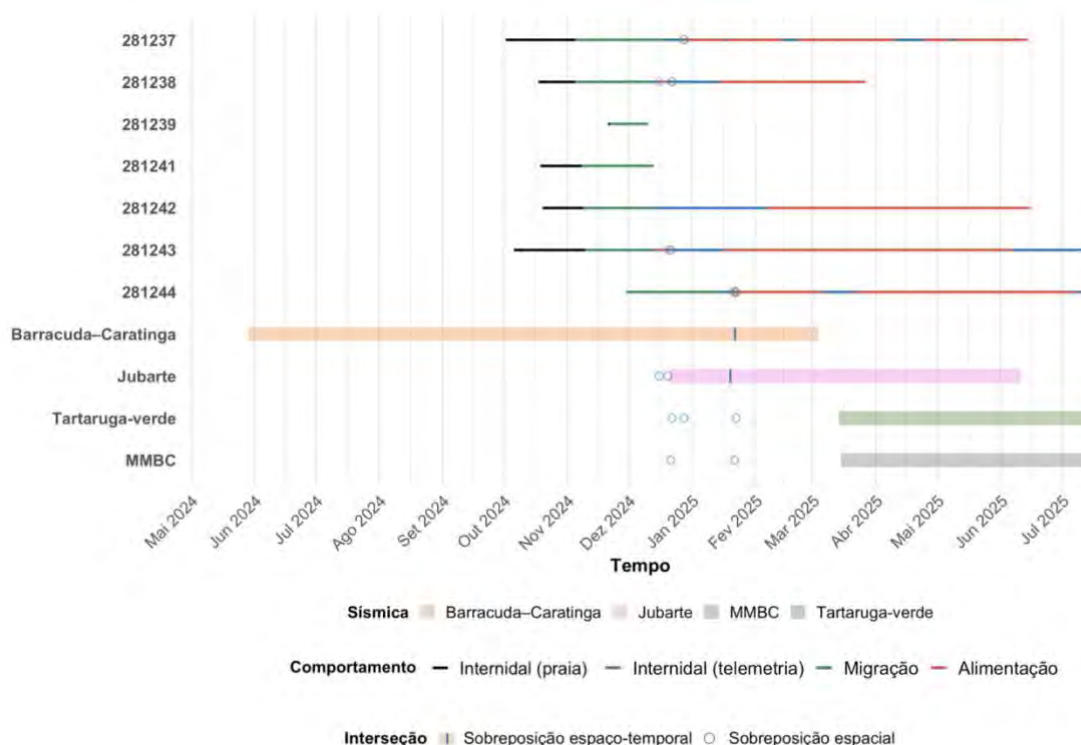


Figura 35 – Linha do tempo dos comportamentos por tartaruga (linhas superiores) e dos quatro levantamentos sísmicos (faixas coloridas inferiores). Segmentos pretos, verdes, azuis e vermelhos indicam, respectivamente, Internidal (praia), Internidal (telemetria), Migração e Alimentação. As faixas largas semitranslúcidas representam os períodos ativos de cada atividade sísmica (Barracuda-Caratinga, Jubarte, MMBC e Tartaruga-verde). Sobreposição espacial é marcada por círculos na cor do comportamento observado (todos os casos foram durante a migração). Sobreposição espaço-temporal é indicada por um traço vertical sobre as linhas das tartarugas individuais na cor da atividade sísmica relacionada e na faixa sísmica na cor do comportamento observado (também todos os casos foram durante a migração).

Durante a atividade da sísmica Barracuda-Caratinga, todos os transmissores estavam ativos; apenas a tartaruga 281244 apresentou sobreposição espaço-temporal com as áreas de manobra e aquisição (**Figura 35** e **Figura 36A**). Foram registrados cinco pontos ao longo de 24 horas, dos quais dois coincidiram integralmente com a área de aquisição e um ficou próximo da borda (~1 km; **Figura 36A**). Assim, a exposição efetiva à área de aquisição foi de aproximadamente 12 horas (21h de 21 de janeiro a 9h de 22 de janeiro de 2025). As tartarugas 281237, 281238 e 281243 passaram próximas à área de manobra, mas sem sobreposição espaço-temporal (**Figura 35** e **Figura 36A**).

Durante o período de atividade da sísmica Jubarte, cinco dos transmissores estavam ativos, no entanto, a análise de sobreposição espaço-temporal indicou que houve uma única sobreposição de trajetória da tartaruga 281244; cinco pontos,

correspondendo a 24 horas durante a migração, passando pela área de manobra (das 9 h da manhã de 19 de janeiro de 2025 até as 9 h da manhã de 20 de janeiro de 2025) (**Figura 35 e Figura 37A**).



Figura 36 – Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de *D. coriacea* rastreados durante a sismica Barracuda-Caratinga entre 29 de maio de 2024 e 4 de março de 2025. O zoom nas áreas de sismica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.

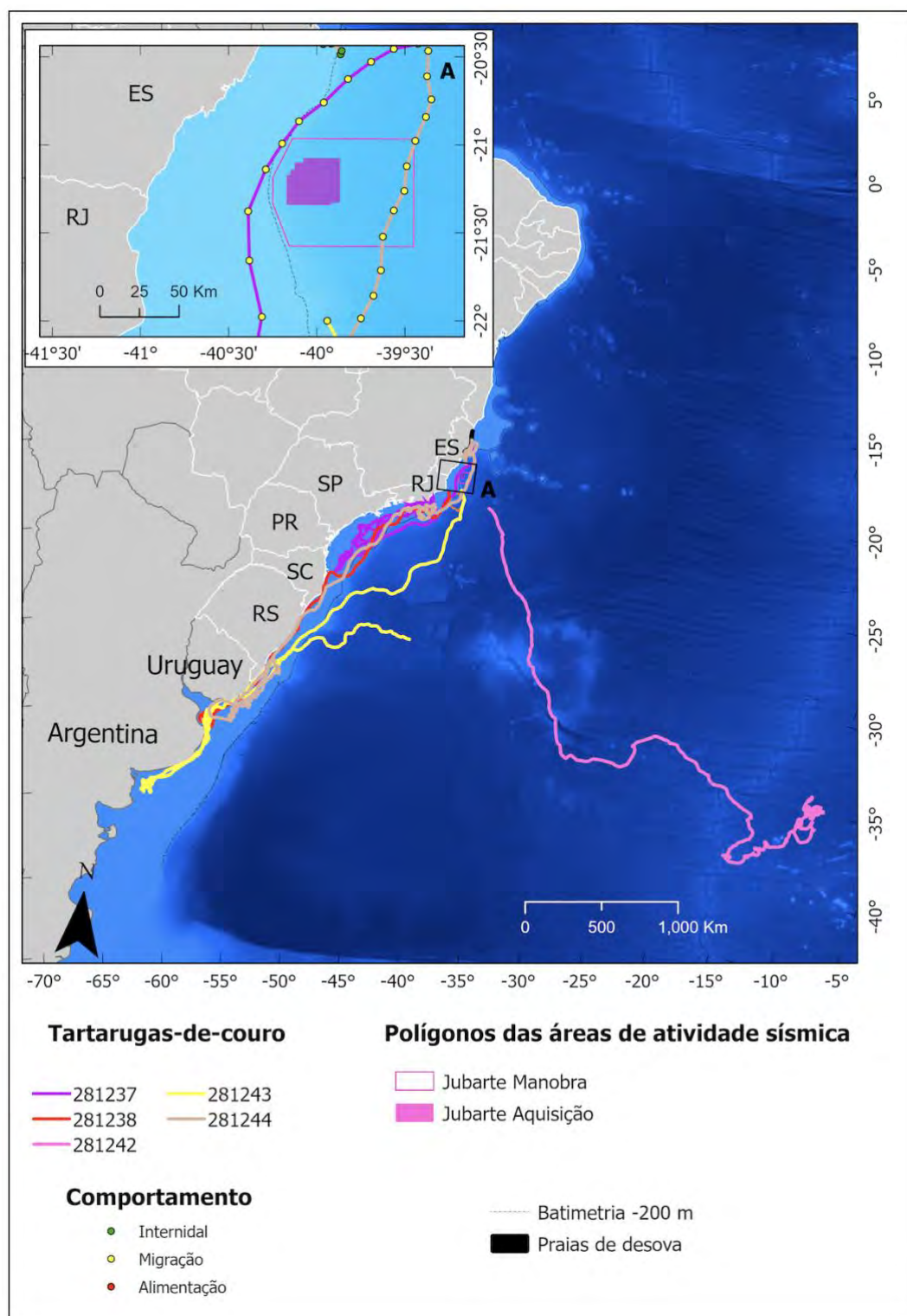


Figura 37 – Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de *D. coriacea* rastreados durante a sísmica Jubarte entre 26 de dezembro de 2024 e 11 de junho de 2025. Zoom nas áreas de sísmica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.

Durante o período de atividade das sísmicas Tartaruga-Verde, Marlim Leste, Marlim Sul e Barracuda-Caratinga o período internidal já havia terminado e cinco transmissores estavam ativos (ambas sísmicas iniciadas em março, ainda permaneciam em atividade até 14 de julho de 2025, data de fechamento do presente relatório). Não houve sobreposição espaço-temporal com essas duas sísmicas (**Figura 35** e **Figura 38A**).

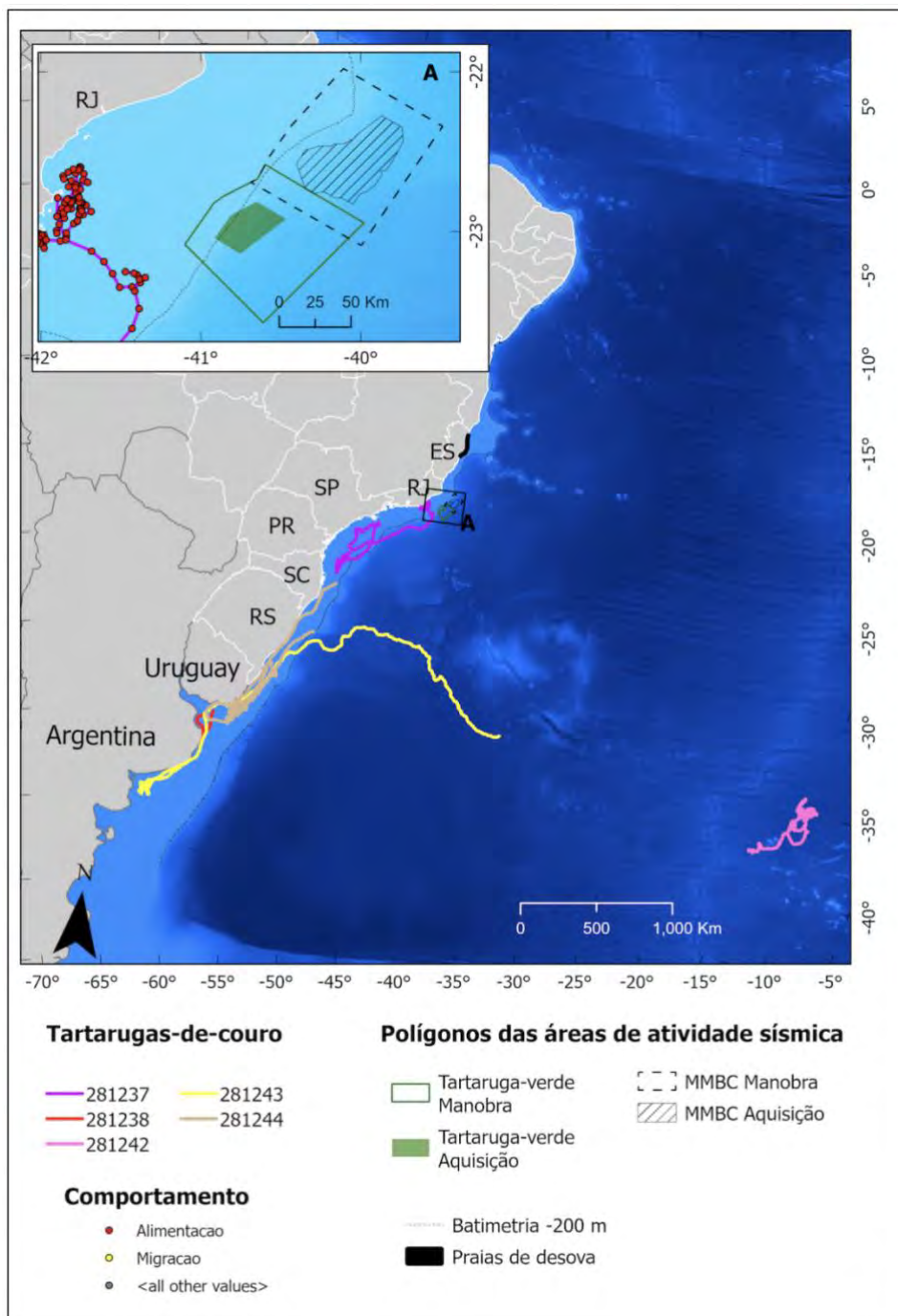


Figura 38 – Exposição espaço-temporal à atividade sísmica para indivíduos de *D. coriacea* rastreados durante as sísmicas Tartaruga-Verde (início em 14 de março de 2025) e Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (início em 15 de março de 2025). Zoom nas áreas de sísmica (A) inclui a representação dos estados comportamentais em cores.

VI.7.1 Sobreposição espaço-temporal à atividade sísmica

Durante o período analisado (15 dias antes da sísmica Jubarte até 15 dias após a sísmica Barracuda–Caratinga), foram observadas mudanças consistentes nos padrões de movimento e mergulho da tartaruga 281244 (**Figura 39; Tabelas Suplementares 4–6**).

O comprimento médio do passo praticamente dobrou durante as fases de sobreposição, alcançando valores em torno de 4–5 km em comparação a 2–2,5 km nos períodos de referência (Pré e Pós), indicando maior deslocamento horizontal (ou seja, maior velocidade) efeito mais evidente durante Barracuda-Caratinga (**Figura 39**, painel superior; **Tabela Suplementar 4**).

As alterações mais marcantes ocorreram no comportamento vertical. A profundidade máxima dos mergulhos, que apresentava medianas de 17–38 m nos períodos Pré/Pós, aumentou para 43 m durante Jubarte e chegou a 101 m durante Caratinga, com registros pontuais acima de 450 m (**Figura 39**, painel do meio; **Tabela Suplementar 4**).

A duração dos mergulhos também se intensificou: a mediana de 7,7 min no Pré-Jubarte subiu para 20 min durante Jubarte, manteve-se em ~21 min entre eventos, atingiu o pico de 30,9 min em Caratinga, e depois caiu para 12,2 min no Pós-Caratinga (**Figura 39**, painel inferior; **Tabela Suplementar 4**).

O tempo de superfície exibiu variações mais moderadas. A mediana foi de 3 min no Pré-Jubarte, aumentou para 7,4 min durante Jubarte, mas retornou a valores próximos de referência nos períodos seguintes (4 min entre eventos, 3 min durante Caratinga e 3,7 min no Pós-Caratinga) (**Figura 39**, painel inferior; **Tabela Suplementar 4**).

O teste de Kruskal–Wallis indicou efeito global das fases sobre todas as variáveis ($p < 0,05$; **Tabela Suplementar 5**). Comparações pareadas de Wilcoxon confirmaram contrastes consistentes entre os períodos de sobreposição (Jubarte e Caratinga) e os de referência, indicando que a exposição às atividades sísmicas esteve associada sobretudo ao aumento da profundidade e da duração dos mergulhos, além de maior deslocamento horizontal (**Tabela Suplementar 6**).

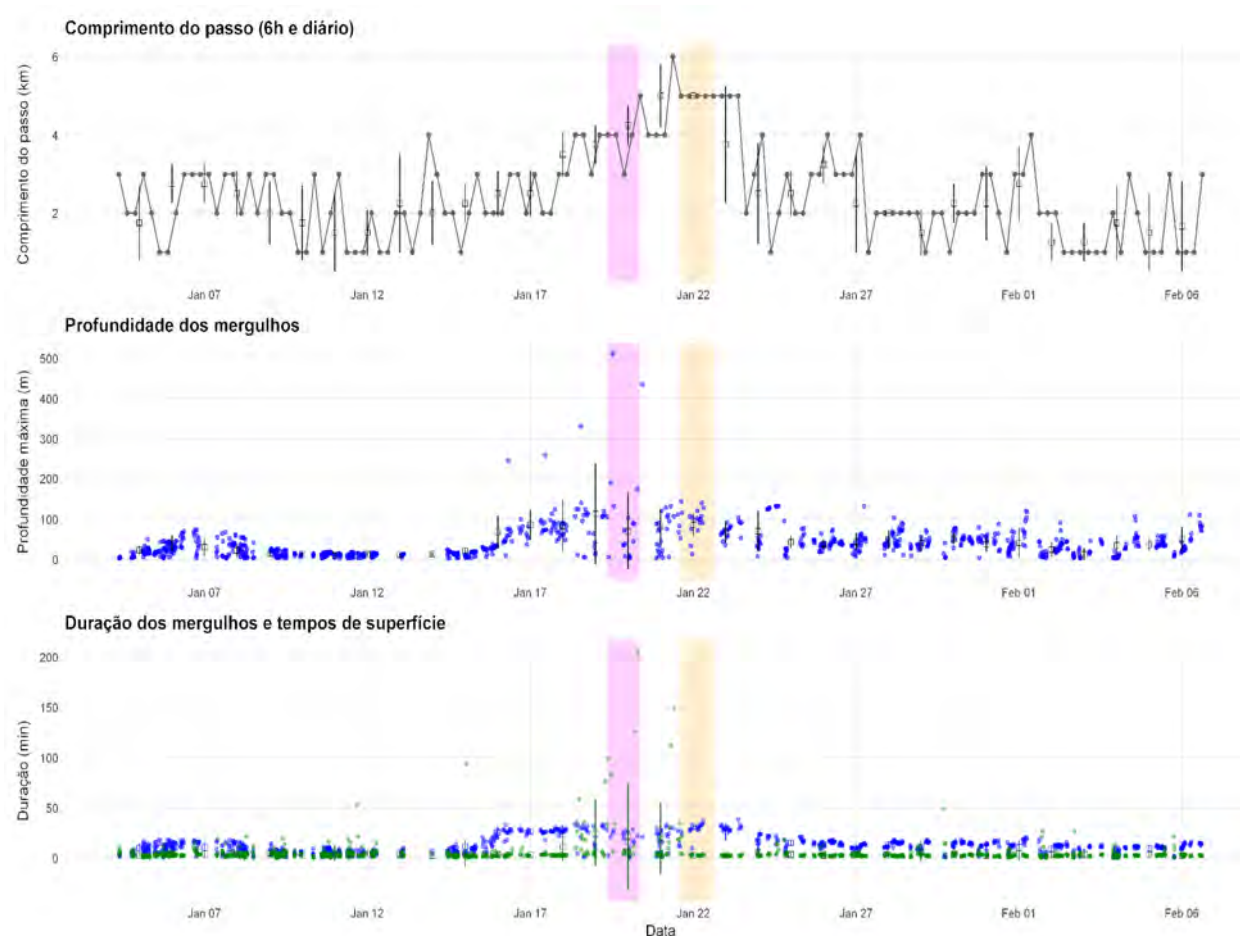


Figura 39 – Variações nos padrões de movimentos horizontal e vertical da tartaruga 281244 no período de 15 dias antes da sísmica Jubarte até 15 dias após a sísmica Barracuda-Caratinga. O painel superior mostra o comprimento do passo (6h e média diária); o painel do meio apresenta a profundidade máxima dos mergulhos; e o painel inferior mostra as durações dos mergulhos (azul) e os tempos de superfície (verde). As áreas sombreadas em rosa representam a janela de sobreposição com a sísmica Jubarte (19–20 de janeiro de 2025), e em laranja a sobreposição com a sísmica Barracuda-Caratinga (21–22 de janeiro de 2025).

Durante Barracuda-Caratinga, a menor distância entre a tartaruga 281244 e a embarcação sísmica “Apollo” foi de 1,3 km e ocorreu no dia 22 de janeiro, às 5 horas da manhã (Tabela 1, Figuras 1 e 2). Nas horas subsequentes ao menor afastamento do navio (05:00), a tartaruga exibiu transição para um estado de maior taxa de deslocamento, evidenciada pelo aumento progressivo do comprimento do passo (de ~2,8 km às 04:00 para ~4,4 km às 10:00; ~+57%), mantendo níveis elevados até o final do recorte (máximo ~5,1 km às 15:00) (Tabela 7, Figura 39 e Figura 39).

Tabela 8 – Distância da tartaruga 281244 da embarcação sísmica “Apollo” a cada hora e comprimento do passo (velocidade) da tartaruga em cada segmento. Observação: o primeiro passo (ordem 1) é NA por não ter posição anterior.

Data	Ordem	Comprimento do passo (km)	Distância (km)
21/01/2025 15:00	1	NA	58,6
21/01/2025 16:00	2	4,7	51,4
21/01/2025 17:00	3	4,7	47,0
21/01/2025 18:00	4	4,7	45,3
21/01/2025 19:00	5	4,0	38,7
21/01/2025 20:00	6	3,6	31,3
21/01/2025 21:00	7	3,8	23,8
21/01/2025 22:00	8	3,4	17,5
21/01/2025 23:00	9	3,4	17,8
22/01/2025 00:00	10	3,1	18,2
22/01/2025 01:00	11	3,3	16,5
22/01/2025 02:00	12	3,7	6,8
22/01/2025 03:00	13	3,3	5,2
22/01/2025 04:00	14	2,8	7,8
22/01/2025 05:00	15	3,4	1,3
22/01/2025 06:00	16	3,8	10,9
22/01/2025 07:00	17	4,1	8,9
22/01/2025 08:00	18	4,3	11,4
22/01/2025 09:00	19	4,4	21,8
22/01/2025 10:00	20	4,4	32,4
22/01/2025 11:00	21	4,3	43,7
22/01/2025 12:00	22	4,2	47,8
22/01/2025 13:00	23	4,2	47,5
22/01/2025 14:00	24	4,8	58,0
22/01/2025 15:00	25	5,1	63,9

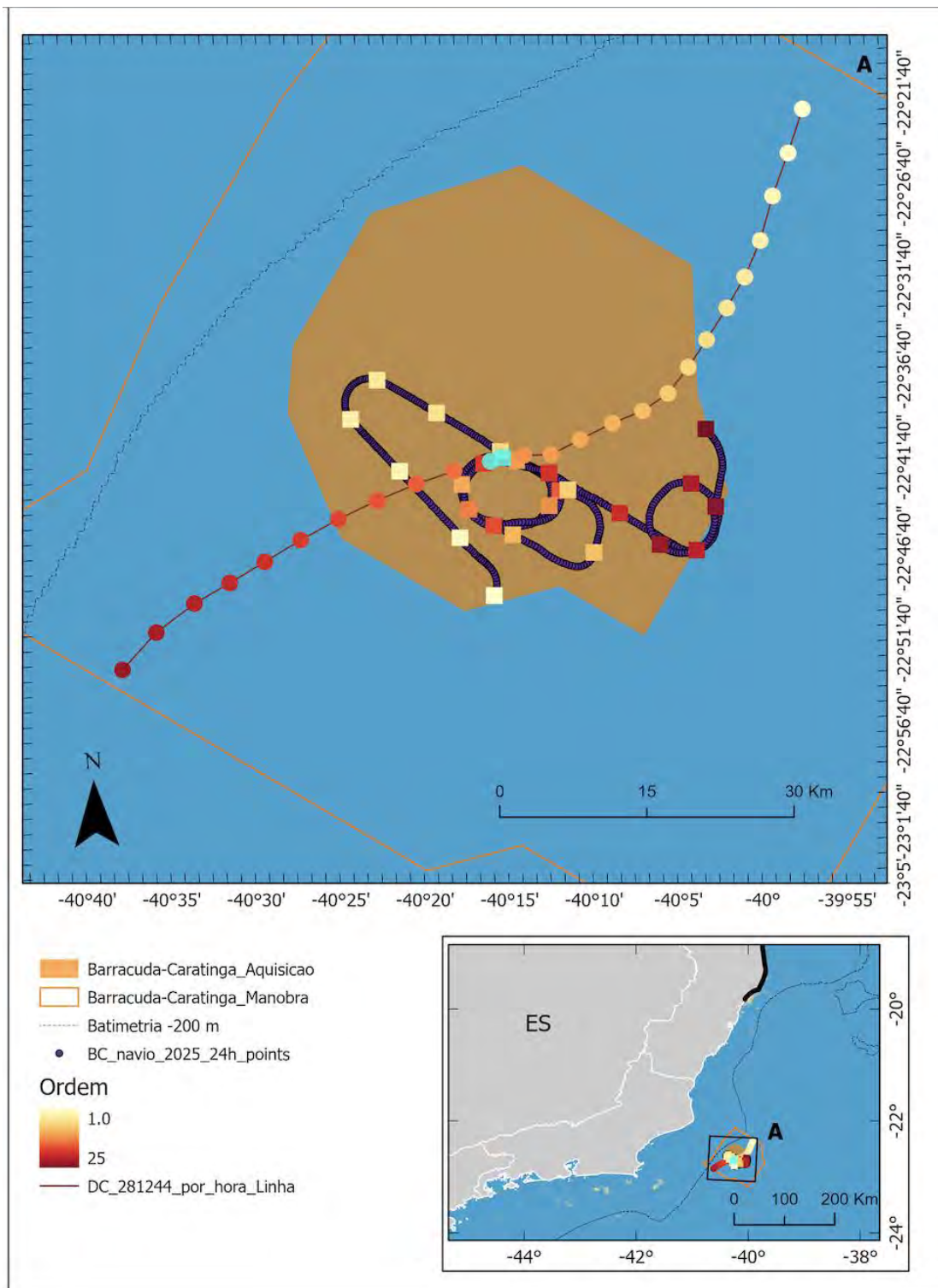


Figura 40 – Sobreposição espaço-temporal da tartaruga 281244 com a embarcação sismica “Apollo”. Os pontos da tartaruga estão representados em círculo e da embarcação em quadrados, com cores correspondendo ao mesmo horário.

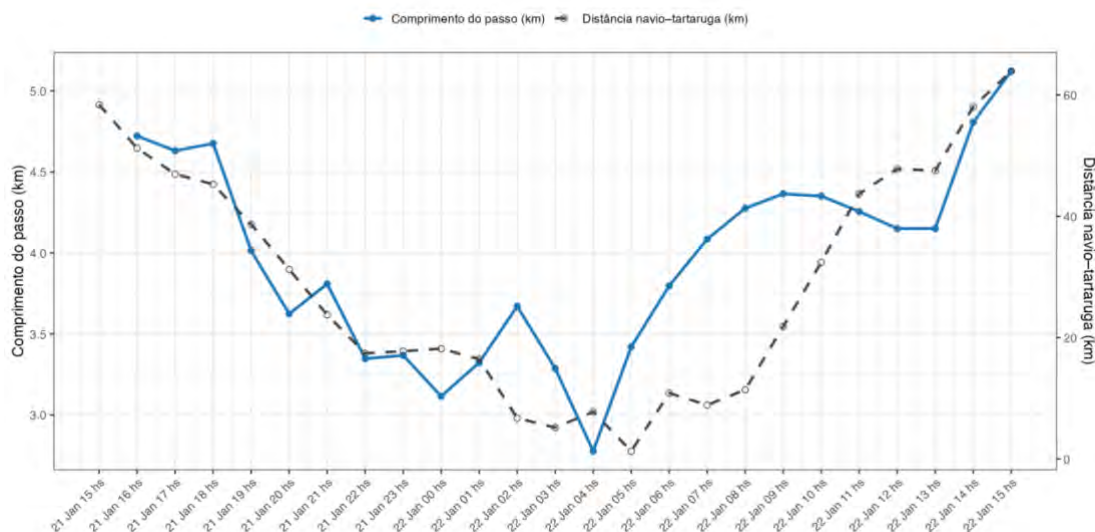


Figura 41 – Distância da tartaruga 281244 da embarcação sísmica “Apollo” a cada hora e comprimento do passo por hora.

VI.8 PLATAFORMA DIGITAL ONLINE

A plataforma entrou em operação no dia 24/10/2024 e encontra-se operacional até o presente momento, com:

- Alimentação contínua diária dos dados de telemetria via API dos servidores da Wildlife Computers, com tratamento de qualidade (filtragem de dados duplicados, outliers e fora dos padrões estabelecidos);
- Módulo de mapas com posição de cada animal, incluindo filtros por indivíduo e funcionalidades básicas GIS;
- Relatórios diários com métricas de esforço de campo, distância linear percorrida, melhor posição recebida (qualidade), e profundidade, quantidades e duração de mergulhos;
- API RESTful disponível para integrações, ampliando o alcance e a disponibilidade dos dados.

No que diz respeito aos usuários desta plataforma (**Figura 42**), observa-se:

- Quantidade de usuários cadastrados: 42 usuários;
- Quantidade de usuários que concluíram o cadastro: 34 (ativação de aproximadamente 81%);
- Taxa de usuários que concluíram o cadastro, mas que ainda não acessaram: 24 usuários (aproximadamente 70,6% dos que concluíram o cadastro);

- Quantidade de usuários cadastrados que acessaram efetivamente o sistema: 10 usuários (23,8% considerando todos os cadastrados e 29,4% quando consideramos apenas os usuários que concluíram o cadastro).

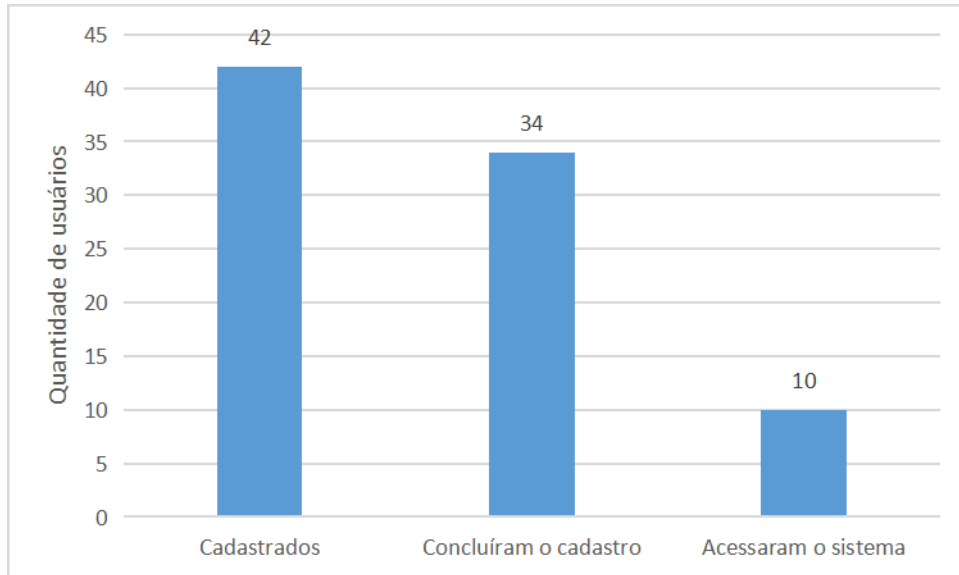


Figura 42 – Utilização do sistema por parte dos usuários cadastrados.

A plataforma obteve uma média geral mensal de 754 acessos (**Figura 43**), onde:

- 94% das sessões são de usuários públicos;
- 6% das sessões são de usuários cadastrados.
-

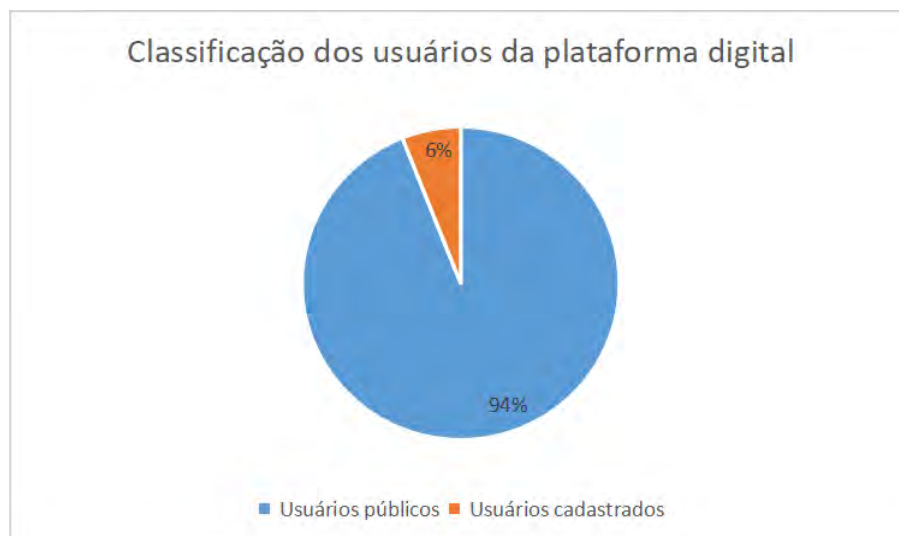


Figura 43 – Taxa de acessos geral ao sistema: usuários públicos versus usuários cadastrados.

VII DISCUSSÃO

Os resultados do rastreamento satelital indicaram uma relativa similaridade nos padrões de deslocamento identificados aqui com aqueles identificados em estudos anteriores no sudoeste do Atlântico (Almeida et al., 2011; López-Mendilaharsu et al., 2009). Durante o período internidal, os animais utilizaram predominantemente a região centro-sul do Espírito Santo, ficando de certa forma limitados à isóbata de 200 m (**Figura 33** e **Figura Suplementar 13** a **Figura Suplementar 19**). As migrações entre a área reprodutiva e áreas identificadas como de alimentação ocorrem tanto sobre a plataforma continental quanto em áreas oceânicas (**Figura 25** e **Figura Suplementar 20**). As áreas de alimentação identificadas estão localizadas em três macroregiões: a) sobre a plataforma continental no entorno da foz do Rio da Prata (desde o extremo sul do Rio Grande do Sul no Brasil até a região de Bahía Blanca na Argentina), b) também sobre a plataforma continental na região sudeste/sul do Brasil entre o litoral dos estados do Rio de Janeiro e norte de Santa Catarina e, por fim, c) em área oceânica próxima à ilha de Tristão da Cunha (Reino Unido).

A tartaruga 281237 ("Iara"), monitorada anteriormente por telemetria satelital durante o PMQTS de 2021/2022 teve, naquela época, duas áreas de forrageio identificadas: uma entre o litoral do estado do Rio de Janeiro e o extremo norte do estado de São Paulo e outra área entre o litoral norte do estado de Santa Catarina e o sul do estado de São Paulo (**Figura 43**), tendo seus comportamentos "Internidal", "Migração" e "Forrageio" sido classificados como "Costeiro". Houve ainda um deslocamento até a latitude de -40° por fora da plataforma continental (**Figura 43**). A maior proporção de mergulhos foi em profundidades em torno de 100-200 metros durante o período de migração e se deslocou basicamente em ambiente costeiro (Fundação Projeto Tamar, 2023), tendo seu monitoramento durado 355 dias. No presente projeto, o monitoramento deste indivíduo foi mais curto, com 221 dias, o que pode em parte explicar não ter sido registrado deslocamento em direção ao extremo sul do país. Entretanto, a tartaruga estava se deslocando em direção sul e a área de forrageio identificada é coincidente com a área identificada no monitoramento anterior, concentrando-se em águas costeiras

entre o estado do Rio de Janeiro e o norte de Santa Catarina. Vale mencionar que no monitoramento satelital de 2021/2022 a rota da tartaruga lara, durante a fase internidal, se sobrepôs com a mesma área de manobra definida atualmente como Jubarte e durante o período de migração se sobrepôs com as áreas de aquisição e manobra. Durante o comportamento de migração foi observada sobreposição com as áreas de manobra dos projetos de Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (MMBC), Barracuda-Caratinga e Tartaruga-Verde, evidenciando a coincidência da área de uso dessa tartaruga em 2021/2022 com às áreas definidas atualmente para a pesquisa sísmica.

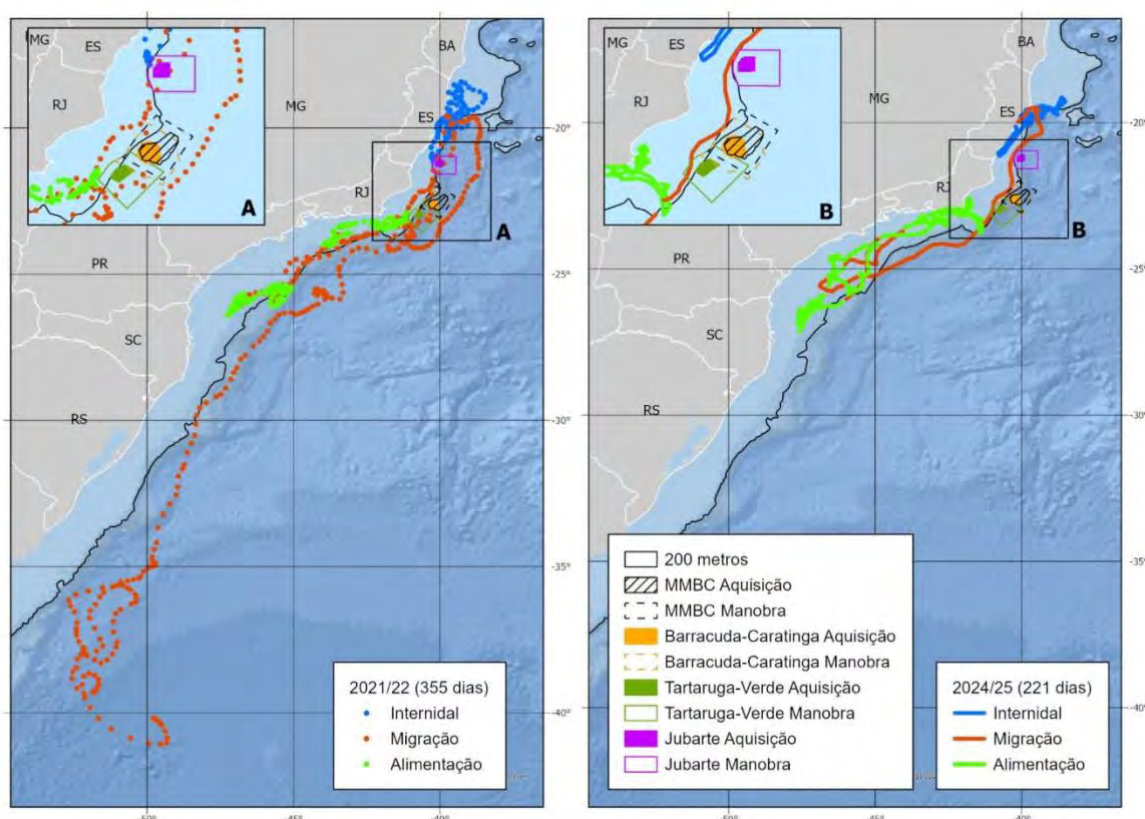


Figura 44 – Padrões de deslocamento da tartaruga 281237 em monitoramento satelital anterior (2021/2022) e atual (2024/2025).

Modelos estatísticos para definição de padrões de deslocamento, como o *state-space model*, de forma simplificada, classificam os movimentos entre rápidos e direcionais e lentos e tortuosos (Jonsen et al., 2007). A interpretação biológica para tais padrões parte do princípio que animais migratórios ao encontrar alimento ou chegar a uma área de alimentação reduzem a sua velocidade de deslocamento e aumentam a frequência de mudanças de direção, com ângulos mais agudos

(Turchin, 1991). Contudo, *D. coriacea* se alimenta de cnidários marinhos, especialmente águas-vivas (Dodge et al., 2011; Salmon et al., 2004). Diferente das demais espécies de tartarugas marinhas, que não se alimentam durante o período reprodutivo (Goldberg et al., 2013), há evidências de que *D. coriacea* pode se alimentar durante esse período (Casey et al., 2010; Myers & Hays, 2006). Uma vez que os cnidários se dispersam pelos oceanos, especialmente por correntes marinhas (Fossette et al., 2015; Gotoh et al., 2017), a distinção entre migração e forrageio baseada somente em velocidade de deslocamento e ângulo de direção torna-se mais complexa para *D. coriacea*, uma vez que elas podem também se alimentar durante períodos de migração, ao encontrarem agrupamentos desses animais. Por isso, nesse estudo, além do *state-space model*, incorporou-se às análises o método de associação mista para movimento, M4, que considera outras variáveis além de velocidade e ângulo de direção usadas pelo *state-space model* (ver métodos). Isso possibilitou uma análise mais robusta dos movimentos das tartarugas rastreadas e melhor definição entre os diferentes comportamentos, especialmente migração e alimentação.

Em um estudo usando *state-space model* para modelar o padrão de deslocamento de *D. coriacea*, Sasso et al. (2021) reportaram rápidas transições no padrão de deslocamento, passando de migração (ou trânsito) para forrageio (ou movimento restrito) e retornando à migração. Esta rápida transição de padrão de deslocamento é explicada por uma temporária redução na velocidade de deslocamento ou aumento de mudanças de orientação, seguida de um retorno ao padrão de movimento rápido e direcional. Neste relatório, conforme detalhado na metodologia, o perfil de mergulho (profundidade) também foi levado em consideração para a definição entre migração e forrageio. Os dados de mergulho dos animais, objetos deste estudo, indicam a ocorrência de quantidades expressivas de mergulhos, tanto durante o período internidal quanto no período de migração, com maior tempo de permanência no fundo (formato quadrado), similar àqueles característicos do período classificado como alimentação (**Figura 26** e **Figura 28**). Este pode ser mais um indício de que *D. coriacea* se alimenta tanto durante o período internidal, quanto durante as migrações. Infelizmente não há como testar estatisticamente a ocorrência deste comportamento com os dados atuais, mas considerando observações prévias em outros estudos (Casey et al.,

2010; Myers & Hays, 2006), os dados apresentados aqui podem corroborar esta hipótese.

A quantidade de sons de origem antrópica no ambiente marinho (i.e tráfego de embarcações, exploração mineral (incluindo pesquisa sísmica), sonares, construções submarinas, entre outros) vem aumentando nos últimos anos (Piniak, 2012). A intensidade (decibéis), frequência (hertz) e comprimento de onda dos diferentes sons emitidos variam consideravelmente e são percebidas de forma distinta pelas diferentes espécies. Embora a quantidade de estudos para cobrir essa lacuna também venha aumentando gradualmente, o conhecimento sobre como os organismos marinhos percebem e respondem a esses diferentes estímulos sonoros ainda é muito pequeno. Nelms et al. (2016) fizeram um levantamento comparativo entre o número de estudos publicados, entre 1983 e 2013, para tartarugas marinhas, peixes e mamíferos marinhos, sobre como a pesquisa sísmica afeta esses grupos. Esses autores encontraram 414 referências para os mamíferos marinhos, 187 para peixes e apenas 29 para as tartarugas, demonstrando que ainda pouco se conhece, especialmente em relação às tartarugas marinhas.

As tartarugas marinhas não possuem ouvido externo, apenas médio e interno, no entanto, têm boa capacidade auditiva. Um experimento feito com filhotes de *D. coriacea* revelou que esses animais são capazes de detectar sons respondendo a estímulos com frequência entre 50 e 1.200 Hz na água (sensibilidade máxima entre 100 Hz e 400 Hz) e 50 a 1.600 Hz no ar (Piniak et al., 2012). Esse intervalo de frequência sonora captado por *D. coriacea* se sobrepõe às frequências dos sons emitidos pela atividade sísmica, sonares de baixa frequência, motores de navios de carga, entre outros. Portanto, considerando essa sobreposição entre a frequência sonora emitida por essas fontes antrópicas e a frequência captada por *D. coriacea*, é razoável supor que esses sons podem impactar as tartarugas-de-couro.

Nessa primeira fase do presente estudo, entre os 7 animais rastreados, quatro tiveram sobreposição espacial com as áreas das sísmicas: Jubarte, Barracuda-Caratinga, MMBC e Tartaruga-verde, demonstrando que as áreas dessas sísmicas coincidem, ao menos em parte, com a rota de migração das *D. coriacea* que se reproduzem no litoral do Espírito Santo durante a fase de migração entre a área de desova e às áreas de alimentação. Apenas uma tartaruga (281244 – Vitória Régia) mostrou sobreposição espaço-temporal com a atividade sísmica em Barracuda-

Caratinga e Jubarte (**Figura 36** e **Figura 37**). Vale reportar que essa, provavelmente, foi a primeira vez em que se registrou uma possível mudança de comportamento em relação a essa sobreposição no Brasil. Em um estudo feito anteriormente com a mesma população de *D. coriacea*, nenhuma das fêmeas rastreadas por satélite ($n = 14$) se sobrepôs espaço-temporalmente à pesquisa sísmica (Fundação Projeto Tamar, 2023).

A sobreposição espaço-temporal da tartaruga 281244 com as áreas de manobra e aquisição de sísmica foi de cerca de 48 h no total, com um intervalo de cerca de 1 dia entre a passagem por dentro do polígono do campo de sísmica Jubarte e do campo Barracuda-Caratinga. Ao entrar na área de sísmica, a tartaruga 281244 alterou significativamente o comprimento do passo (relacionado à velocidade de deslocamento horizontal), assim como: a profundidade máxima e a duração dos mergulhos realizados, quando comparado com os padrões encontrados para essas mesmas variáveis 15 dias antes de entrar na área de sísmica e 15 dias após sair da área de sísmica. Esses resultados podem indicar que a exposição às atividades sísmicas esteve associada a alterações consistentes nos movimentos: horizontal (mais rápidos) e vertical, sobretudo na profundidade e duração dos mergulhos, sugerindo potenciais implicações para o gasto energético e o uso do habitat

O aumento no comprimento médio do passo, especialmente quando o animal se deslocou por dentro da sísmica Barracuda-Caratinga (por onde passou dentro da área de aquisição de sísmica), é consistente com alterações de comportamento reportadas anteriormente para outras espécies de tartarugas marinhas. Ainda no início da década de 90, (O'hara & Wilcox, 1990) testaram em um canal na Flórida a resposta comportamental de 9 tartarugas-cabeçuda (*Caretta caretta*) que foram expostas aos disparos de canhões de ar e constataram que as tartarugas evitaram nadar próximas aos canhões quando os disparos iniciaram. No mesmo sentido, Moein et al. (1995) também avaliaram a resposta comportamental de tartarugas-cabeçuda à exposição de tiros de canhão de ar calibrados a 175 db, 177 db e 179 db. Esses autores evidenciaram que, ao disparar os canhões de ar, as tartarugas mudaram a direção do nado, claramente evitando os canhões, passando a nadar no sentido oposto. No entanto, também foi observado que após a terceira vez que as tartarugas eram expostas aos tiros, elas não mais mudavam de direção,

sugerindo que as tartarugas poderiam ter se habituado ao estímulo. Já nos anos 2000, um experimento parecido foi feito na Austrália com tartarugas-verde (*Chelonia mydas*) e tartarugas-cabeçuda. Os autores observaram que expostas a tiros calibrados em 166 dB re 1 μ Pa rms as tartarugas notadamente aumentaram a atividade natatória, quando comparadas com a atividade natatória durante o período controle (sem os tiros de canhão) (McCauley et al., 2000). Também foi observado que acima de 175 dB re 1 μ Pa rms as tartarugas apresentaram um comportamento mais errático, sugerindo que estavam num estado mais agitado. Esses mesmos autores reportaram que os animais apresentaram mudanças no padrão de movimentação com uma proximidade de 2 km da fonte emissora de sísmica (McCauley et al., 2000). No entanto, todos esses estudos foram realizados em ambientes confinados, que certamente diferem das condições encontradas em mar aberto.

O aumento na velocidade de deslocamento também já foi reportado para baleia narval (*Monodon monoceros*) no oceano Ártico. Heide-Jørgensen et al. (2021) registraram aumento de 30% na velocidade horizontal quando os animais estiveram expostos aos tiros de ar comprimido da pesquisa sísmica.

Observações em mar, durante operação de sísmica, foram realizadas no mar mediterrâneo, ao largo da costa da Algéria (DeRuiter & Doukara, 2012). As tartarugas foram observadas durante 13 dias de mar extremamente calmo, quase sem vento (escala Beaufort entre 0 e 1). Entre as 86 tartarugas observadas, quase todas em comportamento de *basking* (quando as tartarugas ficam paradas flutuando na superfície), os autores notaram que 53% das tartarugas mergulharam quando próximas ao canhão de ar (média de 130m de distância do canhão). Ao menos 6 tartarugas mergulharam imediatamente após o disparo do canhão de ar, indicando uma resposta de susto. As análises estatísticas revelaram que quanto mais próximo do canhão de ar, maior é a probabilidade de mergulho, sugerindo que as tartarugas interromperam o comportamento de *basking* para fugir da fonte sonora.

O aumento no tempo e na profundidade de mergulhos durante o período em que a tartaruga 281244 transitou por dentro dos polígonos de aquisição de sísmica e da área de manobra é um achado relevante. O padrão observado ao se aproximar da embarcação sísmica “Apollo” é compatível à uma resposta evasiva de afastamento ou à mudança de modo comportamental (p.ex., de busca restrita

para deslocamento de travessia). Não foi encontrado nenhum estudo na literatura científica que reporte comportamento similar em tartarugas marinhas. Ao contrário e para ilustrar os resultados por vezes contrastantes deste tipo de estudos com animais selvagens, para baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*) o tempo de mergulho foi reduzido em resposta à proximidade com a fonte sonora (Dunlop et al., 2015).

VIII CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento por telemetria evidenciou diferenças marcantes entre os estados comportamentais de *D. coriacea*, com movimentos restritos e intensa atividade de mergulho no período internidal, deslocamentos lineares e mergulhos profundos durante a migração, e padrões intermediários e exploratórios na alimentação. Neste primeiro relatório foram desenvolvidas metodologias inovadoras de análise e interpretação dos estados comportamentais de *D. coriacea* e sua sobreposição com as atividades sísmicas, que servirão de linha de base para as futuras análises. A sobreposição com atividades sísmicas, embora restrita a um único indivíduo e a um número limitado de eventos, pode indicar alterações consistentes nos padrões de movimento e mergulho, sugerindo potenciais impactos. Essa é a primeira vez no Brasil que foi possível analisar o comportamento de *D. coriacea* considerando sobreposição espaço-temporal com a atividade sísmica. Na continuidade do projeto, essas observações iniciais devem ser aprofundadas com os dados das próximas campanhas e a incorporação da análise de outras possíveis causas das alterações observadas - como a influência de correntes marinhas, parâmetros meteoceanográficos adicionais e fatores antrópicos - visando discussões e conclusões mais robustas. Espera-se que, ao final desse projeto, seja possível obter um conjunto de dados mais robusto e conclusivo sobre as áreas de uso e padrões de deslocamento e mergulho das *D. coriacea* em relação a atividade sísmica, contribuindo para cobrir a atual lacuna de informação sobre os impactos dessa atividade na única Unidade Regional de Manejo (RMU – *Regional Management Unit*) da tartaruga-de-couro no Oceano Atlântico Sul Ocidental. Esses resultados reforçam a importância de considerar o período reprodutivo e as rotas migratórias das tartarugas-de-couro em estratégias de planejamento, mitigação e manejo de atividades sísmicas na região.

IX REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Affatati, A., & Camerlenghi, A. (2023). Effects of marine seismic surveys on free-ranging fauna: a systematic literature review. *Frontiers in Marine Science*, 10(September), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1222523>.

Almeida, A. de P., Figueiras, H., Braby, R., & Tiwari, M. (2014). Increasing Evidence of Leatherback Migrations from Brazilian Beaches to the West African Continent. *African Sea Turtle Newsletter*, 1(1), 9–11.

Almeida, A. P., Eckert, S. A., Bruno, S. C., Scalfoni, J. T., Giffoni, B., López-Mendilaharsu, M., & Thomé, J. C. A. (2011). Satellite-tracked movements of female *Dermochelys coriacea* from southeastern Brazil. *Endangered Species Research*, 15(1), 77–86. <https://doi.org/10.3354/esr00359>.

Billes, A., Fretey, J., Verhage, B., Huijbregts, B., Giffoni, B., Prosdocimi, L., Albareda, D. A., Georges, J., & Tiwari, M. (2006). First Evidence of Leatherback Movement from Africa to South America. *Marine Turtle Newsletter*, 111, 13–14.

Calabrese, J. M., Fleming, C. H., & Gurarie, E. (2016). Ctm: an R Package for Analyzing Animal Relocation Data As a Continuous-Time Stochastic Process. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(9), 1124–1132. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12559>.

Casey, J., Garner, J., Garner, S., & Williard, A. S. (2010). Diel foraging behavior of gravid leatherback sea turtles in deep waters of the Caribbean Sea. *Journal of Experimental Biology*, 213(23), 3961–3971. <https://doi.org/10.1242/jeb.048611>.

Centro TAMAR/ICMBio. (2023). Manual de técnicas e procedimentos para pesquisa, conservação e monitoramento de tartarugas marinhas em áreas de reprodução. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/tartarugas-marinhas-e-biodiversidade-marinha-do->

Leste/Arquivos%20do%20Site/Pdfs/ManualdeConservaodasTARTARUGASMARI
NHAS_VersoFinal_07.06.2023.Pdf.

CLS. (2023). Argos Users Manual. <https://www.argos-system.org/wp-content/uploads/2023/01/CLS-ArgosWeb-User-Manual.pdf>

Colman, L. P., Thomé, J. C. A., Almeida, A. de P., Baptistotte, C., Paulo, P. C., Broderick, A. C., Ribeiro, F. A., Vila-Verde, L., & Godley, B. J. (2019). Thirty years of leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting in Espírito Santo, Brazil, 1988-2017: Reproductive biology and conservation. *Endangered Species Research*, 39, 147–158. <https://doi.org/10.3354/esr00961>.

Cullen, J. A., Poli, C. L., Fletcher, R. J., & Valle, D. (2022). Identifying latent behavioural states in animal movement with M4, a nonparametric Bayesian method. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(2), 432–446. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13745>.

DeRuiter, S. L., & Doukara, K. L. (2012). Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure. *Endangered Species Research*, 16(1), 55–63. <https://doi.org/10.3354/esr00396>.

Dodge, K. L., Logan, J. M., & Lutcavage, M. E. (2011). Foraging ecology of leatherback sea turtles in the Western North Atlantic determined through multi-tissue stable isotope analyses. *Marine Biology*, 158(12), 2813–2824. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1780-x>.

Downs, J. A., Horner, M. W., & Tucker, A. D. (2011). Time-geographic density estimation for home range analysis. *Annals of GIS*, 17(3), 163–171. <https://doi.org/10.1080/19475683.2011.602023>.

Dunlop, R. A., Noad, M. J., McCauley, R. D., Kniest, E., Paton, D., & Cato, D. H. (2015). The Behavioural Response of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) to a 20 Cubic Inch Air Gun. *Aquatic Mammals*, 41(4), 412–433. <https://doi.org/10.1578/AM.41.4.2015.412>.

Elliott, B., Read, A., Godley, B., Nelms, S., & Nowacek, D. (2019). Critical information gaps remain in understanding impacts of industrial seismic surveys on marine vertebrates. *Endangered Species Research*, 39, 247–254. <https://doi.org/10.3354/esr00968>.

Fossette, S., Gleiss, A. C., Chalumeau, J., Bastian, T., Armstrong, C. D., Vandenabeele, S., Karpytchev, M., & Hays, G. C. (2015). Current-oriented swimming by jellyfish and its role in bloom maintenance. *Current Biology*, 25(3), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.050>.

Fossette, S., Kelle, L., Girondot, M., Goverse, E., Hiltermann, M. L., Verhage, B., de Thoisy, B., & Georges, J. Y. (2008). The world's largest leatherback rookeries: A review of conservation-oriented research in French Guiana/Suriname and Gabon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 356(1–2), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.12.024>.

Fossette, S., Witt, M. J., Miller, P., Nalovic, M. A., Albareda, D., Almeida, A. P., Broderick, A. C., Chacón-Chaverri, D., Coyne, M. S., Domingo, A., Eckert, S., Evans, D., Fallabrino, A., Ferraroli, S., Formia, A., Giffoni, B., Hays, G. C., Hughes, G., Kelle, L., ... Godley, B. J. (2014). Pan-Atlantic analysis of the overlap of a highly migratory species, the leatherback turtle, with pelagic longline fisheries. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1780). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3065>.

Fundação Projeto Tamar. (2023). Relatório Final de Atividades: Projeto de Monitoramento de Quelônios por Telemetria Satelital (PMQTS) - SPECTRUM Geo.

GEBCO Compilation Group. (2025). GEBCO _2025 Grid (TIFF). General Bathymetric Chart of the Oceans. [Www.Gebco.Net](http://www.Gebco.Net).

Goldberg, D. W., Leitão, S. A. T., Godfrey, M. H., Lopez, G. G., Santos, A. J. B., Neves, F. A., de Souza, É. P. G., Moura, A. S., Bastos, J. da C., & Bastos, V. L.

F. da C. (2013). Ghrelin and leptin modulate the feeding behaviour of the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* during nesting season. *Conservation Physiology*, 1(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/cot016>.

Gotoh, R. O., Chang, S. J., Qu, X., Ito, C., Okuizumi, K., Yoon, W. D., Iizumi, H., & Hanzawa, N. (2017). Distribution and dispersal of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa, Cnidaria) inferred from its genetic population structure. *Biogeography*, 19.

Heide-Jørgensen, M. P., Blackwell, S. B., Tervo, O. M., Samson, A. L., Garde, E., Hansen, R. G., Ngô, M. C., Conrad, A. S., Tringhammer, P., Schmidt, H. C., Sinding, M. H. S., Williams, T. M., & Ditlevsen, S. (2021). Behavioral Response Study on Seismic Airgun and Vessel Exposures in Narwhals. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.658173>.

Horne, J. S., Garton, E. O., Tephner, S., Krone, M., & Lewis, J. S. (2007). Analyzing animal movements using Brownian Bridges. *Ecology*, 88(9), 2354–2363.

Johnson, S. A., & Ehrhart, L. M. (1996). Reproductive Ecology of the Florida Green Turtle: Clutch Frequency. *Journal of Herpetology*, 30(3), 407–410.

Jonsen, I. D., Grecian, W. J., Phillips, L., Carroll, G., McMahon, C., Harcourt, R. G., Hindell, M. A., & Patterson, T. A. (2023). aniMotum, an R package for animal movement data: Rapid quality control, behavioural estimation and simulation. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(3), 806–816. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14060>.

Jonsen, I. D., Myers, R. A., & James, M. C. (2007). Identifying leatherback turtle foraging behaviour from satellite telemetry using a switching state-space model. *Marine Ecology Progress Series*, 337(2004), 255–264. <https://doi.org/10.3354/meps337255>.

Kale, N., Stokes, K. L., Hays, G. C., & Esteban, N. (2025). Separating biological signal from methodological noise in home range estimates. *Methods in Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.70112>.

Kranstauber, B., Kays, R., Lapoint, S. D., Wikelski, M., & Safi, K. (2012). A dynamic Brownian bridge movement model to estimate utilization distributions for heterogeneous animal movement. *Journal of Animal Ecology*, 81(4), 738–746. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01955.x>.

López-Mendilaharsu, M., Rocha, C. F. D., Miller, P., Domingo, A., & Prosdocimi, L. (2009). Insights on leatherback turtle movements and high use areas in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 378(1–2), 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.07.010>.

Magalhães, W. M. S., Neto, M. O. M., Lopes, S. B., Nascimento, M. N. P., Santana, W. M., Santana, E. M., Jesus, A. L. C., & Barata, P. C. R. (2021). Regular nesting by leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) in the Parnaíba Delta area, Northeastern Brazil. *Marine Turtle Newsletter*, 164. www.google.com/earth/versions.

Marcovaldi, M. a, & Marcovaldi, G. G. dei. (1999). Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Biological Conservation*, 91(0006), 35–41. www.elsevier.com/locate/biocon.

Mast, R. B., Hutchinson, B. J., Villegas, P. E., & Bandimere, A. (2025). The State of Sea Turtles in the South Atlantic Ocean. *SWOT Report*, 34–37.

McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M.-N., Penrose, J. D., Prince, R. I. T., Adhitya, A., Murdoch, J., & McCabe, K. (2000). Marine Seismic Surveys— a Study of Environmental Implications. *The APPEA Journal*, 40(1), 692. <https://doi.org/10.1071/aj99048>.

Mendonça, P. M. M., Spadini, A. R., & Milani, E. J. (2003). Exploração na petrobras: 50 anos de sucesso. Boletim de Geociências, 12(1), 9–58. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-51049118666&partnerID=40&md5=4e1a73f8720dd6929f56cc0a74e8a186>.

Moein, S. E., Musick, J. A., Keinath, D. E., Barnard, M., Lenhardt, M., & George, R. (1995). Evaluation of seismic sources for repelling sea turtles from hopper dredges. In L. Z. Hales (Ed.), Sea Turtle Research Program: Summary Report (1st ed.). U. S. Army Corps of Engineers.

Myers, A. E., & Hays, G. C. (2006). Do leatherback turtles *Dermochelys coriacea* forage during the breeding season? A combination of data-logging devices provide new insights. Marine Ecology Progress Series, 322, 259–267. <https://doi.org/10.3354/meps322259>.

Nelms, S. E., Piniak, W. E. D., Weir, C. R., & Godley, B. J. (2016). Seismic surveys and marine turtles: An underestimated global threat? Biological Conservation, 193 (November 2015), 49–65. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.020>.

O'hara, J., & Wilcox, J. R. (1990). Avoidance responses of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, to low frequency sound. Copeia, 2.

Piniak, W. E. D. (2012). Acoustic ecology of sea turtles: Implications for conservation. Duke University.

Piniak, W. E. D., Eckert, S. A., Harms, C. A., & Stringer, E. M. (2012). Underwater hearing sensitivity of the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*): Assessing the potential effect of anthropogenic noise. www.boem.gov

Portaria MMA n.148, de 7 de Junho de 2022, Ministério do Meio Ambiente (2022).

Prosdocimi, L., Dutton, P. H., Albareda, D., & Remis, M. I. (2014). Origin and genetic diversity of leatherbacks (*Dermochelys coriacea*) at Argentine foraging grounds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 458, 13–19. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.04.025>.

R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing (4.3.3). R Foundation for Statistical Computing.

Ribeiro, L. E. S., Feitosa, Y. O., Barreto, L., & Pezzuti, J. (2025). Evaluation of anthropogenic impacts on marine turtle populations in Lençóis Maranhenses National Park. *Marine Pollution Bulletin*, 217, 118145.

Salmon, M., Jones, T. T., & Horch, K. W. (2004). Ontogeny of diving and feeding behavior in juvenile seaturtles: Leatherback seaturtles (*Dermochelys coriacea* L) and green sea turtles (*Chelonia mydas* L) in the Florida current. *Journal of Herpetology*, 38(1), 36–43. <https://doi.org/10.1670/228-01A>.

Santos, A. J. B., Bellini, C., Santos, E. A. P., Sales, G., Ramos, R., Vieira, D. H. G., Marcovaldi, M. A., Gillis, A., Wildermann, N., Mills, M., Gandra, T., & Fuentes, M. M. P. B. (2021). Effectiveness and design of marine protected areas for migratory species of conservation concern: A case study of post-nesting hawksbill turtles in Brazil. *Biological Conservation*, 261(October 2020), 109229. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109229>.

Santos, A. J. B., Cullen, J., Vieira, D. H. G., Lima, E. H. S. M., Quennessen, V., Santos, E. A. P. dos, Bellini, C., Ramos, R., & Fuentes, M. M. P. B. (2023). Decoding the interesting movements of marine turtles using a fine-scale behavioral state approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11(November), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1229144>.

Sasso, C. R., Richards, P. M., Benson, S. R., Judge, M., Putman, N. F., Snodgrass, D., & Stacy, B. A. (2021). Leatherback Turtles in the Eastern Gulf of

Mexico: Foraging and Migration Behavior During the Autumn and Winter. *Frontiers in Marine Science*, 8(April), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.660798>.

Shimada, T., Jones, R., Limpus, C., & Hamann, M. (2012). Improving data retention and home range estimates by data-driven screening. *Marine Ecology Progress Series*, 457, 171–180. <https://doi.org/10.3354/meps09747>.

Silva, I., Fleming, C. H., Noonan, M. J., Alston, J., Foltá, C., Fagan, W. F., & Calabrese, J. M. (2022). Autocorrelation-informed home range estimation: A review and practical guide. In *Methods in Ecology and Evolution* (Vol. 13, Issue 3, pp. 534–544). British Ecological Society. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13786>.

Thomé, J. C. A., Bapistotte, C., Moreira, L. M. D. P., Scalfoni, J. T., Almeida, A. P., Rieth, D. B., & Barata, P. C. R. (2007). Nesting biology and conservation of the leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) in the State of Espírito Santo, Brazil, 1988-1989 to 2003-2004. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(1), 15–27. [https://doi.org/10.2744/1071-8443\(2007\)6\[15:NBACOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2744/1071-8443(2007)6[15:NBACOT]2.0.CO;2).

Turchin, P. (1991). Translating foraging movements in heterogeneous environments into the spatial distribution of foragers. *Ecology*, 72(4), 1253–1266. <https://doi.org/10.2307/1941099>.

Vargas, S. M., Lins, L. S. F., Molfetti, É., Ho, S. Y. W., Monteiro, D., Barreto, J., Colman, L., Vila-Verde, L., Baptistotte, C., Thomé, J. C. A., & Santos, F. R. (2017). Revisiting the genetic diversity and population structure of the critically endangered leatherback turtles in the South-west Atlantic Ocean: insights for species conservation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(1), 31–41. <https://doi.org/10.1017/S002531541700193X>.

Vélez-Rubio, G. M., Prosdocimi, L., López-Mendilaharsu, M., Caraccio, M. N., Fallabrino, A., LaCasella, E. L., & Dutton, P. H. (2023). Natal Origin and Spatiotemporal Distribution of Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*) Strandings at a Foraging Hotspot in Temperate Waters of the Southwest Atlantic Ocean. *Animals*, 13(8), 1285. <https://doi.org/10.3390/ani13081285>.

Vilardo, C., & Barbosa, A. F. (2018). Can you hear the noise? Environmental licensing of seismic surveys in Brazil faces uncertain future after 18 years protecting biodiversity. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(1), 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.11.005>.

Wallace, B. P., Tiwari, M., & Girondot, M. (2013). *Dermochelys coriacea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T6494A43526147. In IUCN Red List of Threatened Species. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T6494A43526147.en>.

Witt, M. J., Bonguno, E. A., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Formia, A., Gibudi, A., Mounguengui, G. A. M., Moussounda, C., Nsafou, M., Nougessono, S., Parnell, R. J., Sounguet, G. P., Verhage, S., & Godley, B. J. (2011). Tracking leatherback turtles from the world's largest rookery: Assessing threats across the South Atlantic. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1716), 2338–2347. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2467>.

X EQUIPE TÉCNICA

Empresa Profissional	Formação	Empresa/ Instituição	Registro de Classe	CTF AIDA/IBAMA
Alexsandro S. dos Santos	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio_131.735	2.291.533
Paulo H. Lara	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio 46.789	2.287.994
Victor Corona Boninsenha	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio_ 84.958	5.553.200
Luana Belique Ruy	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio 131.693	8.550.783
José Cerri	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio 137.271	8.687.532
Bruna Palese	Bióloga	Fundação Projeto Tamar	CRBio 137.489	6.499.814
Matheus Gonçalves	Biólogo	Fundação Projeto Tamar	CRBio 137.472	8.636059
Marianna Castro	Oceanógrafa	Fundação Projeto Tamar	-	8.203.492
Milena Paciolo	Oceanógrafa	Fundação Projeto Tamar	-	8.696.519




Responsabilidade
Técnica

**Relatório
Anual 1**

Revisão 0
Outubro/2025

XI MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela Suplementar 1 – Registros de praia dos animais flagrados parte deste relatório. PTT = Número do Transmissor; Praia = Códigos de praia onde animal foi encontrado; Tipo de Ocorrência = Classificação baseada na deposição ou não de ovos; Situação = Técnica de manejo aplicada.

PTT	Data	Hora	Praia	Tipo Ocorrência	Situação	Longitude	Latitude
281237	2/10/24	22:50:00	MON	CD	I	-39.8088	-19.6342
281237	12/10/24	23:50:00	CBO	SD		-39.98012	-19.73612
281237	14/10/24	20:41:00	CBO	CD	I	-39.89502	-19.67913
281237	5/11/24	20:05:00	CBO	CD	I	-39.95473	-19.716
281237	24/11/24	21:01:00	CBO	CD	I	-39.97701	-19.73339
281238	18/10/24	22:30:00	CBO	CD	I	-40.02081	-19.77384
281238	27/10/24	20:52:00	CBO	CD	I	-39.88046	-19.67317
281238	5/11/24	21:47:00	CBO	CD	I	-39.94995	-19.71263
281238	2/12/24	0:36:00	CBO	ML		-39.91962	-19.69166
281238	2/12/24	2:31:00	CBO	CD	I	-39.92451	-19.69497
281239	20/11/24		CBO	SD		-40.03028	-19.78335
281239	21/11/24	0:10:00	CBO	CD	I	-39.864	-19.66651
281239	10/12/24	0:12:00	CBO	CD	I	-39.85256	-19.66192
281241	19/10/24	21:40:00	MON	CD	I	-39.76436	-19.54415
281241	7/11/24	1:59:00	CBO	CD	I	-39.88094	-19.67333
281242	20/10/24	20:50:00	CBO	CD	I	-39.87359	-19.67037
281242	30/10/24	0:47:00	CBO	CD	I	-39.84407	-19.65884
281242	8/11/24	0:36:00	CBO	CD	I	-39.92787	-19.69707
281243	6/10/24	22:12:00	CAC	CD	I	-39.72358	-19.44724
281243	17/10/24	21:05:00	CBO	CD	I	-39.98774	-19.74283
281243	10/11/24	21:43:00	CBO	CD	I	-39.86999	-19.669
281243	13/12/24	23:13:00	CBO	CD	I	-39.95817	-19.71876
281244	29/11/24	22:42:00	CBO	CD	I	-39.9638	-19.72287
281244	9/12/24	23:15:00	CBO	ML		-39.90498	-19.68311

Tabela Suplementar 2 – Área em km² utilizada por cada tartaruga baseada no kernel autocorrelacionado (AKDE) com delineamentos de 50% e 95% durante o período internidal.

Transmissor	50%	95%
281237	2883,2	13245,2
281238	4199,3	21936,9
281239	8161,6	33832,1
281241	4761,3	15640,2
281242	7085,5	23594,8
281243	1795,3	8390,8

Continua...

Continuação **Tabela Suplementar 2**

281244	2897,0	13759,0
Média	4540,5	18628,4

Tabela Suplementar 3 – Estatísticas descritivas dos mergulhos de *D. coriacea* por tipo de comportamento (internidal, migração e alimentação). São apresentados profundidade (em m), a duração dos mergulhos (em min) e o tempo de superfície (em min) bruto e truncado em p99,9 (percentil). Para cada métrica são fornecidos o número de observações (n), valor mínimo (mín) e máximo (máx), percentis de 5% (p05), de 50% (mediana), 95% (p95) e 99% (p99), média e desvio padrão (DP).

Métrica	Comportamento	n	mín	p05	mediana	média	p95	p99	máx	DP
Profundidade e	Internidal	9959	2,5	4,0	12,5	17,8	49,0	76,5	411,5	17,0
Profundidade	Migração	5668	3,0	8,0	44,0	59,3	141,5	233,5	847,5	55,0
Profundidade	Alimentação	20763	2,5	4,0	16,0	25,6	76,5	106,5	879,5	27,0
Duração do mergulho	Internidal	9959	1,0	1,4	4,5	5,5	12,8	18,2	25,5	3,7
Duração do mergulho	Migração	5668	1,0	2,4	18,8	19,4	38,3	57,0	83,5	11,2
Duração do mergulho	Alimentação	20763	1,0	1,5	9,7	11,9	31,8	47,5	76,2	9,7
Tempo de superfície bruto	Internidal	9964	0,2	0,7	2,4	3,5	9,5	23,8	284,5	6,4
Tempo de superfície bruto	Migração	5666	0,2	1,5	3,2	10,5	41,0	144,2	672,5	30,2
Tempo de superfície bruto	Alimentação	20755	0,2	0,7	2,4	3,9	9,0	32,5	649,5	12,0
Tempo de superfície p99,9	Internidal	9954	0,2	0,7	2,4	3,4	9,4	22,8	75,0	4,6
Tempo de superfície p99,9	Migração	5660	0,2	1,5	3,2	10,0	40,4	136,9	364,5	25,9
Tempo de superfície p99,9	Alimentação	20734	0,2	0,7	2,4	3,7	8,8	30,3	180,4	7,6

Tabela Suplementar 4 – Estatísticas descritivas média, mediana, desvio-padrão (DP) e número de amostras (n) das variáveis de movimento e mergulho da tartaruga 281244 nos diferentes períodos de atividade sísmica (Fases: Pré-Jubarte, Durante Jubarte, Entre eventos, Durante Caratinga e Pós-Caratinga). O comprimento do passo expresso em km, profundidade máxima em metros e a duração do mergulho e o tempo de superfície em minutos.

Variável	Fase	Média	Mediana	DP	n
Comprimento do passo	Pre_Jubarte	2,3	2,0	0,9	60
Comprimento do passo	Durante_Jubarte	4,0	4,0	0,7	5
Comprimento do passo	Entre_eventos	4,5	4,0	1,0	4
Comprimento do passo	Durante_Caratinga	5,0	5,0	0,0	5
Comprimento do passo	Pos_Caratinga	2,2	2,0	1,1	60
Profundidade máxima	Pre_Jubarte	28,2	17,0	31,7	581
Profundidade máxima	Durante_Jubarte	86,8	43,0	121,0	18
Profundidade máxima	Entre_eventos	80,6	76,5	81,1	29
Profundidade máxima	Durante_Caratinga	94,8	101,5	32,8	16
Profundidade máxima	Pos_Caratinga	41,3	38,0	27,1	487
Duração dos mergulhos	Pre_Jubarte	10,2	7,7	8,1	581
Duração dos mergulhos	Durante_Jubarte	16,8	20,0	9,9	18
Duração dos mergulhos	Entre_eventos	19,1	21,4	9,8	29
Duração dos mergulhos	Durante_Caratinga	29,3	30,8	6,1	16
Duração dos mergulhos	Pos_Caratinga	12,0	12,2	6,3	487
Tempo de superfície	Pre_Jubarte	4,3	3,0	6,8	582
Tempo de superfície	Durante_Jubarte	34,6	7,4	56,7	18
Tempo de superfície	Entre_eventos	16,8	4,0	34,2	27
Tempo de superfície	Durante_Caratinga	4,1	3,0	4,5	17
Tempo de superfície	Pos_Caratinga	3,4	2,7	3,5	487

Tabela Suplementar 5 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis para avaliar diferenças entre fases (Pré-Jubarte, Jubarte, Barracuda-Caratinga, Pós-Caratinga) nas variáveis de movimentos vertical e horizontal da tartaruga 281244. H = estatística de Kruskal-Wallis; gl = graus de liberdade; p-valor em notação científica. Valores de p indicam diferenças significativas para todas as variáveis analisadas.

Variável	H	gl	p-valor
Comprimento do passo	33,6	4	$8,95 \times 10^{-7}$
Profundidade máxima	148,8	4	$3,63 \times 10^{-31}$
Duração dos mergulhos	102,2	4	$3,31 \times 10^{-21}$
Tempo de superfície	63,7	4	$4,84 \times 10^{-13}$

Tabela Suplementar 6 – Resultados dos testes de Wilcoxon pareados entre fases (Pré-Jubarte, Durante-Jubarte, Entre-eventos, Durante-Caratinga e Pós-Caratinga) para variáveis de movimento e mergulho da tartaruga 281244. Valores apresentados como medianas (med_A e med_B) e número de observações (n_A e n_B). p-ajustado corresponde ao valor de p corrigido para múltiplas comparações (método de Holm). Comparações significativas (p-ajustado < 0,05) estão marcadas com asterisco. O comprimento do passo expresso em km, profundidade máxima em metros e a duração do mergulho e o tempo de superfície em minutos.

Variável	Fase A	Fase B	Med_A	Med_B	n_A	n_B	p-ajustado
Comprimento do passo	Pré-Jubarte	Durante-Jubarte	2	4	60	5	0,007*
Comprimento do passo	Pré-Jubarte	Entre-eventos	2	4	60	4	0,007*
Comprimento do passo	Pré-Jubarte	Durante-Caratinga	2	5	60	5	0,001*
Comprimento do passo	Pré-Jubarte	Pós-Caratinga	2	2	60	60	0,825
Comprimento do passo	Durante-Jubarte	Entre-eventos	4	4	5	4	0,825
Comprimento do passo	Durante-Jubarte	Durante-Caratinga	4	5	5	5	0,093
Comprimento do passo	Durante-Jubarte	Pós-Caratinga	4	2	5	60	0,014*
Comprimento do passo	Entre-eventos	Durante-Caratinga	4	5	4	5	0,653
Comprimento do passo	Entre-eventos	Pós-Caratinga	4	2	4	60	0,014*
Comprimento do passo	Durante-Caratinga	Pós-Caratinga	5	2	5	60	0,003*
Profundidade máxima	Pré-Jubarte	Durante-Jubarte	17	43	581	18	0,165
Profundidade máxima	Pré-Jubarte	Entre-eventos	17	76.5	581	29	9.7×10^{-6} *
Profundidade máxima	Pré-Jubarte	Durante-Caratinga	17	101.5	581	16	1.0×10^{-7} *
Profundidade máxima	Pré-Jubarte	Pós-Caratinga	17	38	581	487	3.1×10^{-24} *
Profundidade máxima	Durante-Jubarte	Entre-eventos	43	76.5	18	29	0,635
Profundidade máxima	Durante-Jubarte	Durante-Caratinga	43	101.5	18	16	0,280
Profundidade máxima	Durante-Jubarte	Pós-Caratinga	43	38	18	487	0,635
Profundidade máxima	Entre-eventos	Durante-Caratinga	76.5	101.5	29	16	0,283
Profundidade máxima	Entre-eventos	Pós-Caratinga	76.5	38	29	487	0,008*
Profundidade máxima	Durante-Caratinga	Pós-Caratinga	101.5	38	16	487	2.7×10^{-6} *
Duração mergulhos	Pré-Jubarte	Durante-Jubarte	7.7	20	581	18	0,041*
Duração mergulhos	Pré-Jubarte	Entre-eventos	7.7	21.4	581	29	7.8×10^{-5} *
Duração mergulhos	Pré-Jubarte	Durante-Caratinga	7.7	30.8	581	16	7.9×10^{-9} *
Duração mergulhos	Pré-Jubarte	Pós-Caratinga	7.7	12.2	581	487	8.5×10^{-11} *
Duração mergulhos	Durante-Jubarte	Entre-eventos	20	21.4	18	29	0,393
Duração mergulhos	Durante-Jubarte	Durante-Caratinga	20	30.8	18	16	2.4×10^{-4} *
Duração mergulhos	Durante-Jubarte	Pós-Caratinga	20	12.2	18	487	0,041*
Duração mergulhos	Entre-eventos	Durante-Caratinga	21.4	30.8	29	16	5.9×10^{-4} *

Continua...

Continuação **Tabela Suplementar 6**

Duração mergulhos	Entre-eventos	Pós-Caratinga	21.4	12.2	29	487	$4.3 \times 10^{-4}^*$
Duração mergulhos	Durante-Caratinga	Pós-Caratinga	30.8	12.2	16	487	$1.8 \times 10^{-8}^*$
Tempo de superfície	Pré-Jubarte	Durante-Jubarte	3	7.4	582	18	$7.6 \times 10^{-6}^*$
Tempo de superfície	Pré-Jubarte	Entre-eventos	3	4	582	27	0,002*
Tempo de superfície	Pré-Jubarte	Durante-Caratinga	3	3	582	17	0,682
Tempo de superfície	Pré-Jubarte	Pós-Caratinga	3	2.7	582	487	$1.1 \times 10^{-4}^*$
Tempo de superfície	Durante-Jubarte	Entre-eventos	7.4	4	18	27	0,127
Tempo de superfície	Durante-Jubarte	Durante-Caratinga	7.4	3	18	17	$5.7 \times 10^{-4}^*$
Tempo de superfície	Durante-Jubarte	Pós-Caratinga	7.4	2.7	18	487	$2.7 \times 10^{-7}^*$
Tempo de superfície	Entre-eventos	Durante-Caratinga	4	3	27	17	0,057
Tempo de superfície	Entre-eventos	Pós-Caratinga	4	2.7	27	487	$2.4 \times 10^{-5}^*$
Tempo de superfície	Durante-Caratinga	Pós-Caratinga	3	2.7	17	487	0,085

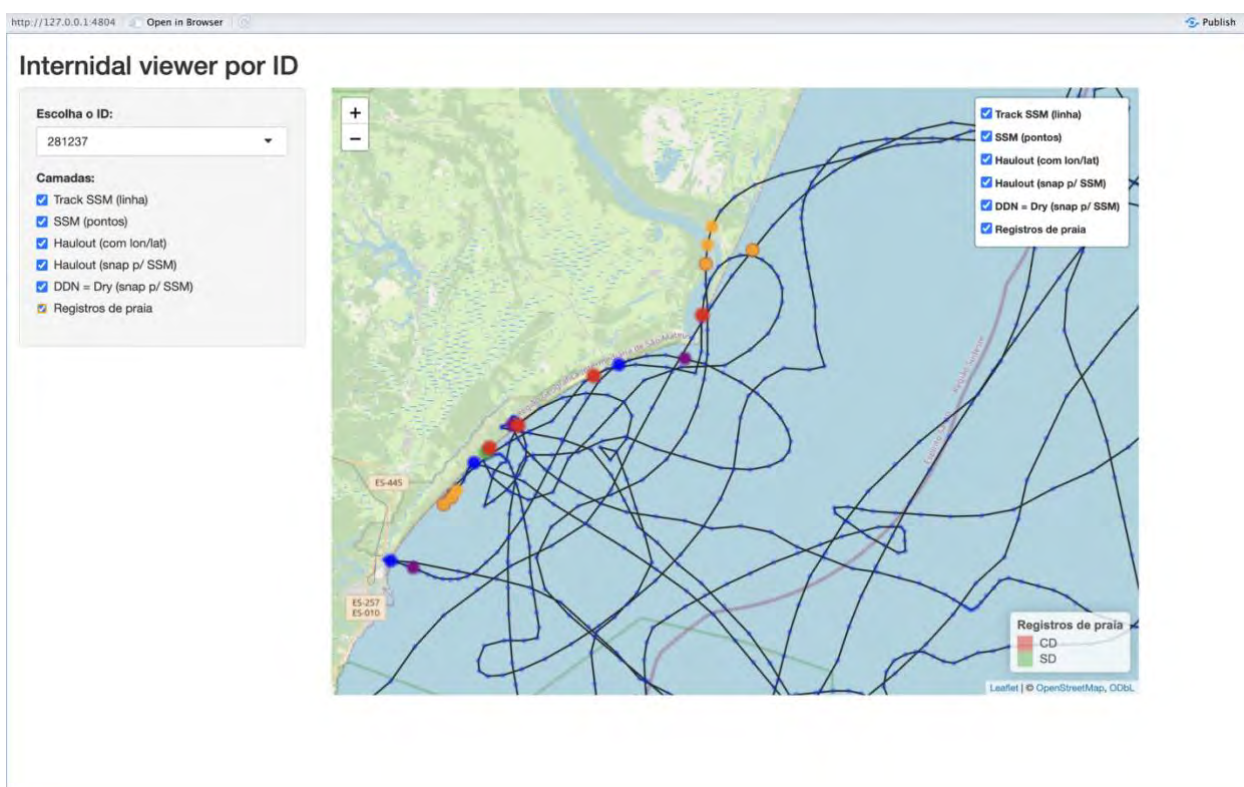


Figura Suplementar 1 – Exemplo de análise feita para cada tartaruga para determinação do fim do período internidal.

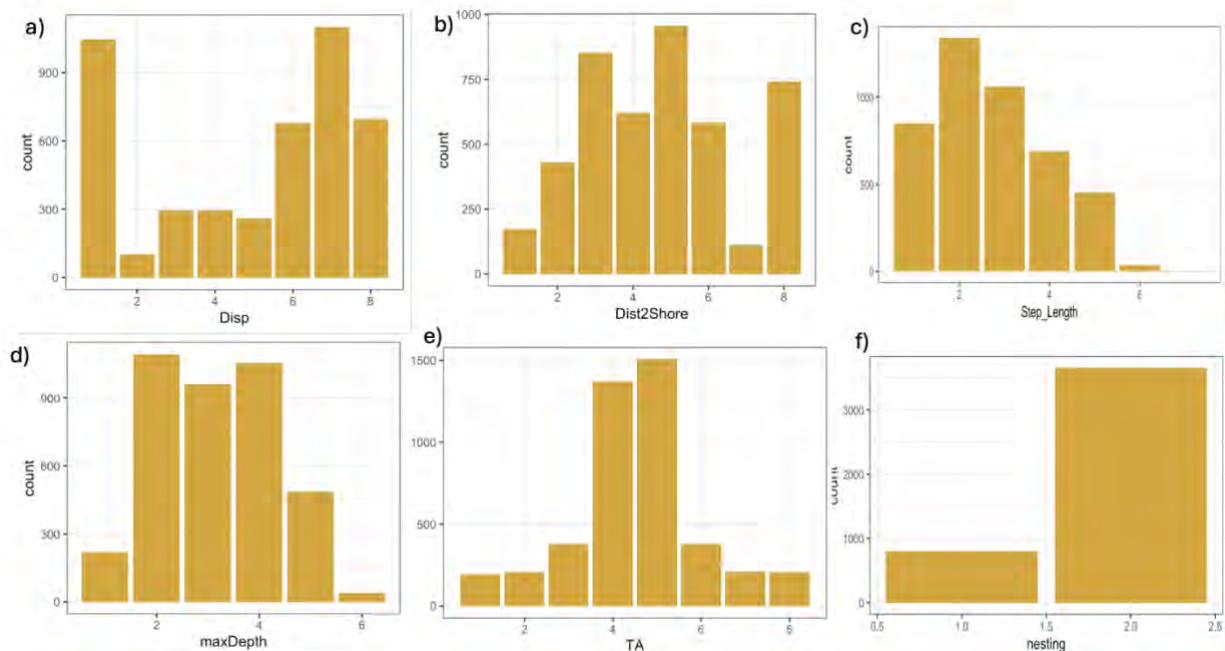


Figura Suplementar 2 – Discretização das variáveis. (a) deslocamento em km, (b) distância da costa em km, (c) comprimento do passo, (d) profundidade máxima (m), (e) ângulos, (f) estágio reprodutivo.

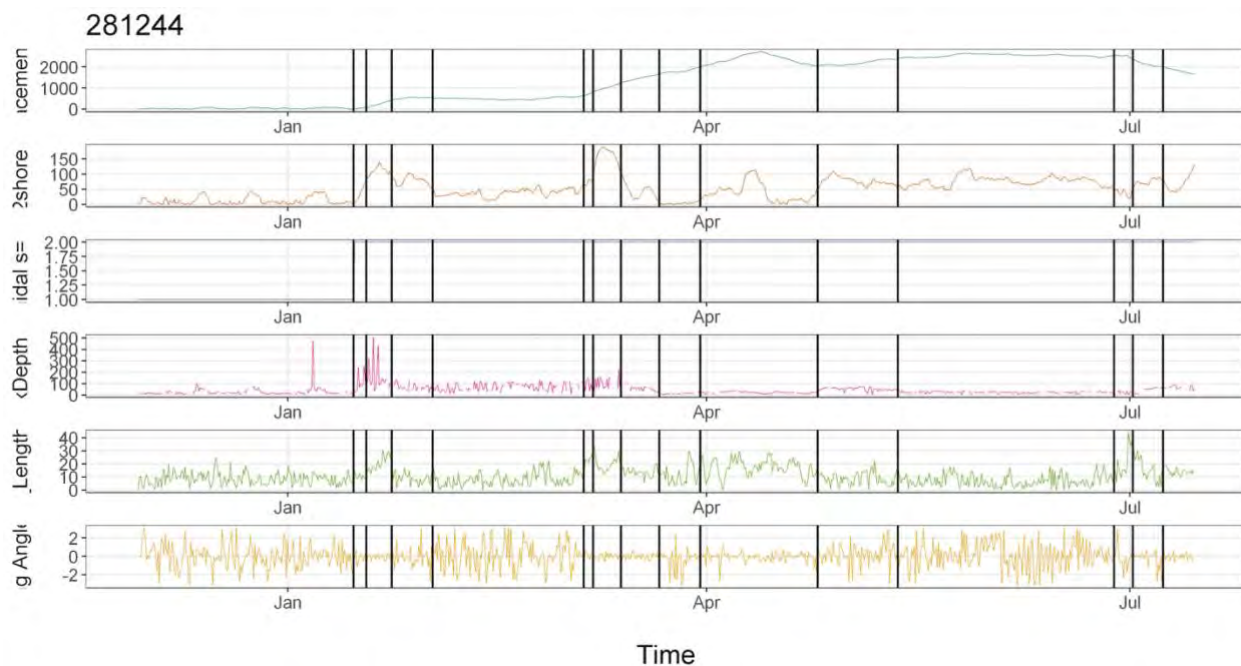


Figura Suplementar 3 – Exemplo dos pontos de quebra para um indivíduo (281244) que apresentou 14 pontos de quebra.

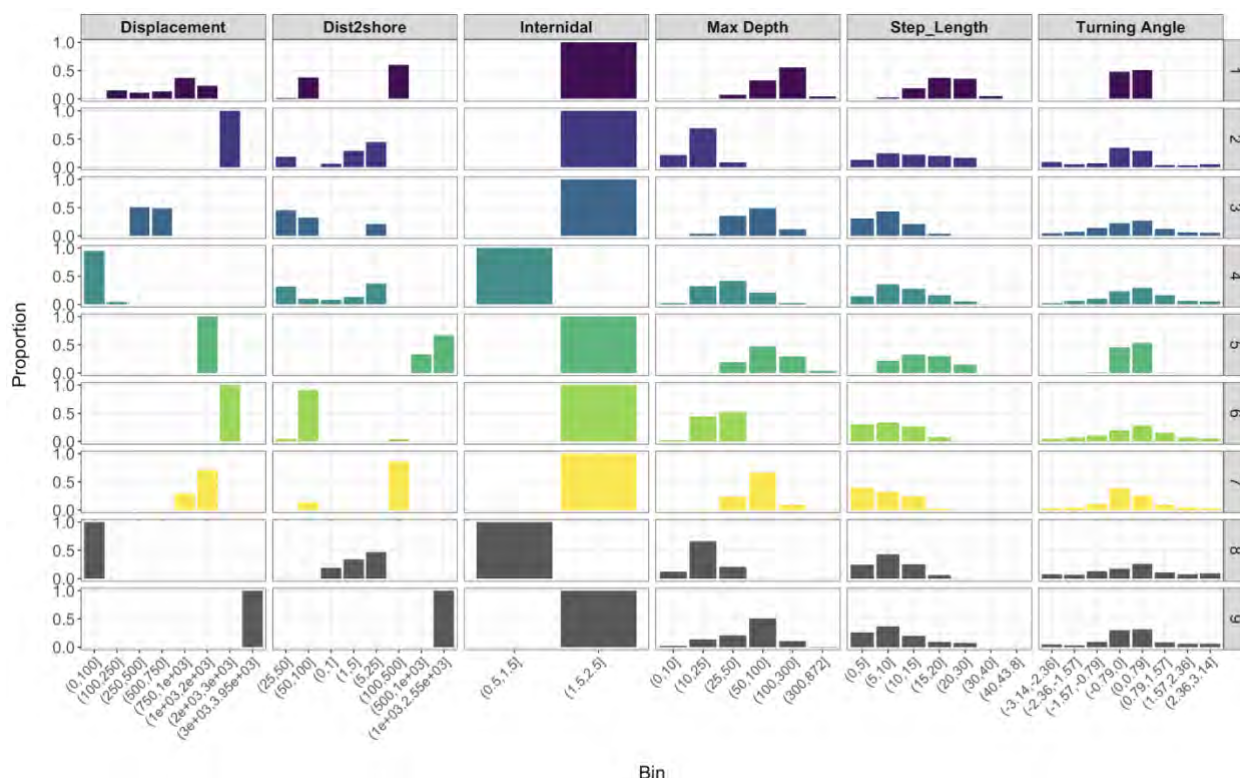


Figura Suplementar 4 – Distribuições de proporções para os nove possíveis clusters. O deslocamento e a distância da costa estão indicados em quilômetros, e os ângulos de curvatura em radianos. O Cluster 1 foi classificado como Migração_1 (28,7% dos dados). O Cluster 2 foi classificado como Alimentação_1 (17,1% dos dados). O Cluster 3 foi classificado como Alimentação_2 (15,5% dos dados). O Cluster 4 foi classificado como Internidal_1 (12,9% dos dados). O Cluster 5 foi classificado como Migração_2 (8,9% dos dados). O Cluster 6 foi classificado como Alimentação_3 (6,7% dos dados). O Cluster 7 foi classificado como Alimentação_4 (3,9% dos dados). O Cluster 8 foi classificado como Internidal_2 (3,5% dos dados). O Cluster 9 foi classificado como Alimentação_6 (2,8% dos dados).

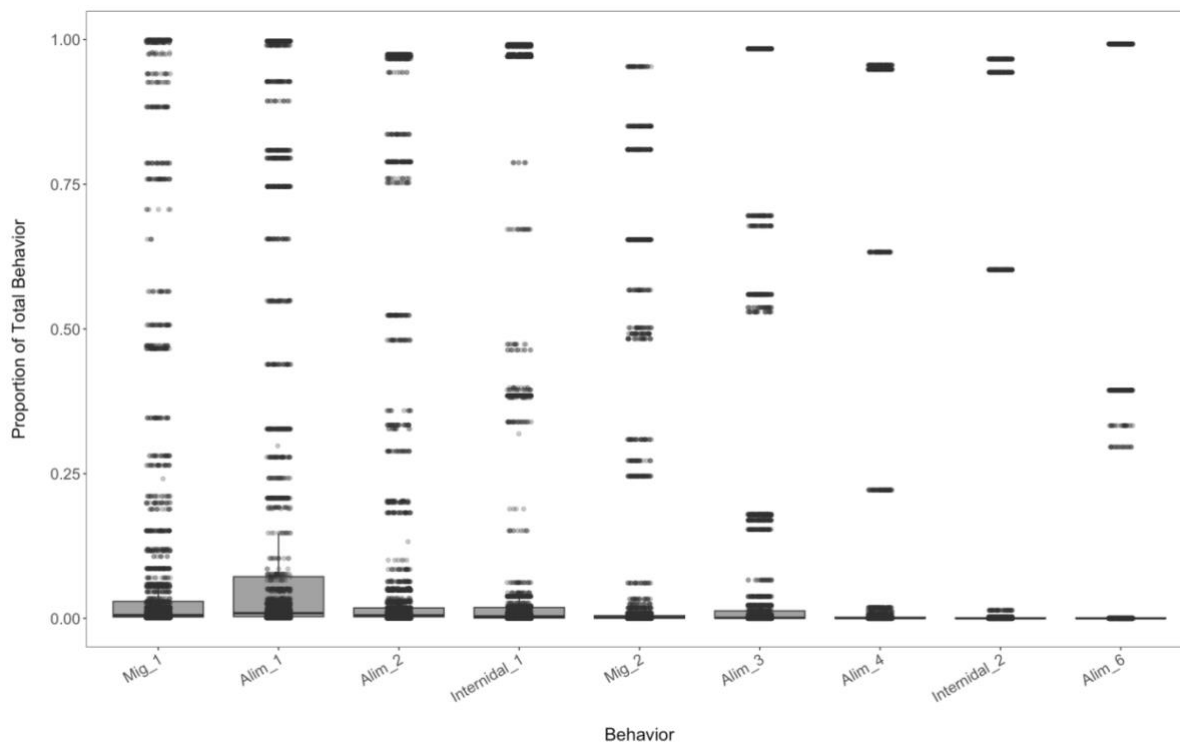


Figura Suplementar 5 – Distribuição dos clusters antes de agrupar.

Tartaruga 281237

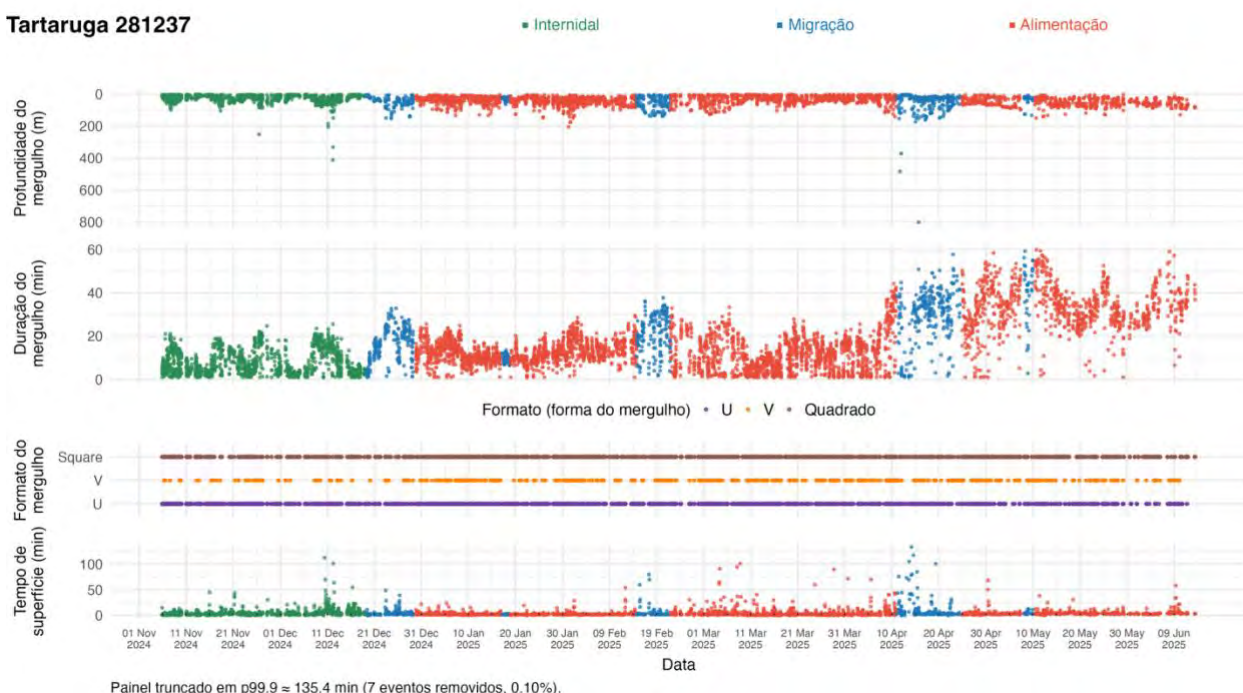


Figura Suplementar 6 – Padrões de mergulho da tartaruga 281237 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281238

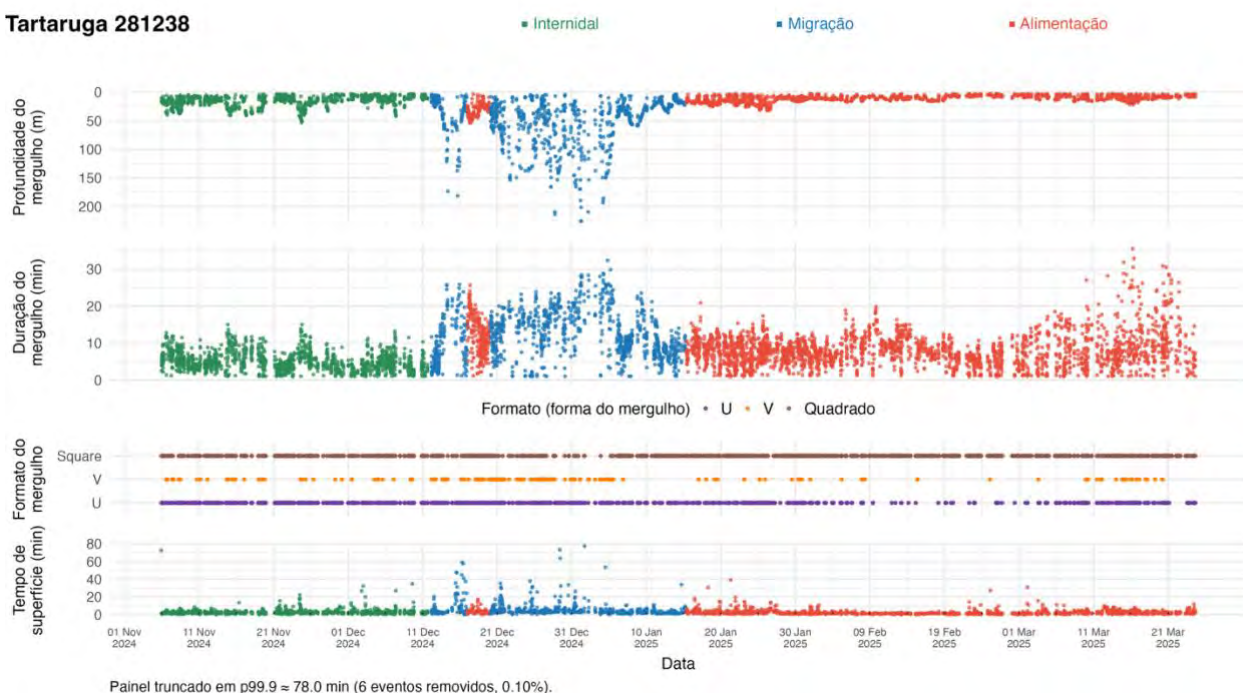


Figura Suplementar 7 – Padrões de mergulho da tartaruga 281238 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281239

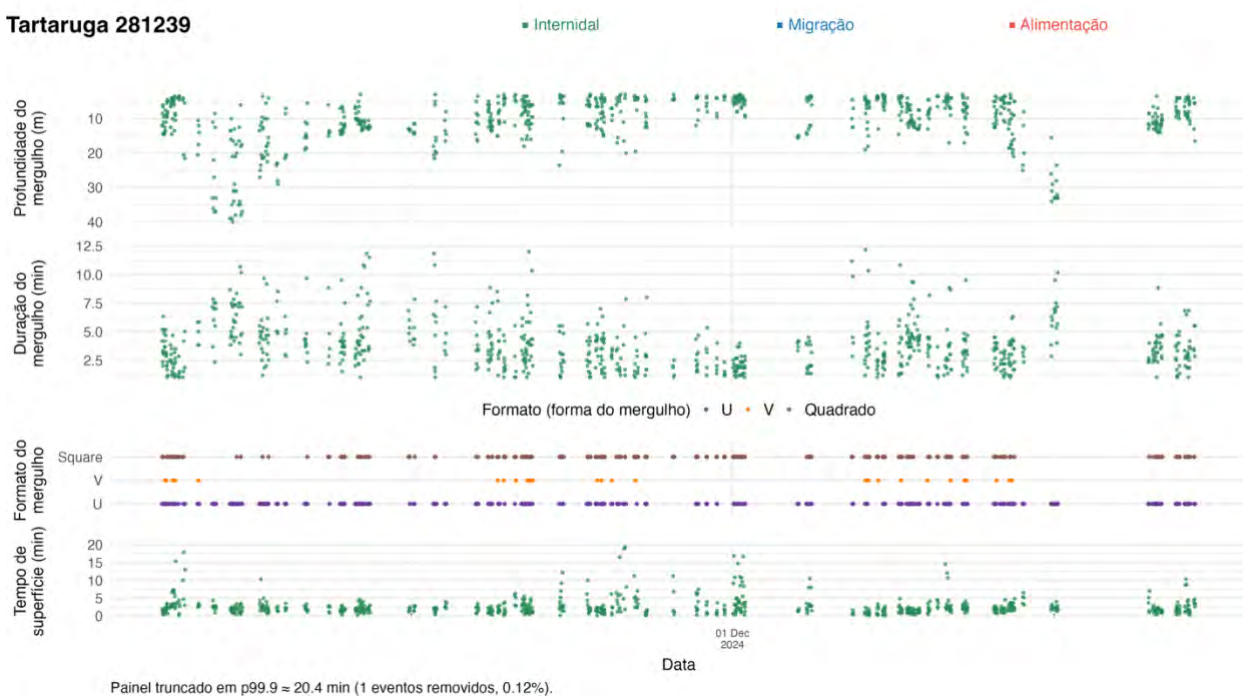


Figura Suplementar 8 – Padrões de mergulho da tartaruga 281239 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281241

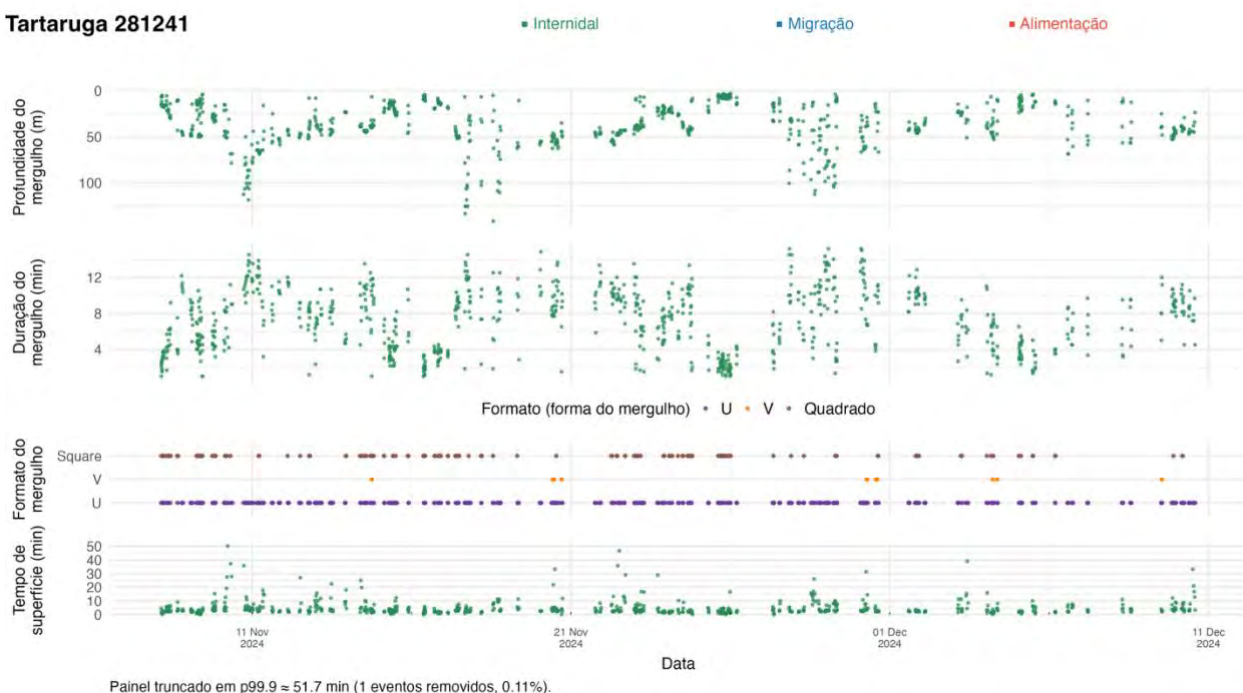


Figura Suplementar 9 – Padrões de mergulho da tartaruga 281241 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281242

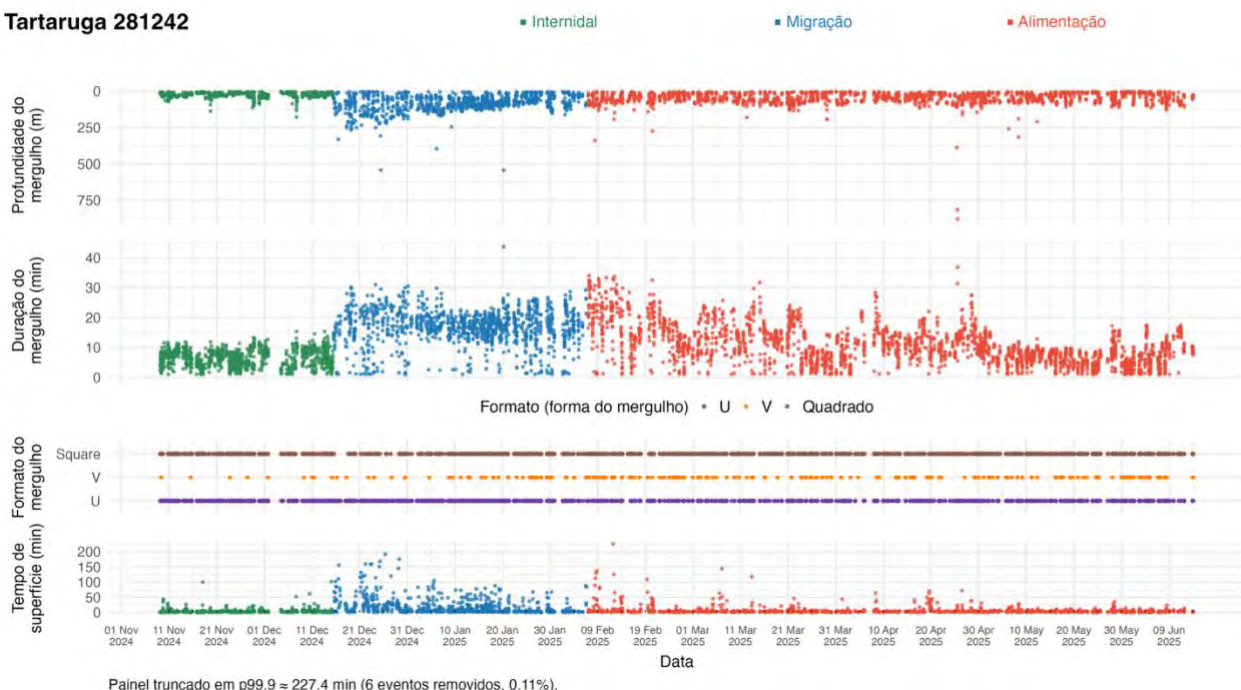


Figura Suplementar 10 – Padrões de mergulho da tartaruga 281242 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281243



Painel truncado em p99.9 \approx 337.7 min (10 eventos removidos, 0.11%).

Figura Suplementar 11 – Padrões de mergulho da tartaruga 281243 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização.

Tartaruga 281244

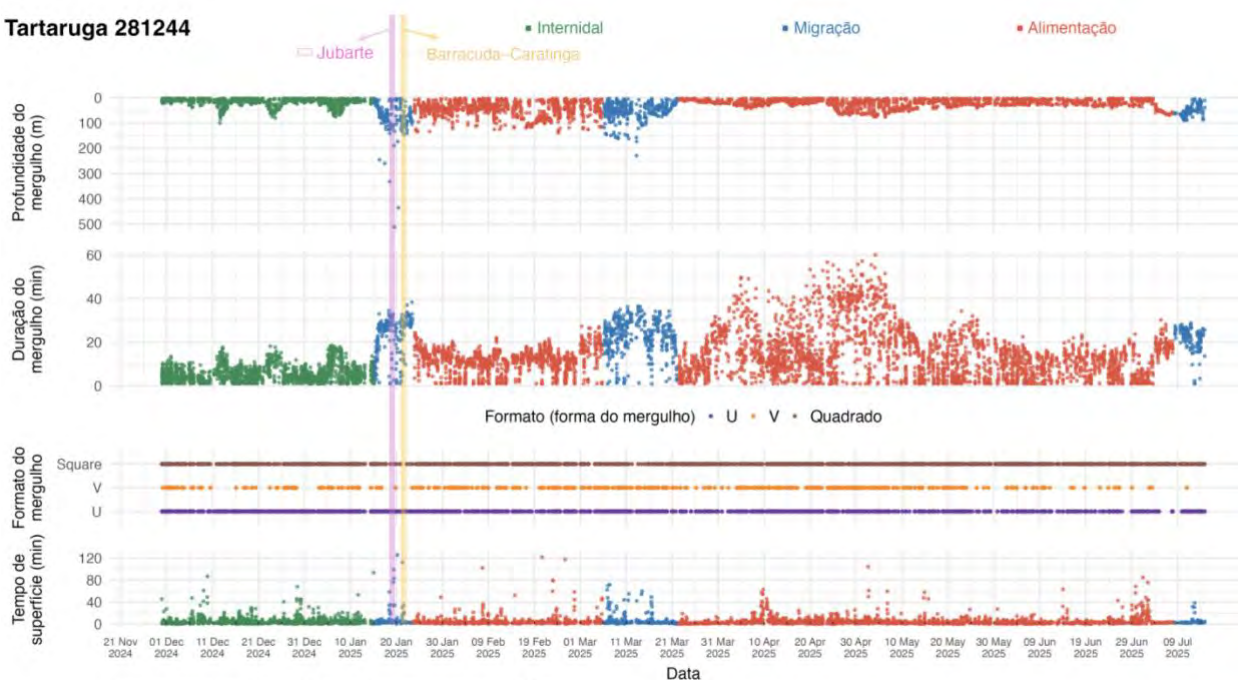


Figura Suplementar 12 – Padrões de mergulho da tartaruga 281244 ao longo do período de monitoramento, classificados em três estados comportamentais: internidal (verde), migração (azul) e alimentação (vermelho). O painel superior mostra a profundidade máxima (m) de cada mergulho; seguido do painel que apresenta a duração do mergulho (min), com a indicação do formato (U, V ou quadrado) embaixo; e o painel inferior mostra o tempo de superfície (min) entre mergulhos consecutivos. Eventos extremos foram truncados em p99,9 para melhor visualização. As áreas sombreadas em rosa representam a janela de sobreposição com a sísmica Jubarte (19–20 de janeiro de 2025), e em laranja a sobreposição com a sísmica Barracuda-Caratinga (21–22 de janeiro de 2025).

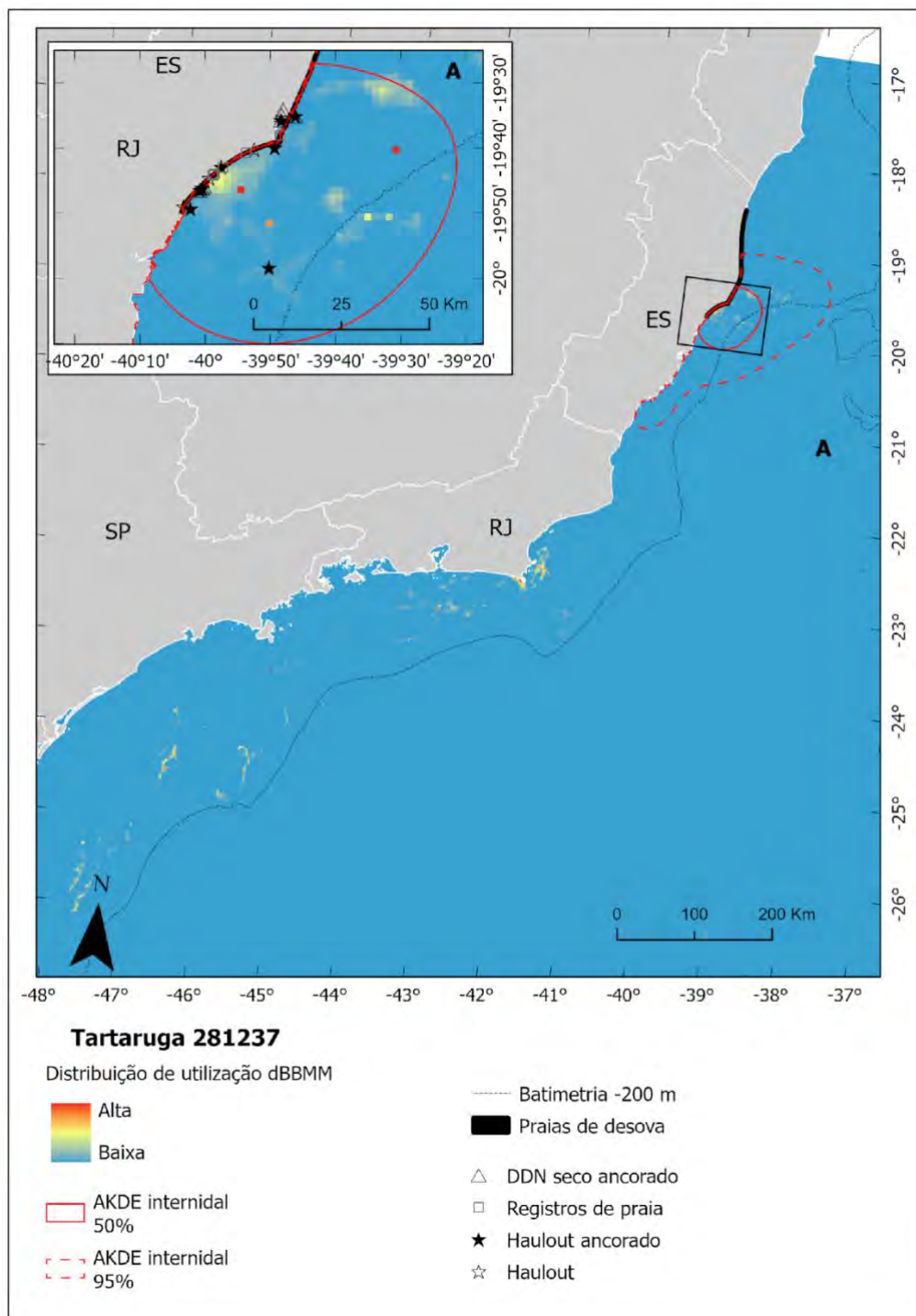


Figura Suplementar 13 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dbBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

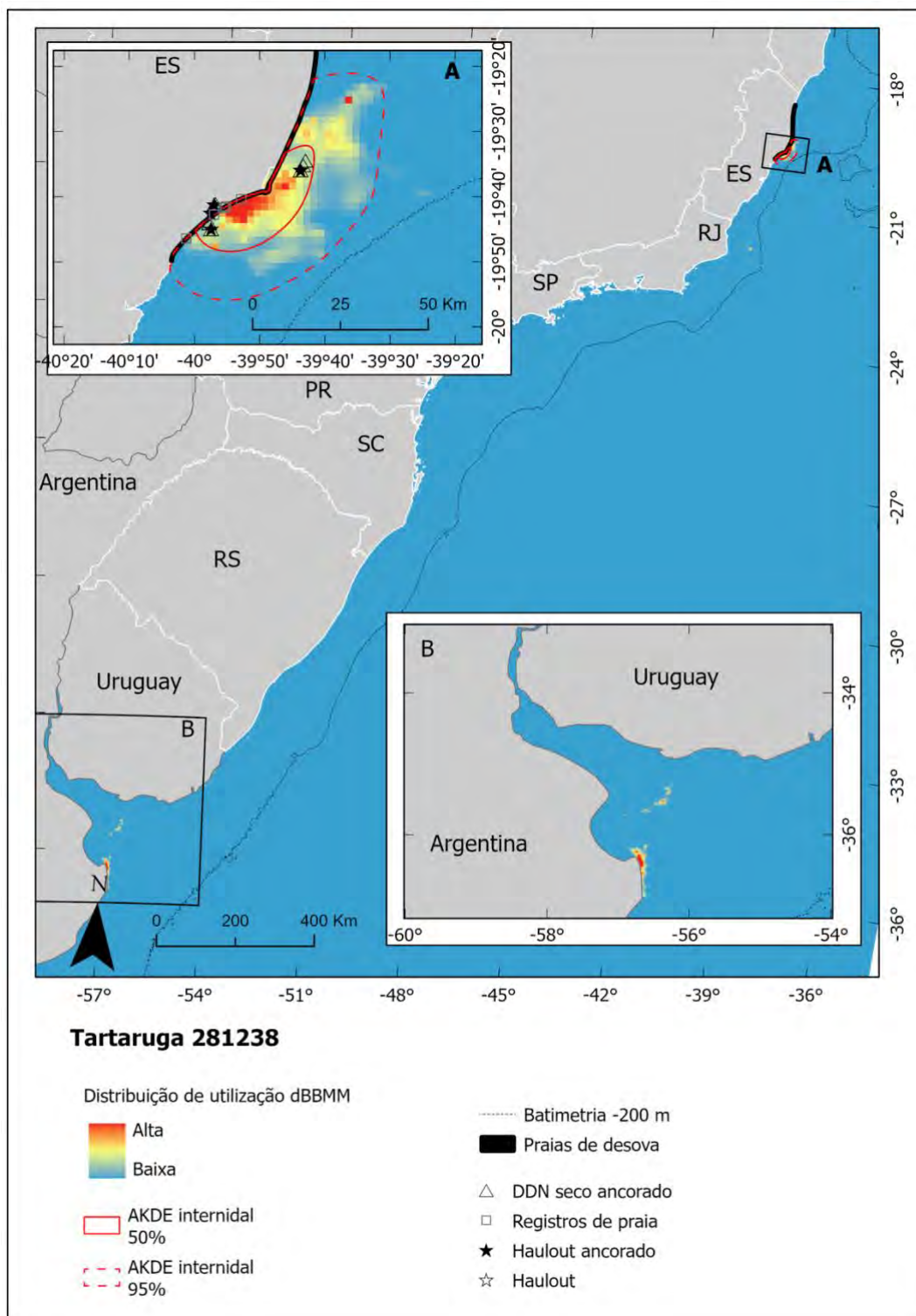


Figura Suplementar 14 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

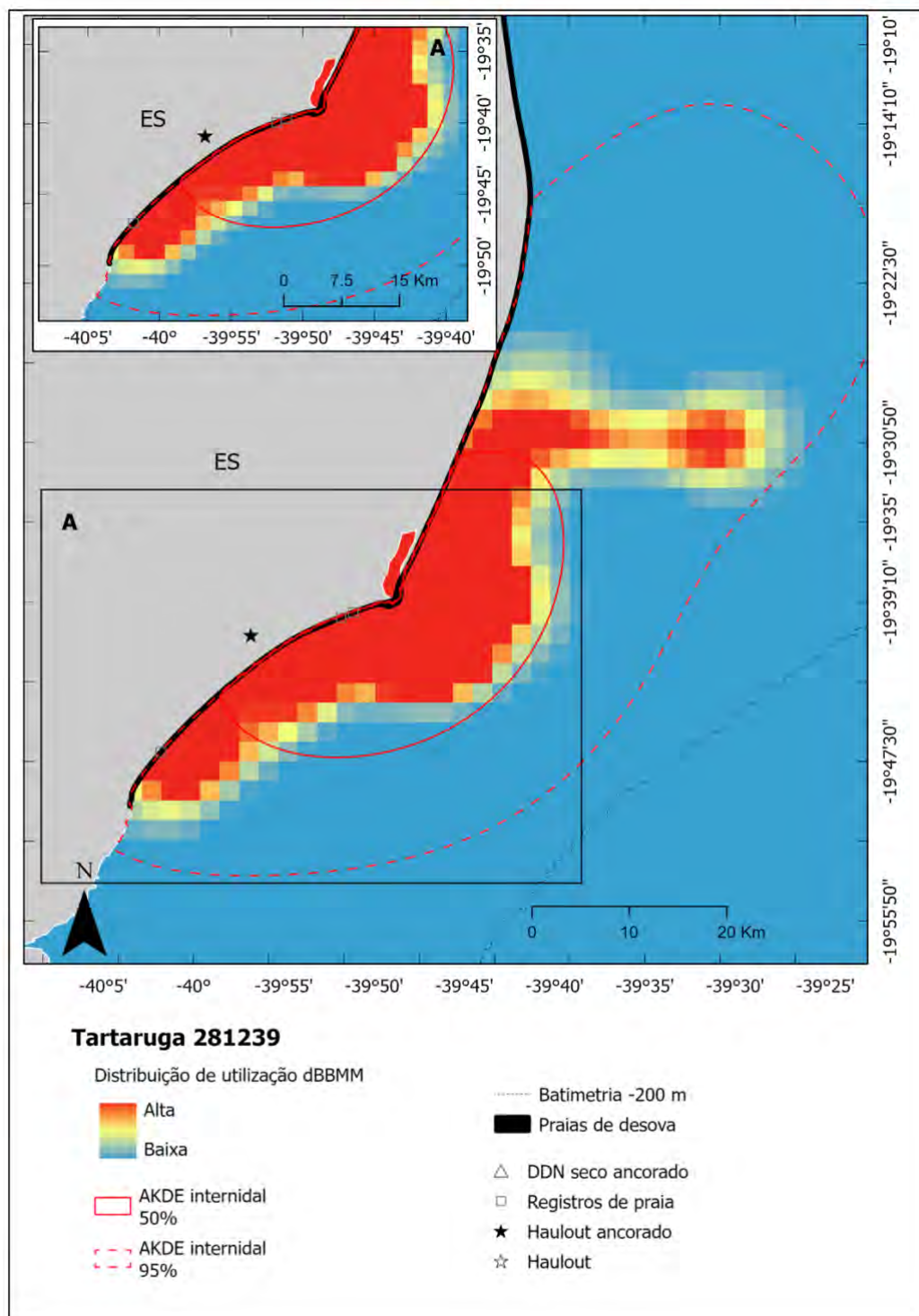


Figura Suplementar 15 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

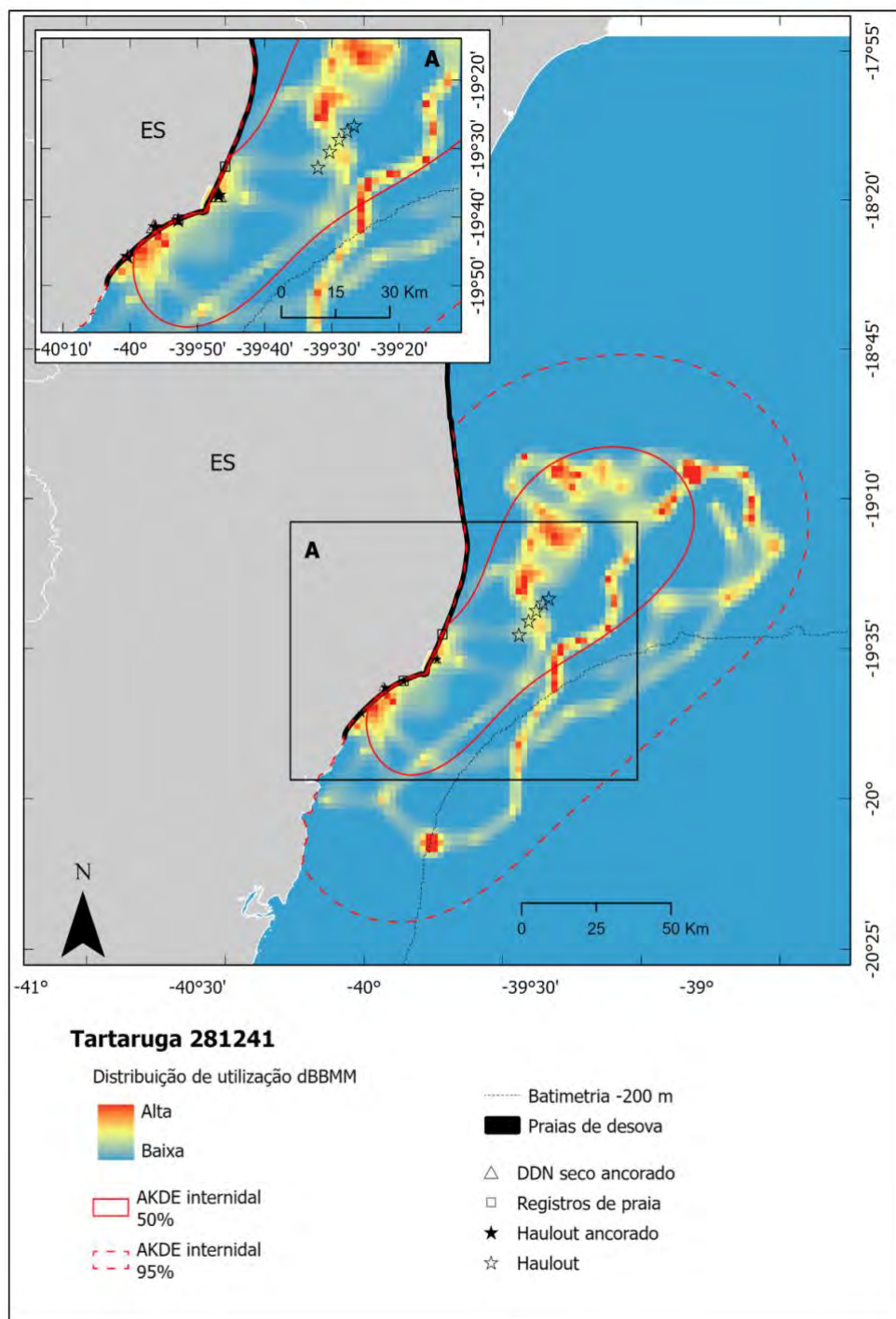


Figura Suplementar 16 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*. Os haulouts na água representam o possível evento de morte, incluídos na figura, mas não utilizados nos modelos de estimativa de comportamento.

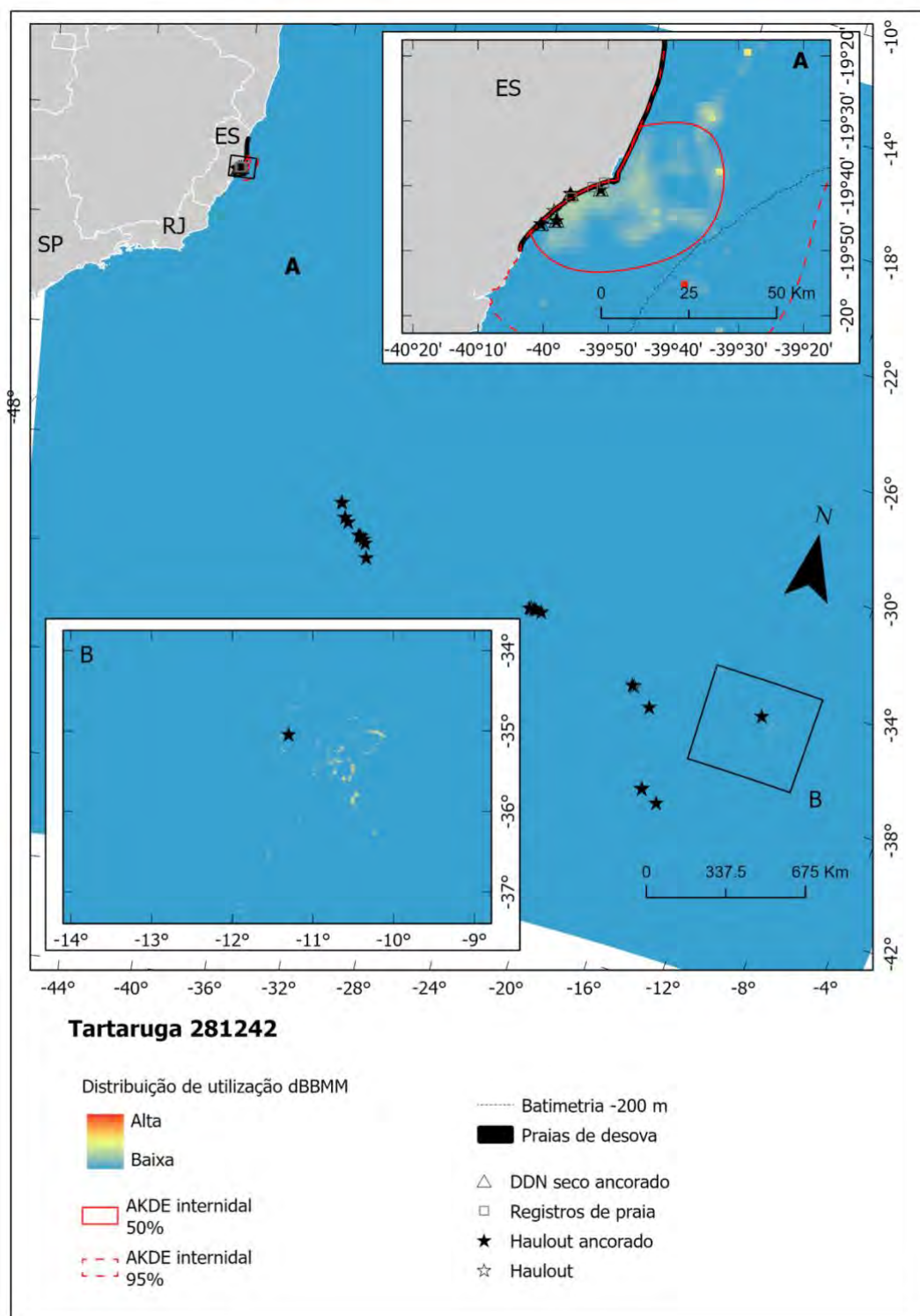


Figura Suplementar 17 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dbBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

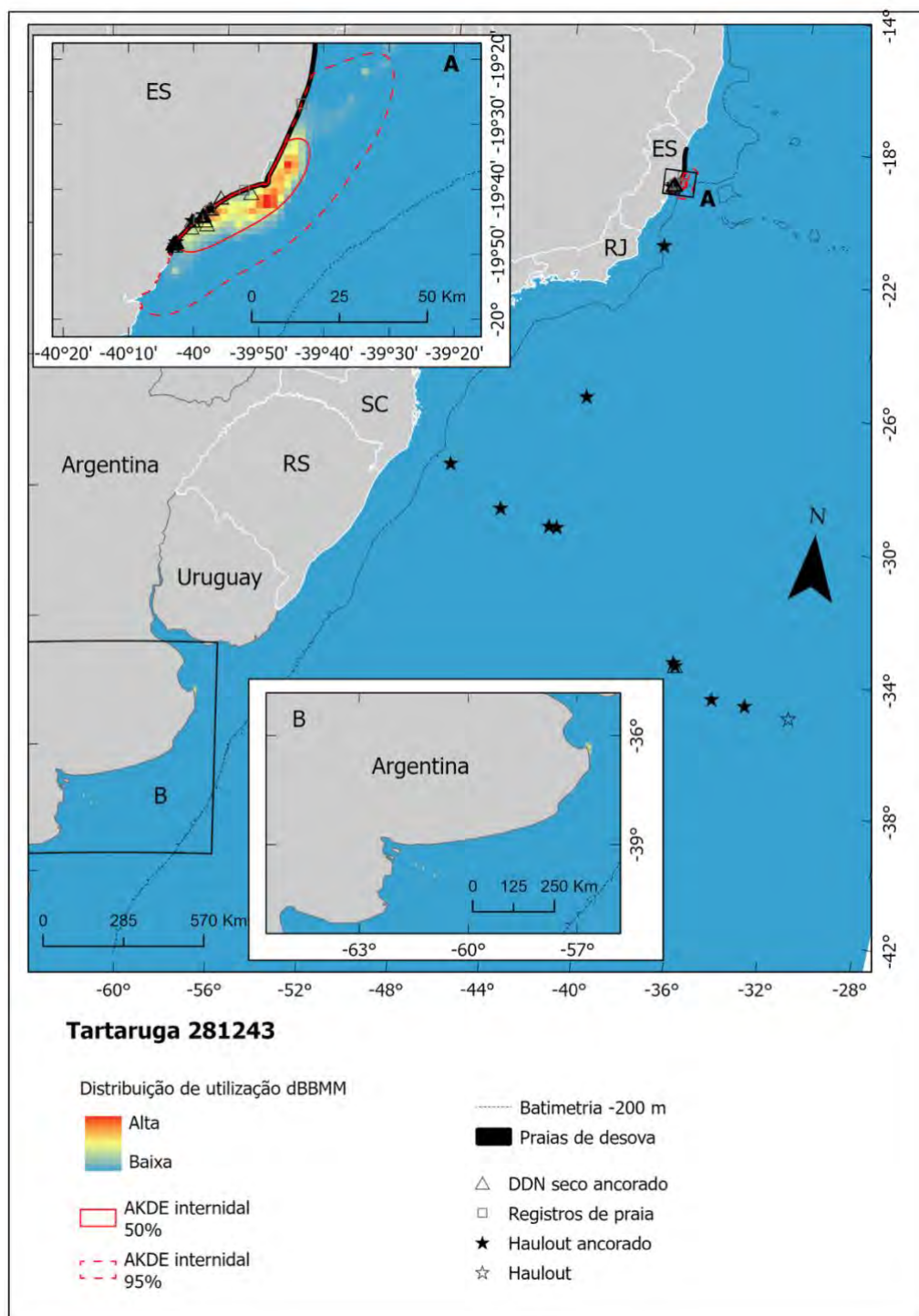


Figura Suplementar 18 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

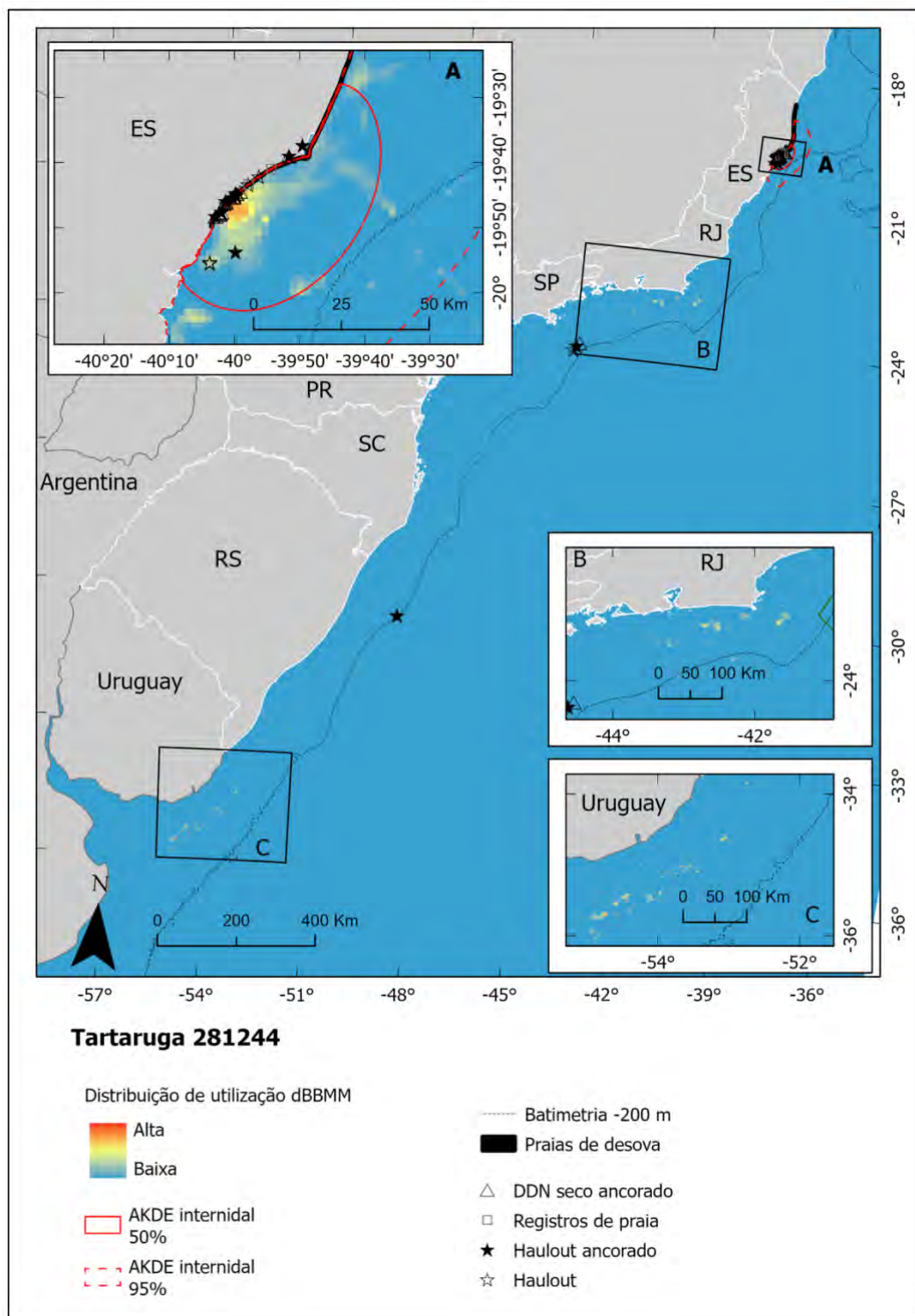


Figura Suplementar 19 – Delineamento da área internidal com kernel auto-correlacionado (AKDE) e distribuição espacial estimada por modelo de difusão de movimento browniano dinâmico (dBMM) para todo o período de rastreamento de um indivíduo de *D. coriacea*.

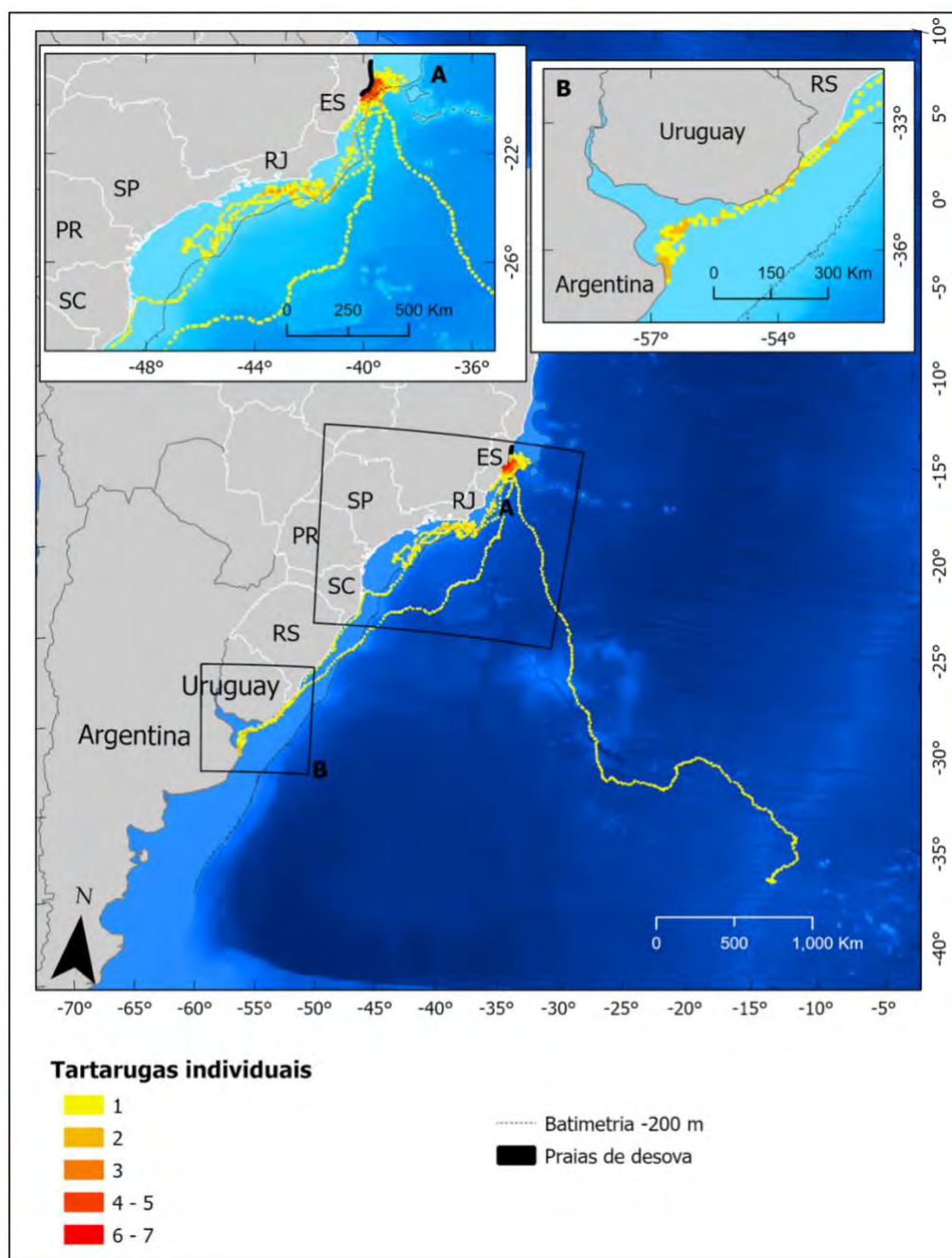


Figura Suplementar 20 – Movimentos pós-nidificação de *D. coriacea* com contagem de indivíduos por célula de 10 km.

XII ANEXOS

XII.1 ANEXO 1



Leatherback Turtle Carapacial Tag Attachment Protocol



©Matthew Witt, Centre for Ecology and Conservation, University of Exeter.

*Based on the protocol developed by Matthew Witt at the Centre for
Ecology and Conservation at the University of Exeter.*

v.201801

Turtles deemed suitable for attachment of electronic tags should be in good physical condition with no obvious injuries and no apparent abnormal nesting behavior. Turtles should have a pronounced medial ridge facilitating equipment attachment. Ideally, the attachment of equipment should occur during the egg laying process so as to minimize disturbance.

Materials:

- Equinox40 Slow Set Silicone Putty
- Hibiscrub Surgical Scrub—PMC0296
- Anti-skid Orthopedic Drill Bit—4.5 mm x 130 mm
- Battery drill and spare batteries
- Sterile water
- Sterile scrubbing brush
- Sterile paper towel
- Protective eye wear and **vinyl** gloves (latex gloves will inhibit Equinox40 curing)
- Crimping tool
- Wire cutting pliers
- Pliers to grip and tension attachment wire
- Tag attachment wires, plastic beads, and crimps

Attachment Protocol:

1. After selecting a suitable turtle, put on your vinyl gloves. Rinse the area where placing the tags with sterile water. Then clean the area with Hibiscrub and a sterile scrubbing brush. Rinse again with sterile water and dry with a sterile towel.
2. Two horizontal holes are drilled below the apex of the medial ridge. The holes are drilled using a sterile 4.5 mm x 130 mm anti-skid stainless steel orthopedic drill bit at intervals dictated by the particular tag to be attached.



© Wildlife Computers. All rights reserved.

v.201801



3. Mix Equinox40 Slow silicone putty into two sausage-like rolls, one for each side of the dorsal ridge. Curing time is temperature dependent.
4. Spread the semi-cured Equinox putty under the tag to ensure a conformal fit. **Note: the tag antenna is normally positioned towards the turtle's head.**



5. Tags are attached to turtles using either nylon-coated braided stainless steel wire or monofilament line. If a larger diameter attachment wire is preferred, then the material can be covered with a thin-walled silicone or Tygon tube. Copper or stainless steel crimps can be used to crimp the attachment wire.

v.201801

6. The procedure used depends upon whether a 1-loop or 2-loop tag is being attached:



- For 1-loop models, one end of the attachment wire is folded back on itself to form a small loop which is then crimped. **Note: that loop must be smaller than the plastic bead.** The free end is passed through the rear carapacial hole in the dorsal ridge through the lengthwise tube on the side of the tag, then through the other lengthwise hole in the tag and through the loop formed earlier. A plastic bead is used to apply pressure between the crimp and loop. Tension is then applied to the wire to hold the tag securely on the turtle before the crimp is closed and excess wire cut off.
- For 2-loop models, two separate attachment wires are required, one each for the front and rear loops. A loop is formed at the end of each wire as described above. The attachment wires are then fed through their respective carapacial holes in the dorsal ridge and crimped with a bead and copper crimp. Excess wire should be cut off.

Note: A GPS position, genetic samples, and other biological measurements should be taken during the attachment process. The curved carapace length (CCL) from the nuchal notch of the carapace to the apex formed at the rear of the carapace, and the curved carapace width (CCW) from the widest part of the carapace across the dorsal side, should be measured using a flexible measuring tape.



© Wildlife Computers. All rights reserved.


For more information:

Wildlife Computers
+1 (425) 881-3048
tags@wildlifecomputers.com
WildlifeComputers.com



XII.2 ANEXO 2

Ficha de Campo para Registros Reprodutivos de Tartarugas Marinhas.

Fundação Projeto Tamar					
CADERNO DE CAMPO					
					
N_REG					
DATA_OCORR					
HORA_OCORR					
TIPO_OCORR					
PRAIA					
LOCAL_PRAIA					
MARCAS_COL					
MARCAS_ENC					
MARCAS_RET					
ESPÉCIE					
COMP_CASCO					
LARG_CASCO					
TUMORES					
COLETA_MAT_BIOL					
SITUAÇÃO					
TEMP_TRANSF					
OVOS_TRANSF					
OVOS_FUR					
NÃO_VIAVEIS					
N_NINHO					
PRAIA_DESTINO_P					
LOCAL_PRAIA_P					
DATA_ECLOS					
DATA_ABERT					
HIST_NINHO					
VIVOS					
NATIMORTOS					
OVOS_N_ECLODIDOS					
OVOS_TOTAL					
PCT_VIVOS					
TEMP_INCUB					
OBSERVAÇÃO					
FOTOGRAFIA					

XII.3 ANEXO 3

Dados coletados nas praias monitoradas disponibilizados no Banco de Dados para Conservação das Tartarugas Marinhas (BDCTAMAR).

Detalhes da Ocorrência

Instituição Fundação Projeto Tamar	Proprietário Gustavo Stabile	Tipo do proprietário Tercero	Número do registro 595	Data de ocorrência 07/11/2024
Ocorrência Registros				
Tipo de ocorrência CD - Com observação			Situação 1 - Classificação	
Estado Espírito Santo - SE	Município NOVO LUIZ - Aracruz	Nome da praia CRANHOVO	Latitude 19.47333	Longitude -73.90000
Especie Dermochelys coriacea		Comprimento do casco (cm) 1736	Sexo Feminino	
PIT TAG 000047867				
Conteúdo de material biológico? Sim	Visibilidade do registro Público			

Registro final de marcas da ocorrência

Marca BRU41782 BRU41781	Situação Encontrada Encontrada
-------------------------------	--------------------------------------

Observação
TRANSMISSOR INSTALADO PIT281241, NOME BOI TARTÁ.

Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* “Boi-Tartá” (281241) no BDCTAMAR.

Detalhes da Ocorrência

Instituição Fundação Projeto Tamar	Proprietário Gustavo Stabile	Tipo do proprietário Tercero	Número do registro 537	Data de ocorrência 08/11/2024
Ocorrência Registros				
Tipo de ocorrência CD - Com observação			Situação 1 - Classificação	
Estado Espírito Santo - SE	Município ARACUÍ - Aracruz	Nome da praia CRANHOVO	Latitude 19.48000	Longitude -73.90000
Especie Dermochelys coriacea		Comprimento do casco (cm) 136	Sexo Feminino	
PIT TAG 8007CABBC0907CAB7B3				
Conteúdo de material biológico? Sim	Visibilidade do registro Público			

Registro final de marcas da ocorrência

Marca BRU41096 BRU41095	Situação Encontrada Encontrada
-------------------------------	--------------------------------------

Observação
TRANSMISSOR INSTALADO PIT281242, NOME CAIPORA.

Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* “Caipora” (281242) no BDCTAMAR.

https://centrotamarbdc.icmbio.gov.br/aretrabalho.jsp

Substituto de ocorrência - Consultar - Remover/Excluir

Detalhes da Ocorrência

Instituição	Propriedade	Tipo de proprietário	
Fundação Projeto Tamar	Cláudio Stabile	Pessoal	
Ocorrência		Número do registro	Data de ocorrência
Registador		402	25/11/2024
Tipo de ocorrência		Situação	
CD - Com base		1 - Escala de alta	
Estado	Município	Nome da praia	Latitude
Estado: Santa - SE	ACRIZ - Aracruz	COMBOIOS	-19 7 18
Especie		Comprimento do casco (m)	Sexo
Dermochelys coriacea		1.33	Fêmea
PT TAG			
BR07CA731007CA7515			
Conteúdo de material biológico?	Validade do registro		
Sim	Não		
Registro final de marcas da ocorrência			
Marca		Situação	
BR0438758		Encontrada	
BR0438757		Encontrada	
Observação			
TRANSMISSOR INSTALADO PT0281237 NOME BASI			
Link			

Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* "Iara" (281237) no BDCTAMAR.

https://centrotamarbdc.icmbio.gov.br/aretrabalho.jsp

Substituto de ocorrência - Consultar - Remover/Excluir

Detalhes da Ocorrência

Instituição	Propriedade	Tipo de proprietário	
Fundação Projeto Tamar	Cláudio Stabile	Pessoal	
Ocorrência		Número do registro	Data de ocorrência
Registador		403	29/11/2024
Tipo de ocorrência		Situação	
CD - Com base		1 - Escala de alta	
Estado	Município	Nome da praia	Latitude
Estado: Santa - SE	ACRIZ - Aracruz	COMBOIOS	-19 7 18
Especie		Comprimento do casco (m)	Sexo
Dermochelys coriacea		1.61	Fêmea
PT TAG			
000084900			
Conteúdo de material biológico?	Validade do registro		
Sim	Não		
Registro final de marcas da ocorrência			
Marca		Situação	
BR0411564		Encontrada	
BR0411603		Encontrada	
Observação			
TRANSMISSOR INSTALADO PT0281238 NOME JACI			
Link			

Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* "Jaci" (281238) no BDCTAMAR.

https://centrotamarbdc.icmbio.gov.br/areatrabalho.jsp

Detalhes da Ocorrência

Instituição Fundação Projeto Tamar	Proprietário Gustavo Stabile	Tipo de proprietário Tercero	Número do registro 782	Data de ocorrência 23/11/2024
Ocorrência Registrou				
Tipo de ocorrência CD - Cor-de-rosa			Situação J - Destruída	
Estado Espírito Santo - SE	Município Jacaré - Açu	Nome da praia COARACOS	Latitude 15.88831	Longitude 39.384
Especie Desmochelys coriacea		Comprimento do casco (cm) 1.52	Sexo Feminino	
PIT TAG 8000847394				
Carta de material biológico? Sim	Visibilidade do registro Público			

Registro final de marcas da ocorrência

Marca BRA141615 BRA141615	Situação Encontrada Encontrada
---------------------------------	--------------------------------------

Observação
TAMARISOR INSTALADO PIT281239 NOME JARAGUÁ

Voltar

*Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* “Jaraguá” (281239) no BDCTAMAR.*

https://centrotamarbdc.icmbio.gov.br/areatrabalho.jsp

Detalhes da Ocorrência

Instituição Fundação Projeto Tamar	Proprietário Gustavo Stabile	Tipo de proprietário Tercero	Número do registro 588	Data de ocorrência 10/11/2024
Ocorrência Registrou				
Tipo de ocorrência CD - Cor-de-rosa			Situação J - Destruída	
Estado Espírito Santo - SE	Município Jacaré - Açu	Nome da praia COARACOS	Latitude 15.88831	Longitude 39.384
Especie Desmochelys coriacea		Comprimento do casco (cm) 1.46	Sexo Feminino	
PIT TAG 80074285300071487965				
Carta de material biológico? Sim	Visibilidade do registro Público			

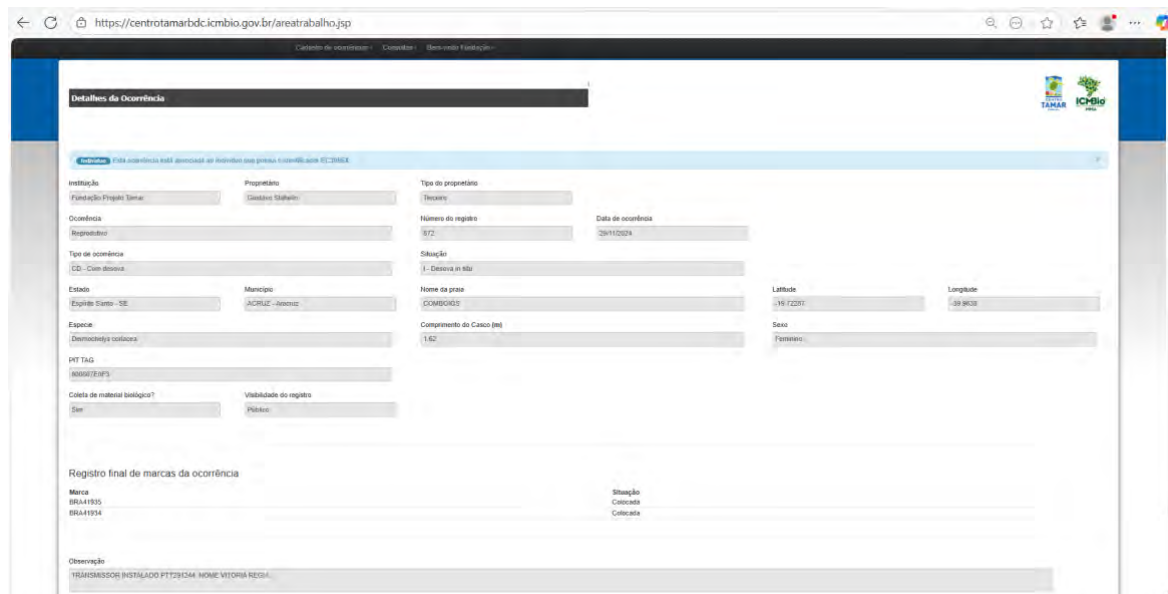
Registro final de marcas da ocorrência

Marca BRA281273 BRA281273	Situação Encontrada Encontrada
---------------------------------	--------------------------------------

Observação
TAMARISOR INSTALADO PIT281243 NOME MÃE DE OURO

Voltar

*Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* “Mãe-de-Ouro” (281243) no BDCTAMAR.*



Detalhes da Ocorrência

Informação: Esta ocorrência está associada ao indivíduo que possui o código com ECORREA.

Instituição Fundação Projeto Tamar	Proprietário Gustavo Silveira	Tipos de proprietário Técnico
Ocorrência Registro	Número do registro 872	Data de ocorrência 28/11/2024
Tipos de ocorrência CD - Com diário	Situação I - Desova in situ	
Estado Espírito Santo - ES	Município Açucenas - Ilheus	Nome da praia COMBOIOS
Especie Desmancha costado	Comprimento do Casco (cm) 142	Latitude -19.72207
PIT TAG 88541935		Longitude -03.9038
Coleta de material biológico? Sim	Visibilidade do registro Público	Sexo Feminino

Registro final de marcas da ocorrência

Marca 88541935 88541934	Situação Contraste Contraste
--------------------------------------	---

Observação
15JANMISSOR INSTALADO PIT281244 NOME VITÓRIA REGIA

Comprovação do registro da tartaruga *D. coriacea* "Vitória-Régia" (281244) no BDCTAMAR.

XII.4 ANEXO 4

Materiais utilizados para a execução das atividades de campo e de monitoramento para telemetria. Fonte: Centro TAMAR/ICMBio (ICMBio, 2023).

Material	Quantidade
Quadriciclo tracionado com antena do tipo “corta linha de pipa”	2
Kit de EPIs para uso do quadriciclo (capacete, luva, protetor de pescoço, joelheira e cotovela)	6
Notebook com processador Core I5 com SSD	3
Transmissor modelo SPLASH10-F-295 (ou similar)	28
Câmera fotográfica 15 mp	2
GPS	2
Fita métrica	4
Alicate de marcação para marcas Inconel	4
Alicate de corte e de pressão	2
Marcas Inconel/Anilhas metálicas	60
Lanterna de cabeça com luz vermelha	4
PIT tag	30
Êmbolo para aplicação de PIT tag	4
Leitor de PIT tag	3
Kit EPIs para instalação (luvas de procedimento, papel toalha e gaze)	2
Solução desinfetante para o casco (Chlorexidine gluconate 4%)	2
Água estéril	5L
Caixa de ferramentas	2
Fios de nylon	10m
Furadeira portátil e bateria extra	2
Broca de uso veterinário (4,5 mm)	4
Massa de silicone Equinox40 3 kg	4
Tinta naval anti-incrustante recipiente de 3,6 L	3