



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

CAMILO CHAGAS DANTAS

**ANÁLISE TAFONÔMICA DE OSSOS DE MAMÍFEROS MARINHOS
PROVENIENTES DE ENCALHES NO LITORAL SETENTRIONAL
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE NO SEMI-ÁRIDO
NORDESTINO, BRASIL.**

MOSSORÓ

2017

CAMILO CHAGAS DANTAS

**ANÁLISE TAFONÔMICA DE OSSOS DE MAMÍFEROS MARINHOS
PROVENIENTES DE ENCALHES NO LITORAL SETENTRIONAL DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE NO SEMI-ÁRIDO
NORDESTINO, BRASIL.**

Dissertação de mestrado apresentada
Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Conservação da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e
Conservação de Ecossistemas Terrestres

Orientador: Kleberson de Oliveira
Porpino, Prof. Dr.

Co-orientador: Ana Bernadete Lima
Fragoso, Profa. Dra.

MOSSORÓ

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

D192a Dantas, Camilo Chagas.
Análise tafonômica de osso de mamíferos marinhos
provenientes de encalhes no litoral setentrional
do Estado do Rio Grande do Norte no semi-árido
Nordestino, Brasil / Camilo Chagas Dantas. - 2017.
51 f. : il.

Orientador: Kleberon de Oliveira
Porpino. Coorientadora: Ana Bernadete
Lima Fragoso. Dissertação (Mestrado)
- Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2017.

1. Tafonomia. 2. Mamíferos marinhos.
3. Ecologia. 4. Encalhes. 5. Marcas. I.
Porpino, Kleberon de Oliveira, orient.
II. Fragoso, Ana Bernadete Lima, co-
orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CAMILO CHAGAS DANTAS

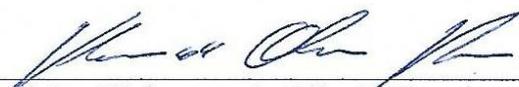
**ANÁLISE TAFONÔMICA DE OSSOS DE MAMÍFEROS MARINHOS
PROVENIENTES DE ENCALHES NO LITORAL SETENTRIONAL DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO,
BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 21 / 02 / 2017.

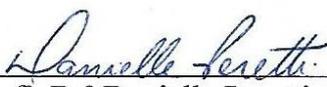
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Kleberon de Oliveira Porpino (UERN)
Presidente



Prof. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi (UFERSA)
Membro Examinador



Prof.ª Dr.ª Danielle Peretti. (UERN)
Membro Examinador

*À Expedita Dantas da Silva (in
memoriam), que me ensinou que a
família não é apenas feita por laços de
sangue.*

*A meus pais, Chagas Silva e Liana Couto, por
me fazerem caminhar até aqui.*

*A minha família, amigos e minha
companheira.*

*A meus professores, por todos os
ensinamentos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Chagas Silva e Liana Couto, que dotados de sabedoria e amor souberam me guiar por todos os caminhos até aqui. Que meus caminhos continuem sendo orientados por estes maravilhosos guias.

Agradeço à minha família por todo o apoio em momentos difíceis e por estarem ao meu lado em todos os momentos, em especial às minhas irmãs Luana e Ilana que me amam nos momentos mais estressantes, mas também me fazem sorrir e relaxar quando preciso.

Aos meus professores, são as pedras fundamentais do conhecimento, sem eles nenhuma linha desse trabalho teria acontecido. Mesmo nos momentos “puxões de orelha” foram importantes para me lembrar que o estudo é importante, mas acima de tudo é prazeroso e o conhecimento é viciante.

Agradeço enormemente ao meu orientado Kleberson Porpino que aceitou orientar um estudante que sabia apenas o básico da paleontologia e agora consegue enxergar ao longe. Ao professor Hermínio Araújo, com toda a paciência e disposição me ajudou muito a compreender este trabalho.

À professora Ana Bernadete que além de aceitar ser minha co-orientadora gentilmente abriu as portas do Laboratório de Monitoramento de Biota Marinha para que pudéssemos realizar este trabalho.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Sistemática e Ecologia Animal, em especial Shaline Araújo e Fábio Lima, que iniciaram a caminhada da pós-graduação junto comigo e me ajudaram a entender o universo da paleontologia.

Agradeço à minha companheira, Dayane Paiva, por todo o amor, incentivo e paciência que teve comigo. É por ter você ao meu lado que me sinto seguro para enfrentar os desafios que nos reservam o futuro.

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido pela oportunidade de realização deste trabalho e a CAPES pelo apoio na forma de bolsa.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“Na travessia da vida, uma pessoa certamente terá de superar correntes críticas em muitos lugares. (...) Disposição para transpor os obstáculos é necessária – o que exige espírito preparado para superar quaisquer acontecimentos críticos”.

Miyamoto Musashi

Resumo

Estudos tafonômicos revelam informações importantes sobre como o ambiente afeta os restos de organismos durante o processo de decaimento. Esta abordagem pode ser utilizada tanto para estudo de organismos antigos, como para organismos recentes. A utilização das técnicas de tafonomia para estudo com mamíferos marinhos recentes foram pouco exploradas, apesar de seu potencial. Este trabalho objetiva estudar material ósseo de mamíferos marinhos em busca de marcas deixadas por processos *post-mortem* relacionados aos fatores ambientais bióticos e abióticos no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil. De acordo com as assinaturas tafonômicas encontradas no material ósseo foi possível identificar processos de intemperismo, abrasão, necrofagia, quebras, retroalimentação tafonômica e ações antrópicas. Para o litoral setentrional do Rio Grande do Norte os crânios possuem uma melhor representação nos encalhes de mamíferos marinhos, porém nota-se que as vértebras possuem maior fidedignidade para levantamento faunístico. A dinâmica das marés influencia diretamente nas amostras, servindo como fator transportador e modificador. Ainda de acordo com as assinaturas tafonômicas encontradas nota-se que a área de estudo possui grande heterogeneidade quanto às dinâmicas ambientais que produzem as assinaturas estudadas, áreas adjacentes podem produzir assinaturas diferentes e áreas distantes podem produzir assinaturas semelhantes.

Palavras-chave: Tafonomia, Mamíferos Marinhos, Ecologia, Encalhes, Marcas.

Abstract

Taphonomic studies reveals important information about how the environment affects the remains of organisms during the process of decaying. This approach can be used for the study of both ancient and recent organisms. The use of taphonomic techniques to study recent marine mammals were underused, despite its potential. This work aims to study bone material of marine mammals in search of marks left by *post-mortem* processes related to biotic and abiotic environmental factors in the northern coast of Rio Grande do Norte State, Brasil. According to the taphonomic signatures found in the bone material it was identified weathering processes, abrasion, necrophagy, breaks, taphonomic feedback and human actions. For the northern coast of Rio Grande do Norte skulls have better representation in strandings of marine mammals, but vertebrae have greater reliability for faunal survey. The dynamic tidal influences directly on the samples, acting as a carrier and modifying factor. Also according to the taphonomic signatures found the study area has great heterogeneity regarding the environmental dynamics that produce the signatures studied, adjacent areas can produce different signatures and distant areas can produce similar signatures.

Keywords: Taphonomy, Marine Mammals, Ecology, Strands, Marks.

1. LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Pontos de coleta dos Materiais: Ponto A - Icapuí; Ponto B - Tibau; Ponto C - Areia Branca; Ponto D - São Cristóvão; Ponto E - Ponta do Mel; Ponto F - Diogo Lopes.....22
- Figura 2 – Quantitativo de encalhes por área no período de 2005 à 2015.....26
- Figura 3 – Frequência dos registros de encalhes de acordo com o material coletado e identificado de um n total de 19 registros.....27
- Figura 4 – Exemplos de fragmentos de crânios analisados; A. peça AC-PCCB 001, fragmento de occipital de Balaenopteridae; B. peça AC-PCCB 028 caixa craniana de *Sotalia guianensis*.....28
- Figura 5 – Classes de ossos pós-cranianos encontradas; A. vértebras caudais de *Tursiops truncatus* do registro AC-PCCB 006; B. arcos hemais de *T. truncatus* do registro AC-PCCB 006; C., costelas de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 037.....29
- Figura 6 – Tipos de quebras encontrados no material de estudo; A. Quebra tipo colunar em rostro de *Sotalia guianensis* do registro AC-PCCB 015; B. Quebra tipo dente de serra em escápula de *Sotalia guianensis* do registro AC-PCCB 031; C. Quebra tipo irregular perpendicular em processo espinhoso de *Sotalia guianensis* do registro AC-PCCB 037; D. Quebra tipo perpendicular lisa em rostro de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 005.....30
- Figura 7 – Marcas de intemperismo; A. Descamação óssea em costela do registro AC-PCCB 045 em estágio tipo três de intemperismo; B. Flaqueamento em costela de baleia do registro AC-PCCB 003; C. Craqueamento em costela de baleia do registro AC-PCCB 003.....31
- Figura 8 – Marcas de abrasão e corrosão. A. marcas de abrasão no osso esquamosal e frontal em crânio de *Sotalia guianensis* no registro AC-PCCB 038; B. vértebra de baleia com alto grau de corrosão do registro AC-PCCB 032; C. vértebra torácica de *Sotalia guianensis* com marcas de abrasão do registro AC-PCCB 026; D. côndilos occipitais de balaenopetídeo com marcas de abrasão do registro AC-PCCB 001; E. marcas de corrosão na cabeça de vértebra de baleia do registro AC-PCCB 003; F. vértebras caudais de *Tursiops truncatus* com marcas de abrasão no corpo vertebral do registro AC-PCCB 006.....33

Figura 9	–	Marcas de dentes em costela de baleia do registro AC-PCCB 003.....	34
Figura 10	–	Marcas por aves de rapina (setas pretas). A. marca em osso supraoccipital de <i>Sotalia guianensis</i> no registro AC-PCCB 005. B. marca em mandíbula de <i>Sotalia guianensis</i> no registro AC-PCCB 025.....	35
Figura 11	–	Marcas de ações antrópicas. A. marcas de cortes em costela de baleia AC-PCCB 003; B. Marcas de cortes em occipital de <i>Sotalia guianensis</i> AC-PCCB 005; C. marcas de cortes em processo transversal de vertebra de <i>Sotalia guianensis</i> AC-PCCB 37; D. marcas de cortes em osso parietal de <i>Sotalia guianensis</i> AC-PCCB 005; E. marca de corte profundo em escápula de <i>Sotalia guianensis</i> AC-PCCB 031; F. marca de cortes em porção distal do corpo de uma costela de <i>Sotalia guianensis</i> AC-PCCB 031.....	36
Figura 12	–	Marcas de retroalimentação tafonômica na peça AC-PCCB 038. A. presença de cracas na região ventral de crânio de <i>Sotalia guianensis</i> . B. presença de cracas na região occipital de crânio de <i>Sotalia guianensis</i>	38
Figura 13	–	Exemplo de retroalimentação tafonômica relacionado à presença de cracas na região ventral esquerda de vértebra de Cetacea, AC-PCCB 032.....	38
Figura 14	–	Dendograma resultante de análise de <i>cluster</i> mostrando as semelhanças das localidades por assinatura tafonômica.....	39
Figura 15	–	Dendograma resultante da análise de <i>cluster</i> mostrando as semelhanças dos taxa identificados com base nas assinaturas tafonômicas.....	40
Figura 16	–	Processo de preenchimento dos poros da cavidade óssea responsável pela permineralização no registro AC-PCCB 001.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Registro dos encalhes ocorridos na área de estudo durante o período de 2005 a 2015.....	22
----------	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

REMANE	Rede de Encalhes de Mamíferos Marinhos do Nordeste
LABOMAR	Laboratório de Monitoramento de Biota Marinha
PAST	Paleontological Statistics

SUMÁRIO

I	INTRODUÇÃO	15
I.1	TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA	15
I.2	USO DA TAFONOMIA EM ESTUDOS COM MAMÍFEROS MARINHOS	16
I.3	ESTUDOS COM OSSOS DE MAMÍFEROS MARINHOS NO BRASIL	18
II	OBJETIVOS	20
II.1	OBJETIVO GERAL	20
II.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
III	MATERIAIS E MÉTODOS	21
III.1	MATERIAL OSTEOLÓGICO	21
III.2	ÁREA DE ESTUDO	21
III.3	ASSINATURAS TAFONÔMICAS	23
III.4	ANÁLISE DE CLUSTER	24
IV	RESULTADOS	26
IV.1	CARACTERIZAÇÃO DAS MARCAS TAFONÔMICAS	30
IV.1.1	QUEBRAS	30
IV.1.2	INTEMPERISMO	31
IV.1.3	ABRASÃO E CORROSÃO	32
IV.1.4	NECROFAGIA/PREDAÇÃO	34
IV.1.5	AÇÃO ANTRÓPICA	35
IV.1.6	RETROALIMENTAÇÃO TAFONÔMICA	37
IV.1.7	ANÁLISE DE CLUSTER	39
V	DISCUSSÃO	41
V.1	REPRESENTAÇÃO ÓSSEA	42
V.2	FEIÇÕES TAFONÔMICAS	43
V.3	ANÁLISE DE CLUSTER	46
VI	CONCLUSÕES	48
VII	REFERÊNCIAS	49

Introdução

I.1 Tafonomia e Paleoecologia

A tafonomia é um dos ramos da paleontologia e se concentra na transição dos restos orgânicos da biosfera à litosfera (Efremov, 1940). Uma fase importante dessa transição recai na esfera da ecologia, especificamente a decomposição, que é parte do ciclo natural da vida (Behrensmeyer, 2012). Porém as informações recolhidas nos estudos fósseis podem estar incompletas, devido os processos bioestratinômicos (pré-soterramento) e fossildiagnéticos (pós-soterramento). Ossos de vertebrados decompõem-se em superfícies subaéreas, e esse processo pode ser visto como parte do processo normal de reciclagem de nutrientes nos solos. Um osso sobrevive para tornar-se fóssil dependendo da intensidade e frequência de vários processos destrutivos e a chance de ser enterrado antes da destruição total (Behrensmeyer, 1978). A tafonomia, então, busca entender esses processos para que dados colhidos dos registros fósseis possam ser avaliados corretamente e aplicados em questões paleobiológicas e paleoecológicas (Behrensmeyer *et al.*, 2000).

Neste contexto, os tafonomistas buscam entender, entre outros aspectos, os processos físicos, químicos e biológicos que afetam os materiais biológicos durante o ciclo de decomposição. Os estados de preservação dos restos orgânicos não são apenas indicadores de quão fiel a história biológica é registrada, mas também são testemunhos das condições ambientais e evidências de aspectos importantes da evolução biológica (Behrensmeyer *et al.*, 2000). Levando em consideração sua importância para o registro biológico e ambiental, a tafonomia pode ser utilizada para o entendimento de diversos vieses nos estudos com informações paleontológicas. Dentre as possibilidades de utilização dos conhecimentos tafonômicos para entendimento do registro biológico surgiu um novo campo de pesquisa, a paleoecologia da conservação. Este novo campo aplica as teorias e ferramentas analíticas da paleontologia para solução de problemas relativo à conservação da biodiversidade (Dietl & Flessa, 2011).

Esta abordagem tafonômica pode fornecer informações sobre a dinâmica ambiental e mudanças nos ecossistemas de uma determinada região durante intervalos de tempo mais curtos (anos e décadas) que aqueles representados pelo registro fóssil, por meio do estudo de restos ósseos na superfície do solo, quando os registros de censo de animais vivos são incompletos ou ausentes (Behrensmeyer, 2012). Em estudos desse

tipo informações significativas sobre mudanças nas populações, estrutura dos ecossistemas, frequências de perturbação, taxas de processos, tendências, periodicidades e outros processos dinâmicos podem ser obtidas (Thomas *et al.*, 1999). Isto é de grande importância para conservacionistas que planejam estratégias de longo prazo para sustentar a biodiversidade. Assim, pode-se afirmar que o tempo passado é crucial para entender os componentes históricos da estrutura da comunidade e dinâmica populacional (Behrensmeyer, 2012).

A utilização de material ósseo como fonte de informação ecológica ganhou notoriedade na década de 1970, principalmente com os trabalhos de Behrensmeyer (Behrensmeyer 1975, Behrensmeyer 1978, Behrensmeyer & Dechant, 1980), que demonstraram assinaturas ambientais características para vários aspectos da tafonomia. Um dos principais trabalhos feitos pela autora foi realizado em 1978, no qual foi sugerida uma escala de decomposição óssea através dos anos por efeito do intemperismo. Esta escala é utilizada como referência para trabalhos com fósseis (e.g. Araújo-Jr *et al.*, 2015) e também trabalhos de ecologia ambiental com organismos vivos (Liebig *et al.*, 2003).

O uso de acúmulos de ossos para ajudar a entender as comunidades de organismos vivos é um conceito relativamente novo para estudiosos de vertebrados atuais (Behrensmeyer, 2012). Porém, a análise destes materiais provenientes de animais mortos pode fornecer informações importantes sobre a biodiversidade. A forma mais básica de medir a diversidade é o número de espécies na comunidade (Behrensmeyer, 2012). O caso da baleia bicuda de Bahamonde é um exemplo de como até mesmo material escasso pode ser importante. O primeiro registro para esse cetáceo ocorreu em 1872, quando James Hector reportou e ilustrou uma mandíbula parcialmente quebrada e dentes de uma baleia bicuda (Van Helden *et al.*, 2002). Em 140 anos apenas dois animais intactos foram vistos, registrados por Thomas *et al.* (2012).

I.2 Uso da tafonomia em estudos com mamíferos marinhos

Apesar de sua popularidade e sua história evolutiva fascinante, pouco se sabe sobre como mamíferos marinhos se tornam fósseis e quão bem seus restos preservados refletem a composição e abundância da fauna em que vivem (Liebig *et al.*, 2003). Os mamíferos marinhos passam sua vida inteira, ou ao menos boa parte dela, no mar, muitos deles em regiões oceânicas (Liebig *et al.*, 2003). Esta característica limita

observações e estudos, inclusive a análise de carcaças, pois estas podem afundar e a decomposição ocorrer no fundo do oceano. Das 85 espécies de cetáceos descritas no mundo, 33 são descritas como *Data Deficient* (Deficiente de informações) pela União Internacional para Conservação da Natureza (Oliveria, dados ainda não publicados). No entanto, algumas vezes os mamíferos marinhos acabam encalhando em praias e vindo a óbito, ou morrem em regiões próximas à costa e suas carcaças acabam sendo transportadas até a areia.

Esta fonte de informação tem sido explorada ao longo dos anos, porém ainda não em todo seu potencial. A maior parte dos trabalhos atuais utilizam os esqueletos de mamíferos marinhos para descrição de morfologia e registro de espécie. Esta última utilização é uma das metas de estudos em paleoecologia da conservação. Mesmo sendo, ainda pouco explorado, alguns autores destacam-se pela utilização de métodos tafonômicos em seus trabalhos. Allison *et al.* (1991) descreveram os processos tafonômicos que ocorreram em uma carcaça de baleia em ambiente marinho de águas profundas. Neste caso a carcaça foi encontrada no fundo da Bacia de Santa Catalina, na costa oeste dos Estados Unidos, à 1.240m de profundidade. Os autores notaram diferenças significativas quanto aos processos que ocorrem em águas rasas, sendo as mais notórias o alto grau de articulação do esqueleto, ainda preservado, e a alta pressão das águas profundas, que agiu como impedimento para que a carcaça flutuasse, o que promoveu um alto nível de preservação.

Liebig *et al.* (2003) realizaram um estudo no delta do Rio Colorado no México, cuja a metodologia consistia em resgatar os materiais osteológicos e carcaças em decomposição encontrados em uma porção de praia do delta. Este trabalho mostrou que no delta do Colorado ocorrem múltiplos casos de encalhes, sendo descartado encalhes em massa devido aos vários graus de articulações dos ossos e pela decomposição por intemperismo. No mesmo trabalho, o material osteológico foi identificado a nível de espécie e os autores compararam a representação da fauna conhecida com o material, tendo encontrado ossos de todas as espécies residentes da área de estudo. Pyenson (2010) também realizou um estudo de medição da fidelidade ecológica de registros de encalhes de cetáceos no Oceano Pacífico Norte. Seus resultados mostraram que em intervalos suficientemente longos os registros de encalhes são mais fidedignos quanto às populações de cetáceos do que os métodos de pesquisa de observação ocular dividindo a área em linhas de transectos.

Apesar de possuírem semelhanças, Allison *et al.* (1991) notaram três principais diferenças em relação a trabalhos realizados em ambientes terrestres: i) ossos menores acabam sendo mais rapidamente enterrados no substrato, ocasionando maior tempo de preservação, exatamente o contrário do observado por Behrensmeyer (1978); ii) não ocorrem fraturas nos ossos, mas uma corrosão na estrutura do material e iii) o tempo de preservação do material, que seria superior aos ossos do Amboseli Park estudados por Behrensmeyer (1978), os quais se degradaram completamente em torno de 10 a 15 anos.

É importante ressaltar que pode ocorrer sobreposição de efeitos ambientais distintos em um mesmo organismo, como demonstrado também por Allison *et al.* (1991). Mamíferos marinhos podem vir a óbito em dois possíveis habitats: no mar ou na praia. Ao morrer em ambiente aquático, os restos mortais sofrerão influências de fatores químicos e principalmente biológicos distintos, como a corrosão já citada anteriormente e a atuação de organismos incrustadores. Ao morrerem em ambiente terrestre, ou seja, na praia, as carcaças sofrem influências de intemperismo, principalmente exposição ao sol, vento e chuvas, além de ações de organismos necrófagos.

I.3 Estudos com ossos de mamíferos marinhos no Brasil

No Brasil há estudos com mamíferos marinhos em todo o litoral, com destaque para pesquisas sobre espécies migratórias, como as baleias jubarte (*Megaptera novaenglae*) (e.g. Bezamat *et al.*, 2014) e baleia franca (*Eubalaena australis*) (e.g. Parks *et al.*, 2013), e com grupos residentes como os golfinhos rotadores (*Stenella longirostris*) (e.g. Silva & Silva-Jr, 2011) em Fernando de Noronha. Trabalhos com osteologia são, até o momento, restritos a descrições de morfologias ósseas, principalmente para o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), como por exemplo, os de Fettuccia & Simões-Lopes (2004), que descrevem a morfologia da coluna vertebral da referida espécie e Menezes & Simões-Lopes (1996), que descrevem a osteologia e morfologia da aleta peitoral também do boto-cinza. Tais trabalhos foram pontos de partida para estudos de anomalias ósseas congênitas ou patológicas, como os trabalhos de Furtado & Simões-Lopes (1999), Fragoso (2001 e 2006) e Laeta (2007). Laeta *et al.* (2010) realizaram um trabalho com anomalias ósseas congênitas em boto-cinza no estado de Rio de Janeiro, no qual os autores utilizaram o trabalho de Mello (1999) para diferenciar anomalias congênitas de alterações tafonômicas. Este foi o único trabalho

que fez referência à utilização da tafonomia em estudos osteológicos de cetáceos no Brasil.

Para o litoral do Rio Grande do Norte, os trabalhos sobre a ecologia de mamíferos marinhos são, na maioria, com comportamento e uso de habitat do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (e.g. Nascimento 2002 e 2006, Firmino 2004 e Pansard 2009). Tais trabalhos, foram realizados com observações em ponto fixo no litoral Sul do estado do Rio Grande do Norte, tendo para o litoral Norte apenas o trabalho de Firmino (2004) na praia de São Cristóvão. Medeiros (2006) realizou um levantamento de espécies de cetáceos para o litoral do Rio Grande do Norte entre os anos de 1984 e 2005 por meio de identificação de indivíduos encalhados. Oliveira (dados ainda não publicados) realizou um trabalho por meio de observações embarcado em alto mar no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, e juntamente com o trabalho de Medeiros (2006) podem ser utilizados como referências e com isso quantificar a fidedignidade dos registros de encalhes para esta porção do litoral do RN. Este litoral possui grande importância econômica e ambiental, visto que nele encontram-se áreas de produção de sal, turismo, pesca artesanal, carcinicultura e exploração de petróleo (Attademo, 2007). Apesar da importância para o levantamento de espécies da região, o material osteológico proveniente desses encalhes também podem ser utilizados para estudos com técnicas tafonômicas que, como citado anteriormente, pode fornecer importantes informações sobre a ecologia do ambiente onde estes animais residem, embora sejam praticamente inexistentes no Brasil. O presente trabalho é o primeiro a utilizar ferramentas tafonômicas especificamente para o estudo da ecologia de mamíferos marinhos vivos no litoral brasileiro.

II. Objetivos

II.1 Objetivo Geral

Descrever e interpretar aspectos tafonômicos em ossos de mamíferos marinhos encalhados no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, contribuindo para um maior entendimento da ecologia desses animais, e para elucidar a importância dos estudos tafonômicos em organismos recentes na produção de evidências importantes para estudos ecológicos com espécies viventes de mamíferos marinhos.

II.2 Objetivos Específicos

- Identificar e descrever assinaturas tafonômicas produzidas por fatores abióticos em ossos de mamíferos marinhos.
- Identificar e descrever marcas pós-morte causadas por outros organismos ou por atividade humana em ossos de mamíferos marinhos.
- Propor hipóteses sobre os processos responsáveis pelas marcas identificadas.

III. Materiais e Métodos

III.1 Material osteológico

O material ósseo estudado consiste em ossos de Cetáceos e Sirênios provenientes de encalhes de categoria 5, de acordo com o Protocolo de Encalhes da Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Nordeste (REMANE), coletado entre os anos de 2005 e 2015 pela equipe do Projeto Cetáceos da Costa Branca. Esta categoria é representada por carcaças mumificadas e restos de esqueletos. Foi decidido utilizar ossos de encalhes de categoria 5 porque estes ficaram expostos às condições ecológicas, bióticas e abióticas, por maiores períodos de tempo, podendo, assim, apresentar evidências tafonômicas úteis para a inferência de aspectos ecológicos e ambientais, como marcas de necrofagia, intemperismo, abrasão, entre outras. O material estudado está depositado no Laboratório de Monitoramento de Biota Marinha – LABOMAR, localizado no Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. É composto por 19 indivíduos que variam entre carcaça incompleta até fragmentos de peças ósseas, totalizando 318 peças ósseas analisadas. Este material é proveniente de múltiplos encalhes no litoral setentrional do Rio Grande do Norte e um registro para o estado do Ceará (fig. 1).

III.2 Área de Estudo

Os pontos onde os materiais foram encontrados e coletados (fig. 1) estão situados principalmente no litoral Setentrional do Rio Grande do Norte: as praias de Tibau (latitude: 4°50'12.97"S e longitude: 37°14'59.71"O) e Gado Bravo (latitude: 4°51'58.05"S e longitude: 37°13'57.88"O) no município de Tibau; as praias de São Cristóvão (latitude: 4°55'52.31"S e longitude: 36°58'16.91"O), Ponta do Mel (latitude: 4°57'7.97"S e longitude: 36°53'8.20"O) e Estuário de Barreiras no município de Areia Branca (latitude: 4°56'24.44"S e longitude: 37°8'41.99"O); a praia de Diogo Lopes (latitude: 5°3'49.25"S e longitude: 36°29'43.25"O) no município de Macau; e a praia de Tremembé (latitude: 4°44'36.63"S e longitude: 37°17'9.16"O), localizada no município de Icapuí no litoral leste do Ceará. Por se tratar de um único indivíduo e a praia de Tremembé estar a apenas 10km da divisa com o litoral potiguar entendemos que este

material estaria em um contexto ambiental semelhante ao que ocorre nas áreas estudadas no Rio Grande do Norte e por isso foi incluído nos dados deste trabalho.

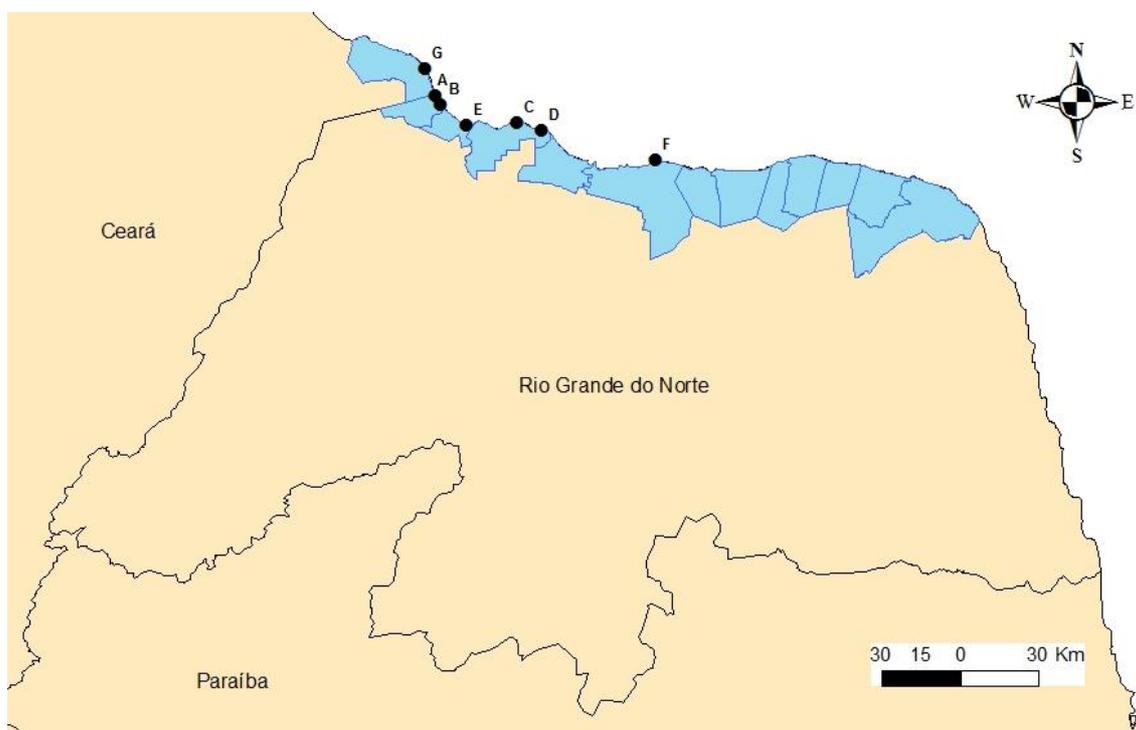


Figura 1. Locais de ocorrência dos encalhes e coleta das amostras: Ponto A - Tibau; Ponto B – Gado Bravo; Ponto C – São Cristóvão; Ponto D - Ponta do Mel; Ponto E – Areia Branca; Ponto F - Diogo Lopes; Ponto G – Tremembé.

O Litoral Setentrional é limitado a leste pelo Cabo Calcanhar, município de Touros e a oeste pela praia de Tibau, município de Tibau (divisa entre os estrados do RN e CE). Este setor possui 244 km de extensão e representa 59% do litoral do RN, assim distribuídos: 194 km (80%) de praias arenosas, 10 km (4%) de praias lamosas, restritas as desembocaduras do Rio Piranhas-Açu, e 40 km (16%) de falésias ativas (Vital, 2006). Todos os ossos foram encontrados em praias de características arenosas, onde o clima é tropical quente e seco ou semiárido. O litoral setentrional do Estado do RN é o trecho mais seco de toda a costa brasileira, com média pluviométrica de 537,6 mm/ano em Macau (Diniz & Pereira, 2015).

III.3 Assinaturas tafonômicas

As peças ósseas foram analisadas em contexto de tanatocenoses, ou seja, assembleias de organismos mortos derivados de uma biocenose (Lyman, 1994). Neste contexto as assinaturas tafonômicas foram predominantemente processos bioestratinômicos, (i.e. pré-soterramento). Tendo como referência trabalhos prévios sobre tafonomia (e.g. Dodson *et al.*, 1980; Hill, 1980; Shipman, 1981; Badgley, 1986; Behrensmeyer, 1991; Lyman, 1994, 2008; Holz and Simões, 2002; Rogers, 1994; Eberth *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010; Araújo-Júnior *et al.*, 2013), foram consideradas as seguintes assinaturas: (A) composição taxonômica, (B) representação óssea, (C) quebras, (D) intemperismo, (E) abrasão/corrosão, (F) marcas de predação/necrofagia e (G) retroalimentação tafonômica. Behrensmeyer (1978) sugeriu uma escala de intemperismo dividida em estágios da seguinte maneira: estágio 0, ossos sem apresentar nenhuma alteração; estágio 1, ossos apresentando craquelamento paralelo as fibras do osso; estágio 2, quando ocorre lascamento além do craquelamento; estágio 3, quando o osso apresenta textura fibrosa de forma homogênea; estágio 4, quando o osso apresenta superfície grosseiramente fibrosa e de textura áspera; e estágio 5, quando o osso está aos pedaços com grandes lascas em torno do que resta. Para cada estágio o tempo decorrido é aproximadamente igual a: de 0-1 ano (estágio 0); 0-3 anos (estágio 1); 2-6 anos (estágio 2); 4-15+ anos (estágio 3); 6-15+ anos (estágio 4); e 6-15+ anos (estágio 5). Utiliza-se essa escala de degradação para determinar um período estimado de tempo em que os ossos ficaram expostos ao ambiente e quantas outras modificações ocorreram neste período.

Tabela 1.

Registro dos encalhes ocorridos na área de estudo durante o período de 2005 a 2015.

Acervo PCCB	Táxon	Ano da coleta	Local de origem	Material
AC-PCCB 001	Balaenopteridae	2005	Praia do Rosado - Areia Branca/RN	Fragmento de Crânio
AC-PCCB 003	Cetacea	2005	Diogo Lopes – Macau/RN	1 Costela
AC-PCCB 005	<i>Sotalia guianensis</i>	2005	Praia de São Cristovão - Areia Branca/RN	Crânio

AC-PCCB 006	<i>Tursiops truncatus.</i>	2006	Praia de Tibau/RN	16 Vértèbras, 10 arcos hemais, 4 costelas e 4 ossos indeterminados
AC-PCCB 008	<i>Sotalia guianensis</i>	2006	Praia de Porto do MangueMangue/RN	Crânio
AC-PCCB 010	<i>Trichechus manatus</i>	2006	Praia de Macau/RN	Esqueleto incompleto
AC-PCCB 015	<i>Sotalia guianensis</i>	2007	Sem procedência	Crânio
AC-PCCB 020	<i>Sotalia guianensis</i>	2008	Ponta do Mel – Areia Branca/RN	Bulas, Mandíbulas e Crânio
AC-PCCB 025	<i>Sotalia guianensis</i>	2009	Ponta do Mel - Areia Branca/RN	Crânio
AC-PCCB 026	<i>Sotalia guianensis</i>	2009	São Cristóvão - Areia Branca/RN	Vértèbra torácica (T5)
AC-PCCB 027	<i>Sotalia guianensis</i>	2009	São Cristóvão - Areia Branca	Crânio
AC-PCCB 028	<i>Sotalia guianensis</i>	2009	Ponta do Mel - Areia Branca/RN	Crânio incompleto
AC-PCCB 029	<i>Physeter macrocephalus</i>	2009	Tremembé – Icapuí/CE	1 Vértèbra
AC-PCCB 031	<i>Sotalia guianensis</i>	2009	Praia de Ponta do Mel- Areia Branca/RN	Esqueleto incompleto
AC-PCCB 032	<i>Cetacea</i>	2009	Praia de Ponta do Mel- Areia Branca/RN	1 Vértèbra
AC-PCCB 036	<i>Sotalia guianensis</i>	2010	Ponta do Mel – Areia Branca/RN	5 costelas + 4 vértebras
AC-PCCB 037	<i>Sotalia guianensis</i>	2010	Gado Bravo – Tibau/RN	Esqueleto incompleto
AC-PCCB 038	<i>Sotalia guianensis</i>	2010	Estuário Barreiras – Areia Branca/RN	Crânio
AC-PCCB 045	<i>Trichechus manatus</i>	2015	Diogo Lopes – Macau/RN	1 Costela

III.4 Análise de Cluster

A análise de *cluster* consiste em analisar grupos de dados buscando por similaridades, geralmente utilizando medições ou contagem entre elementos destes

grupos (Hammer & Harper, 2006). Esta análise foi realizada por meio do software PAST (*Paleontological Statistics*) versão 2.17c utilizando o algoritmo de agrupamento UPGMA (*average linkage clustering*) e a distância euclidiana calculada a partir de duas matrizes, uma relacionando as localidades dos enalhes pelas assinaturas tafonômicas encontradas e a segunda relacionando os *taxa* encontrados também pelas assinaturas tafonômicas. No algoritmo UPGMA, a distância entre duas unidades amostrais ou variáveis é gerada através da média das distâncias entre os elementos de ambos os grupos (Araújo-JR. *et al.*, 2011). A distância euclidiana é a distância linear entre os pontos x e y em um espaço multidimensional (Hammer & Harper, 2006).

IV. Resultados

Todos os espécimes coletados são provenientes de encalhes individuais em localidades e/ou dias diferentes, de modo que podemos afirmar que cada registro corresponde a um único indivíduo. A maior parte desses encalhes ocorreu na praia de Ponta do Mel no município de Areia Branca, onde foram registradas 6 ocorrências (33%), seguido da praia de São Cristóvão, no mesmo município, onde três encalhes foram contabilizados (17%); Areia Branca, Tibau e Diogo Lopes tiveram dois registros cada (11%) e as demais localidades tiveram apenas um registro cada (6%), (fig. 2). O táxon de maior abundância para os registros foi o do boto-cinza, *S. guianensis*, tendo uma representatividade de 12 registros (63% das amostras; fig.3). O peixe-boi, *Trichechus manatus*, teve dois registros (11% das amostras) e todas as outras espécies tiveram apenas um registro. Além desses, três das peças ósseas não puderam ser identificadas a nível de espécie: a peça AC-PCCB 001 foi identificada como Balaenopteridae indeterminado, e as peças AC-PCCB 003 e AC-PCCB 032 só foram identificadas como Cetacea (fig. 3).

Frequência de encalhes por área

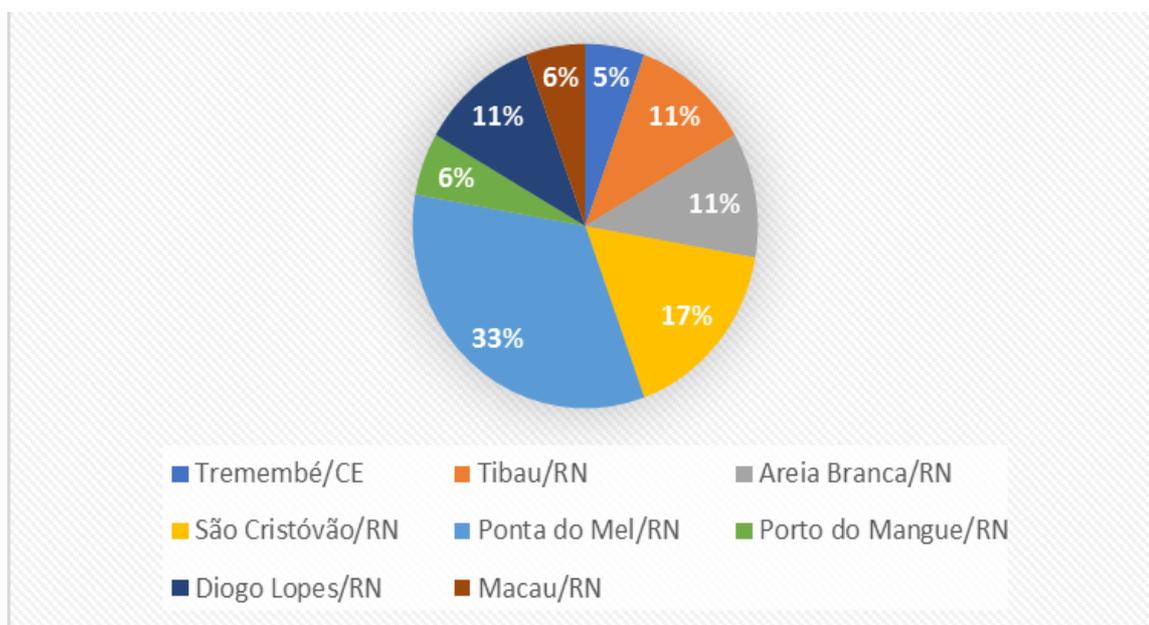


Figura 2. Quantitativo de encalhes por área no período de 2005 à 2015.

Frequência de encalhes por táxon

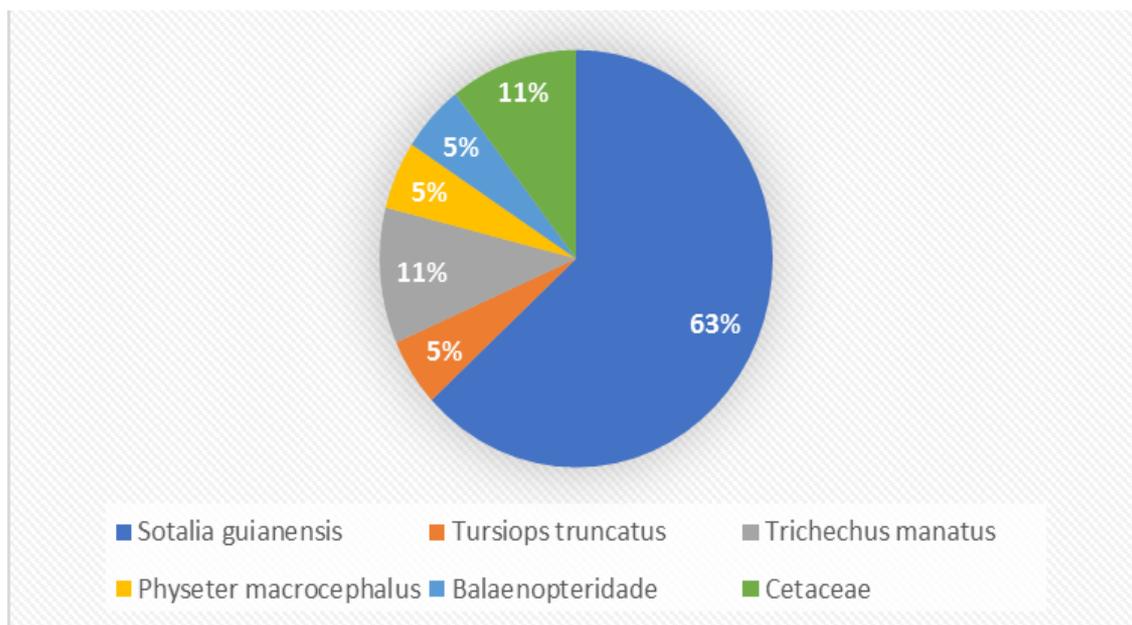


Figura 3. Frequência dos registros de encalhes de acordo com o material coletado e identificado de um n total de 19 registros.

Dentre os 19 registros estudados, nove são representados apenas por crânios, sendo destes dois crânios incompletos: um fragmento de occipital de Balaeopteridae (fig. 4A), e uma caixa crâniana de *S. guianensis* (fig. 4B). Um dos crânios possuía as duas mandíbulas associadas. Estes registros de crânios compõem 47,3% das amostras analisadas. Além destes crânios, contabilizamos outros três provenientes de carcaças incompletas, e entre materiais pós-cranianos estão 138 vértebras (fig. 5A), 47 costelas (fig. 5C) e 121 peças ósseas menores, como falanges e arcos hemais (fig. 5B). Foi encontrado, com esses dados, uma taxa de proporção entre crânio: vértebras: costelas: pequenos ossos igual à 1:11:4:10.

As assinaturas tafonômicas consideradas foram encontradas em 54 ossos das amostras analisadas. A assinatura mais frequente na coleção óssea foi a quebra: dentre os 19 registros ocorreram em 10 (52,6%), sendo que 29 ossos apresentaram esta assinatura. Marcas de intemperismo ocorreram em nove registros (47,3%), abrasão esteve presente em sete registros (36,8%), enquanto que marcas de necrofagia/predação estiveram presentes em três registros (15,7%), mesmo número de registros de retroalimentação tafonômica (15,7%). Por fim, em quatro registros foram encontradas evidências de ações humanas (21%). É importante salientar que algumas peças ósseas apresentam marcas de mais de uma assinatura tafonômica; em outros dois registros (10,5%) não foram encontradas estas marcas.

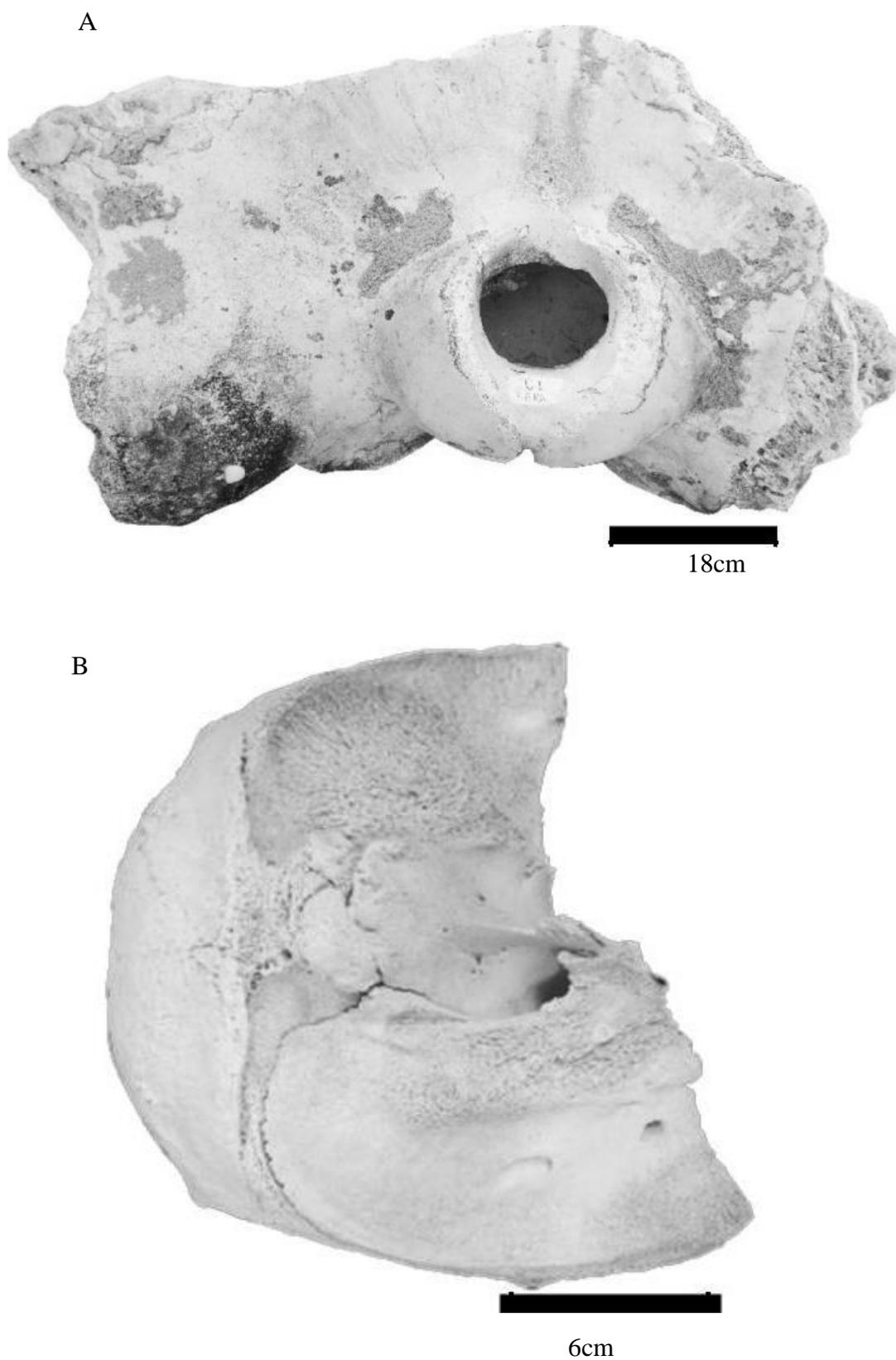


Figura 4. Exemplos de fragmentos de crânios analisados; A. peça AC-PCCB 001 fragmento de occipital de Balaenopteridae; B. peça AC-PCCB 028 caixa craniana de *S. guianensis*.

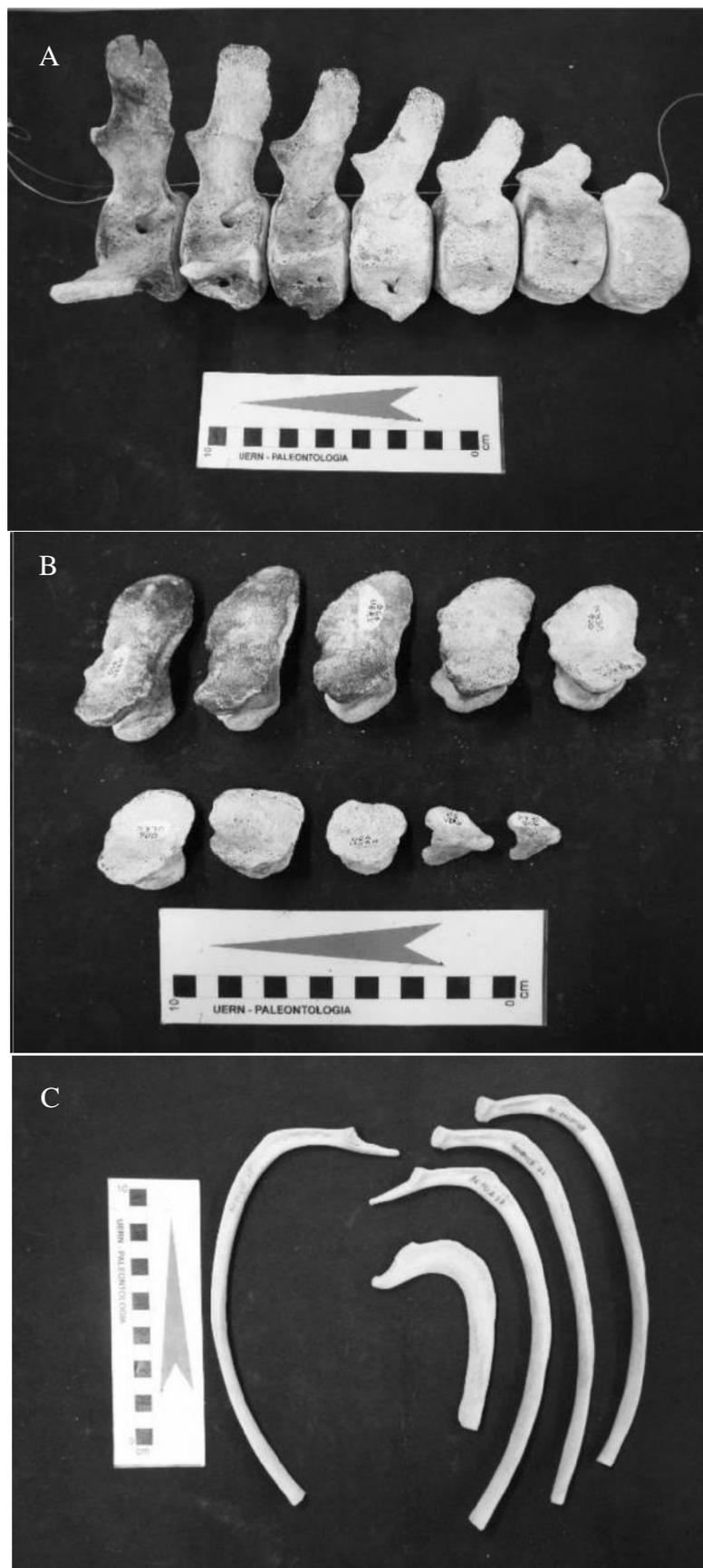


Figura 5. Classes de ossos pós-cranianos encontradas; A. vértebras caudais de *T. truncatus* do registro AC-PCCB 006; B. arcos hemais de *T. truncatus* do registro AC-PCCB 006; C., costelas de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 037.

IV.1 Caracterização das marcas tafonômicas

IV.1.1 Quebras

Shipman (1981) descreve sete tipos gerais de fraturas que podem ser encontradas em ossos. No material analisado foram encontrados 4 tipos de quebras: quebra em coluna, em dente de serra, perpendicular irregular e perpendicular lisa (fig. 6).

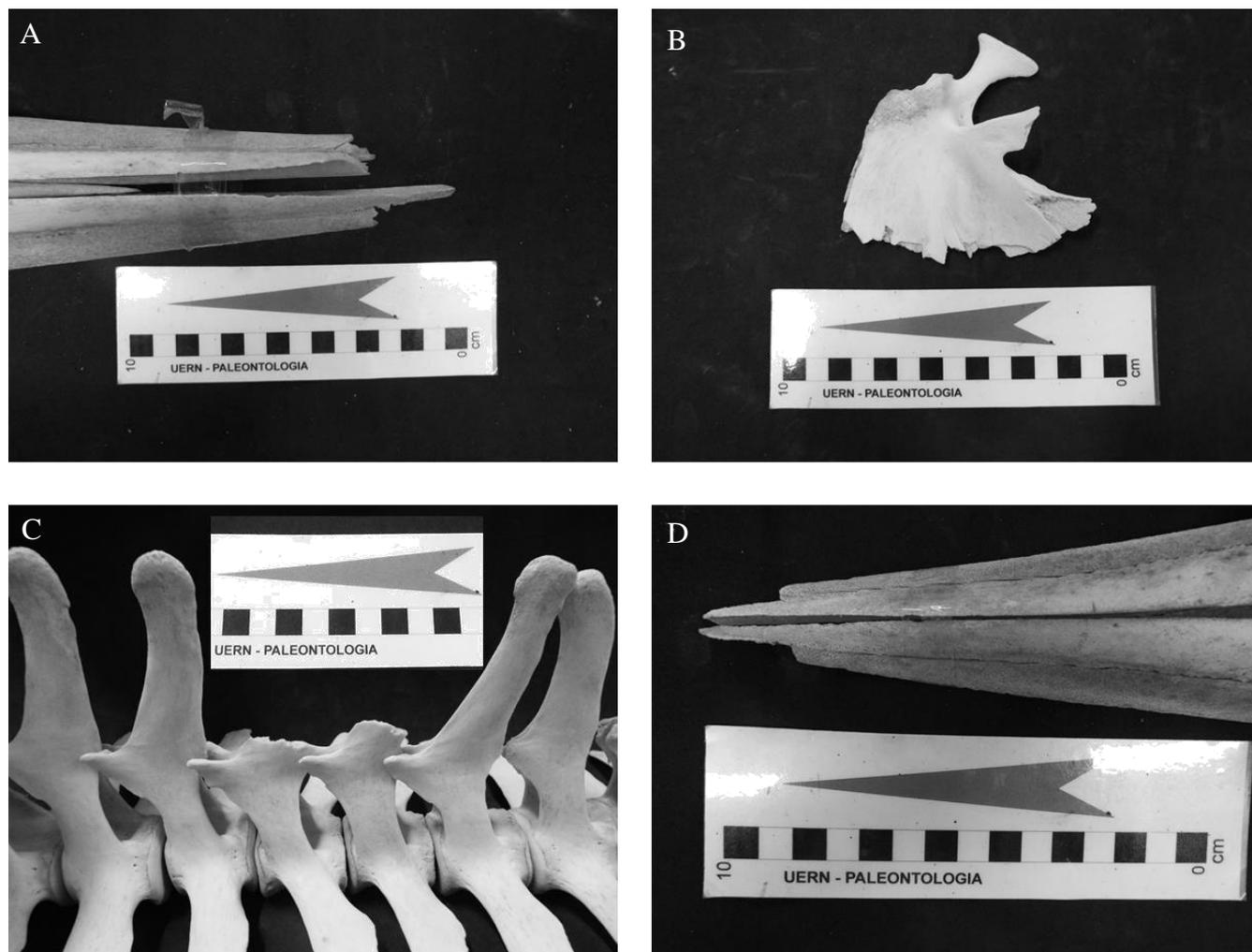


Figura 6. Tipos de quebras encontrados no material de estudo; A. Quebra tipo colunar em rostro de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 015; B. Quebra tipo dente de serra em escápula de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 031; C. Quebra tipo irregular perpendicular em processo espinhoso de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 037; D. Quebra tipo perpendicular lisa em rostro de *S. guianensis* do registro AC-PCCB 005.

IV.1.2 Intemperismo

Marcas de intemperismo foram caracterizadas por descamação da superfície óssea (fig. 7A), em uma costela de peixe boi (*T. manatus*) com grau de intemperismo três, descamação (fig. 7B), bem como craqueamento do osso (fig. 7C), encontrado em uma costela de baleia (peça AC-PCCB 003) que apresenta mais de um grau de intemperismo, variando entre nível um e estágio dois.

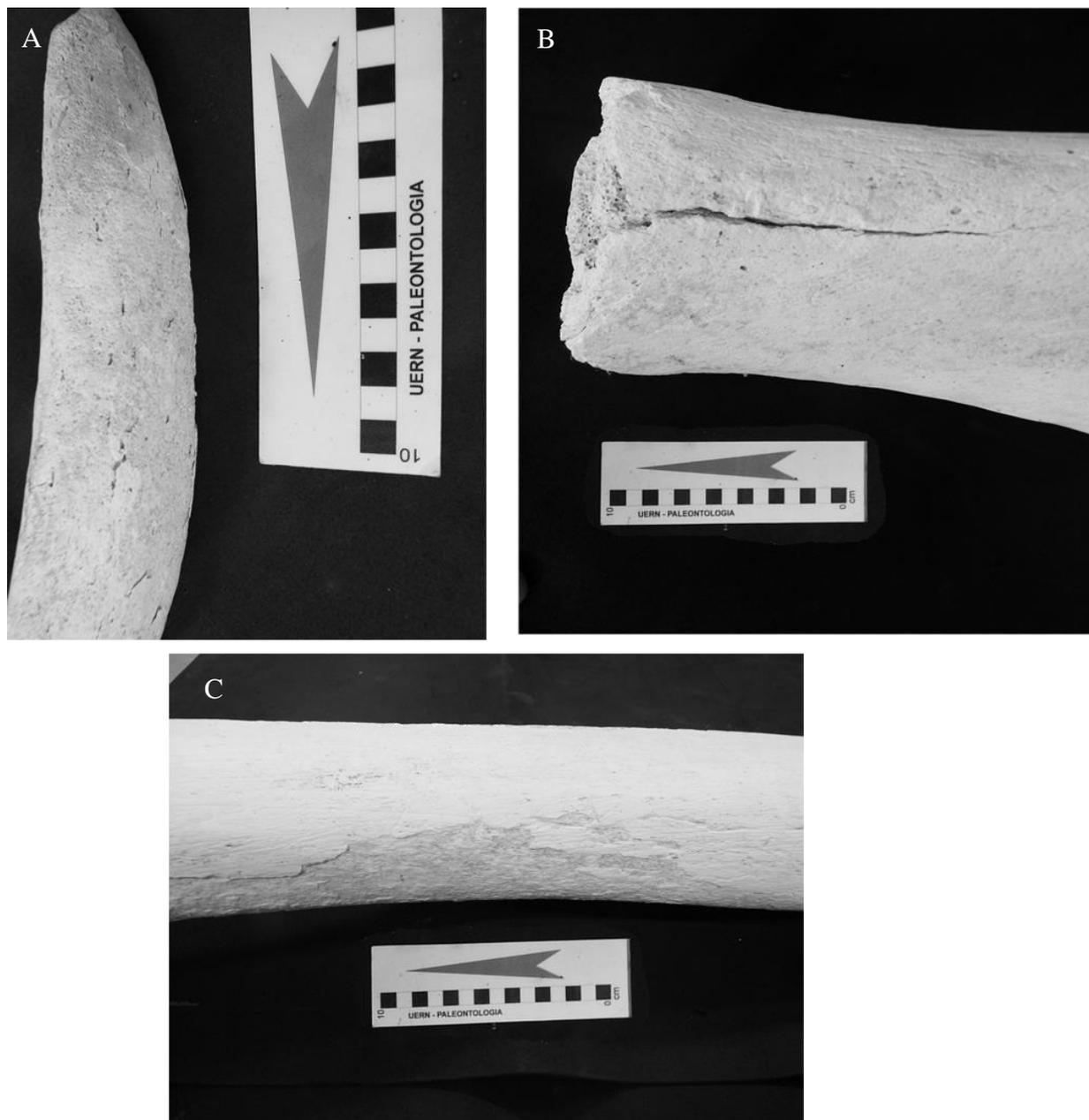


Figura 7. Marcas de intemperismo; A. Descamação óssea em costela do registro AC-PCCB 045 em estágio tipo três de intemperismo; B. Flaqueamento em costela de baleia do registro AC-PCCB 003; C. Craqueamento em costela de baleia do registro AC-PCCB 003.

IV.1.3 Abrasão e corrosão

A abrasão em ossos resulta da interação com o substrato e o sedimento em suspensão (Araújo-Júnior, 2013, Shipman, 1981; Argast *et al.*, 1987; Lopes, 2009; Simões *et al.*, 2010a; Lopes and Buchmann, 2011). Por se tratar de um ambiente costeiro os ossos expostos estão sujeitos ao transporte e retrabalhamento, principalmente, pelas correntezas, e variações das marés. Nestes ambientes pode ocorrer, adicionalmente, corrosão pela ação da água. A peça AC-PCCB 001 apresenta marcas de abrasão na base dos côndilos occipitais e na borda da quebra na porção inferior do occipital esquerdo (fig. 8D). Na peça AC-PCCB 003 existe uma marca de corrosão na cabeça da costela expondo tecido esponjoso do osso (fig. 8E). As peças referentes ao registro AC-PCCB 006 correspondem a 15 vértebras caudais que apresentam sinais de abrasão nas laterais dos corpos vertebrais e nas bases dos processos transversos das primeiras vértebras caudais (fig. 8F). O registro AC-PCCB 026 é composto por uma única vértebra torácica (T5) de *S. guianensis* que possui marcas de abrasão por todo o corpo vertebral, com as bordas exibindo o tecido esponjoso, bem como nas extremidades dos processos espinhosos e transversos (fig. 8C). Outra vértebra de baleia não identificada (AC-PCCB 032) possui grandes porções corroídas nos processos espinhosos e transversos e na porção distal do corpo vertebral (fig. 8B). A peça AC-PCCB 038 apresenta marcas de abrasão nas bordas proximais dos ossos esquamosal e frontal esquerdos. Tais marcas também estão presentes na porção ventral do referido osso esquamosal (fig. 8A).

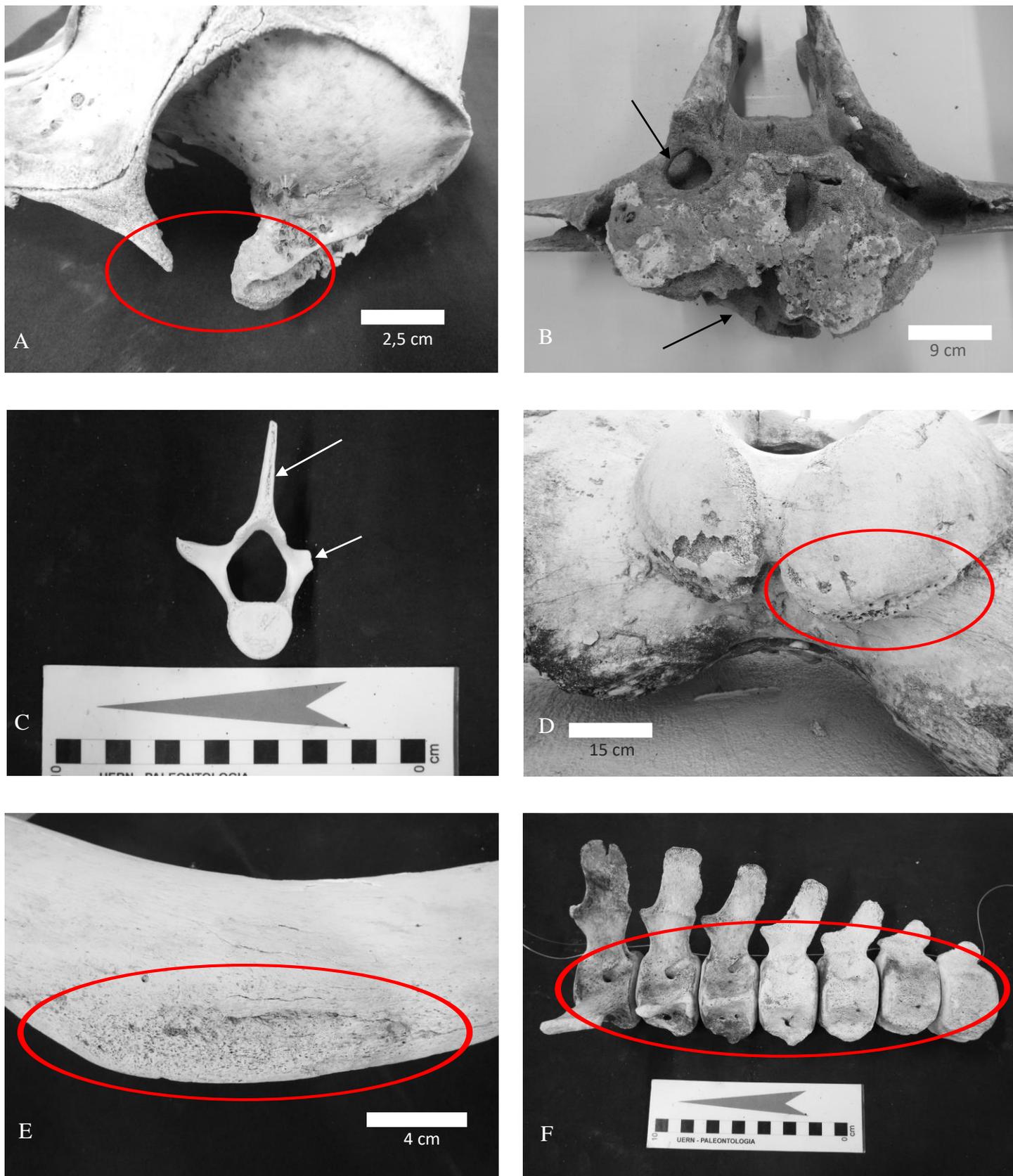


Figura 8. Marcas de abrasão e corrosão. A. marcas de abrasão no osso esquelético e frontal em crânio de *S. guianensis* no registro AC-PCCB 038; B. vértebra de baleia com alto grau de corrosão do registro AC-PCCB 032; C. vértebra torácica de *S. guianensis* com marcas de abrasão do registro AC-PCCB 026; D. côndilos occipitais de balaenopetídeo com marcas de abrasão do registro AC-PCCB 001; E. marcas de corrosão na cabeça de vértebra de baleia do registro AC-PCCB 003; F. vértebras caudais de *T. truncatus* com marcas de abrasão no corpo vertebral do registro AC-PCCB 006.

IV.1.4 Necrofagia/Predação

As marcas de dentes encontradas são, em sua maioria, compostas de duas ou mais marcas paralelas. Na peça AC-PCCB 003 foi encontrada na extremidade de uma dessas marcas uma pequena quebra em forma triangular, que, de acordo com o trabalho de Noriega *et al.* (2007), é uma marca característica deixada pelos dentes triangulares de tubarões (fig. 9).

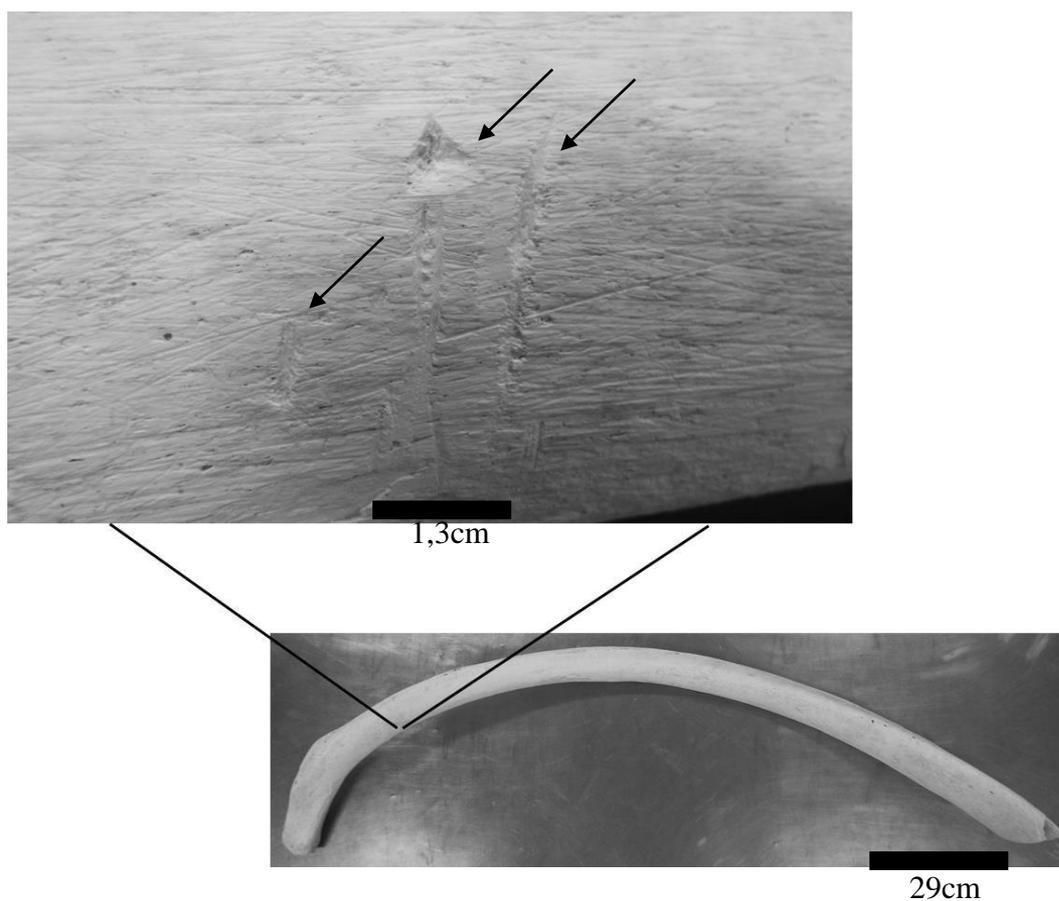


Figura 9. Marcas de dentes em costela de baleia do registro AC-PCCB 003.

Outros dois registros possuíam marcas condizentes com necrofagia por aves de rapinas. Comparando as marcas com as descritas nos trabalhos de Reeves (2009) e Ballejo *et al.* (2016) foi possível identificá-las como sendo causadas por comportamento de necrofagia de urubus. A peça AC-PCCB 005 possuía duas marcas no osso supraoccipital esquerdo. Tais marcas são retilíneas dispostas em posição perpendicular uma a outra com leve sobreposição em uma das extremidades, (Figura 10A). A peça AC-PCCB 025 possui, na região medial-proximal de sua maxila esquerda uma marca isolada retilínea, indo da porção dorsal até próximo ao alvéolo dentário (Figura 10B).

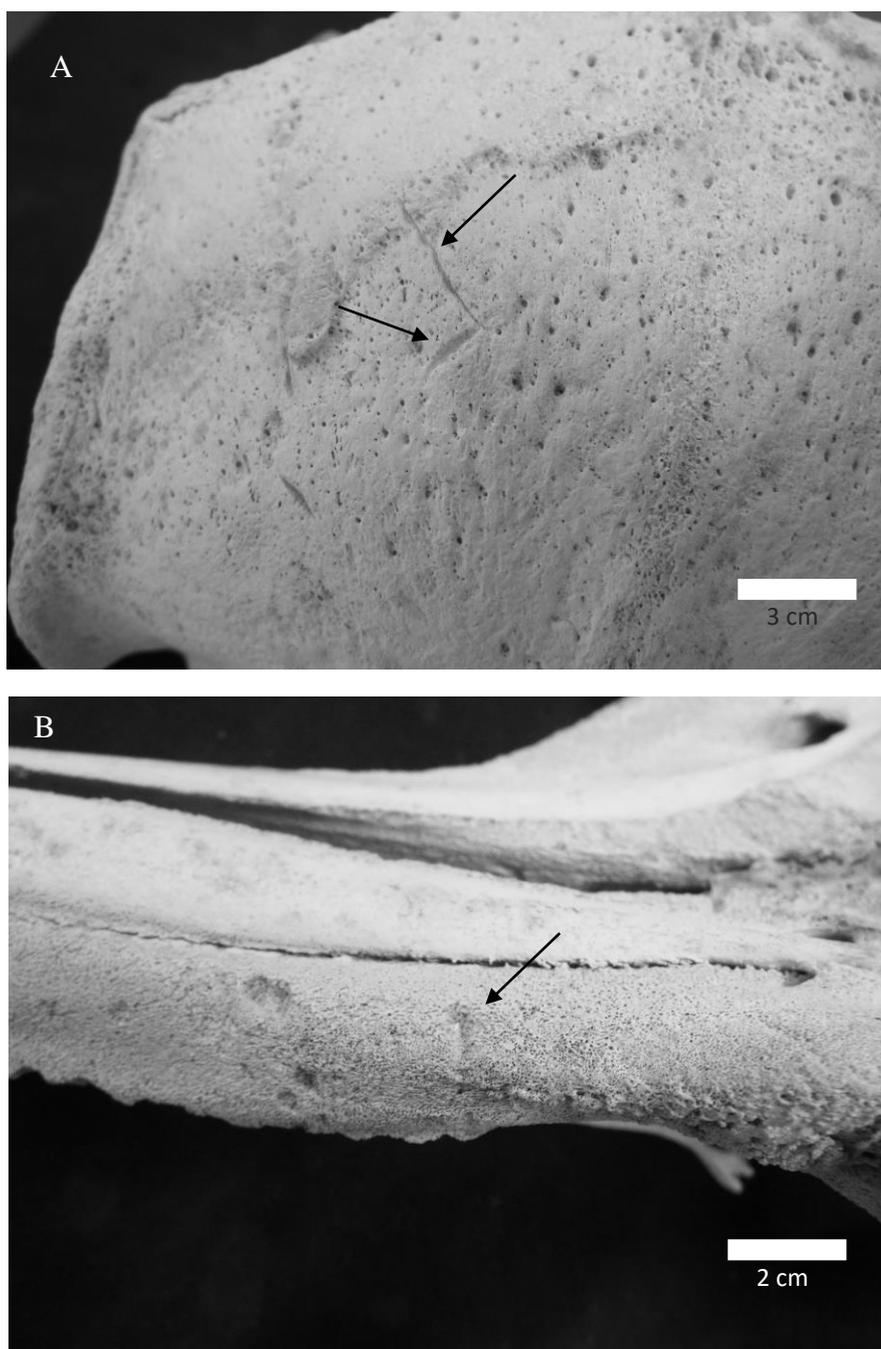


Figura 10. Marcas por aves de rapina (setas pretas). A. marca em osso supraoccipital de *S. guianensis* no registro AC-PCCB 005. B. marca em mandíbula de *S. guianensis* no registro AC-PCCB 025.

IV.1.5 Ação Antrópica

Foram registradas em pelo menos quatro amostras marcas compatíveis com ação antrópica. As marcas foram feitas por objetos cortantes, provavelmente facas, que resultaram em cortes de padrão aleatório com canais profundos, finos e com

concavidades de formato em “V”, além de quebras em algumas regiões (fig. 11). O exemplar AC-PCCB 003, uma costela de baleia, apresenta marcas retilíneas, sem padrão de orientação evidente, com sulcos afilados presentes na porção distal do corpo da costela (fig. 11A). Na peça AC-PCCB 005, um crânio de *S. guianensis*, há marcas também com sulcos afilados na região occipital (fig. 11B) e parietal (fig. 11D). Os registros AC-PCCB 031 e AC-PCCB 037 são referentes a duas

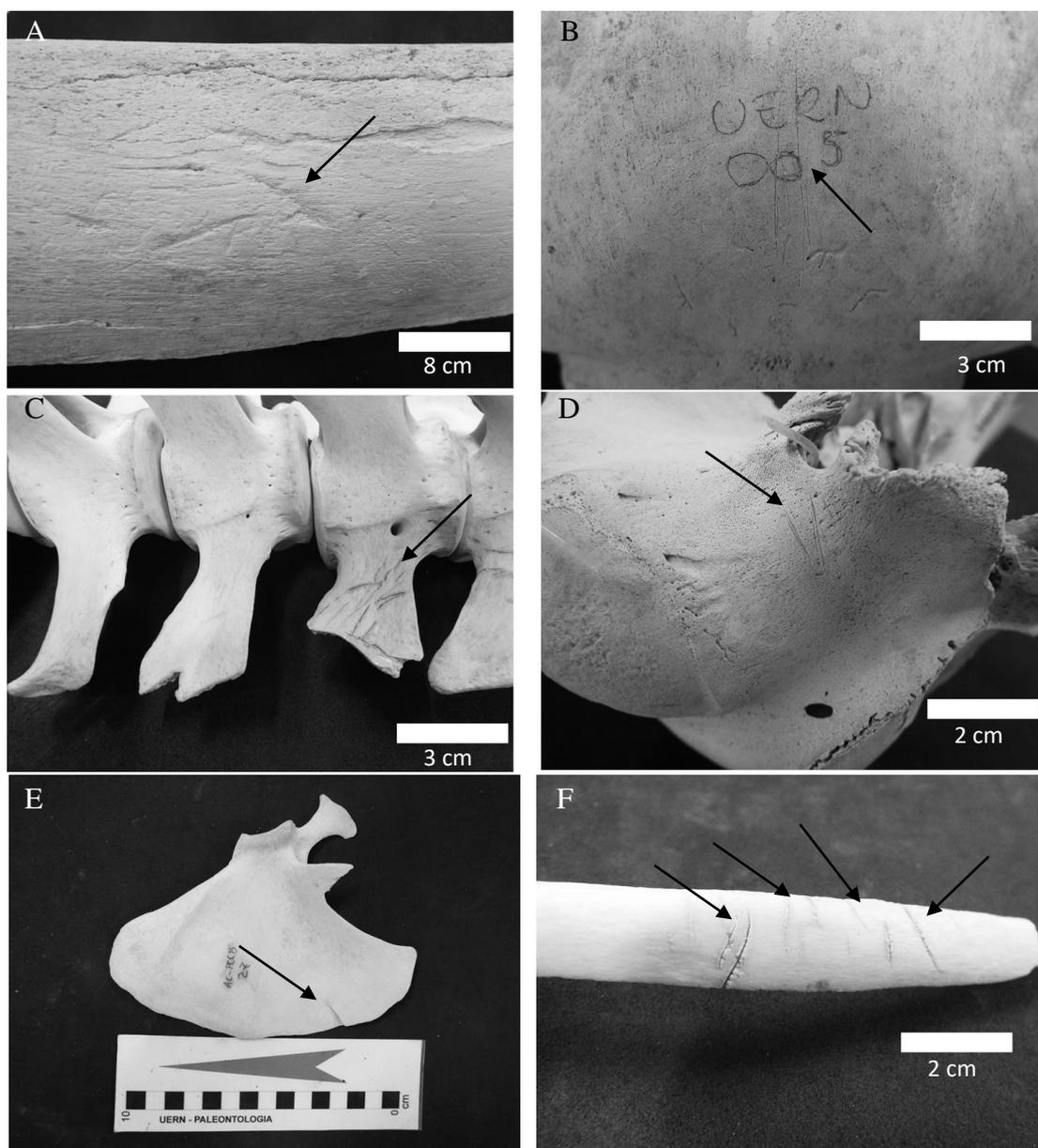


Figura 11. Marcas de ações antrópicas. A. marcas de cortes em costela de baleia AC-PCCB 003; B. Marcas de cortes em occipital de *S. guianensis* AC-PCCB 005; C. marcas de cortes em processo transverso de vertebra de *S. guianensis* AC-PCCB 37; D. marcas de cortes em osso parietal de *S. guianensis* AC-PCCB 005; E. marca de corte profundo em escápula de *S. guianensis* AC-PCCB 031; F. marca de cortes em porção distal do corpo de uma costela de *S. guianensis* AC-PCCB 031.

carcaças incompletas de *S. guianensis*, nos quais as marcas de corte foram encontradas na escápula esquerda (fig. 11E) e em duas costelas, além de: um corte singular no corpo da quinta costela esquerda; quatro cortes no ângulo da quinta costela direita (AC-PCCB 031; fig. 11F); e cortes nos processos transversos em duas vértebras lombares, em cinco vértebras caudais, e de quebras no processo espinhoso em cinco vértebras lombares e uma caudal (AC-PCCB 037; fig.11C). Podemos identificar essas quebras como resultado de ações antropogênicas devido a algumas características, como pequenas inserções retilíneas em uma das bordas das quebras. Além disso, não havia marcas associadas à predação/necrofagia, pois segundo Haynes (1980b, 1982) e Fiorillo (1988) tais marcas apresentam concavidade em formato de “U”, característica de mordidas de carnívoros.

IV.1.6 Retroalimentação Tafonômica

A retroalimentação tafonômica envolve a resposta de organismos vivos a presença de partes duras de organismos mortos (Kidwell & Jablonski, 1983). Esta assinatura é comum em comunidades bentônicas, nas quais os organismos tanto interferem na tanatocenose, quanto esta influencia na biocenose. Nas peças AC-PCCB 032 e AC-PCCB 038 haviam restos de cracas indicando um maior período de tempo em área submersa ou em zona intertidal a ponto de serem colonizadas por organismos sésseis. A peça AC-PCCB 038 possuía grande número de cracas na porção ventral do sínclínio, bem como próximo ao occipital e na região inferior dos ossos parientais (fig. 12).

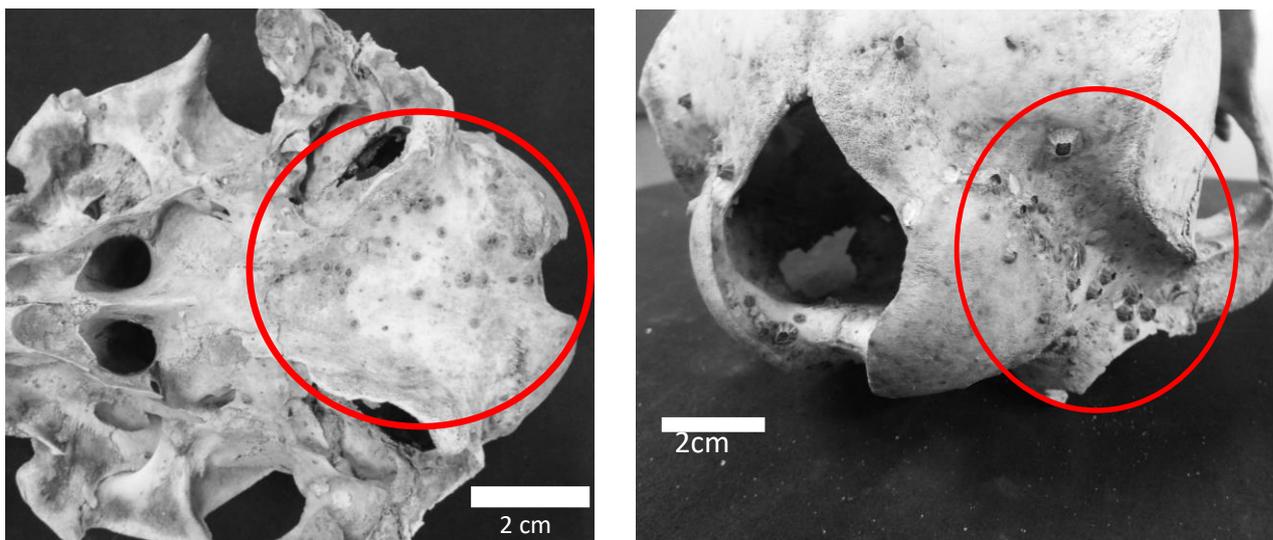


Figura 12. Marcas de retroalimentação tafonômica na peça AC-PCCB 038. A. presença de cracas na região ventral de crânio de *S. guianensis*. B. presença de cracas na região occipital de crânio de *S. guianensis*.

Já a peça AC-PCCB 032 apresenta um pequeno número de cracas apenas na porção lateral inferior do corpo vertebral e inferior do processo transversal; porém, devido ao alto desgaste da peça em questão, é possível que houvesse um número maior de organismos (fig. 13).

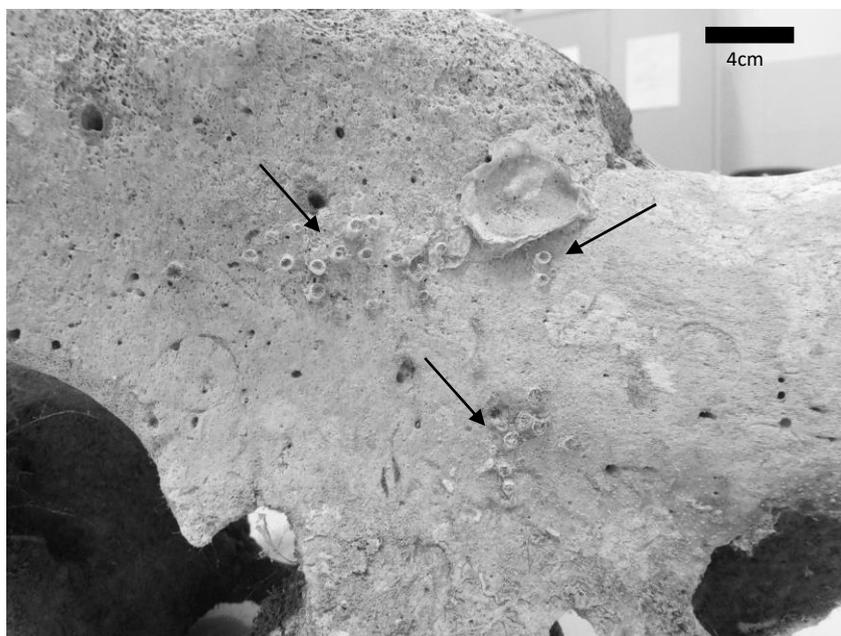


Figura 13. Exemplo de retroalimentação tafonômica relacionado à presença de cracas na região ventral esquerda de vértebra de Cetacea, AC-PCCB 032.

IV.2. Análise de Cluster

A análise de *cluster* determinou quão semelhantes são as áreas de estudo em relação às assinaturas tafonômicas encontradas (fig. 14). As praias de São Cristóvão e Tibau (Gado Bravo e praia de Tibau) são mais próximas entre si quanto as assinaturas encontradas. Da mesma forma a praia de Tremembé em Icapuí/CE possui mais semelhanças entre as assinaturas com a praia de Porto do Mangue. As outras localidades da área de estudos não formam grupos, não sendo semelhantes com outras praias e mostrando poucas semelhanças entre si.

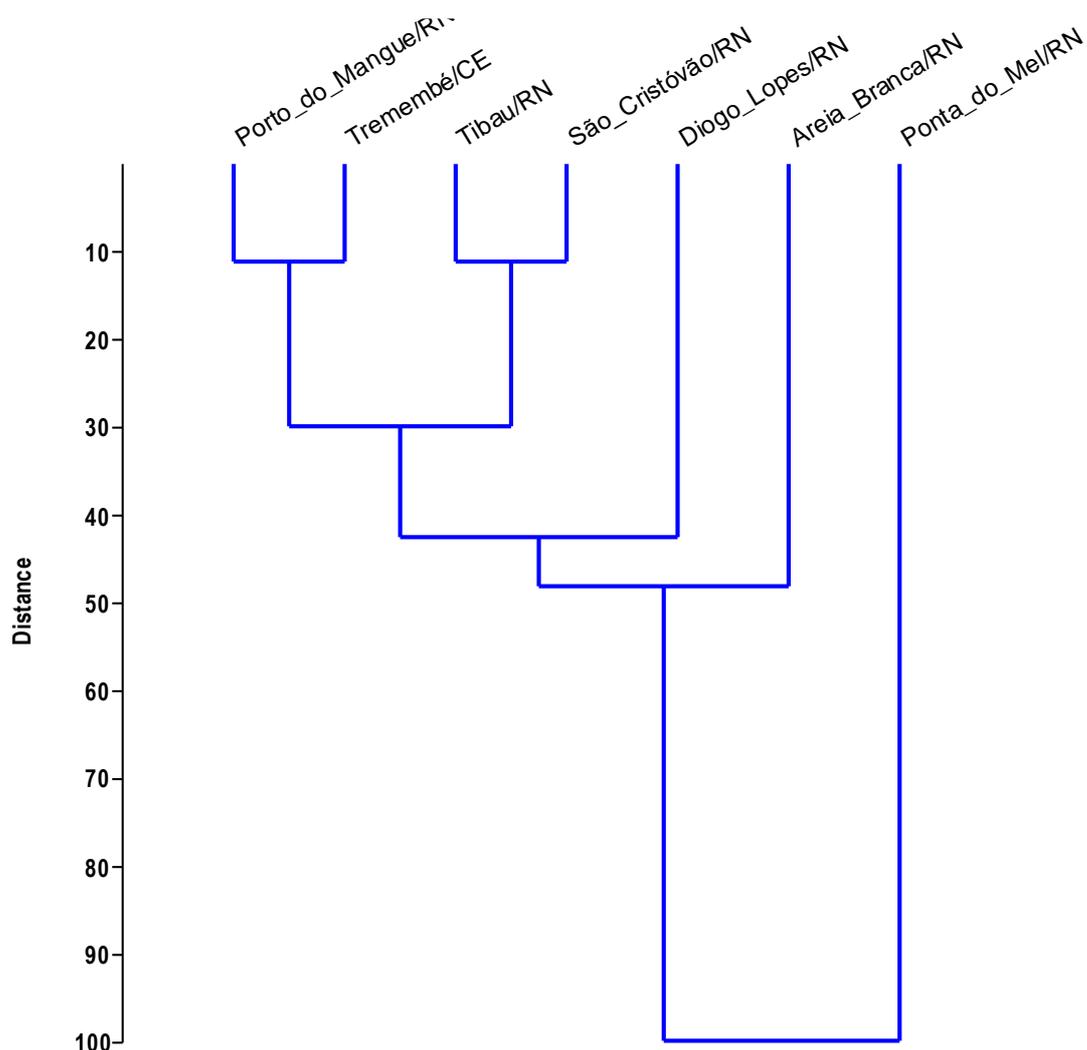


Figura 14. Dendrograma resultante de análise de *cluster* mostrando as semelhanças das localidades por assinatura tafonômica.

Também foi feita uma análise de *cluster* comparando a semelhança entre os taxa em relação às assinaturas tafonômicas encontradas (fig. 15). No dendrograma resultante

apenas as espécies peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) e baleia cachalote (*Physeter macrocephalus*) mais próximas entre si em relação as assinaturas tafonômicas. O boto-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) é a espécie que mais se assemelha, em termos de assinatura, com o agrupamento do peixe-boi+cachalote. As demais espécies se mostraram pouco semelhantes com as outras quanto às assinaturas analisadas.

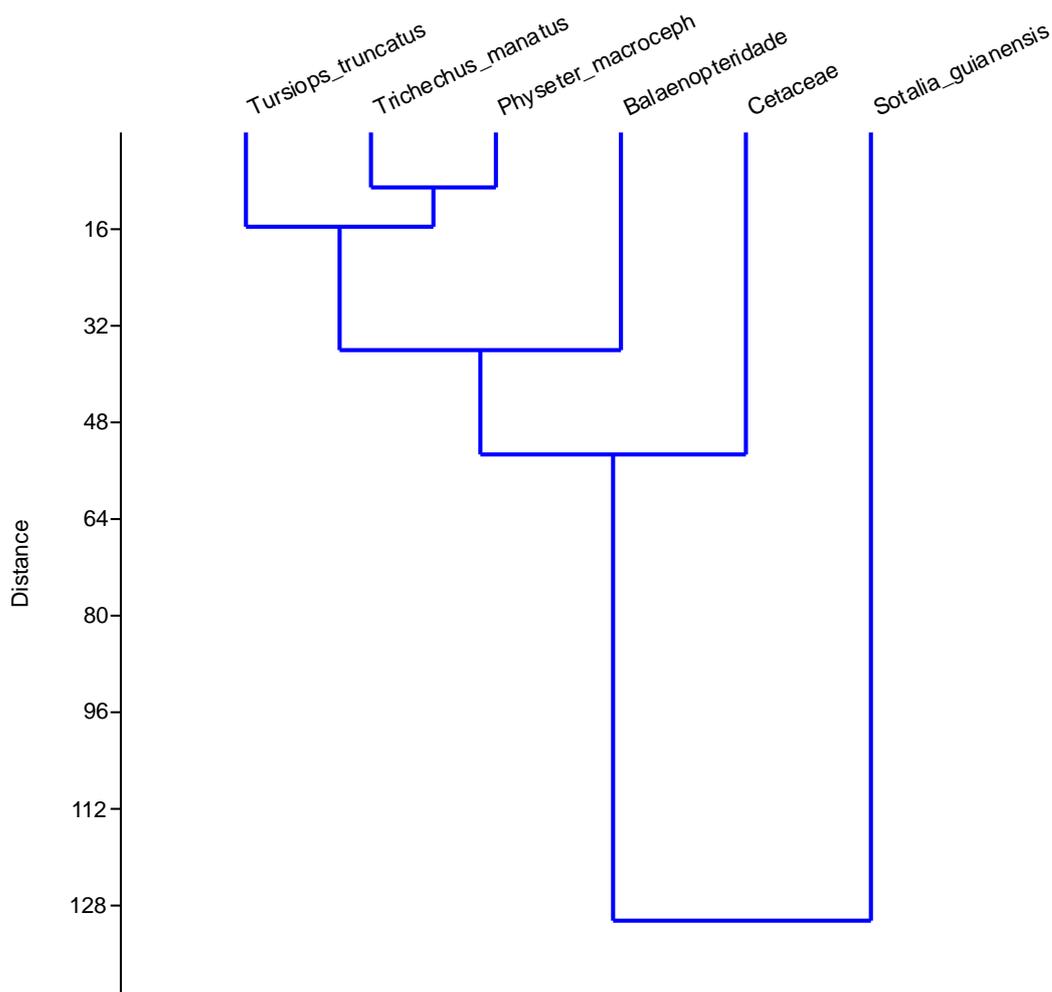


Figura 15. Dendrograma resultante da análise de *cluster* mostrando as semelhanças dos taxa identificados com base nas assinaturas tafonômicas.

V. Discussão

Entre os anos de 2005 e 2010 houve pelo menos um registro de encalhe de mamífero marinho por ano, com características de código 5 do protocolo da REMANE (ver materiais e métodos) no litoral setentrional do RN. Até onde sabemos, não há trabalhos publicados sobre como os mamíferos marinhos utilizam a área de estudo, com exceção de Firmino (2004), que estudou o uso de área por *S. guianensis* em São Cristóvão. Desta forma a frequência destes animais em zoneamento próximo às praias é muito pouco conhecida, e apenas para uma espécie.

Mesmo considerando que a área de estudo seja extensa, com 244km de praias, não foi registrado um grande acúmulo de ossos. Isto pode ocorrer pelo fato de a área não ser muito utilizada pelos mamíferos marinhos, e desta forma haverem poucos indivíduos sujeitos a encalhes.

Outra possível causa para o baixo número de registros é que as correntes marítimas estejam transportando o material biológico da área de estudo para outros locais (*e.g.* Liebig, 2003). A presença humana mais intensa explica o fato das praias de Ponta do Mel e São Cristóvão terem a maior quantidade de registros. Além dos residentes, ambas as praias recebem turistas ao longo de todo o ano, especialmente nos meses de julho e de dezembro a fevereiro, aumentando as chances de um encalhe ser descoberto e o material ser coletado.

Embora o isolamento das praias possa ser um fator que dificulta o registro e coleta de material biológico, ele também é importante para o entendimento da dinâmica ecológica do litoral. As carcaças de animais encalhados passam pouco tempo nas áreas onde há maior presença humana. Neste estudo, dois dos registros não possuíam nenhuma marca de assinatura tafonômica, muito provavelmente devido à rápida recuperação da carcaça. Segundo o IBGE (IBGE, 2010) o município de Areia Branca, onde ficam as praias de Ponta do Mel e São Cristóvão, teve um crescimento populacional de 12% entre os anos de 2005 e 2010, coincidindo também com o resgate de duas das três carcaças incompletas.

V.1 Representação Óssea

Nos mamíferos marinhos, como todos os mamíferos, vértebras são os ossos mais comuns (Liebig *et al.*, 2003). Neste estudo foram encontradas 138 vértebras, um número bem abaixo do esperado pelo número de crânios encontrados. Ao total foram encontrados 12 crânios, sendo 10 deles da espécie *S. guianensis*. Para esta espécie o número de vértebras pode variar entre 52 e 56 ossos (Fettuccia, 2004). Tendo sido encontrados 10 crânios, o número esperado de vértebras deveria variar entre 520 e 560. O mesmo ocorre com as costelas, apresentando número muito abaixo do esperado, de pelo menos 240. Tanto as vértebras quanto as costelas analisadas incluem espécies além daquelas representadas pelos crânios, sendo que em um registro é o único material para a espécie *T. truncatus*. A maior representatividade de crânios em relação aos outros ossos pode indicar uma intensa ação das marés no processo de retrabalhamento das carcaças. Nesse contexto, ossos mais leves seriam mais facilmente transportados pelas marés em relação aos crânios, que são bem mais pesados. Outro fator para o número maior de crânios é a interação com a pesca artesanal ao longo da área de estudo. Attademo (2005 e 2007) constatou a utilização de pequenos cetáceos como isca de espinhel para pesca de cações. Nessas situações os animais são descarnados e descartados das embarcações ainda em mar para evitar vestígios de captura. Esta prática pode deixar marcas de cortes principalmente próximo ao forame magno ou nos côndilos occipitais, (fig. 11B). As cabeças não são utilizadas nessa prática e são descartadas no mar, sendo carregadas pelas marés até encalharem nas praias. Porém, neste trabalho apenas um dos crânios encontrados possuíam marcas de cortes na região occipital, condizentes com os achados de Attademo (2005 e 2007). Neste caso a pesca pode não ser um fator determinante para o alto número de crânios. Por outro lado, não podemos descartar hipótese da influência da pesca nestes registros, pois alguns mamíferos marinhos podem vir a óbito emalhadados nas redes de pesca e não terem as carcaças usadas pelos pescadores.

Podemos então destacar que para o litoral setentrional do Rio Grande do Norte os crânios de mamíferos marinhos são os ossos melhor representados, tendo em vista sua baixa transportabilidade ou interferência antropogênica, como anteriormente citado. Porém vértebras representam melhor a fauna da região, tendo vista que foram encontradas vertebras para todas as espécies em que ocorreram encalhes no intervalo de tempo considerado neste estudo.

V.2 Feições Tafonômicas

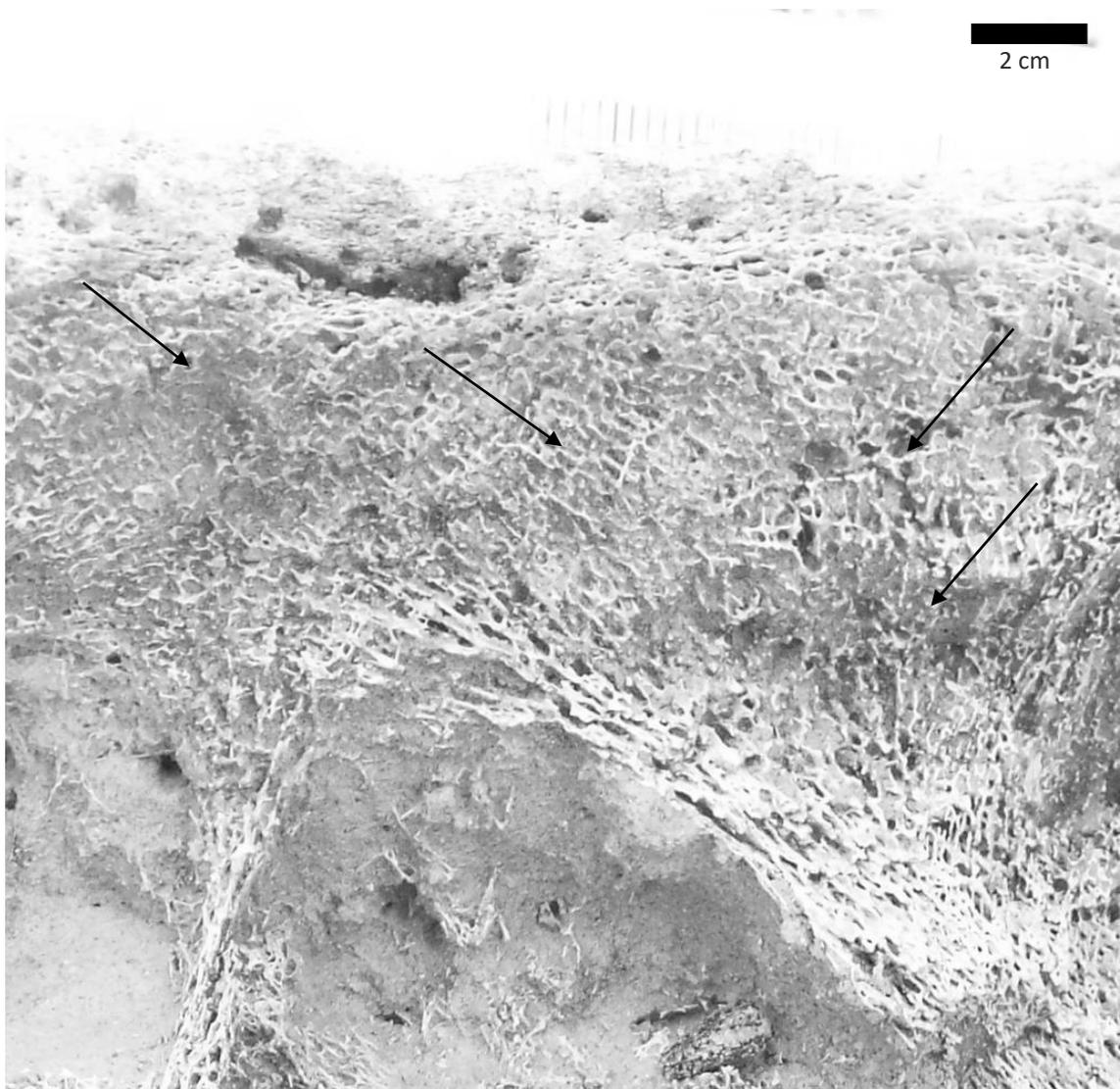
Uma das feições tafonômicas mais visíveis é a do intemperismo. Behrensmeyer (1978, p.153) define como intemperismo “*process by which the original microscopic organic and inorganic components of a bone are separated from each other and destroyed by physical and chemical agents operating on the bone in situ*”. Seguindo a escala de intemperismo sugerida pela referida autora é possível estimar, pelo menos, um período mínimo contabilizado em anos desde a morte do organismo. Nas amostras estudadas o estágio de intemperismo variou de 1 a 3, isso significa que as amostras no estágio 1 ficaram expostas por até um ano e as peças ósseas de estágio três foram modificadas por um período de até 8 anos. Porém, as peças AC-PCCB 001 e AC-PCCB 003 podem ser mais antigas que esse período. A peça AC-PCCB 001 é um fragmento de crânio de balaenopterídeo, que, além de ser um osso com grande densidade, demonstra sinais de início de fossildiagênese, como alteração da coloração original do osso e preenchimento dos poros e cavidades ósseas (processo de permineralização), evidenciando um longo período de soterramento (fig. 16). A peça AC-PCCB 003 apresenta diferentes estágios de intemperismo ao longo de toda a sua extensão, o que pode ter sido gerado por exposições não uniformes às intempéries ambientais. Behrensmeyer (1978) observou que a área onde ocorre maior modificações por intemperismo é a imediatamente acima do solo; ossos enterrados ou que estejam erguidos ao chão sofrem menos transformações. A peça AC-PCCB 003 provavelmente sofreu eventos de soterramentos parciais, nos quais as porções soterradas acabaram sofrendo menos modificações do que as porções expostas.

Neste trabalho foram encontradas poucas marcas de organismos predadores/necrófagos no material estudado. Na costela AC-PCCB 003 foram encontradas na região ventral próxima ao *capitulum* três marcas paralelas (fig. 10). Proximal à marca central há uma pequena quebra de formato triangular. Estas marcas possuem uma leve curvatura a partir de seus pontos de inserção. Em uma das marcas é possível visualizar minúsculas quebras indicando que a orientação da marca foi no sentido proximal-distal da costela. Segundo Noriega *et al.* (2007), marcas semelhantes foram encontradas em um exemplar fóssil de balaenopterídeo do Mioceno e são condizentes com mordidas de tubarão. Considerando essa possibilidade, essas marcas indicam mais fortemente a ocorrência de necrofagia. Mesmo o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), o maior tubarão predador atual, só foi registrado devorando

carcaças de baleias (Fallows *et al.*, 2013). Desta forma é mais provável que esse osso tenha sido transportado do alto-mar, onde a baleia deve ter morrido, para praia. Não foram identificadas marcas de mamíferos terrestres carniceiros, como por exemplo raposas, em nenhuma das peças analisadas. Uma possível explicação é que no material analisado já não havia mais material biológico que pudesse ser aproveitado pela fauna local quando o encalhe aconteceu.

Por se tratar de uma zona litorânea com forte influência das marés e correntes marinhas, algumas peças analisadas apresentaram marcas de abrasão e corrosão, provocadas pelo atrito da água no osso. Como dito anteriormente, a área de estudo é o litoral mais seco do Brasil, o que faz com que a incidência solar seja mais significativa para as marcas de intemperismo. A peça com maior corrosão é uma vértebra de baleia com erosões principalmente nos processos transversos e espinho neural. Marcas de abrasão são geralmente associadas a transporte do osso do ponto de óbito ao ponto de coleta. Porém, alguns autores (*i.e.* Araújo-Júnior, 2013; Araújo-Júnior, 2015; Shipman, 1981; Argast *et al.*, 1987; Lopes, 2009; Simões *et al.*, 2010a; Lopes e Buchmann, 2011), afirmam que a abrasão pode ocorrer através do retrabalhamento do osso sem que este seja transportado por longas distâncias.

Figura 16. Processo de preenchimento dos poros da cavidade óssea responsável pela



permineralização no registro AC-PCCB 001, foto realizada com máquina usando função macro e zoom digital de 4x.

Neste último caso haveria um deslocamento vertical ou circular na área onde se encontra a peça, em detrimento da movimentação horizontal normalmente associada a essa assinatura. Esta movimentação vertical pode ocorrer em ambientes de litoral, já que, devido à subida e descida das marés, existe uma constante força mecânica agindo como abrasivo na superfície do osso. Esta mesma força pode retrabalhar os ossos entre os ambientes terrestres e marinho. Algumas peças analisadas mostram sinais de que, em algum momento, permaneceram submersas por um período prolongado, como indicado pela presença de invertebrados sésseis incrustados na superfície óssea.

As marcas de interações antrópicas encontradas em algumas das peças analisadas têm importância ecológica para a conservação das espécies de mamíferos marinhos do litoral do RN. As marcas em questão são cortes presentes em costelas, vértebras e crânio, feitos por objeto afiado (provavelmente faca), com sulcos longos e finos. Lyman (1987) afirma que humanos podem reduzir e modificar uma carcaça animal em partes consumíveis e desta forma não é incomum encontrar este tipo de marcas de interação nas peças analisadas. Além do consumo humano, a carne de cetáceos e Sirênios pode ser utilizada também como isca para a atividade pesqueira (Attademo, 2005), como comentamos acima.

V.3 Análise de Cluster

A análise de *cluster* das localidades onde ocorreram os encalhes mostrou que as praias de São Cristóvão e as praias de Tibau, devido à característica de produzirem grupos de assinaturas semelhantes, estão mais próximas entre si. O mesmo ocorre quando se consideram as praias de Porto do Mangue e Tremembé. Estas análises mostraram que as condições ambientais que podem produzir as mesmas assinaturas tafonômicas podem não estar presentes em praias adjacentes. Pela distância das praias esperava-se, por exemplo, que as praias de São Cristóvão produzissem as mesmas assinaturas que são produzidas pela praia de Ponta do Mel, tendo visto que estas praias são adjacentes.

Alguns fatores podem ser fundamentais para essa diferenciação de assinaturas dentro a área de estudo. A morfologia das praias, com presença de rochas e corais, a presença humana, áreas de dunas com alta sedimentação, maior influência das marés, são todos determinantes para a formação das assinaturas nas peças estudadas. As praias de Tremembé e Tibau são planas, com poucas dunas ou nenhuma, sendo a praia de Tibau mais ocupada por habitações humanas. A praia de São Cristóvão possui relevo com dunas e falésias, e possui formato de enseada ao longo de sua maior extensão. A praia de Ponta do Mel é adjacente a de São Cristóvão e compartilha o relevo de dunas e falésia, porém a praia não forma uma enseada. Entre essas duas praias a maior diferença é a presença humana, sendo Ponta do Mel muito mais povoada. Já as praias de Porto do Mangue, Diogo Lopes e Areia Branca (estuário Barreiras), sofrem forte influência de áreas de estuário (Vital, 2006). As três praias possuem manguezais que interferem na dinâmica das marés, contribuindo para uma menor zona de rebentação.

Apesar de diferenças na morfologia das praias, São Cristóvão e Tibau sofrem com acentuada erosão da praia, devido à presença de rochas praias em São Cristóvão que agem como barreiras e modificam a energia das ondas (Vital, 2006). O mesmo ocorre em Tibau por motivo diferente: construções humanas que barram a sedimentação a partir do continente e aumentam a erosão costeira. Essa característica provavelmente é um fator influenciador dos processos que formaram as assinaturas tafonômicas semelhantes para as duas praias. Para as praias de Porto do Mangue e Tremembé existe pouca presença humana: dessa forma, há poucas construções que possam influenciar diretamente as dinâmicas das marés. Por serem praias com grande zoneamento intertidal tanto o vento como as ondas são os fatores mais influentes nos processos ambientais na formação das marcas encontradas.

Quanto a análise comparativa dos *taxa*, o gráfico resultante evidencia que não há semelhanças entre a maioria dos *taxa* em relação as assinaturas. Desta forma podemos afirmar que as espécies encalhadas no litoral da área de estudo sofrem, durante os processos *post-mortem*, variações das influências ambientais, o que resultou em assinaturas distintas para cada um dos *taxa*. Por ter sido a espécie mais abundante entre o material estudado (figura 13) o boto-cinza (*S. guianensis*) é o táxon que melhor representou a dinâmica ambiental para o litoral setentrional do Rio Grande do Norte e extremo leste do litoral do Ceará, pois para esta espécie foram encontradas todas as assinaturas tafonômicas estudadas. Ainda de acordo com essa análise as espécies de peixe-boi-marinho (*T. manatus*) e baleia cachalote (*P. macrocephalus*) estão mais próximas entre si, o que demonstra uma possível tendência a possuírem as mesmas assinaturas. Apesar deste resultado, as duas espécies possuem habitats distintos na costa, sendo o peixe-boi uma espécie costeira e a baleia cachalote uma espécie oceânica. Neste caso específico a pouca amostragem para as espécies pode ter produzido um viés tafonômico.

VI. Conclusões

As conclusões do presente trabalho são:

- As marés são importantes agentes geradores de marcas tafonômicas, como a abrasão, além de serem as principais responsáveis pelo transporte do material osteológico na área aqui estudada;
- Apesar dos crânios serem os ossos melhores representados, as vértebras são os ossos que melhor representaram a fauna do litoral setentrional do RN e extremo leste do CE;
- As praias da área de estudo não produzem assinaturas em comum com as adjacentes, de forma que as praias distantes podem apresentar assinaturas tafonômicas semelhantes, enquanto praias vizinhas podem produzir assinaturas diferentes;
- As marcas de intemperismo registradas são uma evidência que o material ósseo ficou exposto por tempo suficiente para a produção de marcas de necrofagia em alguns casos, indicando que as taxas de soterramento não são iguais.
- O boto-cinza é o táxon que melhor representa a dinâmica ambiental da área de estudo, sendo encontrada todas as assinaturas tafonômicas estudadas neste táxon;
- As ferramentas tafonômicas se mostraram importantes para o estudo de ecologia onde o material encontrado seja somente ossos de organismos vivos;
- Este trabalho mostra a importância de estudos utilizando técnicas de tafonomia com organismos vivos podem fornecer importantes informações para conservação das espécies e entendimento de parte das dinâmicas ecológicas, além de servir como parâmetros que podem ser utilizados em estudos de paleontologia da conservação.

VII. Referências

- Alin, S.R.; Cohen, A.S. 2004. **The live, the dead, and the very dead:** taphonomic calibration of the recent record of paleoecological change in Lake Tanganyika, East Africa. *Paleobiology*, v. 30, n. 1, pp. 44-81.
- Allison, P.A., Smith, C.R., Kukert, H., Deming, J.W.; Bennett, B. 1991. **Deep-water taphonomy of vertebrate carcasses:** a whale skeleton in the bathyal Santa Catalina Basin. *Paleobiology*, v. 17, p. 78-89.
- Andrews, P. 1995. **Experiments in Taphonomy.** *Journal of Archaeological Science*. v. 22, p. 147-153.
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O. 2011. **Assembleias fossilíferas de mamíferos do Quaternário do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: diversidade e aspectos tafonômicos e paleoecológicos.** *Pesqui. Geociênc.* v. 38, 67–83
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O.; Ximenes, C.L.; Bergqvist L.P. 2013. **Unveiling the taphonomy of elusive natural tank deposits: A study case in the Pleistocene of northeastern Brazil.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* v. 378, p. 52-74.
- Araújo-Júnior, H.I.; Porpino, K.O.; Bergqvist L.P. 2015. **Vertebrate taphonomy and paleoecology in an Upper Pleistocene tank deposit of Paraíba, Brazil: Taphonomic modes, evidence of temporal and spatial resolutions and paleoecological patterns of the Brazilian Intertropical Region.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* v. 437, p. 1-17.
- Attademo, F.L.N.; Silva, F.J.deL.; Moura, J.A.F.de; Firmino, A.S.L.; Gomes, P. T.; Oliveira, A.F.de. 2005. **Uso de cetáceos como isca no Rio Grande do Norte.** In: VII Congresso de Ecologia do Brasil, 2005, Caxambu. *Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil.*
- Attademo, F. L. N. 2007. **Diversidade de espécies e interação entre cetáceos e atividades de pesca no litoral oeste do Rio Grande do Norte.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. **Taphonomic and ecologic information from bone weathering.** *Paleobiology*, v. 4, p.150-162.
- Behrensmeyer, A.K. 1993. **The bones of Amboseli:** Bone assemblages and ecological change in a modern African ecosystem. *National Geographic Research*, v. 9 n.4, p. 402-421.

Behrensmeyer, A.K; Miller, J.H. 2012. Building Links Between Ecology and Paleontology Using Taphonomic Studies of Recent Vertebrate Communities. In: LOUYS, J.ed. **Paleontology in Ecology and Conservation**. Springer, p. 69-91.

Bergqvist, L.P.; Drehmer, C.J.; Ribeiro, A.M.; Oliveira, E.V. 1999. **Mamíferos aquáticos fósseis do Brasil**: uma revisão. *Geociências*, v. 4, n. 6, p. 28-32.

Collins, M.J.; Nielseen-Marsh, C.M.; Hiller, J.; Smith, C.I.; Roberts, J. P. 2002. **The Survival of Organic Matter in Bone**: A Review. *Archeometry*, v. 44, n. 3, p. 383-394.

Cunha, F.L.S.; Bergqvist, L.P.; Capilla, R. 1992. **Cetáceos fósseis e sub-recentes da coleção de paleovertebrados do Museu Nacional**. *Na. Acad. Brás. Ci.*, v. 64, n. 3, p. 277-288.

Dietl, G.P.; Flessa, K.W. 2011. **Conservation paleobiology**: putting the dead to work. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 26, n. 1, p. 30-37.

Diniz, M.T.P.; Pereira, V.H.C. 2015. **Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte**. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 35, n. 3, p. 488-506.

Geraci, J.R.; Lounsbury, V.J. 2005. **Marine mammals ashore: a field guide for strandings**, 2d ed. National Aquarium in Baltimore, Baltimore

Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P.D. 2001. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontol. Electron.* v. 4, p. 1-9.

Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. 2006. **Paleontological data analysis**. Blackwell Publishing, Malden.

Irmis, R.B.; Elliott, D.K. 2006. **Taphonomy of a middle Pennsylvanian marine vertebrate assemblage and an actualistic model for marine abrasion of teeth**. *Palaios*, v. 21, p. 466-479.

Kidwell, S.M; Jablonski, D. 1983. Taphonomic Feedback Ecological Consequences of Shell Accumulation. In: Tevesz, M.J.S; McCall, P. L. ed. **Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities**. Springer, 195-235.

Laeta, M; Souza, S.M.F.M.; Siciliano, S. 2010. **Anomalias ósseas congênitas em Sotalia guianensis (Mammalia, Cetacea, Delphinidae) da costa centro-norte do Estado do Rio de Janeiro**. *Pesq. Vet. Bras.*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 6, p. 484-490.

Liebig, P.M.; Taylor, T.A.; Flessa, K.W. 2003. **Bones on the Beach: Marine Mammal Taphonomy of the Colorado Delta, Mexico**. *Palaios*, v. 18, p. 168-175.

Louys, J.; Wilkinson, D.M.; Bishop, L.C. 2012. Ecology Needs a Paleontological Perspective. In: LOUYS, J.ed. **Paleontology in Ecology and Conservation**. Springer, p. 23-38.

Lyman, R.L. 1994. **Vertebrate Taphonomy**. Cambridge University Press, Cambridge

Noriega, J.I.; Cione, A.L.; Aceñolaza, F.G. 2007. **Shark tooth marks on Miocene balaenopterid cetacean bones from Argentina**. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., v. 245, p. 185–192.

Oliveira, I.T.G. **Diversidade e comportamento de cetáceos associado a embarcações na bacia potiguar, Rio Grande do Norte – Brasil**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2015

Protocolo de conduta para encalhes de mamíferos aquáticos / Rede de encalhes de mamíferos aquáticos do Nordeste. - Recife: Ibama, 2005.

Pyenson, N.D. 2010. **Carcasses on the coastline: measuring the ecological fidelity of the cetacean stranding record in the eastern North Pacific Ocean**. Paleobiology, v. 36, n. 3, p. 453-480.

Reisdorf, A.G.; Bux, R.; Wyler, D.; Benecke, M.; Klug, C.; Maisch, M. W.; Fornaro, P.; Wetzel, A. 2012. **Float, explode or sink: postmortem fate of lung-breathing marine vertebrates**. Palaeobio Palaeoenv, v. 92, p.67-81.

Swetnam, T.W.; Allen, C.D. 1999. Betancourt, J. **Applied historical ecology: using the past to manage for the future**. Ecological Applications, v. 9, n. 4, p. 1189-1206.

Thompson, K.; Baker C.S.; Van Helden, A.; Patel, S.; Millar, C.; Constantine, R. 2012. **The world's rarest whale**. Current Biology, v. 22, n 23, p. 2284.

Vital, H. Rio Grande do Norte. In: Muehe, D. (Org.). 2006. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, p. 155-172.